

Vidmo thallia.



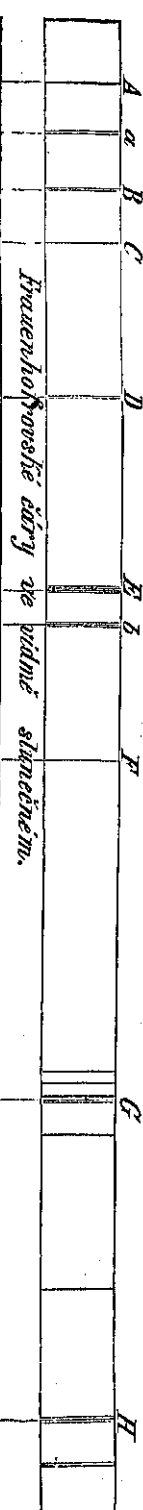
Vidmo caesia.



Vidmo rubidia.



Vidmo sodika.



Obraz 149.

Vidmo slunečné s nejhlavnějšími
čárami Fraunhoferovskými.

Obraz 151.

Vidma sodika a tři spektrální

FYSIKA

pro

GYMNASIA A REALNÉ ŠKOLY.

Dle druhého valně rozmnoženého vydání učebné knihy,

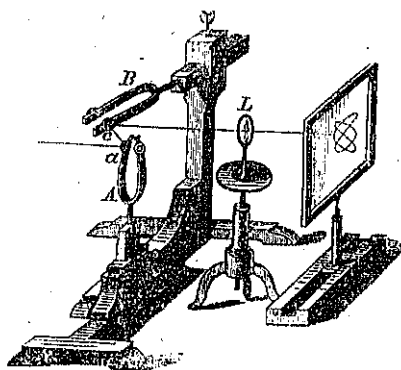
již sepsal

prof. Dr. Frant. Jos. Pisko,

volně vzdělal

Josef Klika,

profesor přírodných věd na vyšší realné škole v Pardubicích.



S 536 vyobrazením a přílohou v barvořtsku.

V Praze.

Nakladatel kněhkupocství: I. L. Kober.

1870.

P

ÚSTŘEDNÍ KNIPHOVNA	
FEDERACE VYSOKÉ ŠKOLY	
PRAHA	
ČÍSLO	V 711
NEVĚSTKA	201032

Národní kněhtiskárna: I. I. Kober v. Praze.

Předmluva.

Ač v oboru přírodovědeckém literatury naší v době novější značný byl pokrok učiněn, nedostávalo se nám přece až posud *fysiky*, kteráž by co *učebná kniha* žákům vyšších tříd gymnasií a realných škol posloužiti mohla. Z nedostatku knihy takové byli až posud učitelé fysiky na českých gymnasiích a realných školách nuceni, německých kněh učebných užívati aneb vyučovati tak, aby žáci vše, čemuž se učilo, sobě ve škole zapisovati mohli. Že tím výsledek vyučování značné doznával ujmy, o tom netřeba slov šířiti.

Ze všech německých fysik, jichž na rakouských gymnasiích a realných školách co kněh učebných se užívá, jest nejrozšířenější *Piskova fysika pro gymnasia a realné školy*, kteráž netoliko bohatým, pokroku vědy zcela přiměřeným obsahem, nýbrž i důkladnou, paedagogickou, od snadného ku těžšímu postupující methodou ostatní učebné knihy fysiky v mnohé příčině předčí a kteréž také téměř na všech našich ústavech českých co knihy učebné se užívá.

Uznávajíce přednosti knihy této požádali někteří pp. profesoři fysiky na českých školách středních činné knihkupectví *Koberovo* v Praze, aby knihu tuto v českém

překladau pro střední školy naše vydalo. Byv od tohoto knihkupectví požádán, abych druhé vydání knihy Piskovy pro česká gymnasia a realné školy vzdělal, uvázal jsem se v tuto nesnadnou práci, domnívaje se, že důkladné dílo Piskovo vyhoví úplně potřebám žakovstva našich škol.

Ctěný kollega Dr. *Pisko*, professor ve Vídni, který právo překladau 2. vydání své knihy si byl vyhradil, svolil ochotně k tomu, abych dílo jeho pro české školy vzdělal, začož mu tímto srdečné díky vzdávám.

Podávaje ctěným pp. kolegům dílo toto k laskavému posouzení a užívání, podotýkám, že dr. *Pisko*, který novější fysikalné přístroje z vlastního názoru na poslední výstavě Pařížské důkladně byl seznal a popsal, ku pokroku vědy v 2. vydání své knihy pečlivě přihlížel. Pokud tomu obmezený prostor knihy dopustil, jsou v ní vytknuty výsledky nejnovějšího bádání fysikův zvláště v oboru *akustiky* (ráz tónu, tóny kombinačné — rozdílové a součtové atd.), *optiky* (rozbor spektralný, fluorescence, fosforescence atd.), *tepla* (základové mechanické theorie tepla atd.) a *električnosti* (električnost physiologická atd.).

Z nejnovějších v knize této popsaných a z většší části obrazci znázorněných přístrojů fysikalných buďtež vytknuty :

Jollyho pružné vážky (str. 151.), vývěva rtuťová (188), fonografy (227), *Königův* fonograf (245) a přístroj ku znázornění uzlův v píšťalách (232), *Kundtův* přístroj ku znázornění podélného chvění sloupce vzduchového (232), *Helmholtzovy* resonatory (242), *Helmholtzův* přístroj samohláskový (243), spektroskop (288), přístroje fotografické a elektromagnetické ku znázornění výšky rtuťového sloupce v teploměrech a tlakoměrech (321, 356 a 520), drobnohledy polarisačné (341), přístroje *optickoakustické* (341), deštoměry a větroměry zapisovací (413 a 418),

Bertschova elektrika návodná (462), *batterie polararisačné* (489), *Riessův telefon* (506), *telegraf Hughův* (520), *telegraf podmořský* (523), *telegraf elektrochemický* (525), *Caselliho pantelegraf* (528), *elektromagnetické chronometry a chronografy* (529 a 530) a j. v.

Porovnav knihu tuto s učebnou knihou Piskovou, přesvědčí se každý, že není dílo mé pouhým překladem knihy Piskovy. Pojednalt jsem, přihlížeje ku potřebám žákovstva našeho a k našim poměrům, o některých věcech obšírněji a o některých jiným způsobem než Pisko, i doplnil jsem mnohé, což v knize Piskově jednoduchými slovy pouze naznačeno. Tak zaujímá ku př. v 2. vydání Piskovy knihy pojednání o párném stroji pouze 2 stránky se 4 obrazy, kdežto v této knize zaujímá 9 stránek s 12 obrazy. Uznával jsem též za potřebné, zmíniti se o mnohém, což v knize Piskově zcela opomenuto. Optiku a nauku o teple položil jsem přímo za akustiku, jakož činí to mnozí fysikové, což ovšem nevadí nikomu, uzná-li toho potřebu, jednati dříve o magnetičnosti a električnosti a pak teprv o optice a teple. Na příslušných místech zmínil jsem se též o přístrojích a vynálezech našich rodáků (*Resslův šroub lodní* str. 101., *Purkyňův kinesiskop* str. 302., *Divišův hromorozvod* str. 473., *Petrův magnetoelektrický stroj otáčivý* str. 550., *Teirichův návod ku telegrafování* str. 518 atd.). — Vzdor vši péči, kterou jsem opravování chyb tiskových věnoval zůstaly přece z nedopatření v knize některé chyby, z nichž podstatné vytknuty jsou na konci obsahu. Menší chyby, kteréž smyslu neruší a proto v seznamu tom obsaženy nejsou, si laskavý čtenář sám opraví.

Váženým kolegům svým p. řediteli Jiljímu *Jahnovi*, který celý třetí oddíl, jednající o chemii, vzdělal a mně mnohonásobně radou svou při práci přispěl, jakož i p.

Janu *Kostěncovi*, který mnohé nové obrazce na dřevo kreslil, vzdávám vřelé díky.

Otěné pp. kolegy, kteří díla tohoto co učebné knihy použijí, prosím snažně, aby na zpozorované vady a nedostatky jeho mne laskavě upozornili, abych v případě, že by potřeba nového vydání této knihy nastala, mohl veškeré vady její náležitě opravit.

V Pardubicích dne 10. září 1869.

Jos. Klika.

O b s a h.

Úvod	Stránka 1
1. Hmota. Tělo. Hmotnost. Výjev. Příroda. — 2. Přírodověda. Přírodopis. Přírodopyt. Fysiologie. Fysika. — 3. Obor fyziky. — 4. Pozorování. Pokusy. Výklad výjevův. Domněnky. — 5. Síla. — 6. Zákony přírodné. Návoody fysikálné.	

Oddíl prvý.

Všobecné vlastnosti těl	4
7. Všobecné vlastnosti. — 8. Rozprostraněnost č. prostornost. — 9. Míry. — 10. Nonius. — 11. Neprostopnost. — 12. Setrvačnost. 13. Roztažitelnost a stlačitelnost. — 14. Pórovatost. — 15. Dělitelnost. — 16. Tíže. — 17. Váha. — 18. Hustota. — 19. Váha prostá a měrná. — 20. Hustota a měrná váha. — 21. Měření objemu.	

Oddíl druhý.

Č spojitosti	15
22. Síly molekulárné. — 23. Skupenství. — 24. Tvrdost a křehkost. — 25. Pružnost a tažnost. — 26. Pevnost. — 27. Přílnavost. — 28. Pohlcování a botnání. — 29. Roztok. — 30. Hranění č. krystalení.	

Oddíl třetí.

Vnitřná rozdílnost těl	26
A. Z chemie všobecné	
31. Vnitřná rozdílnost těl. — 32. Hmoty složené. — 33. Hmoty jednoduché. — 34. Sloučeniny chemické. — 35. Slučivost. — 36. Chemie. — 37. Seznam hmot jednoduchých. — 38. Rovnomocniny. — 39. Zákon poměrů množných. — 40. Rovnomocná sloučeniny. — 41. Chemické písmo. — 42. Názvosloví chemické.	
B. Z podrobné chemie neústrojné č. nerostné	31
1. <i>Nekovy a sloučeniny jich</i>	
43. Kyslík. — 44. Vodík. — 45. Dusík. — 46. Uhlík. — 47. Vzduch obecný. — 48. Eudiometrie. — 49. Síra. — 50. Prvky hállové: a) chlór. b) Bróm a jód. c) Fluor. — 51. Soli hállové. — 52. Kostík. — 53. Bór a křemík.	

	Stránka
2. <i>Některé kovy a sloučeniny jejich</i>	44
54. Kovy žravin. — 55. Kovy žravin zemitých. — 56. Kovy zemin č. zeměkovy. — 57. Hmoty rovnotvárné, různotvárné a beztvárné. C. Z chemie ústrojně	48
1. <i>Z všeobecné chemie ústrojně</i>	—
58. Chemie ústrojná. — 59. Součástky ústrojnin. — 60. Radikály složené.	—
2. <i>Ústrojniny bezdusičné</i>	49
61. Ústrojniny bezdusičné, netečné. — 62. Isomerie. — 63. Alkohol č. líh obecný a sloučeniny z něho odvozené. — 64. Kyseliny ústrojně bezdusičné. — 65. Tuky, silice, pryskyřice a balsámy.	—
3. <i>Ústrojniny dusičnaté</i>	56
66. Zásady ústrojně č. alkaloidy. — 67. Kyan. — 68. Hmoty bílko- vité č. proteinové.	—
4. <i>Některé úkazy důležité v chemii a fyziologii</i>	58
69. Potrava. — 70. Proměny a rozklady ústrojnin. — 71. Hoření.	—

Oddíl čtvrtý.

Mechanika	
72. Mechanika.	62
A. Statika	
1. <i>Skládání a rozkládání sil</i>	—
73. Síly. — 74. Stanovení a měření síly. — 75. Přeložení působíště. — 76. Skládání a rozkládání sil. — 77. Výslednice sil působících v též přímce. — 78. Výslednice dvou sil, působících v úhlu. — 79. Tři síly v rovnováze. — 80. Skládání více sil v dovolných úhlech v též rovině a v též bod působících. — 81. Rozkládání sil. — 82. Rovnoběžnostěn sil. — 83. Skládání a rozkládání sil, působících v rozličných působíštích směry nerovnoběžnými. — 84. Skládání a roz- kládání sil, působících v rozličných působíštích směry rovnoběžnými. — 85. Moment síly.	—
2. <i>Těžiště</i>	75
86. Tíže. — 87. Těžiště. — 88. Rovnováha těl. — 89. Zavěšování a podepírání těl. — 90. Stálost polohy. — 91. Stanovení polohy těžiště.	—
3. <i>Rovnováha na strojích</i>	81
92. Stroj. — 93. Páka. — 94. Rovnováha na páce. — 95. Páka složená. — 96. Váhy obecné. — 97. Přezmen. — 98. Váhy můst- kové. — 99. Kolo na hřídeli. — 100. Kolostroje. — 101. Kladka. 102. Kladkostroje. — 103. Koleny. — 104. Nakloněná rovina. — 105. Klín — 106. Šroub.	—
B. Dynamika	
1. <i>Pohyb rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený</i>	102
107. O pohybu vůbec. — 108. Pohyb rovnoměrný. — 109. Pohyb rovnoměrně zrychlený. — 110. Dynamické měření sil.	—
2. <i>Pohyb postupný a otáčivý. Moment setrvačný</i>	106
111. Pohyb postupný. — 112. Pohyb otáčivý. — 113. Moment se- trvačný.	—
3. <i>Skládání a rozkládání pohybů. Pád volný a pád na rovině na- kloněné</i>	108
114. Rovnoběžník rychlostí. — 115. Pád volný. — 116. Pád na ro- vině nakloněné.	—
4. <i>Kyvadlo</i>	113
117. Pohyb kyvadla. — 118. Doba kyvu. — 119. Zákony pohybu kyvadla. — 120. Kyvadlo složené. — 121. Používání kyvadla.	—

	Stránka
<i>Vrh</i>	120
122. Vrh kolmý dolů a nahoru. — 123. Vrh vodorovný. — 124. Vrh šikmý.	
6. <i>Pohyb středoběžný</i>	126
125. Pohyb středoběžný. — 126. Zákony pohybu středoběžného. — 127. Odsíředivost. — 128. Osa volná.	
7. <i>Ráz</i>	131
129. Ráz. — 130. Přímý, středný ráz kulí nepružných. — 131. Přímý, středný ráz kulí dokonale pružných. — 132. Šikmý ráz kule na nehybnou stěnu. — 133. Šikmý ráz dvou pružných kulí.	
8. <i>Práce</i>	134
134. Práce. — 135. Práce sil stálých. — 136. Práce strojů.	
9. <i>Přeláčky v pohybu</i>	136
137. Tření. — 138. Tření vlačné. — 139. Tření valné. — 140. Odpor prostředí.	
C. Hydrostatika	139
1. <i>Podmínky rovnováhy kapalin, působí-li v částice jejich síla těžná</i>	—
141. Povaha kapalin. — 142. Rozptylování tlaku v kapalinách. — 143. Rovnováha kapalin. — 144. Spojité nádoby. — 145. Tlak na dno. — 146. Tlak vzhůru a na stěny. — 147. Kapaliny nestejnoro- rodé v nádobě spojitě. — 148. Zákon Archimédův. — 149. Plo- vání. — 150. Poloha plovoucích těl. Zástředí. — 151. Stanovení hustoty. — 152. Stanovení hustoty piknometrem. — 153. Stano- vení hustoty vahami hydrostatickými. — 154. Stanovení hustoty hustoměry.	
2. <i>Podmínky rovnováhy kapalin, působí-li v částice jejich síly mole- kulární</i>	150
155. Domněnky o molekulách kapalin. — 156. Vzájemné působení molekul kapalin. — 157. Povrch kapalin u stěny nádoby. — 158. Vláskové trubice. — 159. Endosmosa.	
D. Hydrodynamika	161
160. Zákon Torricellův o rychlosti výtoku kapalin. — 161. Množ- ství vytékající kapalin. — 162. Vytékající paprsek. — 163. Koeffi- cient sevření. — 164. Hybná síla vody.	
E. Aerostatika	166
165. Rozplnavost vzdušín. — 166. Tlak vzduchu. — 167. Tlako- měry. — 168. Tlakoměr Fortinův. — 169. Tlakoměr obecný. — 170. Tlakoměr dvouramenný. — 171. Používání tlakoměru. — 172. Tlakoměry kovové č. aneroidy. — 173. Zákon Mariottův. — 174. Manometry. — 175. Ubývání hustoty vzduchu do výšky. — 176. Barometrické měření výšky. — 177. Stroje, přístroje a náčinní, mající původ v tlaku vzduchu. — 178. Vývěva. — 179. Prostá i měrná váha a hustota vzdušín. — 180. Plování ve vzduchu. — 181. Pronikání plynův.	
F. Aerodynamika	194
182. Výtok vzdušín. — 183. Tok vzdušín ve trubicích. — 184. Ráz vzdušín.	

Oddíl pátý.

o pohybu vlnivém 196

A. Vlnění těl pevných

185. Chvění. — 186. Chvění stojaté. — 187. Chvění postupné.
Vlnění. — 188. Křížové vln. — 189. Odraz vln. — 190. Stojaté
chvění příčné. Uzly,

B. Vlnění kapalin		Stránka 203
191. Vlny. — 192. Křížení vln. — 193. Ohybání vln. — 194. Odraz vln.		
C. Vlnění vzdušin		209
195. Vlnění postupné ve trubici. — 196. Vlnění vzdušin ve prostoru volném. — 197. Intenzita chvění. — 198. Odraz vln. — 199. Lom vln. — 200. Stojaté chvění podélné.		

Oddíl šestý.

Akustika č. nauka o zvuku		216
A. Vznikání zvuku		
1. <i>O tónech vůbec</i>		
201. Zvuk. Znění. Tón. — 202. Výška tónů. — 203. Stupnice diatonická. — 204. Souzvuk a nesouzvuk. — 205. Stupnice chromatická. — 206. Teplotura akustická — 207. Stupnice harmonická.		
2. <i>Znění těl pevných</i>		
208. Znění strun. — 209. Znění pružných tyčí. — 210. Znění desk.		
3. <i>Znění vzdušin a kapalin</i>		
211. Hudební nástroje dechové. — 212. Pišťaly retné. — 213. Pišťala jazýčková. — 214. Hlasové ústrojí lidské. — 215. Chemická harmonika. — 216. Znění kapalin.		
B. Rozvádění a slyšení zvuku		285
217. Rozvádění zvuku. — 218. Ústrojí sluchové. — 219. Rychlost zvuku. — 220. Odraz zvuku. — 221. Lom zvuku. — 222. Síla zvuku. — 223. Spoluznění. — 224. Křížení zvuku.		

Oddíl sedmý.

Optika č. nauka o světle		251
A. Šíření se světla. Rychlost, síla a původ světla		
225. Světlo. — 226. Šíření se světla. Paprsek. — 227. Stín. — 228. Rychlost světla. — 229. Světlost. — 230. Světloměřství (Fotometrie). — 231. Původ světla.		
B. Odraz světla č. katoptika		260
232. Odraz světla. — 233. Zrcadla. — 234. Odraz světla v zrcadle rovném. — 235. Odraz světla v zrcadle kulovém dutém. — 236. Odraz světla v zrcadle kulovém vypuklém. — 237. Vada zrcadel kulových.		
C. Lom a rozklad světla č. dioptika		273
238. Lom světla. — 239. Lom světla v těle, omezeném plochami rovnoběžnými. — 240. Lom světla ve hranolu trojstěnném. — 241. Rozklad světla. — 242. Barvy hranolové. — 243. Barevnost těl. — 244. Duha. — 245. Frauenhoferovy čáry. — 246. Rozbor spektrální. — 247. Čočky. — 248. Čočky vypuklé. — 249. Čočky duté. — 250. Vady čoček.		
D. Oko a nástroje optické		297
1. <i>Oko a vidění</i>		
251. Oko. — 252. Vidění. — 253. Podmínky jasného vidění. — 254. Subjektivné č. osobné úkazy zření.		
2. <i>Optické nástroje</i>		
		304

255. Stereoskop. — 256. Světlice č. komora světla. — 257. Drobnohledy. — 258. Kouzelná svítlna a temnice. — 259. Dalekohledy.	
E. Fluorescence a fosforescence. Chemické účinky světla	314
260. Fluorescence. — 261. Fosforescence. — 262. Výklad fluorescence a fosforescence. — 263. Chemické účinky světla. — 264. Fotografie.	
F. Křížení a ohybání světla	821
265. Křížení světla. — 266. Barvy tenkých vrstev. — 267. Ohybání světla.	
G. Dvojlom a polarisace světla	330
268. Dvojlom. — 269. Polarisace. — 270. Přístroje polarisačné. — 271. Křížení polarisovaného světla. — 272. Polarisace kruhová. — 273. Polarisace eliptická.	
H. Přístroje opticko-akustické	344
274. Křivky opticko-akustické. — 275. Vlnění těl nitovitých. — 276. Vlnění desk znějících. — 277. Znění plamenův. — 278. Působení zvuku v plameny, plyny a kapaliny.	

Oddíl osmý.

Nauka o teple	350
A. Úvod	—
279. Teple. Teplota. — 280. Teploměr.	
B. Šíření se tepla	357
1. <i>Rozvádění tepla</i>	—
281. Teplovodiči. — 282. Vodivost tepla těl pevných. — 283. Vodivost tepla kapalin. — 284. Vodivost tepla vzdušin.	
2. <i>Sálání tepla</i>	360
285. Teple sálavé. — 286. Sálavost tepla rozličených těl. — 287. Pohlcování tepla. — 288. Odraz paprskův teplových. — 289. Těla průteplivá a neprůteplivá. — 290. Lom a rozklad paprskův teplových. — 291. Fluorescence paprskův teplových. — 292. Křížení a ohybání, dvojlom a polarisace paprskův teplových.	
C. Roztahování se hmot teplem	365
293. Roztahování se těl pevných teplem. — 294. Roztahování se kapalin teplem. — 295. Roztahování se plynů teplem.	
D. Proměna skupenství teplem	375
1. <i>Tání</i>	—
296. Tání. — 297. Teple při tání utajené. — 298. Teple při tuhnutí kapalin uvolněné.	
2. <i>Výpar a var</i>	378
299. Výpar. — 300. Rozpínavost par. — 301. Měrná váha a hustota par. — 302. Var. — 303. Teploměr tlakoměrný. — 304. Výpar při obyčejné teplotě. — 305. Teple při výparu a varu utajené. — 306. Teple při zkapalnění par uvolněné. — 307. Kapanění plynův. — 308. Kapka Leidenfrostova.	
3. <i>Stanovení množství tepla, teple měrné a vnitřavost tepla</i>	389
309. Jednička tepla. — 310. Teple měrné. Vnitřavost tepla. Teple poměrné. — 311. Měrné teple. — 312. Stanovení tepla: táním a výparem utajeného	
4. <i>Párné stroje</i>	395

	313. Párný kotel. — 314. Párný stroj. — 315. Lokomotiva a párná loď. — 316. Práce párných strojů. — 317. Soupeří párného stroje.	Stránka
5.	<i>Páry ve vzduchu</i>	
	318. Vlhkost vzduchu. — 319. Hygrometry. — 320. Hygroskopy. — 321. Výjevy, pocházející z vlhkosti vzduchu.	406
	E. Zdroje tepla	
	322. Slunce co zdroj tepla. Větry. — 323. Země co zdroj tepla. — 324. Mechanické zdroje tepla. — 325. Chemické slučování hmo co zdroj tepla. — 326. Výkony životní co zdroj tepla.	414
	F. Základové mechanické theorie tepla	
	327. Rovnomocnina tepla. — 328. Theorie tepla. — 329. Stálost sil.	421

Oddíl devátý.

Magnetičnost

	A. výjevy magnetické	425
	330. Magnety. — 331. Magnetické póly. — 332. Magnetování. — 333. Výklad výjevů magnetických. Síla bránivá. — 334. Magnetičnost zemská.	—
	B. Hotovení strojových magnetů natíráním	
	335. Tah jednoduchý. — 336. Tah dvojnásobný. — 337. Magnetování podkov. — 338. Magnetická batterie.	429
	C. Směr magnetických sil zemských	
	339. Otáčení se magnetu účinkem magnetičnosti zemské. — 340. Složky magnetické síly zemské. — 341. Uchylkoměry. — 342. Sklonoměry. — 343. Jehla astatická.	432
	D. Měření sil magnetických	
	344. Měření síly magnetické silou těžnou. — 345. Měření síly magnetické kýváním magnetu. — 346. Měření síly magnetické úhlem odchytky. — 347. Magnetoměr.	439

Oddíl desátý.

Električnost

	A. Električnost vzbuzená třením a rozkladem	445
1.	<i>Základné výjevy elektrické</i>	—
	348. Električnost. — 349. Sdílení električnosti. Vodičové a samotiči. — 350. Kladná a záporná električnost. — 351. Električnost vzbuzená rozkladem. — 352. Električnost osazuje se pouze na povrchu.	—
2.	<i>Elektroskopy a elektroměry</i>	
	353. Elektroskop Bennetův. — 354. Elektroskop Fechnerův. — 355. Elektroskop Coulombův. — 356. Elektroskop Peltierův. — 357. Hustota električnosti. Elektrická napnutost. — 358. Elektrostatika.	451
3.	<i>Přístroje k nahromadění a zhustění električnosti</i>	
	359. Električka obecná. — 360. Hydroelektrička. — 361. Elektrofor. — 362. Električka návodná. — 363. Deska Franklinova. — 364. Láhev Leydenská. — 365. Hustič.	457
4.	<i>Důležitější vlastnosti a účinky proudu elektrického</i>	
	366. Doba výboje elektrického. — 367. Rychlost električnosti. — 368. Elektrický teploměr. — 369. Žár a roztápění kovů proudem elektrickým. — 370. Elektrické zapalování.	467
	B. Električnost ovzduší	
	371. Električnost vzduchu, oblaků a mraků. — 372. Blesk a hrom. Hromosvod. — 373. Ozón. Ozónoměry.	471

	Stránka
C. Galvaničnost'	
<i>Základné výjevy galvanické</i>	474
374. Základná zkouška Voltova. — 375. Elektrická difference. —	
376. Řada napnutostí. — 377. Jednoduchý řetěz galvanický. — 378.	
Složený řetěz galvanický. — 379. Řetězy stálé.	
<i>Mechanické, fyziologické a chemické účinky proudu galvanického</i>	483
380. Mechanické účinky galvanického proudu. — 381. Fysiologické	
účinky galvanického proudu. — 382. Chemické účinky galvanického	
proudu. — 383. Theorie elektrolytická. — 384. Polarisace galva-	
nická. — 385. Chemická činnost proudu v řetězech galvanických.	
<i>Používání chemických účinků proudu galvanického</i>	490
386. Galvanoplastika. — 387. Galvanické pokovování. — 388. Gal-	
vanochromie (Metallochromie). — 389. Galvanokautika a galvano-	
grafie.	
3. <i>Účinky světla a tepla proudu galvanického</i>	495
390. Galvanické světlo a teplo s ním spojené. — 391. Galvanické	
teplo a světlo s ním spojené.	
4. <i>Magnetické účinky galvanického proudu</i>	497
a) Působení proudu v jehlu magnetickou	
392. Odchylna jehly magnetické účinkem proudu galvanického. —	
393. Galvanoskopy a galvanoměry.	
b) Magnetování železa a ocele proudem galvanickým	503
394. Základné výjevy elektromagnetické. — 395. Mocnost, přitažli-	
vost a nosivost elektromagnetů. — 396. Magnetování ocele proudem	
galvanickým. — 397. Elektromagnetické vzbuzování zvuku. — 398.	
Otáčivé přístroje elektromagnetické.	
c) <i>Používání magnetických účinků proudu galvanického</i>	511
1. Elektromagnetické rovnání (regulování) elektrického světla	
399. Rovnatelé (regulatori) světla elektrického.	
2. Elektromagnet čnost co síla hybná	512
400. Elektromagnetické hybostroje	
3. Elektromagnetické telegrafy	514
401. Morseův telegraf zapisovací. — 402. Telegraf Hughův. — 403.	
Telegraf Bainův. — 404. Telegraf podmořský. — 405. Telegraf	
s ukazovatelem. — 406. Telegraf elektrochemický. — 407. Telegraf	
Caselliho.	
4. Elektromagnetické přístroje časoměrné	527
408. Elektromagnetické hodiny. — 409. Elektromagnetické časoměry	
(chronometry). — 410. Elektromagnetické chronografy.	
5. Používání elektromagnetů k studím diamagnetickým	532
411. Diamagnetičnost. — 412. Kruhová polarisace světla v tělech	
diamagnetických.	
5. <i>Elektrodynamika</i>	
a) <i>Vzájemné působení proudů galvanických</i>	534
413. Zákon elektrodynamického přitahování a odpuzování. — 414.	
Elektrodynamické kolotání.	
b) <i>Vzájemné působení galvanických proudů, obecných</i>	537
magnetů a magnetičnosti zemské	
415. Ampérova theorie magnetičnosti. — 416. Působení magnetu	
v pohyblivého vodiče proudu. — 417. Solenoid.	
6. <i>Odpor vodičů</i>	530
418. Odpor vodičův. — 419. Vodivost kovů. — 420. Jednička od-	
poru. — 421. Rheostat. — 422. Odpor kapalin. — 423. Zákon	
Ohmův.	
D. Návod elektrodynamický	544
1. <i>Návod voltovský</i>	
424. Proud navedený. — 425. Proud protivný. — 426. Účinky	
proudu navedeného.	

2.	<i>Návod magnetický</i>	Stránka
	427. Proud magnetičnosti navedený. — 428. Magnetoelektrický stroj otáčivý. — 429. Působení magnotu v otáčející se kotouč kovový.	547
3.	<i>Návod elektromagnetický</i>	
	430. Návod elektromagnetický. — 431. Návodný přístroj Ruhmkorffův.	551
	E. Thermoslektričnost	
	432. Výjevy thermoelektrické. — 433. Thermoelektrická řada napětostí. — 434. Sloup thermoelektrický. — 435. Účinky proudu thermoelektrického.	553
	F. Električnost' fysiologická	
	436. Električnost' živočišná. — 437. Elektrický proud ve svalecti a nervech kolující. — 438. Působení električnosti v ústrojí živočišné.	555

Oddíl jedenáctý.

	Základové astronomie	559
A.	Základné výjevy a pojmy astronomické	—
	439. Obzor. — 440. Úhlové světa. — 441. Pohyb těl nebeských. — 442. Těla nebeská. — 443. Stanovení polohy hvězdy dle soustavy obzorové. — 444. Stanovení polohy hvězdy na nebi dle soustavy rovnkové. — 445. Zdánlivý pohyb slunce. — 446. Ekliptika. — 447. Stanovení polohy hvězdy na nebi dle soustavy ekliptiky. — 448. Vrcholení a hlubočení. — 449. Zvířetník. — 450. Prodstoupání rovnodennosti. 451. Ekliptika jest ellipsa.	
	B. Země a její pohyby	560
	452. Země. — 453. Otáčení země okolo osy. — 454. Otáčení země kolem slunce. — 455. Zeměpisná šířka a délka.	
	C. Měsíc země naší	569
	456. Dráha měsíční. — 457. Proměny měsíce.	
	D. Oběžnice a vlasatice	571
	458. Zdánlivý pohyb oběžnic. — 459. Pořadí hlavních oběžnic. — 460. Kopernikova soustava oběžnic. — 461. Zákony Keplerovy. — 462. Newtonovy zákony gravitace. — 463. Vlasatice. — 464. Příliv a odliv.	

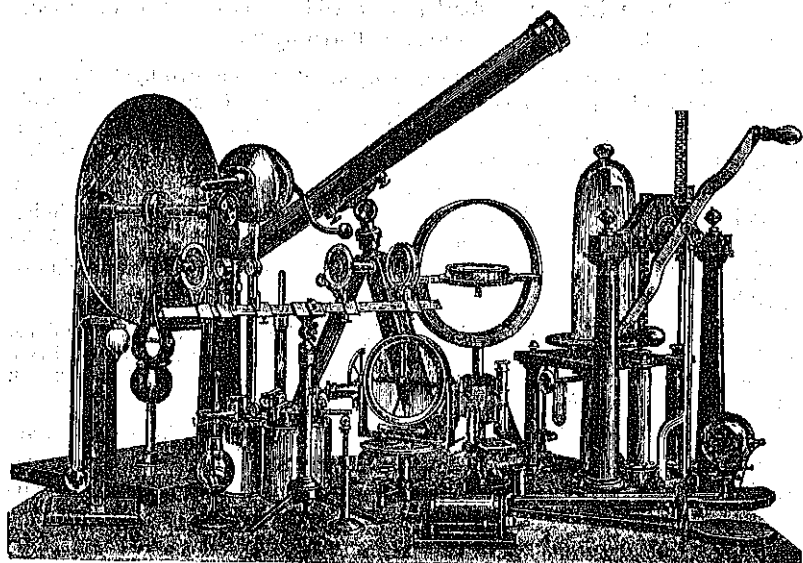
Opravy.

Na str.	18.	na 10.	řádce z dola	čti:	1000 librami místo: 100 librami.
" "	21	" 24	" s hora	"	$\frac{\dot{S} \cdot V^2}{D} : \frac{\dot{s} \cdot v^2}{d}$ místo $\frac{\dot{S} \cdot V^2}{D} \cdot \frac{\dot{s} \cdot v^2}{d}$.
" "	23	" 23	" "	za	slovem: kreslime-li přidej: na desku aneb položíme-li.
" "	57	" 17	" z dola	čti:	Turnbullovu místo Turnbullova.
" "	61	" 17	" "	"	plamen místo: plamenom.
" "	75	" 2	" s hora	"	gp místo gv.
" "	80	" 1	" "	"	ab:gd=at:td místo ab:gd=at:d.
" "	82	" 4	" z dola	"	velikostí síly místo: velikost síly.
" "	"	" 3	" "	"	vzdáleností směru místo vzdálenost směru.
" "	87	" 1	" s hora	"	2(P+M) místo: 2(P+Q).
" "	93	" 8	" z dola	"	druhý konec místo: druhé koncec.
" "	99	" 15	" "	"	postupuje místo: postupnej.
" "	104	" 2	" "	"	$n = \frac{l}{\tau}$ místo: $n = \frac{l}{\tau}$.
" "	106	" 12	" "	"	P=MG místo: P=y.
" "	"	" 1	" "	"	m ₁ c:m ₂ c místo m ₁ c m ₂ c.
" "	112	" 2	" s hora	"	sin α:1 místo sin:α 1.
" "	114	" 2	" "	"	α=0 místo α=0.
" "	"	" 8	" "	"	rychlost = 0 místo: rychlost = 0.
" "	136	na obrázci 111.	má státi	nahofe g	místo e.
" "	143	na 11. řádce z dola	čti:	obdv	místo abdv.
" "	148	" 2	" s hora	"	Vs=v ₁ s ₁ místo Vs=v ₁ s ₁ .
" "	160	" 21	" z dola	"	v:v'=2:1 místo v:v'=2:1.
" "	"	" 3	" "	"	150 místo 151.
" "	164	" 9	" s hora	"	za otvorem místo: za otvorom.
" "	179	" 5	" "	"	tlaku místo: tlaku.
" "	"	" 10	" "	"	hustot místo: hustota.
" "	195	" 1	" "	"	ku druhému kórenu z délky místo: ku délce.
" "	197	" 3	" z dola	"	∠α=0, pročež sin α=0 místo: ∠α=0, pročež sin α=0.
" "	199	" 11	" s hora	"	e v e ₁ místo: a v e ₁ .
" "	207	" 2	" "	"	cm—om místo: Cm—om.
" "	208	" 6	" z dola	"	m ₁ a ₁ místo: m ₁ a ₁ .
" "	240	" 21	" "	"	největší místo: rejtější.
" "	253	" 1	" s hora	"	E=23984r místo: E=23984r.
" "	254	" 8	" z dola	za	slovy: dráhu aa ₁ přidej: (obr. 244.).
" "	262	" 13	" "	čti:	Ak=ka místo: AK=ka.
" "	271	" 8	" "	"	α=0 místo: α=0.
" "	272	" 8	" "	"	$-\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a}\right)$ místo: $-\left(\frac{1}{p} - \frac{1}{a}\right)$

XVI

Na str.	276	na	9	řádku	s	horo	čti :	rovná-liso	sinus	úhlu	místq:	rovná-liso	úhel.			
" "	"	"	14	"	"	"	"	je-li	sinus	úhlu	dopadu	místo:	je-li	úhel		
" "	317	"	1	"	"	"	"	ktoré	prošly	místo:	ktoré	pošly.				
" "	"	"	27	"	"	"	"	přepuzuje-li	se	místo:	přepuzuje	se.				
" "	326	"	14	"	"	z	dola	rozhraní	ac	místo:	rozhraní	c.				
" "	392	"	8	"	"	s	hora	k	ochlazení	místo:	k	uhlazení.				
" "	395	"	8	"	"	"	"	$MS(T-\tau)$	místo:	$MS(T-l)$.						
" "	"	"	16	"	"	z	dola	$M(T-\tau)$	místo:	$M(T-l)$.						
" "	"	"	14	"	"	"	"	páky	opr	místo:	páky	pr.				
" "	404	"	17	"	"	"	"	nemagnetická	těla	místo:	magnetická	těla.				
" "	425	"	13	"	"	"	"	pól	n	bude	pak	pólem	S	místo:	pól	s
" "	441	"	4	"	"	"	"	bude	pak	pólem	N.					
" "	461	"	8	"	"	"	"	električnosti	z	něho	neodváděli	místo:				
								električnosti	z	něho	odváděli.					





Ú v o d.

1. Hmota. — Tělo. — Hmotnost. — Výjev. — Příroda. Vše, co prostor vyplňuje, slove *hmotou* (Materie, Stoff); hmota ve prostoru obmezeném jmenuje se *tělo*. Množství hmoty těla nazýváme *hmotnost* (Masse).

Tělo *fysikální* liší se od těla *geometrického* (č. *mathematického*), kteréž jest pouhým určitě omezeným prostorem bez hmoty. Čemu učí matematika o tělech geometrických, platí též o tělech *fysikálních*.

Vlastnosti aneb změny, které na tělech pozorujeme, slovou *výjevy*.

Veškerá těla, jakož i výjevy jsou v ustavičném přerodu a slovou tudíž *přítrodou*.

2. Přírodověda. — Přírodopis. — Přírodopyt. — Fysiologie. — Fysika. Věda, jejímž účelem jest pozorování a skoumání přírody, nazývá se *přírodověda*.

Přírodověda rozpadá se v *přírodopis*, který vyhledává toho, čím se těla od sebe liší, a *přírodopyt*, který přihlíží k tomu, co na tělech společného a stejného.

Přírodopyt těl ústrojných slove *fysiologii*, přírodopyt těl neústrojných *fysikou*. Fysika se liší od fysiologie hlavně tím, že vykládá výjevy z příčin vnějších, kdežto fysiologie odvozuje výjevy z příčin vnitřních.

3. Obor fyziky. *Fyzika* jest věda, mající za účel sezná-
vati a vykládati výjevy na tělech neústrojných.

Výjevy (vlastnosti a změny), jež na tělech neústrojných pozorujeme, jsou dvojí, totiž *prostorné*, pokud se týkají prostoru čili vnějšího stavu těla, a *hmotné*, pokud přináležejí pouze hmotě těla. Proto rozděluje se fyzika ve *fysiku* v užším smyslu, která jedná o výjevy prostorných, a *chemii*, kteráž skoumá výjevy hmotné. Obě tyto nauky stýkají se však v případech tak četných, že nesebnadno rozdíli jejich podrobně vytknouti. Fyzika nemůže tudíž vyloučiti naprosto z oboru svého veškerých výjevů hmotných, jakož i chemii nemožno bez fyziky se obejítí. (Příklady.)

Během času rozdělena fyzika ve více oddílův (jako ku př. v nauku o zvuku, světle, teple, magnetičnosti, električnosti atd.), z nichž některé, byvše pro důležitost svou zvláště pěstovány, staly se vědami samostatnými, jako ku př. *hvězdářství*, *strojnictví* a j.

4. Pozorování. — Pokusy. — Výklad výjevův. — Domněnky. Abychom výjevy *seznali*, musíme je ve přírodě *pozorovat* aneb umělým způsobem, t. j. *pokusem* (*experimentem*) *vyvozovat*. Ku pozorováním i pokusům potřeba zvláštních *fyzikálních strojův a přístrojův*.

Pokusy poskytují přečasto značných výhod, neboť jimi možno docílití výjevův, jichž bychom ve přírodě snad nikdy pozorovatí nemohli, aneb které by se naskytly teprv v jiné době a za jiných okolností. (Příklady.)

Výjevu nemůžeme sobě mysliti bez původu neb příčiny; seznavše výjev, musíme vytknouti příčiny, t. j. musíme výjev *vykládati*.

Nedá-li se příčina nějakého výjevu s úplnou jistotou vytknouti, vyhledáváme aspoň domnělou příčinu, která se zove *domněnkou* (*hypotesou*). (Příklady.)

5. Síla. Vyhledávajíce příčinu nějakého výjevu, poznáváme přečasto, že původem jeho jest výjev jiný, i musíme pátratí po příčině tohoto druhého výjevu. Postupujíce takto od jednoho výjevu ke druhému, přicházíme konečně k výjevu takovému, jehož nelze smyslně vyložiti ani příčinou skutečnou ani domněnkou. Za původ tohoto posledního výjevu pokládáme pak *sílu*.

Sil jest tolik, kolik rozličných druhův výjevů k sobě náleží a co původ a výsledek v jedinou řadu spojeno jest. Síly mají od rozličných výjevův, jichž jsou původem, také rozličná jména, jako ku př. spojivost, tíže, magnetičnost atd.

Podstata sil jest neznáma, neboť jsou síly pouze *domnělé* příčiny, jichž smysly chápati nelze. Čím více se rozšiřují vědomosti *skutečné*, tím více ubývá sil. Tak ku př. neoddělují více učenci v době nejnovější magnetičnost od električnosti. Veškeré úkazy, jichž původem jsou síly, záležejí však konečně ve vzájemném přibližování neb vzdalování se těl aneb částecek jejich a pročež domníváme se, že jsou *základné síly* pouze dvě, totiž *přitažlivost* a *odpudivost*; všecky ostatní síly možno ze sil základných *odvoditi*. (Příklady.)

6. Zákony přírodní. — Návody fysikálné. Pozorujíce výjevy, shledáváme, že *tatáž* příčina za *týchž* okolností má za výsledek *tentýž* výjev. Tuto určitou souvislost mezi výjevy a příčinami jejich zoveme *zákonem přírodným* (Naturgesetz).

Účelem fysiky jest, výjevy seznávatí a vykládati a tudíž poznávatí zákony přírodní, jimiž se síly v působení svém spravují.

Zákony přírodní možno pak seznati:

1. *Návodem zkušebním* (empirickým) čili tak zvanou *indukcí*. Vidáme-li, že výjev nějaký za stejných okolností *velmi často* a *vždy zcela stejně* se opakoval, soudíme, že *vždy* za *týchž* okolností *týmž způsobem* se bude opakovati a že souvislost mezi tímto výjevem a původem jeho jest určitým *zákonem přírodným*.

2. *Návodem theoretickým*, když rozumem pátráme po příčinách výjevů a z povahy příčin (často důvody mathematickými) odvozujeme zákony přírodní.

Poněvadž jsou příčiny výjevův — síly — neznámy, dáváme návod zkušebnímu ve fysice přednost; ač není někdy zcela spolehlivým, přece přibližuje se ve mnohých případech pravdě tak, že pochybnosti nedopouští. Návod theoretického užívá se ve fysice mnohem řídčeji, ač jest dokonalejší a vede vždy, pokud na jistém základě spočívá, k výrokům určitým.

Oddíl první.

Všeobecné vlastnosti těl.

7. Všeobecné vlastnosti. Chceme-li výjevy jakož i příčiny jejich dokonale seznati, musíme znáti nejprvé těla, na kterých výjevy pozorujeme. K tomu potřebí seznati *všeobecné vlastnosti* těl, t. j. vlastnosti všem tělům společné.

Všeobecné vlastnosti jsou pouze vlastnosti prostorné, neboť všem tělům společná jest vlastnost, že hmoty jejich obmezený prostor vyplňují. Prvou všeobecnou vlastností těl jest tudíž *prostornost* č. *rozprostraněnost* jejich. Z této vlastnosti mohou se odvozovati veškeré ostatní všeobecné vlastnosti. Poněvadž hmota jistý prostor vyplňuje, nemá současně ve prostoru tom jiná hmota místa, z čehož vyplývá *neprostupnost* těl. Hmota buď zůstává v témž prostoru, buď mění postupně prostor, setrvává tudíž v klidu aneb pohybu, pročež jest všeobecnou vlastností též *setrvačnost*. Ze zkušenosti známo, že prostor těla možno násilím zmenšiti aneb zvětšiti; všecka těla jsou tudíž *stlačitelná* a *roztažitelná*. Kdyby hmota prostor těla zcela vyplňovala, nebylo by možno tělo stlačiti; vyplývá tudíž ze stlačitelnosti, že mezi částčkami hmoty zůstávají prostory — *póry* — odkudž *pórovatost* těl. Zmenšování a zvětšování prostoru čili oddělování jeho musí přecházeti na hmotu samu, pročež jest i *dělitelnost* vlastností všeobecnou.

Všecka těla jakož i nejmenší částčky jejich padají k zemi; domníváme se tudíž, že je země jistou silou přitahuje, a sílu tu nazýváme *tíží*; poněvadž na všechny hmoty stejně působí, možno i *tíži* ku všeobecným vlastnostem připočísti.

8. Rozprostraněnost č. prostornost vyplývá již z pojmu těla, neboť jest tělo hmota ve *prostoru* obmezeném. Co taková musí míti tudíž určitou *délku*, *šířku* a *výšku*.

Převládá-li délka a šířka značně nade třetím rozměrem, zove se tanto *tloušťkou*; převládá-li jeden rozměr nad oběma ostatními, zove se někdy *výškou* někdy *délkou* (z *vyšokých* stromův dělájí se *douhé* trámy). Předmětův dutých (studní, nádob atd.) rozměr s hora dolů slove *hloubkou*.

Spůsob, jak hmota v dotčených třech směrech omezena jest, slove *tvarem* č. *podobou* těla a velikost prostoru, jež hmota vyplňuje, jest *objem* (volumen) těla.

9. Míry. Objem těl možno *měřiti*, t. j. určití číslem, jímž vytknut poměr objemu těla k objemu, jež beřeme za jedničku.

Ku měření potřeba jisté *míry*. Obyčejné míry naše jsou: *sáh, stopa, palec, čarčka* a *bod*. Měříme-li pouze jeden rozměr těla, beřeme tyto míry v *délce*, při měření dvou rozměrů č. ploch beřeme je ve *čtverci* (quadrat), a měříme-li všechny tři rozměry č. tělo, beřeme je v *krychli* č. *kostce* (cubus).

Poměr stopy vídeňské k jiným stopám patrný z přehledu následujícího:

1' anglická	= 0·965' víd.	1' pařížská	= 1·028' víd.
1' bavorská	= 0·924' "	1' pruská	= 0·990' "
1' česká	= 0·936' "	1' ruská	= 0·962' "

Důležitá jest nová francouzská, tak zvaná *přirozená* míra, jejíž jedničkou jest *mètre*.

Pařížská akademie věd navrhla r. 1790, aby za základ míry použilo se *čtverníka* t. j. čtvrtiny obvodu zeměkoule. K tomu cíli byl změřen oblouk poledníku od Dünkirchenu do Barcelony, z délky oblouku toho celý čtverník vypočten a rozdělen na 10 milionů stejných dílů, z nichž každý nazván *mètre* t. j. *míra*.

Metrické míry užívá se zvláště ve spisech a pracích vědeckých.

$\text{Mètre} = 3\cdot1635' = 3' 1'' 11\frac{1}{2}''' = \text{téměř } 38'' \text{ víd. ; zblíženě } 49^m = 155'$.

Víd. stopa = 0·3161_m.

K měření menších délek než *mètre* slouží desetiny, setiny a tisíciny *mètru* a sice jest

1 *decimètre* = 0·1 *mètru*

1 *centimètre* = 0·01 "

1 *millimètre* = 0·001 "

Pro délky větší slouží *míra* 10, 100, 1000 a 10.000 *metrů*, a sice jest

1 *dekamètre* = 10 *mètrů*

1 *hektomètre* = 100 "

1 *kilomètre* = 1000 "

1 *myriamètre* = 10.000 "

Zmenšování metrické míry děje se předkládáním latinských slov *deci-*, *centi-* a *milli-*, zvětšování předkládáním řeckých *deka-*, *hekto-*, *kilo-* a *myria-* ku slovu *mètre*.

Obr. 1.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Na obr. 1. jest *decimètre* rozdělený v *centimètry*, z nichž prvý rozdělen v *millimetry*.

Základem plochové míry metrické jest *are*, t. j. čtvercový deka-mètre čili $100 \square$ metrův.

$$\text{Are} = 27 \cdot 7998 \square^0 = 1000 \cdot 79 \square^1.$$

Za míru těl vzat krychlový decimètre, nazvaný *litre*.

Litre = $54 \cdot 7093 \text{'''}$ = $0 \cdot 707$ mázů = téměř 3 žejdl.; zblíženě 17 lit. = 12 mázům.

Are i litre zmenšují a zvětšují se jako míra délková předkládaným latinských a řeckých výše uvedených slov: deci-, centi-, deka-, hekto- atd.

V obecném životě užívá se kromě délkových, čtvercových a krychlových měř geometrických ještě i jiných měř, kteréž tapry porovnáním s měrou geometrickou určití možno.

Loket vídeňský = $29 \cdot 5797 \text{''}$ = téměř $29 \frac{1}{6} \text{''}$.

český = $1 \cdot 8758 \text{'}$; 21 lok. čes. = 16 lok. víd.

Míle poštovská = 4000'' .

zeměpisná = $3912 \cdot 487 \text{''}$; 46 mil pošt. = 46 mil zem.

Jitro = $1600 \square^0$. Jitrem nazývá se plocha dvou korecův neb tří měř výsevků; korec = $800 \square^0$ a míra = $538 \frac{1}{2} \square^0$.

Vědro = $1 \cdot 8 \text{'}$; 5 věder = téměř 9' .

Máz = $77 \cdot 41 \text{'''}$; 1' = $22 \cdot 31$ mázů.

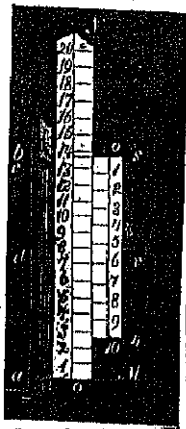
Žejdlík = $19 \cdot 36 \text{'''}$ = $19 \frac{1}{3} \text{'''}$.

10. Nonius. K měření slouží *měřítka*, t. j. tyče dřevěné neb kovové ve větší a menší stejné díly rozdělené.

Měřítkem můžeme měřiti pouze délky takové, které nejsou menší, než nejmenší dílky měřítka (ku př. čárky neb millimetry). Máme-li ku př. měřiti délku rtuťového sloupce *ab* (obr. 2.) a přiložíme-li začátkový bod měřítka *MN*, v čárky rozděleného, k bodu *a*, tu shledáme, že jest délka sloupce *ab* větší než 13''' , avšak menší než 14''' . Délky *bc*, o kterou sloupek *ab* 13''' převyšuje, nelze měřítkem *MN* zevrubně určití.

K měření podrobnému, jímž možno i částky nejmenších dílkův měřítka zevrubně určití, slouží *nonius* č. *vernier*.

Obr. 2.



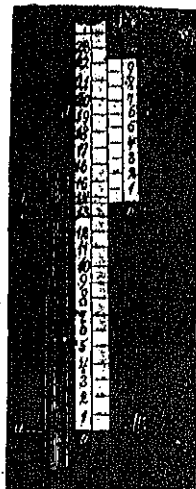
Důmyslný přístroj tento má jméno po vynálezci svém Portugalci *Nunhesovi* (1566) a zdokonaliteli, matematikovi francouzském, *Vernierovi* (1631). Jest to měřítko pobočné, k hlavnímu měřítku přidané, mající délku $n + 1$ aneb $n - 1$ nejmenších dílkův hlavního měřítka a rozdělené v n stejných dílkův. Tak jest ku př. na obr. 2. nonius *ns* 11''' ($10 + 1$) dlouhý a v 10 stejných dílkův rozdělený, na obr. 3. obnáší délka nonia *ns* 9''' ($10 - 1$) a též rozdělen též na 10 stejných dílkův.

Máme-li noniem *ns* (obr. 2.) určití zevrubně onu část délky rtuťového sloupce *ab*, již měřítkem určití nelze, totiž část *bc*, pošíneme nonius podél měřítka tak daleko, až začátkový bod *s* s koncovým bodem sloupce *b* se stýká; pak se podí-

váme, kolikátý oddíl nonia s některým oddílem měřítka tak splývá, že možno rozdělovací čáry obou pokládati za jedinou přímku; na obr. 2. jest to 6. oddíl nonia u v . Délka $bc = bd - cd = sv - cd$. Poněvadž jest nonius $11''$ dlouhý a v 10 dílkův rozdělený, bude jeden dílek $1.1''$, pročež 6 dílkův, čili $sv = 6 \times 1.1'' = 6.6''$; cd jest pak na měřítku hlavním $6''$. Bude tudíž $bc = sv - cd = 6.6'' - 6'' = 0.6''$ a celý sloupec ab bude mítí délku $13.6''$. Každý oddíl nonia jest o $0.1''$ delší, než oddíl měřítka, hlavního; při 2, 3, 4, 5 ... oddílech nonia bude pak rozdíl $sv - cd$ obnášeti $0.2''$, $0.3''$, $0.4''$, $0.5''$... Značí-li a nejmenší oddíl měřítka (čárku) a je-li délka nonia $(n + 1) a$, bude jeden oddíl nonia všeobecně $\left(\frac{n + 1}{n}\right) \cdot a$

$= a + \frac{a}{n}$ a délka, kterou noniem měříme, když x tý dílek nonia s některým dílkem měřítka v přímku splývá, bude $x \frac{a}{n}$.

Obr. 3.



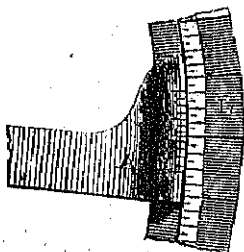
Je-li nonius ns (obr. 3.) $9''$ dlouhý a na 10 stejných dílkův rozdělený, jest každý dílek jeho $0.9''$ dlouhý, tudíž o $0.1''$ menší, než nejmenší oddíl měřítka; značí-li n opět počet dílkův nonia a a jeden oddíl měřítka, bude jeden dílek nonia $= \left(\frac{n - 1}{n}\right) a = a - \frac{a}{n}$. Měříme-li tímto noniem délku bc , shledáme, pošinuvše okraj nonia n ku konci sloupku b , že $bc = cd - nv$; poněvadž 6. dílek nonia se stýká s 19. dílkem měřítka a tudíž $nv = 6.0.9''$ a $cd = 6''$, jest $bc = cd - nv = 6'' - 6.0.9'' = 6'' - 5.4'' = 0.6''$. Délka celého sloupce ab jest tudíž opět $13.6''$. Poněvadž jest každý dílek nonia o $0.1''$ kratší, bude při 2, 3, 4, 5 ... oddílech nonia obnášeti $cd - nv$ $0.2''$, $0.3''$, $0.4''$, $0.5''$... a splývá-li opět x tý díl nonia s některým dílkem měřítka, bude $bc = x \frac{a}{n}$.

Neshoduje-li se žádný oddíl nonia se žádným oddílem měřítka, pokládáme za to, že se shoduje na noniu ten, který se k některé čáře měřítka přibližuje a odhadneme okem, oš asi odstává dotýčný oddíl nonia od oddílu měřítka. Jeden oddíl nonia jest všeobecně, jak z předešlého vyplývá, $a + \frac{a}{n}$. Poněvadž může býti n číslo jakékoliv, můžeme upravití nonius tak, aby se jím jakékoliv dílky nejmenších oddílův měřítka mohly zevrubně měřiti; podrobněji než setiny čárky možno však těžce a pouze při dokonalém rozdělení nonia a jen pomocí lupy měřiti.

Kruhy neb úhly měří se stupni. Je-li měřítko rozděleno ve stupně, není možno části stupňův zevrubně určití. Proto bývají i kruhová měřítka opatřena noniem. Je-li na něm 59 neb 61 stupňův roz-

děleno v 60 stejných dílův, bude možno měřítkem takovým měřiti i šedesátiny stupňův t. j. minuty. Na obr. 4. viděti u *A* nonius *ab*, který ke kruhovému rozdělení *L* přiléhá a ručičkou, tak zvanou *alhidadou*, se posouvá.

Obr. 4.



Rozměr malých ploch určuje se *drobnoměrem* (mikrometrem), t. j. sítí přímek na skleněné desce diamantem stejně daleko od sebe vyrytých a kolmo se křížujících. Rozdělíme-li takto 1mm v délce i šířce na 10, 20, 40... dílkův, vzniknou čtverečky mající $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{16000}$ čtverečné čárky. Položíme-li předmět na síť a pohledneme-li na něj drobnohledem, můžeme spočítati, kolik čtverečkův pokrývá, z čehož rozměr jeho snadno lze určit.

Tloušťka (průměr) tenkého drátu (vlasu, vlákna) může se ustanoviti, když navinuvše jej na válec těsně k sobě změříme délku všech závitův a dělíme ji počtem závitův.

11. Neprostupnost. Ve prostoru, jež hmota jednoho těla *vyplňuje*, nelze sobě mysliti *současně* hmotu těla jiného. Těla jsou tudíž *neprostupná*.

Neprostupnost hmot pevných a kapalin poznáváme již pouhým hmatem. Do prostoru, jež zaujímá jedna hmota, může vniknouti druhá teprv pak, když prvá se odstranila.

Neprostupnost hmot vzdušných jeví se teprv tenkrát, když nemohou unikati z prostoru, do něhož jiná hmota se tlačí.

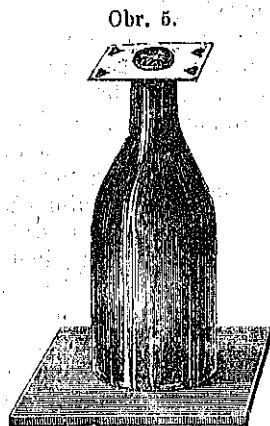
Sklenice ponořená otvorem dolů pod vodu naplní se vodou jen částečně, pokud se dá vzduch stlačiti. — Přiléhá-li nálevka těsně k hrdlu lahve, teče do ní málo kapaliny, neb zcela žádná. — Do lahvíček neb trubíc s úzkým otvorem nemůžeme kapaliny nalíti, poněvadž prvá kapka otvor uzavře a vzduchu unikati nedopouští. — Ochrámy, školy, divadla a jiné veřejné místnosti provětrávají se přicházením a odcházením lidí. Z prostoru, jež lidé zaujímají, vytlačí se vzduch; po odchodu lidí vnikne pak do prostoru toho vzduch jiný, čerstvý. — V kadlubech pro litiny musí býti otvory, jimiž vzduch odchází, když litina do kadlubu vniká. — *Zvon potápěčů*, jehož se užívá při hledání utonulých věcí, lovení perli a korálů, při vodních stavbách atd., zakládá se v nepronikavelnosti a byl již starým Řekům známý, neboť se již *Aristoteles* o něm zmiňuje. Roku 1688 ponořili se dva Řekové v Toledě u přítomnosti Karla V. a mnoha diváků v poklopeném kotli s hořící svíčkou pod vodu. Stroskotání nepremožitelné armády španélské v roce 1688 dalo podnět k užívání zvonu potápěčůho k vylovení utonulých věcí. Nejprve opravil zvon *Halley* r. 1716. (Úprava zvonu.) — V době novější užívají potápěčů *náhlavců*, do kterých se čerstvý vzduch trubici tlačí. V roce 1863 byly náhlavce ty opraveny a hodí se netoliko potápěčům, nýbrž i hasičům. (Úprava náhlavců.) — Jiné příklady neprostupnosti.

12. Setrvačnost. Nalézá-li se tělo v *klidu*, zůstává v něm tak dlouhó, pokud silou aneb jinou příčinou nebylo přinuceno se *pohybovati*; pohybuje-li se, možno je zastaviti aneb pohyb jeho změnit, opět jen silou (překážkou). Tělo *setrává* tudíž vždy ve stavu, ve kterém právě jest, a proto zoveme tuto vlastnost těl *setrvačnost*.

Starší učenci nazývali setrvačnost *lenivostí* (*vis inertiae*); *Newton* (+ 1727) vyložil teprv, v čem setrvačnost záleží.

Poněvadž jest každá částice těla setrvačná, bude setrvačnost těl tím větší, čím větší jest hmotnost jejich.

Na zemi naší nelze naprosto mysliti sobě setrvačnosti v pohybu, neboť každé tělo, pohybující se, stýká se s těly jinými, kteréž odporem a třením pohyb jeho dříve neb později ruší. Těla nebeská, pohybující se ve prostoru, kde není odporu ani tření, jeví však patrně setrvačnost v pohybu. — Setrvačnost pozorujeme i na sobě samých v chůzi, běhu, jízdě, plavbě atd. — Čím menší překážky, tím větší setrvačnost, jako to vidíme na vlku, přesličce atd. — Pohyb kule na hladké a drsné ploše. — Setrvačnický. — Jsou-li těla spolu spojena, přivádí se v stejný pohyb neb klid jen pohnutím. Počne-li se jedno z nich náhle a rychle pohybovati, snaží se druhé zůstatí ještě v klidu. Srazíme-li prudce kartu (obr. 5.), která pokrývá otvor lahve, padne do ní peníz, ležící u prostřed na kartě, neboť chce zůstatí na místě, které dříve zaujímal. — Tyž zavěšenou na žínkách můžeme u prostřed přeraziti, aniž by se žíně přetrhly. — Střelíme-li do skleněné desky kulkou, prorazí pouze okrouhlý otvor. — Setřásání ovoce se stromů, prachu a sněhu s oděvu, vystřikování péra, vrhání malty na zeď, zatloukání topírky do sekery atd. zakládá se v setrvačnosti. — Účinky setrvačnosti při sražení se vlaků na železnicích. — Jiné příklady setrvačnosti.



13. Roztažitelnost a stlačitelnost. *Roztahováním* aneb *teplem* možno objem těla *zvětšiti*, *tlakem* aneb *ochlazením* pak se objem těl *zmenšuje*. Veškerá těla jsou *roztahitelná* i *stlačitelná*. (Příklady. — Pokus s kulkou a kroužkem.)

Poznámka. Zde budiž pojednáno o úvodu z nauky o teple, o kterémž v následujících oddílech bude pokládáno, že jest již znám.

14. Pórovatost. Ze stlačitelnosti těl vyplývá nutně, že jsou pórovatá, že ponechávají totiž částice hmoty mezi sebou *póry* — *prostory*, kteréž zaujímají často hmoty jiné, jako ku př. vzduch, voda atd.

Čím více tělo stlačíme, tím menší jsou póry, čím více je roztahujeme, tím více se póry zvětšují.

Na mnohých tělech viděti póry již pouhým okem, jako ku př. na houbě, korku, rákosu, dřevě, pemze atd. Na jiných tělech viděti póry drobnohledem aneb možno o pórovatosti jejich jinak se přesvědčiti. — *Rtuťový lis*. — *Polévání nádob*. — *Vydělávání koží*. — *Kovy jsou též pórovaté*, jak se přesvědčili učenci ve *Florencii* r. 1661, když vodu v zlaté kuli stlačovali a sledali, že pórami z nádoby uniká. — *Vzduch, kyselina uhlíčitá* i jiné plyny *prechají* v bublinách z kapaliny, v jejichž pórách jsou obsaženy. — *Napájení dřeva kapalinami, hnilobě vzdorujícími*. — *Výhody a vady pórovatosti v životě obecném*.

15. Dělitelnost. Všecka až posud známá těla možno *dělit* (lámati, roztloukati, řezati atd.), t. j. v menší *stejnorodé* částice rozkládati. Tuto vlastnost těl zoveme *dělitelností*.

Některé nerosty, jako ku př. kamenná sůl, vápenec, leštěnec olovený, kyz železný atd. rozpadávají se dělením v částice zcela pravidelné. Největší dělitelnost jeví však barviva a voniva. (Ku př. karmín a pižmo.)

Dělení, které konáme náčiním, zove se dělením *mechanickým* a takové končí vždy, kde nástroje a oko naše dalšího dělení nedopouští. Skutečně možné dělení přesahuje však tyto meze, jako to viděti na pevných hmotách, které, rozpouštějíce se v kapalinách, rozpadávají se v částičky tak malinké, že jich ani nejlepšími drobnohledem postihnouti nelze.

Poněvadž není možno sobě mysliti, žeby dělitelnost byla nekonečnou, domníváme se, že bychom ustavičným dělením částiček v menší a menší musili konečně nabýti částiček základných, tak zvaných *molekul* (molecules), jichž více dělití nemožno.

Každou molekulu těla chemicky složeného možno však mysliti sobě ještě složenu z *prvkův* č. *atomův* chemických, ve které se může rozloučiti. *Chemické* dělení sahá tudíž dále než mechanické, *atomy* jsou pak částičky *nedělitelné*. Molekuly těl chemicky jednoduchých musíme spolu za atomy pokládati.

16. Tíže (Schwere). *Všecka* těla snaží se *vždy* a *všude* jistým směrem k zemi dopadnouti. Země přitahuje všecka těla jistou silou, kterou nazýváme *tíží*.

Všecka těla (ku př. kus papíru a kus olova) padají ve prostoru *vzduchoprázdném*, kde není překážek, *toutéž rychlostí* k zemi. Jsou tudíž všechny hmoty *stejně těžké*, neboť je přitahuje země všechny *toutéž hmotností* svou.

Poněvadž všechny částice země naší každou částici těla přitahují, směruje pád těl do středu země. Směr ten určuje se *olovnicí*, t. j. závažím oloveným, na šnúře zavěšeným (obr. 6.), a slove *svisným* (vertikálním).

Přímka neb rovina (ku př. hladina vody v klidu), na které stojí olovnice kolmo, uazývá se *vodorovnou* (horizontální). Ku měření směru vodorovného slouží *krokvíce* (obr. 7.), kterou možno určití též odchylku přímky neb roviny od směru vodorovného, neboť $\sphericalangle m = \sphericalangle n$.

Dvě olovnice blíže sebe zavěšené mají směry rovnoběžné, ač by směry ty, dostatečně prodloužené, musily se stýkati ve středu země. Pro velikou vzdálenost středu země od povrchu jejího obnáší však

Obr. 6.



úhel, jež by dotýčné dva směry olovníc ve vzdálenosti 100' zavěšených skládaly, sotva 1 vteřinu, tak že možno veškeré svísané směry, nejsou-li příliš vzdáleny, pokládati za rovnoběžné.

17. Váha (Gewicht). Je-li tělo zavěšeno neb podepřeno, tak že k zemi padati nemůže, jeví se tíže jeho tahem na závěs aneb tlakem na podporu. Velikost tohoto tahu neb tlaku zove se *vahou* těla.

Rozdíl mezi tíží a vahou. — Všecky hmoty jsou stejně těžké, nemají však stejné váhy.

Má-li tělo 2, 3, 4 nkrát větší váhu než jiné, musí býti i hmotnost jeho 2, 3, 4 nkrát větší. Jsou-li tudíž váhy těl P , p a hmotnosti jejich M , m , bude všeobecně:

$$P:p = M:m.$$

Velikost váhy určuje se vahou, která přijata jest za *jedničku*. U nás jest jedničkou váhy *centnýř*, *libra*, *lot*, *kventík* a *gran*.

1 centnýř má 100 liber, 1 libra má 32 loty, 1 lot má 4 kventíky neb 240 granů.

Libra lékárnická má pouze 24 loty a dělí se ve 12 unci po 8 drachmách, drachma po 3 škerupulcích a škerupl po 20 granech.

Základem nové váhy *francouzské*, již se užívá obecně k účelům vědeckým, jest *gramme*, t. j. váha krychlového centimetru čisté vody při $+3^{\circ}R$ (neb $+4^{\circ}C$).

0.1 grammu slove <i>decigramme</i> ,	10 grammů se nazývá <i>dekagramme</i> ,
0.01 " " <i>centigramme</i> ,	100 " " " <i>hektogramme</i> ,
0.001 " " <i>milligramme</i> ,	1000 " " " <i>kilogramme</i> ,
	10000 " " " <i>myriagramme</i> .

1 *gramme* = 0.001785 liber = 0.2286 kventíků = 18.714 granů.

1 *kilogramme* = 1.78567 liber = 1 lib. 26 lotů 34 grany.

$\frac{1}{2}$ *kilogrammu* = 0.89284 lib. = přibližně 28 $\frac{1}{2}$ lotu, což jest nyní *celní* i *mincovní* librou v Rakousku a Německu.

Pro porovnání:

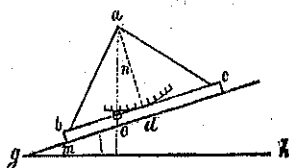
1 lib. <i>celní</i> = 500.000 grammů	1 lib. <i>pařížská</i> = 489.506 grammů
1 " <i> vídeňská</i> = 560.012 "	1 " <i>pruská</i> = 467.711 "
1 " <i>anglická</i> = 453.601 "	1 " <i>ruská</i> = 409.533 "
1 " <i>bavorská</i> = 560.000 "	

18. Hustota (Dichte). Těla, jichž hmota jest rozličná, mají při též objemu nejčastěji rozličnou váhu a tudíž také *rozličnou hmotnost*.

Váží-li ku př. jistý objem vody 4 libry, bude vážení týž objem cínu 28 lib., železa 32 lib., olova 44 lib. atd.

Při stejné váze a tudíž i stejné hmotnosti mají rozličná těla také *rozličný objem*.

Obr. 7.



Zaujímá-li ku př. jisté množství vody 1^o bude objem stejné váhy cínu $\frac{1}{1,0}$, železa $\frac{1}{6,0}$, olova $\frac{1}{11,0}$ atd.

Patrně tudíž, že v témž objemu mají rozličná, těla rozličné množství hmotných částic, jakož i, že totéž množství hmotných částic rozličných těl také rozličný prostor vyplňuje.

Poměr hmotnosti k objemu těla slove *hustotou* (*hutností*) jeho.

Tělo má 2, 3, 4 . . . nkrátě větší hustotu, než tělo jiné, váží-li týž objem jeho 2, 3, 4 . . . nkrátě tolik aneb má-li tělo 2, 3, 4 . . . nkrátě větší hmotnost. Značí-li V , v objem, M , m hmotnost, P , p váhu a H , h hustotu dvou těl

bude $H : h = P : p = M : m$ (pak-li $V = v$) (1)

taktéž $H : h = v : V = \frac{1}{V} : \frac{1}{v}$ (pak-li $M = m$) (2)

z čehož $H : h = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$ (3)

Beřeme-li $h = 1$, $m = 1$ a $v = 1$, bude $H = \frac{M}{V}$ (4)

t. j. *hustota rovná se podílu ze hmotnosti dělené objemem. Při stejném objemu jsou hustoty v témž poměru k sobě jako váhy neb hmotnosti těl* (1) a *při stejné hmotnosti jsou v převráceném poměru s objemy* (2).

Značí-li V jistý počet jedniček objemu, bude hustota $H = \frac{M}{V}$ značiti množství hmotných částic v jedničce objemu (v 1^o neb 1^o) obsažených. V tom smyslu má však hustota význam pouze *theoretický* a jest *absolutná č. prostá*.

Poněvadž $H : h = P : p$ (1) budou čísla 4, 28, 32 a 44 aneb zkráceně 1, 7, 8 a 11 značiti poměry hustoty vody, cínu, železa a olova. Beřeme-li hustotu vody za jedničku, budou tudíž čísla 7, 8 a 11 značiti hustotu cínu, železa a olova.

Za *jedničku* k měření *hustoty* rozličných těl beře se hustota čisté vody při + 3° R. a pročež jest obecně hustotou číslo, ukazující, *kolikrátě větší* neb *menší* jest váha toho kterého těla, než váha vody téhož objemu a teploty + 3° R. V tomto smyslu bude pak hustota *relativnou č. poměrnou*, poněvadž se s hustotou vody porovnává.

Je-li ve srovnalosti $H : h = P : p$ (1) hustota vody $h = 1$, bude $H : 1 = P : p$, z čehož $H = \frac{P}{p}$ (5)

t. j. *hustota těla rovná se podílu z váhy jeho, dělené vahou téhož objemu vody*.

19. Váha prostá a měrná. Váha těla bez ohledu na velikost objemu jeho slove *vahou prostou* (*absolutnou*) čili *vahou vábec*.

Váha těla *určitého* objemu, jež bereme za *jedničku* (k. př. krychlové stopy, krychl. palce, krychl. centimetru atd.), nazývá se vahou *měrnou* (t. j. vahou jisté míry) neb *specifickou*.

1 ^o	čisté vody	váží asi	1'04 lotu
1 ^o	čistého cínu	" "	7'28 "
1 ^o	" železa	" "	8'32 "
1 ^o	" olova	" "	11'44 "

Bereme-li 1^o za jedničku objemu, bude měrná váha vody 1'04 lotu, cínu 7'28 lotu, železa 8'32 lotu a olova 11'44 lotu.

Značí-li S měrnou váhu, t. j. váhu jedničky objemu nějakého těla a P váhu prostou téhož těla, má-li objem V , bude patrně $P = V \cdot S$ (6)
t. j. *prostá váha těla rovná se součinu z objemu a měrné váhy jeho.* (Příklady.)

Z rovnice $P = V \cdot S$ (6) plyne $S = \frac{P}{V}$ (7)

t. j. *měrná váha rovná se podílu z váhy prosté, dělené objemem.* (Příklady.)

Taktéž z $P = V \cdot S$ (6) jest $V = \frac{P}{S}$ (8)

t. j. *objem těla rovná se podílu z váhy prosté, dělené vahou měrnou.* (Příklady.)

20. Hustota a měrná váha. Poněvadž $P = VS$ (6), bude i $p = vs$ a pročež $P: p = VS: vs$ a je-li $V = v$, bude

$P: p = S: s$
poněvadž $H: h = P: p$ (1)
vyplývá $H: h = S: s$ (9)

t. j. *hustoty těl téhož objemu mají se k sobě jako měrné váhy jejich.*

Je-li s měrná váha čisté vody + 3^o R. teplé, jejíž hustota $h = 1$, a vložíme-li do srovnalosti 9. $h = 1$, bude

$H: 1 = S: s$, z čehož $H = \frac{S}{s}$ (10)

t. j. *hustota těla rovná se podílu z měrné váhy jeho, dělené měrnou vahou vody.*

Z rovnice 10. následuje $S = H \times s$ (11)

t. j. *měrná váha těla rovná se součinu z hustoty jeho a z měrné váhy vody.*

21. Měření objemu. Pomocí rovnice $V = \frac{P}{S}$ možno mě-

řiti objem (krychlový obsah) i tenkrát, když jest nepravidelný, tak že ho geometricky určití nelze; známe-li totiž prostou i měrnou váhu těla, vypočteme snadně objem jeho.

Máme-li změřiti objem nádoby, naplníme ji vodou neb rtuťí aneb jinou kapalinou, jejíž měrná váha S jest známa, zvážíme pak kapalinu, v nádobě obsaženou, abychom seznali též prostou váhu její P , načež vypočteme objem

$$V = \frac{P}{S}.$$

Má-li nádoba všude stejný průměr, dá se tento z výšky sloupce kapaliny a z váhy její taktéž vypočísti. Chcíce se přesvědčiti, zdaž jest průměr nádoby všude stejný, odvažujeme a naléváme do ní vždy stejné množství kapaliny; je-li průměr stejný, bude přibývatí kapaliny do výšky také stejné; je-li průměr nesterý, posoudíme z větší neb menší výšky téhož množství kapaliny, zdaž jest průměr menší neb větší.

Má-li se nádoba v díly stejného a určitého objemu rozdělití, naléváme do ní postupně vždy stejné mnoho kapaliny toho kterého objemu a značíme na nádobě jednotlivé oddíly určitými znaky.

Oddíl druhý.

0 spojivosti.

22. Síly molekulární. Odpor, jež při stlačování i roztahování hmoty pozorujeme a jistými silami překonávati musíme, nelze vysvětliti sobě leč domněnkou, že jisté síly molekuly v určité vzdálenosti od sebe udržují. Síly tyto zovou se *silami molekulárními*.

Síla, která molekuly hmoty v jistý celek spojuje a vzájemného jich vzdalování se od sebe nedopouští, leč když byla jinou silou překonána, nazývá se *spojivost* (cohaesio, Anziehung); druhá pak síla molekulární, která molekuly v jisté vzdálenosti udržuje a vzájemnému jich se dotýkání zabraňuje, slove *odpudivost* (Abstossung).

Spojivost jeví se odporem při roztahování, odpudivost odporem při stlačování těla. V novější době pokládá se pouze spojivost za zvláštní sílu molekulární, odpudivost považuje se co účinek tepla.

Síly molekulární působí ve vzdálenostech velmi malých, jichž smysly chápati nelze, a jeví se tím patrněji, čím více se molekuly k sobě přibližují.

Rozdělíme-li sklo, křídou, dřevo a jiné podobné hmoty v menší částice, nelze jich více v celek spojití; přitlačíme-li je k sobě, nedotýkají se nikdy v tolik bodech, kolik jich potřeba, aby spojivost mohla působiti. Zvětšíme-li však plochy dotýčné, ku př. přibroušením a uhlazením povrchu jejich, bude již spojivost se jeviti. Uhlazené, dosti veliké desky skleněné neb kovové, k sobě přitlačené, lnou k sobě tak silně, že nesnadno jich od sebe odtrhnouti.

Částice vosku, těsta, hlíny a jiných měkkých hmot možno scelovati již pouhým tlakem. — Dělení trubic guttaperchových a kaučukových. — Zvýšením teploty zvyšuje se též odpudivost, čímž nabývá převahy nad spojivostí; snížením teploty zmenšuje se odpudivost a tudíž nabývá spojivost převahy nad odpudivostí. (Příklady.)

23. Skupenství (Aggregationszustand). Z poměru spojivosti a odpudivosti molekul vyplývá i rozličný způsob, jímž jsou molekuly vzájemně v celek, t. j. v tělo spojeny čili skupeny. Spůsob ten nazýváme *skupenstvím*.

Rozeznáváme pak skupenství *pevné, kapalné a vzdušné.*

1. *Pevná čili tuhá* jsou těla, jichž částičky možno jen *patrnou, více méně velikou* silou ze souvislosti vyšinouti. Taková těla mají vlastní objem a určitý tvar, jako k. př. kovy, dřevo, kameny atd.

2. *Kapalné* těla čili *kapaliny* tvoří v malém množství *kapky* (kuličky) a dají se i *největšími* mechanickými silami jen *velmi málo* stlačiti, tak že se mohou pokládati za *nestlačitelné*. Částičky jejich mohou se silami dosti *nepatrnými* jedna od druhé *pošínovati a oddělovati*. Kapaliny mají sice určitý objem, nemají však pro snadnou pošínutelnost svou vlastního tvaru, nýbrž mají vždy tvar nádoby, ve které se nalézají. Kapaliny jsou k. př. voda, líc, rtuť, olej atd.

Že jsou kapaliny stlačitelný, patrné již z toho, že sloupec rtuťový a luhový v *teploměru* se smršťuje, jak mile byl ochlazen. Není tudíž pochybnosti, že možno kapaliny také silami mechanickými stlačovati, jsou-li jen tyto dosti velké a použijeme-li jich vhodným způsobem. O přístroji, jímž kapaliny mohou se stlačovati, jest v *nauce o rovnováze kapalin* pojednáno.

3. *Vzdušná* těla č. *vzdušiny* dají se *velmi snadně stlačiti*. Částice jejich jsou *prchavé a vzdalují se* ustavičně od sebe, snažíce se zaujmouti prostor vždy větší, tak že se mohou udržeti pohromadě jen stěnami nádob se všech stran uzavřených. Z toho patrné, že nemají vzdušiny ani určitého objemu ani určitého tvaru.

Kapalinám a vzdušinám jest společnou vlastností snadná pošínutelnost částiček jejich, a poněvadž se snadně pošínují neb *tekou* nazývají se *tekutinými*.

Vzdušiny rozeznáváme dvojí, totiž

a) *Plyny*, které buď *naprosto nikdy nekapalní* buď teprv *velmi silným strojeným ochlazením* aneb *velmi silným tlakem* v kapalné skupenství přecházejí.

Kyslík, vodík, dusík, vzduch, kysličník uhelnatý, kysličník dusičitý a uhlovodík lehký jsou plyny *stále* (permanente, incoercible Gase), jichž posud roznáme ve skupenství kapalném; voškeré ostatní plyny známe i co vzdušiny i co kapaliny a proto slovou plyny *stuzitelné* (coercible Gase).

b) *Páry proměňují se v kapaliny* samy sebou buď *ochlazením* buď *tlakem*.

Vodní páry proměňují se v kapky jak mile jen poněkud se ochladily (ku př. na okně se studeným vzduchem se stýkajícím).

24. Tvrdost a křehkost. Je-li k vyšinutí částiček pevného těla *veliké* síly potřeba, nazývá se takové tělo *tvrdé*; postačí-li ku pošínutí částiček *malá* síla, zove se tělo *měkčím*. Měkčnost jest tudíž jen nižší stupeň tvrdosti.

Tvrdość jeví se odporem při pošínování neb skutečném oddělování částie (při rýpání, řezání atd.) a jest tím větší, čím větší jest spojivost jejich.

Ruší-li se nepatrným pošínutím částíček těla ihned souvislost jejich, t. j. rozpadá-li se tělo v částice jiným směrem než tím, kterým síla působí, aneb odděluje-li se od celku více částic, než by mělo působením síly se oddělovati, aneb rozpadá-li se celé tělo ihned, jak mile jedna částice od celku byla oddělena, ve veliké množství částíček, pak slove *křehkým* (spróde).

Stupnice tvrdosti. — Železo a ocel. — Slévání kovů. — Tvrdé a křehké sklo. — Boloňské lahvičky a rychle chlazené skleněné kapky. — Ocelové nástroje. — Broušení diamantů a jiných tvrdokamů.

25. Pružnosť a tažnosť. Vyšíneme-li nějakou silou částice těla tak *značně*, aby tvar i objem těla se změnil, a nabývá-li tělo předešlého tvaru i objemu *dokonale* a hned, jak mile dotýčná síla působiti přestala, pak se zove tělo *pružným* (elastickým).

Podrží-li však tělo tvaru a objemu, působením síly nabytého, i tehdaž, když síla působiti již přestala, pak se zove *tažným* (dehnbar).

Těla pevná jeví pružnosť, když je roztahujeme, stlačujeme, ohýbáme neb zkrucujeme. (Pružná péra spirální v sedadlech a dětských puškách.) U kapalin a vzdušin poznáváme pružnosť, když byly stlačeny.

Některá těla jeví pružnosť tak velikou, že jest zvláštním znakem jejich, jako ku př. kaučuk, guttaperča, kostice, rákos, slonovina atd.; pružnosť jiných těl jest tak nepatrná, že se v obecném životě pokládají za nepružná, jako ku př. cín, olovo atd.

Počerněná kule na mramorovou desku vržená. — Skleněná lahev žhavým uhlem spirálně roztržená. — Trubka pružnou deskou skleněnou uzavřená. — Skleněné tabule v oknech. — Skleněná vlákna a tkaniny z nich zhotovené. — Jiné příklady pružnosti.

Největší síla, kterou možno tvar i objem těla změnit tak, aby tělo zůstalo ještě dokonale pružným, aby totiž předešlého tvaru i objemu opět nabylo, slove *velikostí pružnosti*. Zvětšíme-li tuto sílu, přesahuje již *meze pružnosti*, za kterými již hmota i v tvaru i v objemu změněna zůstává.

Velikost i meze pružnosti mění se okolnostmi i časem. I menší síla mění tvar a objem těl trvale, působí-li, byť i v mezích pružnosti, po delší čas. Zahříváním a ochlazováním mění se meze pružnosti také dosti značně.

Pokusy byly určeny následující zákony zpružení tahem (neb tlakem) vzbuzeného, pokud zůstává v mezích pružnosti:

1. Zavěsíme-li na jeden konec pružného drátu (tyče) druhým koncem připevněného 2, 3, 4 . . . krátě větší závaží, jest prodloužení a tudíž také pružnosť jeho také 2, 3, 4 . . . krátě větší, tak že značí-li E , e pružnosti a S , s síly (závaží), které drát prodlužují, bude

$$E: e = S: s \quad (1)$$

2. Dráty (tyče) z téže hmoty a téhož průměru ale nestejně délky prodlužují se týmž (nepříliš velkým) závažím poměrně s délkou, tak že, značí-li L a l délku jejich, jest

$$E: e = L: l \quad (2)$$

3. Mají-li dráty (tyče) z téže hmoty a téže délky nestejně průřezy, jest prodloužení v převráceném poměru s průřezem jejich, tak že značí-li P a p průřezy drátů, bude

$$E: e = p: P = \frac{1}{P} : \frac{1}{p} \quad (3)$$

Ze srovnalosti 1., 2. a 3. vyplývá pak:

$$E: e = \frac{S \cdot L}{P} : \frac{s \cdot l}{p} \quad (4)$$

t. j. pružnosti jsou v rovném poměru s působícími silami a délkami drátů neb tyčí a v převráceném poměru s průřezy jejich.

Je-li $p = 1 \square''$, $l = 1'$ a $s = 1$ libře, bude $E: e = \frac{S \cdot L}{P} : 1$, pročež

$$E = e \frac{S \cdot L}{P} \quad (5)$$

Je-li $e = \frac{1}{M}$, v čemž značí M tak zvaný modul (modulus) pružnosti a učiníme-li $\frac{S}{P} = q$, v čemž q jest síla připadající na $1 \square''$, bude

$$E = \frac{1}{M} \cdot q \cdot L = \frac{q}{M} \cdot L \quad (6)$$

Abý se tyč, $1 \square''$ průřezu mající, o celou svou délku prodloužila, musilo by $E=L$, a tudíž, poněvadž (v rovnici 6.) $\frac{E}{L} = \frac{q}{M}$, musilo by též $q=M$, pročež značí M počet liber, které bychom musili zavěsiti na $1 \square''$ průřezu, aby tyč o celou délku se prodloužila. M dá se pokusem snadně vypočísti. Prodlouží-li se ku př. tyč $1'$ dlouhá a $1 \square''$ průřezu, 100 librami obtížena, o $\frac{1}{100}'$, bude ku prodloužení tyče o celou délku její, totiž o $100 \times \frac{1}{100}'$ potřeba obtížení $100 \times 1000 = 100000$ liber a $M = 100.000$ liber.

Známe-li modul a mez pružnosti nějaké hmoty, můžeme i velikost pružnosti té hmoty vypočísti, čehož zvláště ve stavbách často bývá potřeba.

Značí-li M modul, α velikost a α mez pružnosti (největší možné prodloužení), bude $M:\alpha = 1:\alpha$, z čehož $\alpha = \frac{M}{M}$.

U dřeva bukového, dubového, smrkového, jedlového a jasanového jest průměrně $\alpha = \frac{1}{600} L$ a $M = 1.500.000$ liber; u železného drátu $\alpha = \frac{1}{1250} L$ a

$M = 25.000.000$ lib.; u ocele $\alpha = \frac{1}{845}$ a $M = 30.000.000$ lib. atd.

Je-li modul nějakého těla $M = 100.000$ lb., délka jeho $L = 1'$ a průřez $1 \square''$, bude prodloužení jeho, když je 100 librami obtíženo $= \frac{100}{100.000} = \frac{1}{1000} L$, neboť nazveme-li prodloužení to A , bude $A : 1 = 100 : 100.000$; je-li síla tělo prodlužující vůbec Q , bude $A : 1 = Q : M$, z čehož $A = \frac{Q}{M}$. (8)

Pružnost v ohýbání řídí se týmiž zákony jako v prodlužování a stlačování.

Zákony zpružení vzbuzeného kroucením jsou pak následující:

1. Úhly, které povstávají na zkroutěném drátu (tyči), jsou v rovném poměru se silami jej zkroutujícími. Značí-li X a x úhly, S a s síly, bude $X : x = S : s$ (1)

2. Při rovnosti sil jsou úhly v rovném poměru k délkám drátu L , l , a v převráceném poměru se čtvrtými mocninami poloměrů R a r neb průměrů jejich, totiž $X : x = \frac{L}{R^4} : \frac{l}{r^4}$. (2)

Ze srovnání 1. a 2. vyplývá

$$X : x = \frac{SL}{R^4} : \frac{s l}{r^4}, \text{ odkud}$$

$$X = \frac{x r^4}{s l} \cdot \frac{SL}{R^4} \text{ (3)}$$

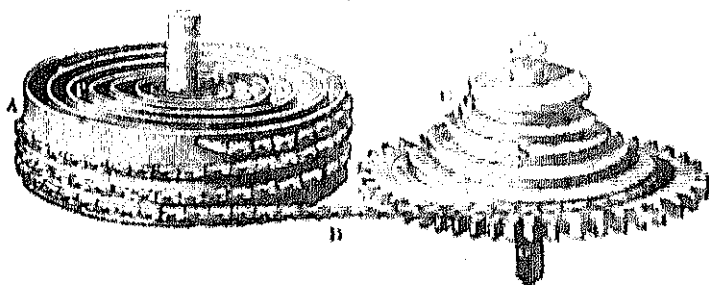
Je-li $\frac{x r^4}{s l} = \frac{1}{K}$ a vložíme-li tu hodnotu do rovnice 3, bude

$$X = \frac{1}{K} \cdot \frac{S \cdot L}{R^4} \text{ (4)}$$

z čehož $S = K \cdot \frac{X \cdot R^4}{L}$.

K slove *koefficientem pružnosti* a ustanovuje se pro každé tělo zvláště pokusem.

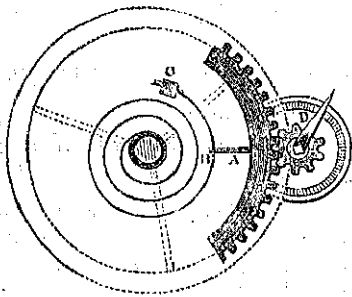
Obr. 8.



Pružnost též jest v životě obecném velmi důležitá. Pružná páska v zámku. — Na obr. 8. viděti široké ale tenké pružné pásy *F* hodinek kapsových, které se tak zvaným *natažením* hodiněk spirálně otáčejí a pružností svou

směrem opačným se roztáčeje bubínek *A*, na kterém jest vnějším koncem svým upevněno, otáčí a řetízek *B* na něj navinuje. Tím se pohybuje ozubené kolečko *C*, na jehož blemýžďovitých závitcích *S* byl řetízek natažením navinut, a hýbá pak všemi ostatními kolečky. Aby šly hodinky pravidelně, k tomu slouží opět jemné spirální péro *BC* (obr. 9.), jehož jeden konec upevněn na podstavci *C*, druhý na hřídelku kolečka tak zvaného nepokoje (setrvačnicku tečkami naznačeného), jímž zpružením svým péro pohybuje. Rámem *A*, které jest s ozubeným úsekem kruhu spojeno, možno otočením ručičky *D* v pravo neb v levo péro skrátiti neb prodloužiti a tím rychlost pohybu nepokoje buď zmenšiti buď zvětšiti. — Pružná péra ve větrovkách a svítilnách u kočárů. — Pružná péra kočárů a vozů železničných. — Pružnost péří, žíní, slámy, strun atd. — Siloměry a pružné vážky. — Jiný užitek a jiné příklady pružnosti.

Obr. 9.



Tažnost jest v obecném životě zvláště u kovů důležitou. Ze zlata možno dělati nejtenší lístky (pozlátka), z platiny nejtenší dráty. Válcování kovů a vyťahování jich v tyče (koleje na železnicích) a dráty zakládá se v tažnosti jejich.

26. Pevnost. Odpor, který jeví tělo působením spojitosti své, kdykoliv částičky jeho od sebe oddělujeme, slove *pevností*. Rozeznáváme pak čtverou pevnost, a sice pevnost v tahu, lomu, tlaku a kroucení.

1. Pevnost v tahu č. pevnost *prostá* (absolutná) jest odpor, který jeví těla, když je chceme *přetrhnouti*.

Chceme-li seznati prostou pevnost nějakého těla (tyče) upevníme je ve svislém směru jedním koncem a na druhý konec přidáváme závaží tak dlouho, až se tělo skutečně přetrhne. Největším závažím, které bylo na tělo zavěšeno až k onomu okamžiku, kde se tělo přetrhlo, měří se prostá pevnost těla.

Zkouškami bylo dokázáno, že *prosté pevnosti těla přibývá i ubývá v též poměru, ve kterém přibývá neb ubývá průřezu jeho*. Značí-li tudíž *T* a *t* pevnosti v tahu, *P* a *p* průřezy těla, bude

$$T : t = P : p, \text{ z čehož } T = \frac{t}{p} \cdot P \quad \dots \quad (1)$$

Poněvadž se průřez značí □" a síla librami, bude, pakli $\frac{t}{p} = m$, značiti *m* počet liber, který nese tyč 1□" průřezu v tom okamžiku než se trhá. Vložíme-li *m* do rovnice 1, bude všeobecně $T = m \cdot P$. $\dots \dots \dots (2)$

Číslo *m* nazývá se koeficientem pevnosti v tahu a jest:

u dřeva dubového	9400—18700 lib.
" " borového	12000—16200 "
" " smrkového	8600—12000 "
" " jedlového	10000—13600 "

u provazů konopných	5500 — 7500 lib.
„ cihel	245 „
„ železa kovaného	40000— 60000 „
„ „ litého	15000— 20000 „
„ ocele	9600—124000 „
„ drátu železného	80000— 83000 „
„ drátěných strun	110000—160000 „
„ drátu měděného	34000— 65000 „

Pro větší jistotu bere se ve strojnictví a stavitelství u kovův pouze $\frac{1}{4}$, u kamene a cihel pouze $\frac{1}{10}$, u dřeva, provazův, řemenův a řetězův $\frac{1}{6}$ neb nejvýš $\frac{1}{6}$ hodnot v předcházející tabulce udaných.

Pevnost v tahu jeví se důležitou u tyčí železných mostů, u visutých trámů, provazů atd.

Ku váze, kterou možno na dotýčná těla zavěsiti, nutno připočísti též váhu těla samého.

2. *Pevnost v lomu* č. *pevnost poměrná* (relativná) se jeví, když chceme tělo přelomiti.

Velikost této pevnosti se ustanovuje když trámy (tyče) na obou koncích podepřeme a u prostřed tak dlouho obtěžkáváme, až se zlomí.

Zkouškami bylo dokázáno, že u tyčích těl jsou pevnosti v rovném poměru se šířkami a čtverci výšek a v převráceném poměru s délkami. Značí-li tudíž L , l pevnost v lomu, D , d délku, V , v výšku a \check{S} , \check{s} šířku trámův, bude $L:l = \frac{\check{S} \cdot V^2}{D} \cdot \frac{\check{s} \cdot v^2}{d}$. (1)

Šířkou nazývá se ten rozměr trámu, který stojí kolmo na směru síly L a výškou onen rozměr, který jest se směrem síly L rovnoběžný.

Při trámech okrouhlých, kdež $\check{S} = V = 2R$ a $\check{s} = v = 2r$, bude $L:l = \frac{2R \cdot 2R^2}{D} : \frac{2r \cdot 2r^2}{d} = \frac{R^3}{D} : \frac{r^3}{d}$. (2)

Ve strojnictví a stavitelství bere se, když trám jedním koncem zazděn (obr. 10) a na druhém konci obtěžkán $L = \frac{m}{6} \cdot \frac{\check{S} \cdot V^2}{D}$ (3) a je-li trám

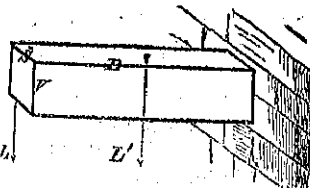
okrouhlý $L = \frac{m}{6} \cdot \frac{R^3}{D}$ (4), v čemž značí m počet liber, které unese trám, jehož délka d , šířka \check{s} a výška v mají rozměr jedničky míry, tak že $\frac{\check{s} \cdot v^2}{d} = 1$ a $l = m$.

Je-li břemeno po celé délce rovnoměrně rozloženo, bude těžiště břemene a tudíž i působíště síly u prostřed, čímž se délka trámu (vzdálenost působíště síly od podpory) změní

v $D' = \frac{D}{2}$ a pevnost v lomu $L' = \frac{m}{6} \cdot \frac{\check{S} \cdot V^2}{\frac{1}{2}D} = 2 \frac{m}{6} \cdot \frac{\check{S} \cdot V^2}{D}$. (5)

Jak z rovnice 3. a 5. patrně bude $L' = 2L$.

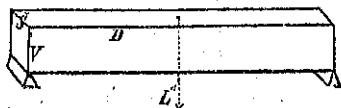
Je-li trám na obou koncích podepřen (zazděn) a pouze u prostřed obtížen (obr. 11.) bude pevnost jeho v lomu $L'' = 2L' = 4L$ a je-li břemeno po



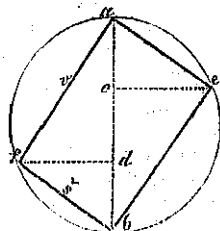
celé délce jeho rozloženo, bude pevnost jeho $L''' = 2L'' = 4L' = 8L$, tak že $L : L' : L'' : L''' = 1 : 2 : 4 : 8$.

Aby se u trámův co možno největší pevnosti docílilo a dřevo špalkův co možná nejlépe zužitkovalo, rozděluje se průměr špalku ab (obr. 12.) ve tři stejné díly $ac = cd = db$ a v bodech c a d sestrojí se kolmice ve směrech pro-

Obr. 11.



Obr. 12.



tičných ce a df . Spojením bodů a, e, b, f vznikne pak průřez trámy. Bude-li af výškou jeho v a bf šířkou s , bude $s : v = 1 : \sqrt{2} = 1 : 1.4 = 10 : 14 = 5 : 7$. (neboť $bf^2 = s^2 = bd \cdot ab$ a $af^2 = v^2 = ad \cdot ab$, z čehož $s^2 : v^2 = bd \cdot ab : ad \cdot ab = bd : ad = 1 : 2$ a $s : v = 1 : \sqrt{2}$).

U trámův železných možno docílití pro větší pevnost v lomu ještě příznivějšího poměru mezi šířkou a výškou.

Duté trámy stejné váhy a délky jsou v lomu pevnější než hmotné.

Pevnost v lomu jest důležitá hlavně ve stavitelství. — Dutá stěbla a duté kosti.

3. *Pevnost v tlaku* jeví se odporem, když chceme tělo rozmáčkat a bývá tím větší, čím jest průřez těla větší a kruhové ploše podobnější a čím více se srovnává tloušťka s výškou.

Pevnost v tlaku závisí též ode tvaru těla. Jihlan a kužel jeví větší pevnost v tlaku než válec a ten opět větší než hranol. Z hranolův unese nejvíce ten, jehož základnou plochou jest čtverec. Duté sloupy unesou více než hmotné téže váhy.

Ku pevnosti v tlaku třeba přihlížeti při stavbě pilířů, sloupů a pod., a hlavně při kamenech stavebných.

4. *Pevnost v kroucení* jest při týchž okolnostech u dutých válcův a trubíc větší než u hmotných téže hmoty, váhy a délky.

Důležitá jest pevnost ta zvláště u hřídelův a u strojův vrtacích.

27. **Přilnavost.** Dvě těla *stejnorodá* neb *nestejnorodá*, která se vzájemně povrchem svým dotýkají, lnou k sobě často spojivostí dosti značnou. Tento druh spojivosti zove se *přilnavostí* (Adhaesion).

Přilnavost závisí od *hmoty, velikosti plochy*, kterou se těla dotýkají a od *teploty* jejich.

Desky přilnavé a odtržení jich od sebe závažím. (Pokus.) — Smáčení hmot pevných v kapalinách. Odtržení desek pevných od kapaliny závažím. (Pokus.) Přilnavost vzdušín ku hmotám pevnými a kapalným. Vytváření rtuťi

ve tlakoměrech. — Spájeďa, tmely, klíš, malta atď. — Psaní, kreslení, malování, natřání, barvení, polévání, cinování železného plechu, platování kovův, dělání zrcadel atď. — Jiné příklady, účinky a prospěchy průlnavosti. — *Verão* stroj ku zdvihání vody (vynalezený 1780).

28. Pohlcování a botnání. Velnou-li kapaliny do pór těl pevných aneb vzdušiny do pór hmot pevných neb kapalných, slove výjev ten *pohlcováním* (Absorption).

Pohlčené kapaliny a vzdušiny stávají se neviditelnými, těla však, která je pohltila, měnívají často tvar aneb zvětšují svůj objem, což jmenujeme *botnáním*.

Vzdušiny od pevných neb kapalných těl pohlčené se v pórách jejich více méně zhustují, čímž těla někdy silně se zahřívají.

Voda pohlcuje vzduchu asi 30tý díl objemu svého a usnadňuje tím dýchání rybám a jiným vodním živočichům. — Vody mineralné. — Zasílání plynův ve vodě. — Čištění vzduchu, vody, octa, líhu, cukru a j. uhlem z kostí vypáleným. — Platinová houba a Doebbereinerovo rozžehadlo. — Nakreslíme-li na uhlazené desce skleněné neb kovové, dřive vypálené aneb vypáleným tryplem vyleštěné, písátkem, které žádné stopy na desce nezůstavuje, nějaký obrazec, objeví se obrazec ten patrně, když se na desku nadechne. Obrazce tyto slovou *nádechové* (Hauchbilder) a byly *Moserem* objeveny. *Weidle* vykládá vznikání těch obrazců z pohlcování plynův takto: Každé tělo jest obklopeno vrstvou plynův. Vypálením desky aneb cíděním jí vypáleným tryplem byla vrstva plynův desku objímající vypuzena. Píšeme-li neb kreslíme-li na ni nějaký předmět, ku př. peníz, tu vniknou na místech, kde se písátko (vypukliny peníze) desky dotýká, z vrstvy plynův písátko objímajících plynův do desky. Dechneme-li pak na desku, srazí se páry na místech, na kteráž plynův působily, jinak než na místech sousedních, čímž obrazec stává se patrným. — Botnání a bortění se dřeva. — Navlhčením přibývá obilí váhy i objemu, objemu však 2—3krátě tolik, co přibýlo váhy, z čehož patrnó, že jest prospěšnější obilí vážit než měřit. — Skracování se provazů a strun vláhkem.

29. Roztok (Auflösung). Vnikne-li kapalina do pór těla pevného a rozpadá-li se tělo v jemné částčky, které se v kapalině tak rozptylují, že jich od částček kapaliny rozeznati nelze, nazývá se výjev ten *roztokem* č. *rozpuštěním*. Kapalina, ve které se pevné tělo roztéká č. rozpouští, zove se *rozpuštědlem*.

Zákony roztoku jsou následující:

1. Roztok jeví podstatné vlastnosti rozpustidla i rozpuštěného těla.

V roztoku kuchyňské soli ve vodě jeví se vlastnosti vody i soli.

2. Podlé rozdílné povahy své vyžadují rozličná pevná těla také rozličných rozpustidel.

Soli a cukr rozpouštějí se ve vodě, kovy v kyselinách (mnohé i ve rtuti), pryskyřičné látky v líhu, mastnoty v étheru, kaučuk v bezvodém sirouhlíku atď. — Umývání, praní, čištění skvrn atp.

3. Roztékání děje se v určitých mezích t. j. v rozpustidle možno při určité teplotě rozpustiti jen určité množství pevného těla. Dáme-li do rozpustidla více než toto největší množství — *maximum* — pevného těla, zůstane přebytek nerozpuštěn.

Kapalina, v níž rozpuštěno tolik pevného těla, kolik ho může při teplotě své rozpustiti, slove *roztokem nasyceným*.

Ve 100 částích vody obyčejné teploty možno rozpustiti nejvýše 37 částí kuchyňské soli a ve 462 dílech vody pouze 1 díl sádry. — Jiné příklady.

4. Rozpustnost těl závisí od teploty rozpustidla.

Nejčastěji přibývá rozpustnosti tou měrou, kterou přibývá teploty rozpustidla; tak ku př. rozpouští 100 dílů vody v teplotě 0°C 13.2 dílův ledku, v tepl. 20°C 31.7 d., v tepl. 40°C 68.97 d., v tepl. 97°C 236 d. ledku. Některým tělům, jako ku př. vápna a sádry ubývá rozpustnosti ve vodě teplotou vody.

5. Rozpouští-li se více solí zároveň v témž rozpustidlo, roztéká se každé tolik, jako by jen sama o sobě se rozpouštěla.

Mnohdy rozpouští nasycený roztok pevného těla více než čisté rozpustidlo.

Užitek roztoku.

Od roztoku liší se *míchání* č. *směs* (Mischung) dvou *nestejnorodých kapalin*, v jedinou kapalinu často *stejnorodou*, která jeví taktéž poněkud vlastnosti obou kapalin. Směs nemá obyčejně žádných mezí, tak že zdá se možno, mísiti dvě kapaliny v množství libovolném.

30. Hranění č. krystalení. (Krystallisation.) Tělo pevné mající od přírody *tvar pravidelný* a omezené *plochami rovnými* slove *hrané* neb *krystallem*.

V tělech hraněných jsou nejmenší částičky *pravidelně sponřádky*. Mají-li těla dokonale se vyhraniti, musí býti hmota jejich *kapalná* neb *vzdušná*, neboť pak mohou nejmenší částičky bez překážky směrem působících sil *se pohybovati* a v pravidelný celek *se seřadovati*.

Vyhranění podporuje se:

1. *Poněkud ochlazením* těla roztopeného neb v páru proměněného.

Roztopíme-li větší množství *stří* neb *vismutu* a ochladíme-li je, objeví se pevná kůra na povrchu roztopeniny; tato se propíchne a otvorem vylije se pak část posud kapalná. Po úplném vychladnutí jsou stěny nádoby drobnými hraněmi pokryty. Ochlazujeme-li poněkud velike množství roztopeného *olova*, vylučují se z roztopeniny hraně. Vedeme-li páry *jodu* do velike chlazené nádoby, zhušťují se a osazují hraně na dně i po stěnách jejích.

2. *Ochlazením* neb *odpařením* rozpustidla, bylo-li pevné tělo v kapalině rozpuštěno.

Rozpustilo-li se v kapalině větší teploty více částí pevného těla než se rozpouští v teplotě menší a byl-li roztok ochlazen, osazují se

z roztoku hráně. Odpaříme-li z nenasyceného roztoku část rozpustidla, přechází část pevného těla ve skupenství pevné a vyhraňuje se.

3. Přidáme-li do roztoku tělo, kterým rozpustidlo z roztoku se vylučuje.

Nalijeme-li líhu do roztoku ledku ve vodě, sráží se lodek ve hráních.

Většich hrání docílíme, necháme-li kapalinu v *úplném ležadu*, aby mohly hráně *volně a poněmhu* se tvořiti. Dáme-li do roztoku hráně *téhož těla* aneb jiná pevná těla (nitě, tyčinky a t. p.), na kterých se mohou vznikající hráně osazovati, urychlíme krystalení.

Cukr kandisový. — Diamant a uhlík. — Objem vody a ledu z ní *povstávajícího*. — Třáskání krystallů. — Voda krystallová. Zvětrávání a rozplývání hrání.

Oddíl třetí.

Vnitřná rozdílnost těl.

Základné nauky chemie.

A. Z chemie všeobecné.

31. Vnitřná rozdílnost těl hledí k *rozdílnosti hmoty*, z níž se skládají. Poznávat se někdy již přímo smysly našimi, nejčastěji a nejspolehlivěji dovidáme se však o ní teprv *rozdílným vzájemným účinkováním hmot*, jež děje se, dotýkají-li se za poměrů k tomu způsobilých spolu jak možno nejbliže.

Příklady. Příprava sírníku rtuťnatého černého a červeného (rumělký). — Příprava sírníku mědičnatého. — Spálení draslíku na kysličník draselnatý a t. d. Porovnání takovýchto proměn podstatných, jimiž vyvozují se hmoty nové, od původných zcela rozdílné, s proměnami fyzikálními.

32. Hmoty složené. Valná většina těl, nalezajících se v přírodě, jest složena ze hmot různých a může se rozložití v tyto hmoty různé, v součástky jich, některým způsobem přiměřeným.

Příklady. 1. Rozklad vody v kyslík a vodík. 2. Rozklad soli kuchyňské čili chlórídu sodnatého v chlór a sodík.

33. Hmoty jednoduché čili *prvky chemické* vyznačují se tím, že nepoštětílo se dosud, rozložití je ve hmoty různé, aniž složití je ze hmot různých.

Příklady. Sira, čisté uhlí, kyslík, chlór, sodík a j. v.

34. Sloučeniiny chemické. Jednoduché hmoty slučují se vespolek vždy po *určitých poměrech číselných*, jež vyznačují se obyčejně *vahami hmot*. Tento základný zákon veškeré chemie slove *zákon poměrů stálých*. Poměr, podle něhož slučují se hmoty vespolek, může se však též stanoviti *objemem* jich, což zvláště výhodno při plynech.

Příklady. 1. V sádre jest vždy obsaženo 41·18 částek váhy vápna a 58·82 částek kyseliny sirkové, rozkládáme ji na tyto součástky a skládáme ji zase z nich. — *Wenzel 1777.* — *Richter 1792.* — 2. Voda sestává ze dvou plynů: kyslíku a vodíku, v poměru 1:2 dle objemův, a rozkládá se v tyto součástky, jakož i skládá se opět z nich. Poměry slučování dle objemův ustanovil *Gay-Lussac, 1805.* —

35. Slučivost jest síla, kterouž pobádají se jednoduché hmoty k tomu, aby skládaly se vespolek ve hmoty složené, *sloučeniny* (*Geoffroy 1718*). Síle této dával se dříve název *příbuznost chemická* (chem. *Verwandtschaft, Affinität*), kterýž však jest zcela nepřiměřený, poněvadž hmoty, jež jeví největší slučivost vespolek, jsou sobě povahou svou zcela nepodobny, ano protivny — a naopak.

36. Chemie jest nauka o silách a zákonech, podlé nichž mohou se hmoty veskrz *stejnorodné* rozkládati v součástky *různorodné* a skládati se opět z nich.

37. Seznam hmot jednoduchých. — V následujícím seznamu jsou uvedena jména 66 hmot jednoduchých, nyní známých. Při každém jméně nachází se znak chemický, záležející v začátečném písmeně latinského jména prvku, ku kterémuž jest zhusta připojeno jiné písmeno pro rozeznání prvků, jejichž jména začínají se týmiž písmeny. Číslo, nalezající se při jmenech a znacích, naznačují poměr váhy, v němž slučuje se prvek některý s prvky jinými. Kde jest?, není číslo to ještě bezpečně známo.

Jméno p r v k u :	Znak :	H=1.	Jméno p r v k u :	Znak :	H=1.
<i>Aluminium</i>	Al	13,7	<i>Posfor</i>	P	31,0
<i>Antimón</i>	Sb	122,0	<i>Hořálek</i>	Mg	12,0
<i>Arsén</i>	As	75,0	<i>Chlór</i>	Cl	35,5
<i>Baryum</i>	Ba	68,5	<i>Chrórn</i>	Cr	26,7
<i>Beryllium</i>	Be	7,0	<i>Indium</i>	In	35,0
<i>Bór</i>	B	10,9	<i>Iridium</i>	Ir	99,0
<i>Bróm</i>	Br	80,0	<i>Jód</i>	J	127,0
<i>Cadmium</i>	Cd	56,0	<i>Kobalt</i>	Co	29,5
<i>Calcium</i>	Ca	20,0	<i>Křemík</i>	Si	14,0
<i>Caesium</i>	Cs	133,0	<i>Kyslík</i>	O	8,0
<i>Cerium</i>	Ce	46,0	<i>Lanthan</i>	La	46,4
<i>Cín</i>	Sn	59,0	<i>Lithium</i>	Li	7,0
<i>Cinek</i>	Zn	32,6	<i>Mangan</i>	Mn	27,5
<i>Cirkonium</i>	Zr	44,8	<i>Měď</i>	Cu	31,7
<i>Dianium</i>	Dn	?	<i>Molybdén</i>	Mo	46,0
<i>Didym</i>	Di	48,0	<i>Nikl</i>	Ni	29,5
<i>Drasík</i>	K	39,2	<i>Niobium</i>	Nb	47,0
<i>Dusík</i>	N	14,0	<i>Norium</i>	No	?
<i>Erbium</i>	E	56,8	<i>Olovo</i>	Pb	103,5
<i>Fluor</i>	Fl	19,0	<i>Osmium</i>	Os	99,0

Jméno p r v k u :	Znak:	H=1.	Jméno p r v k u :	Znak:	H=1.
Palladium	Pd	58,8	Terbium	T	?
Platina	Pt	98,7	Thallium	Tl	204,0
Rhodium	Rh	52,2	Thorium	Th	115,7
Rtut	Hg	100	Titan	Ti	25,0
Rubidium	Rb	85,4	Uhlík	C	6,0
Ruthenium	Ru	52,2	Uran	U	60,0
Selen	Se	39,7	Vanadin	V	68,0
Síra	S	16,0	Vismut	Bi	210,0
Sodík	Na	23,0	Vodík	H	1,0
Stříbro	Ag	108,0	Volfram	W	92,0
Strontík	Sr	43,7	Yttrium	Y	30,9
Tantal	Ta	91,0	Zlato	Au	197,0
Tellur	Te	64,0	Železo	Fe	28,0

V následujících odstavcích užijeme nezřídka na místě jmen prvkův toliko znakův jejich. Rovněž vynecháme všude slov „části váhy“, a čísla, postavená před znaky chemické, budou znamenati části váhy, na př. 23K značí 23 částek váhy draslíku.

38. Rovnomocniny (Aequivalente). Poměr váhy, po kterémž slučuje se některý prvek se všemi ostatními, slove *rovnomocnina* (váha atomová) jeho, na př. $39\frac{1}{2}$, jest rovnomocnina draslíku (K), 8 rovnomocnina kyslíku (O) atd. Poněvadž jsou to čísla poměrná, nutno je uvéstí na společný základ, pročež brává se rovnomocnina vodíku za 1, nebo méně často rovnomocnina kyslíku za 100.

Příklady. — $39\frac{1}{2}$ draslíku (K) slučuje se s 8 kyslíku (O) nebo se 16 síry (S) nebo s $35\frac{5}{8}$ chlóru (Cl). Při zkouškách bře se za „částky váhy“ jakákoli váha určitá, na př. grany, kventlíky, loty, grammy a pod.

Kdybychom na př. $39\frac{1}{2}$ draslíku (K) vydali v účinkování 10 kyslíku (O), vejde do sloučeniny jen 8 kyslíku a 2 kyslíku zůstanou *nesloučený*.

39. Zákon poměrů množných. Mnohé hmoty jednoduché slučují se jedna s druhou ne toliko v jediném poměru, naznačeném číslem rovnomocným, nýbrž dávají vespolek i 2, 3, 4, někdy též 5 sloučenin. Poměrná čísla prvku, jehož množství přibývá v těchto sloučeninách, odvozují se pak vždy *násobením* s čísly jednoduchými z poměru nejjednoduššího (Dalton 1804). Zní tudíž obecný zákon slučování chemického takto: *Hmoty jednoduché slučují se vespolek buď po rovnomocninách, buď po násobeninách jich s čísly jednoduchými.*

Příklady. Slučujet se

14 N s 8 O na kysličník dusnatý, NO.
 14 N s 16 O " " dusičitý, NO₂.
 14 N s 24 O " kyselinu dusíkovou, NO₃.
 14 N s 32 O " " dusičelou, NO₄.
 14 N s 40 O " " dusičnou NO₅.

27⁵/₅ Mn s 8 O na kysličník manganatý MnO.
 27⁵/₅ Mn s 12 O " " manganitý, Mn₂O₃.
 27⁵/₅ Mn s 16 O " " manganičitý MnO₂.
 27⁵/₅ Mn s 24 O " kyselinu manganovou, MnO₃.
 27⁵/₅ Mn s 28 O " " nadmanganovon, Mn₂O₇.

Množství kyslíku, sloučená s 14 N, mají se tudíž k sobě jako
 8:16:24:32:40 = 1:2:3:4:5.

Množství kyslíku, sloučená s 27⁵/₅ Mn, mají se k sobě jako
 8:12:16:24:28 = 1:1¹/₂:2:3:3¹/₂ nebo vlastně 2:3:4:6:7, poně-
 vadž atomy hmot, slučující se vespolek, jsou nedělitelný.

40. Rovnomocnina sloučeniny. — *I. hmoty složené slučují se vespolek toliko v poměrech určitých a to buď rovným počtem rovnomocnin, nebo dle zákona poměrů množných.* Váha hmot nemění se nižádným chemickým slučováním ani rozlučováním, dvě hmoty váží po sloučení svém rovněž tolik jako před tím. *Rovnomocnina sloučeniny rovná se tudíž součtu rovnomocnin prvků, t. j. součástek sloučeniny.*

Příklady. — 1. V kyselině sirkové jsou na 1 rovnomocninu síry (S) obsaženy 3 rovnomocniny kyslíku (O₃) a jest tudíž
 $16 + (3 \times 8) = 16 + 24 = 40$
 rovnomocnina kyseliny sirkové (SO₃).

2. Kysličník draselnatý sestává z 1 rovnomocniny draslíku (K) a 1 rovnomocniny kyslíku (O), jest tudíž 39²/₂ + 8 = 47²/₂ rovnomocnina kysličníku draselnatého (KO).

3. Kyselina sirková (SO₃) a kysličník draselnatý (KO) slučují se spolu podlé poměru 40:47²/₂ na stran draselnatý (KO.SO₃). Rovnomocnina stranu draselnatého (KO.SO₃) jest tudíž 87²/₂.

4. Slučuje se však též 1 rovnomocnina kysličníku draselnatého (KO) s 2 rovnomocninami kyseliny sirkové (2SO₃) na dvojstran draselnatý (KO.2SO₃). Rovnomocnina této sloučeniny jest tudíž
 $40 + 40 + 47²/₂ = 127²/₂.$

41. Chemické písmo. Z příkladů výš uvedených vysvítá zároveň, že máme písmo chemické, jímž naznačujeme i sloučeniny stručně a zřetelně. Znaky prvků znamenají hned jednu rovnomocninu každého a složení hmot naznačuje se pouhým sestavením znaků prvků, obsažených v nich. Takto nabývá se vzorců č. formulí chemických, jež jsou v příkladech dány do závorek vedle jmen sloučenin, psaných obyčejným způsobem. Všelike proměny chemické naznačují se jasně a určitě v ten způsob, že sestavují

se znaky nebo vzorce hmot, majících při nich účastenství, do rovnic způsobem mathematickým. Na základě vzorcův a rovnomocnin pokračuje se též při všelikých výpočtech, jež naskytují se v chemii praktické a jimiž lze s předu poznati výsledek každé práce.

Příklad. — Často jest třeba věděti, mnoho li každé součástky drží některá sloučenina ve stu, na př. kyselina sirková, SO_2 . Vypočítá se tu nejprve rovnomocnina té sloučeniny ($16+3\times 8=40$) a pak počítá se dále trojčlenkou: $40:16=100:x$, $x = \frac{16 \times 100}{40} = 40\%$. S; $40:24 = 100:x$,

$x = \frac{24 \cdot 100}{40} = 60\%$ O. V kyselině sirkové jest tudíž obsaženo

$$\begin{array}{l} \text{S} = 40\% \\ \text{O} = 60\% \\ \hline 100. \end{array}$$

2. Kolik síry jest třeba, aby dala se 78 librami rtuťi rumělků a mnoho-li dostane se této? Víme, že 1 rovnomocnina rtuťi ($\text{Hg}=100$) slučuje se s 1 rovnomocninou síry ($\text{S}=16$) na 1 rovnomocninu rumělky ($\text{HgS}=116$), počítáme tudíž takto: $100:16=78:x$, $x = \frac{78 \times 16}{100} = 11,68$ lib. S. Rumělky dostane se $78\text{Hg}+11,68\text{S}=84,68$ lib. HgS .

42. Názvoslovi chemické. Prvky rozdělují se obyčejně v *nekovy* č. *ametally* (metalloidy) a *kovy*. Slučováním oněch s těmito vzniká přenesmírná rozmanitost sloučenin. Sloučeniny, jež vznikají přímo sloučením se dvou nebo více prvků, slovou sloučeniny *stupně prvního* (podvojně ze dvou prvků, potrojně a t. d.); tyto, slučující se vespolek, dávají sloučeniny *stupně druhého*, jež skládají se méně často ve sloučeniny *stupně třetího*.

Sloučeniny stupně prvního jsou *kyseliny*, *zásady* nebo *hmoty netečné*.

Kyseliny mají chuť *kyselou*, rozpouštějí-li se ve vodě, a *červení* některé *modré* barvy rostlinné, zvláště roztok lakmusu, tak na př. kyselina sirková (SO_2). — Papíry skoumací č. reagenčné.

Zásady, rozpustné ve vodě, mají chuť *louhovitou* (alkalickou) barví lakmus, kterýž *zčervená* kyselinami, *opět na modro a zelení* modrý odvar říjalkový; tak na př. kysličník draselnatý (KO). Papíry skoumací.

Kyseliny a *zásady* jsou tudíž nadány *opačnými vlastnostmi chemickými*, pročež slučují se spolu velmi snadno ve sloučeniny druhého stupně, jež slovou *solí*, na př. síran draselnatý (KO.SO_2). Soli nemají více vlastností kyselin ani zásad, nepůsobí v barviva rostlinná a nazývají se tudíž *hmoty obojetné*. Jsou však též soli, ve kterých převládá kyselina — *solí kyselé*, a zase soli, v nichž jest zásady nad obyčejný poměr — *solí zásadité*.

Hmoty netečné nepůsobí rovněž v barvy rostlinné, ale slučují se velmi nesnadno s jinými sloučeninami.

Pojmenování jednotlivých sloučenin chemických děje se způsobem pravidelným, skládáním jmen součástí, aby dalo jméno hned určité vysvětlení o chemické povaze. Při sloučeninách *prvního stupně* učiní se

jméno jednoho prvku jmenem podstatným, jež má při jmenech českých koncovku —*ník* a při jmenech latinských koncovku —*id*, k němu pak připojí se jméno druhého prvku co jméno přídavné, jehož koncovkou naznačuje se spolu poměr, v němž jsou prvky spolu spojeny. Sloučenina *kyslíku* (oxygenia) s jiným prvkem nazývá se tudíž *kyslíčník* čili *oxyd*, sloučenina *stry*, *sírník* č. *sulfid* atd., přídavným pak jmenem praví se, který to z četných kyslíčníkův nebo sírníkův. Koncovky pro poměry, sbíhající se obyčejně při sloučeninách, jsou tyto (A a B značí po rovnomocnině dvou různých prvků):

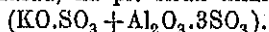
Poměr	A ₂	+	B	značí se koncovkou	— <i>ičnatý</i> (sírník mědičnatý).
"	A	+	B	" " "	— <i>natý</i> (chlóríd sodnatý).
"	A ₂	+	B ₃	" " "	— <i>itý</i> (kyslíčník železitý).
"	A	+	B ₂	" " "	— <i>ičitý</i> (kyselina uhličitá).
"	A	+	B ₃	" " "	— <i>ový</i> (sírník antimónový).
"	A	+	B ₄	" " "	— <i>ičelý</i> (kyselina dusičelá).
"	A	+	B ₅	" " "	— <i>ičný</i> (kyselina arsénická).
"	A	+	B ₇	" " "	— <i>istý</i> (kyselina chlórístá).

Vynímkou jsou názvy sloučenin vodíku s jinými prvky, jichž nabývá se pouhým složením jmen obou prvků (chlórovodík HCl, sírovodík HS) atd.

Solím dává se jméno kyseliny s koncovkou —*an*, k němuž připojuje se přídavné jméno zásady se svou koncovkou. Sloučeniny kyseliny uhličitě slovou *uhličitany*, na př. uhličitán vápenatý (CaO.CO₂). Převládá-li některá ze součástí v soli, naznačí se to připojením slova *zásaditý* nebo *kyselý* k jménu soli, nebo poví se hned určitě poměr zásaditosti nebo kyselosti.

Tak známe chróman draselnatý (KO.CrO₃) a kyselý č. dvojchróman draselnatý (KO.2CrO₃), dusičnan rtuťnatý (HgO.NO₃) a zásaditý dusičnan rtuťnatý č. dusičnan dvojrťuťnatý (2HgO.NO₃).

Sestoupí-li se dvě soli s touž kyselinou na sloučeninu *třetího stupně*, na *sůl podvojnou*, vysloví se jméno kyseliny jen jednou a připojí se spojená jména zásad, na př. síran hlinito-draselnatý



Podobným způsobem nazývají se sloučeniny druhého stupně, kteréž neskládají se z kyslíčků, na př. chlóríd zlatovo-sodnatý (NaCl.AuCl₂), sírník antimónično-draselnatý (KS.SbS₅) atd.

B. Z podrobné chemie neústrojné č. nerostné.

1. Nekovy a sloučeniny jich.

43. Kyslík (Oxygenium). — Kyslík (O) nachází se co plyn v obecném vzduchu, pomíšen s dusíkem. Sloučen s jinými prvky jest obsažen téměř ve všech hlavnějších přírodninách.

Vlastnosti. — Kyslík jest plyn bezbarvý, nevonný a nechutný, kterýž pohlcuje se vodou skrovně, nehoří, ale podněcuje velmi

mocně hoření, jakož i dýchání. Dýchá-li se však pouhý kyslík, působí zánět plic. — Hutnost 1·105.

Zkoušky s deutnajší třískou. — Spalování zpruh ocelových, uhlí, kostku a síry v kyslíku.

Dobývání. — Příprava kyslíku děje se v ten způsob, že odlučuje se od hmot, s nimiž jest sloučen. Nejzpůsobilejší jsou k tomu konci hmoty takové, v nichž jest ve větším množství a slabě vázán. — Obyčejně nabývá se ho pálením chlórečnanu draselnatého ($\text{KO} \cdot \text{ClO}_5$). Dostane se tu chlóríd draselnatý (KCl), ješto přebá kyslík co plyn a jímá se přiměřeným způsobem. Vzorec rozkladu: $\text{KO} \cdot \text{ClO}_5 = \text{KCl} + 6\text{O}$.

Priestley 1774 a Scheele 1775.

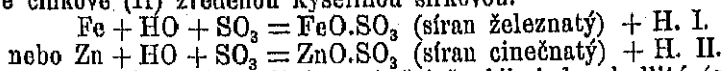
Sloučeniny. — Kyslík slučuje se se všemi hmotami jednoduchými, vyjímaje jedině fluor, a dává takto *kysličníky* (oxydy), nejdůležitější všech sloučenin prvního stupně. Jeví-li se při slučování kyslíku s některou hmotou jinou, při *okysličování*, značné světlo a teplo, nazývá se děj tento *hořením*. Často však děje se slučování s kyslíkem nenáhle a úkazy toho druhu jsou rezavění kovů, tlení, zvětrávání, dýchání lidí a zvířat.

44. Vodík (Hydrogenium). — Vodík (H) jest plyn, jež nacházíme v přírodě toliko ve sloučeninách, z nichž jest nejrozšířenější voda. Též jest podstatnou součástíkou hmot rostlinných a zvířecích.

Vlastnosti. — Vodík čistý jest plyn bezbarvý, nevonný a nechutný, $14\frac{1}{2}$ krát lehčí obecného vzduchu (ballóny povětrné), nepodněcuje hoření a dýchání, hoří však sám plamenem velmi bledým, nad míru horkým.

Popsán poprvé od *Cavendishe* 1766. Pouští-li se vodík na houbu platínovou, jme se tato řeřavětí a zapaluje se tím způsobem vodík. Na tom zosnoval *Doebbereinier* své rozžehadlo (1825).

Dobývání. — Vodíku nabývá se nejsnadněji rozkladem vody, tudíž obyčejně v ten způsob, že polijí se plliny železné (I) nebo lépe cinkové (II) zředěnou kyselinou sirkovou.

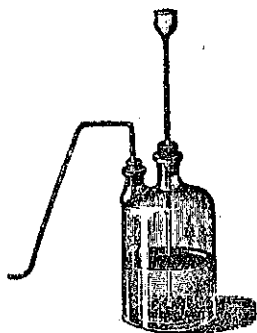


Vyvinování vodíku dívá se obyčejně v láhvi dvouhrdlité (obr. 13) nebo v láhvi opatřené korkem dvakrát provrtaným (obr. 14).

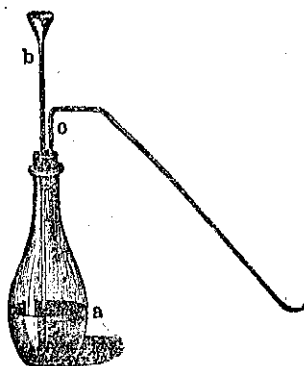
Sloučeniny. Smíšenina ze dvou měr vodíku a jedné míry kyslíku (totiž každého po rovnomocnině), slove *plyn třáskavý*. Zapálí-li se tato smíšenina, sloučí se součástky její rázem při *prudkém bouchnutí* ve vodu (HO). Smíšeniny podobné nabývá se, vezme-li se na místě kyslíku pět měr vzduchu. K tomu budíž zřetel obrácen i při zkouškách s vodíkem; plyn tento nesmí se totiž dříve jímati, pokud nebyl veškerého vzduchu z láhve plynopudně vypudil, pokud totiž trocha jeho, puštěná do skleněné skou-

mavky a zapálená, neboří zcela tiše, bez výbuchu. Shořením plynu třaskavého zplozuje se převeliké horko, pročez užívá se ho ve způsobě *dmychadla kyslíko-vodíkového* k roztápní hmot nesnadno roztopitelných, jako platiny, ke spájení desk olověných a t. d.

Obr. 13.



Obr. 14.

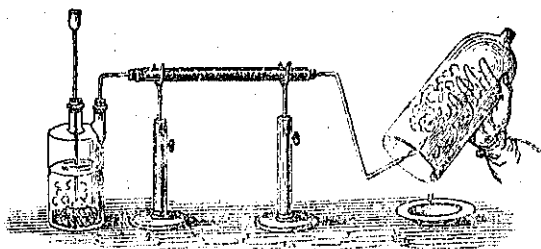


Drží-li se do plamene plynu třaskavého ostrý roubík křídový nebo vápenný, rozpaluje se do běla a vydává ze sebe světlo oslňující, podobné světlu slunečnému. — *Drummond* 1826.

Pokusy. Harmonika chemická (viz též akustiku). — Kohoutek *Daniellův*.

Voda (HO) č. *kysličník vodnatý* tvoří se spalováním vodíku (obr. 15) přímo ze svých součástek (synthesa vody, *Cavendish* a *Watt* 1783, což dotvrdil *Lavoisier* 1784 analysou č. rozbořením), po-

Obr. 15.



dobně vzniká hořením ústrojnín. Čistá voda jest kapalina bezbarvá, nevonná a nechutná, kteráž pohlcuje mnohé plyny a rozpouští v sobě mnoho hmot pevných, jimiž nabývá rozličné barvy, zápachu i chuti. Vody přirozené rozpouštějí tudíž v sobě hmoty, s nimiž setkávají se ve vzduchu i v zemi, a rozeznáváme vodu

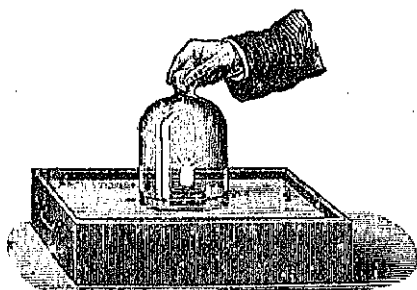
deštovou (měkkou), studničnou (tvrdou), řěnou, mořskou a vody mineralné. — Voda má velikou slučivost s mnohými sloučeninami chemickými a dává s nimi *hydráty* (vodany), při čemž znamená se obyčejně zvýšení tepla.

Pro vyčištění cedívají se vody přirozené pískem a dřevěným uhlím.

45. Dusík (Nitrogenium, Azot). Dusík (N) nachází se volný u velikém množství (as $\frac{4}{10}$) v obecném vzduchu a jest též součástíkou některých hmot neústrojných (salnytru), jakož i mnohých hmot rostlinných a zvířecích.

Vlastnosti. Dusík (N) jest plyn bezbarvý, nevonný a nechutný, málo řidší obecného vzduchu, není hořlavý, nepodněcuje hoření a sám pro sebe není dýchatelný. Zvířata *dusí se* v dusíku přebrzo, po kteréž vlastnosti dáno mu jméno. Ve vzduchu však jest ho třeba jak ke zmírnění příliš prudkých účinků kyslíku, tak tuším i přímo k dýchání rostlin a zvířat.

Obr. 16.



Dobývání. Dusíku nahývá se nejjednodušším způsobem ze vzduchu, jemuž odejme se přiměřenými prostředky všecken kyslík. Na vodu položí se na př. kus korku a postaví se naň miska porculánová s kouskem kostíku (P), tento zapálí se a přiklopí se bání skleněnou, jež ponoří se do vody, aby byl pod ní vzduch uzavřen (obr. 16.); kostík ztráví tu hořením svým všecken kyslík ze vzduchu a slučuje se s ním na prášek sněhovitý, kyselinu fosforečnou (PO_5), kteráž rozplývá se rychle ve vodě. Pod bání zbývá pak pouze *dusík*, zabíraje jen $\frac{4}{5}$ původného objemu vzduchu.

šek sněhovitý, kyselinu fosforečnou (PO_5), kteráž rozplývá se rychle ve vodě. Pod bání zbývá pak pouze *dusík*, zabíraje jen $\frac{4}{5}$ původného objemu vzduchu.

Dusík byl objeven *Priestleyem* 1774.

Sloučeniny, většinou snadno rozložitelné:

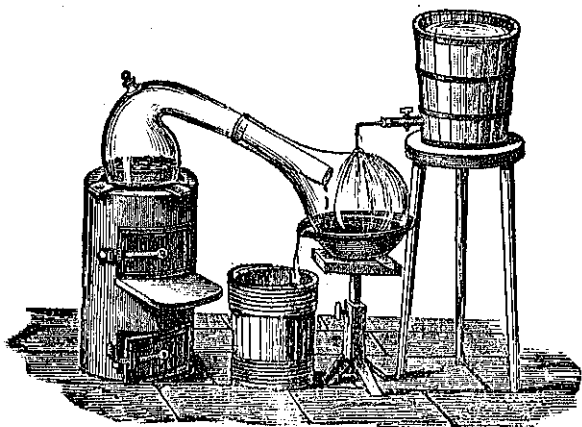
Kysličník dusnatý (NO), plyn to bezbarvý, podněcuje hoření téměř jako kyslík, může se po krátký čas dýchatí bez ujmy zdraví a způsobuje tím *opojení příjemné*; slove tudíž též *plyn rájový* č. *obveselující*. Mocným tlakem a ochlazením mění se v kapalinu, ano i v pevnou hmotu, jež ochlazuje se sirouhlíkem na -140° .

Kyselina dusičná (NO_5) jest obyčejně sloučená s 1 rovnomocninou vody, t. j. hydrát dusičný ($HO.NO_5$). Čistý hydrát dusičný jest v obecné teplotě kapalina bezbarvá, chuti velmi ky-

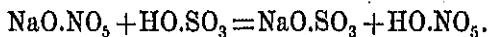
selé, žíravé, červení lakmus, okysličuje velmi mocně, zrušuje téměř všechny hmoty ústrojně a barví hmoty zvířecí trvanlivě na žluto. Hydrát dusičný, rozředěný vodou, prodává se jmenem *lučavka* (silná voda) a slouží zvláště k rozpouštění kovů.

Dobývání. Hydrát dusičný připravuje se nejčastěji ze salytrů chilského, t. j. dusičnanu sodnatého (NaO.NO_5), jenž pře-

Obr. 17.



kapuje se ve skleněné retortě (obr. 17.) s kyselinou sirkovou; hydrát dusičný mění se horkem v páry, jež srážejí se v chlazeném jímadle.



Se zásadami dává kyselina dusičná *dusičnany*, kteréž rozkládají se vesměs horkem a tráskají na žhavém uhlí.

Dusík a *vodík* jeví spolu skrovnou slučivost a neslučují se tudíž nikdy přímo, nýbrž jen tehdaž, setkávají-li se téže chvíle, kde byly vypuzeny z některé sloučeniny („status nascens“).

Známe 4 sloučeniny takové, totiž: imid (NH), amid (NH_2), ammoniak (NH_3), ammonium ($\text{Am}=\text{NH}_4$).

Toliko ammoniak byl dosud připraven volný, ostatní známe jedině ve sloučeninách, a jakmile stane se pokus o vyproštění jich, mění se v ammoniak přistoupením nebo vyloučením vodíku.

Vábec jsou hmoty té chvíle, kde vystoupily z některé sloučeniny (in statu nascendi), nejvíce nakloněny k novému slučování.

Ammoniak č. *čpavek* (NH_3) jest plyn, tvořící se hnitím a pálením ústrojnin dusičnatých. Nabývá se ho ze salmiaku, zahřívá-li se s vápnem, a suchý plyn jímá se nade rtuť. Vzorec: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} = \text{CaCl} + \text{HO} + \text{NH}_3$. Čpavek jest plyn bezbarvý, zá-

pachu velmi ostrého, k slzení nutícího, chuti žíravé, modří červený papír lakmusový, hoří na obecném vzduchu velmi nesnadno; také dusí plameny i život zvířecí. Ochlazením a tlakem velmi mocným ztuhuje se v řídkou kapalinu, kteráž mění se teplotou ještě nižší v hmotu pevnou, nezapáchající. Vodou pohlcuje se v množství neobyčejném. Voda takováto má, mimo skupenství kapalně, tytéž vlastnosti co ammoniak plynný a nazývá se *špavek vodnatý*, *ammoniak žíravý* nebo též *líh salmiakový*; zvláště známá jest tím, že slouží k vypírání skvrn po mastnotách nebo kyselinách.

Proč jímá se špavek nade rtutí?

46. Uhlík (Carbonium) nachází se v přírodě sám pro sebe úplně čistý a hraněný co *diamant* (C α), méně čistý a krystalovitý co *tuha* č. *grafit* (C β) a konečně beztvárný co součástka veškerých ústrojnin. Tuhu lze přiměřeným způsobem připravit čistou a podobně lze z ústrojnin vyloučiti *uhlí*, téměř čistý to uhlík beztvárný (C γ). Ve všech těchto způsobách jest uhlík hmota pevná, nevonná a nechutná, *nerozpustná* v kapalinách, *neroztopitelná* a *netěkavá*. *Diamant* jest nejčastěji bezbarvý a průzračný, *grafit* šedočerný a pouští barvu, *uhlík beztvárný* jest černý. Tuha slouží hojně k děláni tužek, tyglíků na roztápění kovů a t. d.

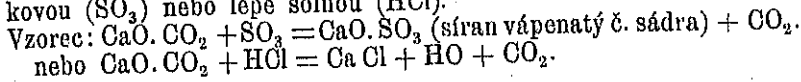
Pórovaté uhlí dřevěné a zvláště zvířecí (z kostí, krve) pohlcuje (str. 23) plyny velmi mocně a staví se tudíž na odpor hnití. Rovněž odnímá mnohým kapalinám ústrojná barviva a slouží tudíž často k odbarvování a čistění takovýchto kapalin (vody, syruhu při dobývání a raffinování cukru). Vlastnost hmot *jednoduchých*, že (jakož právě řečeno o uhlíku) objevují se nám v několika způsobech o různých vlastnostech fysikalných a dílem i chemických, slove *allotropie* a různé způsoby ty *způsoby* č. *vidy allotropické*. Ku vysvětlení toho nezbyvá leč za to míti, že jsou nejmenší částičky takovýchto hmot jiným a jiným způsobem spořádány, čímž objevují se nové, význačné zvláštnosti jich.

Znázornění pomocí obrazců, sestavených z kamenů a pod.

Sloučeniny. *Kysličník uhelnatý* (CO) vzniká všude, kde spalují se hmoty uhelnaté při nedostatku vzduchu; jest plyn bezbarvý, nevonný a nechutný, hascí plameny, ale hořící sám plamenem modrým, nezpůsobily k dýchání, ano jedovatý. Odtud četné nehody, kteréž udávají se předčasným zavíráním kamen na noc a pálením uhlí v komnatách zavřených.

Kyselina uhličitá (CO $_2$) nachází se volná co pravidelná součást vzduchu a mnohých vod, zvláště t. zv. *kyselček*, a zvláště hojně sloučená se zásadami, nejčastěji s vápnem. Jest však kyselina slabá a vypuzuje se většinou kyselin ostatních ze svých sloučenin, čímž vzniká vření č. šumění (šumivky). V obecné teplotě jest plyn bezbarvý, vůně slabě štiplavé, chuti slabě nakyslé a obcerstvující. Není způsobilá k dýchání, ani k hoření, aniž hoří sama.

Mocným tlakem lze kyselinu uhličitou ztuhliti v *kapalinu*, jež vypuštěna otvorem tenkým téká tak rychle, že ostatek zmrzá na hmotu *pevnou*, podobnou sněhu a ledu. Vodou pohlcuje se značně, a tož tím více, čím jest voda studenější a čím mocnější tlak koná se na ni (roztok takový, silnějším tlakem způsobený, jest známá *voda sodová*, podobný *vino šampaňské*). Jestit $1\frac{1}{2}$ krát *hutnější* vzduchu obecného, a může se jako kapaliny přelévati z nádoby do druhé. V uzavřených prostorech hromadí se tudíž ve spodných vrstvách vzduchu (psí jeskyně, otrávené studně). Kyselina uhličitá vzniká spalováním hmot uhelnatých, k nimž má vzduch přístup neobmezený, hořením kysličníku uhelnatého, dýcháním zvířat, kvašením, tlením ústrojin a j. v. Nejsnadněji připravuje se z křídly, t. j. uhličitánu vápenatého ($\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$), polije-li se kyselinou sířkovou (SO_3) nebo lépe solnou (HCl).



Objevil *Black* 1752. —

Sloučeniny *uhlíku s vodíkem*, jež jsou pevné, kapalné i plynné, náležejí u většině původem a složením svým k ústrojinám, do oboru chemie ústrojné. Tuto buďtež uvedeny:

Uhlovodík lehký č. *plyn bahnatý* (C_2H_4) vzniká v bařinách hnitím ústrojin, mnohem hojněji však vyvinuje se v uhelnách, pročež slove též *plyn báňský*. Jest plyn bezbarvý a nevonný, hutnosti 0,56, nezpůsobilý k dýchání, nepodněcuje hoření, ale hoří sám plamenem bledým, nažloutlým, velmi horkým. Smíchá-li se se vzduchem a zapálí-li se, stane se výbuch velmi prudký. Takovýto plyn třáskavý nachází se neziřídka v uhelnách, kde slove *třáskavý plyn horníků* č. *bíci větry* a jest někdy příčinou strašných nehod. (*Davyho* lampa bezpečná.)

Uhlovodík těžký č. *plyn olejotvorný* (C_4H_4), hlavní to součástka plynu kamenouhelného, jehož užívá se k osvětlování měst), jest bezbarvý, zápachu nepřijemného, hutnosti 0,9. Hoří plamenem skvělým, bílým, ale hasí plameny a jest nedýchatelný. Připravuje se nečistý, jmenem *svítíplyn*, u velikém množství z dříví a uhlí kamenného, jež vypalují se ve válcích litinových; po té čistí se a rozvádí se v troubách litinových přiměřeným tlakem po celém městě. Ve válcích zbývá valná část uhlíku co *kok*, kterýž jest výborné topivo. Ve svítíplyně jest mimo uhlovodík těžký většínou obsažen uhlovodík lehký a též vodík, pročež jest značně *lehčí* vzduchu (hutnost průměrem as 0,5) a slouží nyní obecně k naplňování velikých ballónů povětrných.

Osvětlování měst svítíplynem zavedl *Murdoch* 1792.

47. Vzduch obecný č. *atmosférický* jest směšenina z kyslíku a dusíku, kteráž má vždy a všude totéž složení, pročež volívá se hutnost vzduchu za jednici při stanovení hutnosti plynů.

Skládat se dle objemu z 20₁₀ O a 79₁₁ N,
dle váhy z 23₂ O a 76₁₃ N ve 100 částech.

Přece však není sloučeninou z dusíku a kyslíku, neboť vzduch ve vodě pohlcený jest bohatší kyslíkem (34,9% dle objemu). — Vedle těchto stálých součástí nachází se ve vzduchu ještě větší nebo menší množství par vodných (průměrem 0,8%), kyselina uhličitá (0,04%), ammoniak (0,000001), jakož i pramalinké množství jiných hmot nerostných i ústrojných (infusorií).

Někteří domnívají se, že jsou jisté přímíšeniny vzduchu (miasmy, kontagia) příčinou místných nebo obecných nemocí občasných, ale věc tato jest dosud velice pochybna.

48. Eudiometrie. Čísel výš uvedených nabylo se pátráním po součástkách obecného vzduchu, t. j. analysou č. rozborem jeho (eudiometrie, měřením zdravoti vzduchu), kterýž koná se přiměřenými přístroji, t. zv. *eudiometry*, jichž známe více. Rozbor děje se vždy tím způsobem, že odejme se určité váze nebo určitému objemu obecného vzduchu kyslík hmotami okysličitelnými (kostíkem, žhavou mědí, železem, vodíkem za horka a t. d.), načež vypočítá se z toho, oč přibýlo hmotě okysličené na váze, váha kyslíku a objem jeho, a ustanoví se váha zbývajícího dusíku. Kyselina uhličitá a páry vodné pohlcují se hmotami, kteréž je přijímají velmi dychtivě, a nalezá se opět přirostek váhy, z něhož vypočítává se objem. Stanovení ammoniaků děje se pro skrovné množství jeho cestou zvláštní.

Obyčejný *eudiometr Voltův* (z r. 1780) jest trubice skleněná, zevrubnou stupnicí opatřená, s vrchu zavřená, kteráž naplňuje se nade rtuť *odměřeným* množstvím obecného vzduchu a čistého vodíku, načež pouští se smíšeninou tou elektrická jiskra (dráty platinovými, do vrchu trubice zasazenými). Všechn kyslík vzduchu slučuje se tu s částí přidaného vodíku na kapku vody. Poněvadž spalují se vždy jenom 2 objemy vodíku 1 objemem kyslíku na vodu, jest třetina *úbytku na objemu*, kterýž znamená se, objemem odejmutého kyslíku. Odečte-li se objem přebývajícího vodíku od objemu plynu, zůstávajícího v trubici, shledá se objem dusíku.

Příklady číselné.

Druhdy mívalo se za to, že dobrota, zdravot vzduchu *řídí se množstvím kyslíku v něm*. Poněvadž však objevilo se pozdějším zevrubným skoumáním, že jest poměr kyslíku k dusíku ve vzduchu stálý, soudilo se správněji, že kazí se vzduch přibýváním součástí vedlejších a nahodilých. Dýchá-li se vzduch s 1% CO₂ po delší čas, přichází tomu skutečně churavost v zápětí. Čím to však, že poměr kyslíku a dusíku ve vzduchu jest *stálý*, ješto přec ujímá se vzduchu stále kyslík tolikými chemickými ději, ustavičně se konajícími? A jak to vysvětliti, že kyselina uhličitá, kterouž vydychují lidé a zvířata, kterouž vyvinují komíny měst a továrnu

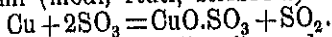
v náramném množství, jakož i ammoniak, vznikající hnitím rovněž hojně, *nehromadí se* ve vzduchu nikdy *nebezpečnou měrou*? — Plyny rozšiřují se nad míru rychle v nesmírném oceánu vzdušném, proč může se místné nahromadění udati jedině nejvyšším rychlým vyvinováním jich, což *nemožno v obyčejných poměrech*. Arci přibývalo by nutně kyseliny uhličitá a čpavku všude ve vzduchu, kdyby jich nepřijímaly rostliny dílem přímo, dílem pohlcených ve vodě, užívajícíe jich k budování ústrojí svého. Kyselina uhličitá, přijatá do rostlin, rozkládá se silou živoucího ústroje a *přímého světla slunečného*, uhlík zůstává co stavivo v rostlině, kyslík však vydychuje se listy zpět do vzduchu (pokus). Takto doplňují se říše tvorstva vzájemně způsobem přepamatným; lidé a zvířata poskytují rostlinám kyselinu uhličitou na potravu a rostliny zas obno- vují oněm stále zásobu kyslíku.

49. Síra (Sulphur) nachází se v přírodě velmi hojně jak samorodná tak i sloučena s jinými hmotami, zvláště s kovy. Dobývání děje se buď čistěním síry samorodné, roztápěním nebo sublimováním, nebo v Čechách pálením kyzu železného, jenž pouští tu as polovici síry. Síra náleží k hmotám allotropickým, různotvárným (viz str. 48), roztápí se teplem $+115^{\circ}\text{C}$ na řídkou kapalinu, kteráž houstne teplem vyšším a barví se temně; rozhrěje-li se na 230°C a *ochladí-li se rychle* (lijí-li se na př. do vody studené), objeví se co hmota beztvárná, velmi pružná a měkká, kteráž tvrdne v několika dnech, pročez hodí se dobře k otiskování vzácných penězů. Zahřeje-li se výše 260°C , řídne zas, až vše konečně při 420° a mění se v páry tmavě rudohnědé.

Rozpuštědla: sírouhlík a chlóríd siřičnatý.

Sloučeniny. Síra (S) podobá se svou povahou chemickou velice kyslíku a slučuje se rovněž s mnohými prvky přímo při značném světle a teple; tenký plech měděný na př. spaluje se v parách vroucí síry na síru sík mědičnatý. *Sírníky* (sulfidy) jsou zhusta srovnalého složení s kysličníky téhož prvku a rozeznávají se rovněž *sírníky netečné, kyselé* č. *kyseliny sírné* a *zásadité* č. *zásady sírné*, jakož i *solí sírné*, srovnalé se solemi kyslíkovými a skládající mnohé nerosty.

Bílivá *kyselina siřičitá* (SO_2) vzniká *spálením síry* na vzduchu a připravuje se čistá, zahřívá-li se silná kyselina sirková s některými kovy čistými (měď, rtuť, stříbrem) dle vzorce

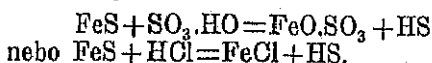


Jest plyn bezbarvý, zápachu pronikavého a dusivého, jenž kapalí ochlazením na -10° a způsobuje pak vypařováním svým ochlazení znamenité. na -50° až -60°C . Bílívají se jí hmoty, jež nemohou se bíliti chlórem, jako hedvábí, vlna, peří, slaměné klobouky, struny atd.

Kyselina sirková (SO_3) prodává se vždy vodnatá a sice dvojí, *česká* a *anglická*. *Česká* č. *dýmavá kyselina sirková* jest hydrát

sirkový, v němž jest větší menší množství *bezvodné* kyseliny sirkové rozpuštěno ($\text{HO.SO}_3 + \text{SO}_3$). Připravuje se překapováním síranu železitého ($\text{Fe}_2\text{O}_3.3\text{SO}_3$), jest kapalina hustá, obyčejně hnědá, vltá do vody syčí jako žhavé železo a rozpouští výtečně indy, čímž prospívá zvláště v barvířství. — *Anglická kyselina sirková* jest hydrát sirkový (HO.SO_3), obyčejně s nadbytkem vody. Připravuje se v množství převelikém okysličením kyseliny siřičité v olověných komorách, načež zaváří se v křivulích skleněných nebo v kotlích platinových do houštky 1,34. Jest kapalina bezbarvá, olejovitá, velmi kyselá a žíravá, nadaná znamenitou slučivostí s vodou, pročež zuhluje ústrojiny, odnímaje jim vodu. Kůži prožírá tudíž a účinkuje v životě co krutý jed. Dochází přehojného a rozmanitého užívání, cenou její řídí se zdar veškerého téměř průmyslu chemického.

Sirovodík (HS), plyn to velmi jedovatý, zapáchající hnusně po smlých vejecích, vylučuje se ze sirníku železnatého (FeS), polije-li se rozředěnou kyselinou sirkovou nebo solnou.



Velmi prospěšné služby koná v chemii analytické při pátrání po kovy.

Sírouhlík č. *sirník uhlíčitý* (CS_2) má složení podobné jako kyselina uhlíčitá, jen že zaujímá síra místo kyslíku. Nabývá se ho, pouštějí-li se páry sirné na žhavé uhlí dřevěné, jež nachází se v troubě hlíněné, ve způsobě par, jež srážejí se v jímadle dobře chlazeném. Jest kapalina bezbarvá, zápachu nepříjemného a omanujícího, velmi těžká, jež rozpouští snadno a hojně síru, kostík, jód, mastnoty a kaučuk a slouží tudíž zvláště k vytahování mastných olejů ze semen a pokrutin.

50. Pryky halové (haloidy). a) *Chlór* (Cl) jest plyn žlutozelený, velmi dusivý, jenž nachází se v největší hojnosti sloučen se sodíkem co sůl kuchyňská (NaCl). Připravuje se obyčejně z kyseliny solné (HCl), jež zahřívá se s burelem, t. j. kysličníkem manganicitým (MnO_2).

$\text{MnO}_2 + 2\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + 2\text{HO}$. Zahříváním pak nastane další rozklad chlórídu manganicitého: $\text{MnCl}_2 = \text{MnCl} + \text{Cl}$.

Chlór slučuje se se všemi kovy (porušuje je) a pohlcuje se studenou vodou, pročež nejímá se nade rtuť, ani nad studenou vodou, ale nad vodou vřelou nebo slanou.

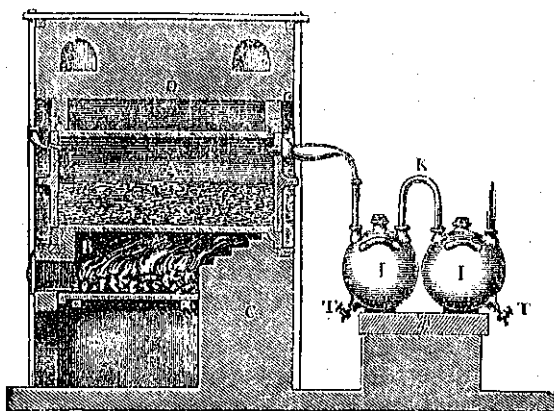
Objevitel chlóru *Scheele* 1774. — Spálení kousků kostíku nebo prášku arsenového a antimónového v chlór.

Roztok chlóru ve vodě, *voda chlоровá*, jest nažloutlý a má tytéž vlastnosti jako plyn, ale rozkládá se záhy. Chlór má s vodíkem zvláště velikou slučivost a odnímá jej tudíž ústrojinám i vodě, pročež bílí mnohé hmoty a ruší výpary smrduté a nákažlivé (miasmny).

Sloučeniny chlóru: *Kyselina chlórnatá* (ClO) a *kyselina chlórrečná* (ClO_2) docházejí užívání jedině v solích svých; *chlórovodík* č. *kyselina solná* (HCl); *chlórodusík* (snad chlóríd dusíkový, NCl_3), kapalina olejovitá, nad míru nebezpečná, jež vybuchuje přesnadno s největší prudkostí; *chlóridy*, sloučeniny to chlóru s kovy, jež jsou dílem srovnalé s kysličnky; *salmiak* č. *chlóríd ammonatý* ($\text{AmCl}=\text{H}_4\text{NCl}$).

Kyselina solná č. *chlórovodík* (HCl) jest plyn bezbarvý, dusivý a kyselý, jehož nabývá se, zahřívá-li se sůl kuchyňská ve válci litinovém (obr. 18) mírně se silnou kyselinou sirkovou. $\text{NaCl} + \text{HO}\cdot\text{SO}_3 = \text{NaO}\cdot\text{SO}_3 + \text{HCl}$. Vzniká přímo ze svých součástí, vydá-li se smíšenina z rovných objemů chlóru a vodfku na přímé světlo slunečné, světlo elektrické, hořčíkové, nebo jakékoli světlo

Obr. 18.



mocných účinků chemických. Smíšenina z 1 částky vodnaté kyseliny dusičné se 4 č. kyseliny solné nazývá se *lučavka královská* ($\text{NO}_5 + \text{HCl} = \text{HO} + \text{NO}_4 + \text{Cl}$). Volným chlórem svým rozpouští zlato, krále kovů, platinu i jiné hmoty nesnadno rozpustné, méně je v chlórídy.

b) *Bróm* (Br) a *jód* (J) podobají se svou povahou chemickou takovou měrou chlóru, že má o nich většinou platnost, co bylo povědno o chemických sloučeninách chlóru; chlor však má s jinými prvky větší slučivost než bróm a tento zas větší než jód, protože vylučuje se bróm ze svých sloučenin chlórem, jód pak chlórem i brómem. *Bróm* jest kapalina temně rudohnědá, *jód* hraní v kovo-lesklých šupinkách modravě černých. Oba vypařují se již v obecné teplotě a jód má páry překrásné fialové (trubice s jódem). Brómová voda bílí barvy ústrojné, voda jódová nebílí. Bróm barví

škrob na hnědo, jód modří jej temně; slouží tudíž oba prvky, zvláště však jód, co skoumadlo k vypátrání škrobu. Jód rozpouští se hojně v líhu (tinktura jódová) a sírouhlíku. Bróm a jód slouží v lékařství (jód zvláště v nemocích žláz a kůže) a ve fotografii.

Objevitel brómu: *Balard 1826*; jódu: *Courtois 1811*.

c) *Fluor* (F) má snad ze všech prvků nejmocnější slučivost s ostatními, zvláště s vodíkem, a rozežírá všechny nádoby, pročež jest čistý dosud téměř neznámý. Sloučeniny však, jakéž dává se všemi prvky mimo kyslík, podobají se celkem sloučeninám chlóru.

51. Soli halové. Chlór, bróm, jód a fluor tvoří s kovy sloučeniny, jež mají na sobě všechny znaky solí kyslíkových (str. 30), jako na př. sůl kuchyňská (NaCl), sůl to nejdříve známá, chlóríd draselnatý (KCl) atd. Soli tyto nazývají se na rozdíl od vlastních solí, sestávajících z kyseliny a zásady, *solí halové*. Prvky pak samy: chlór, bróm, jód a fluor, slovou *prvky halové* (*solitvorné*) č. *haloidy*.

52. Kostík č. *fosfor* (Phosphorus) jest hlavně obsažen ve fosforečnanu vápenatém, součástíce to kostí ssavců. Vypál-li se kosti do běla t. j. zruší-li se ústrojná část jich horkem, sestávají téměř již jen z fosforečnanu vápenatého (3CaO.PO_3). Polije-li se moučka z pálených kostí rozředěnou kyselinou sirkovou, vylučují se dvě třetiny vápna co síran vápenatý (sádra), a zůstává v roztoku kyselý fosforečnan vápenatý. Roztok tento se slije se sražením sádry, zaváří se a páli se s uhlím; uhlík odnímá tu dvěma třetinám kyseliny fosforečné kyslík a slučuje se s ním na kysličník uhelnatý (CO) a kyselinu uhličitou (CO_2), jež přechází co plyny. Týmž časem překapuje kostík a páry jeho zhušťují se v jímadle, naplněném studenou vodou.

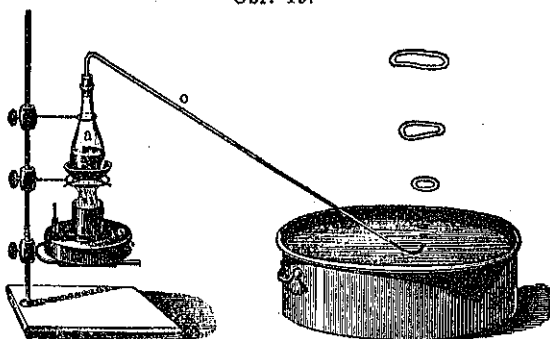
Kostík jest v obecné teplotě pevný, bezbarvý, průzračný, lesku voskového; po čase zbělá a sežloutne. Na vzduchu svítí ve tmě a *zapaluje se nad míru snadno*, pročež chová se a krájí se vždy pod vodou; z roztoku v sírouhlíku vylučuje se v hráncích. Kostík náleží k nejprudším jedům, otravují se jím škodlivá zvířata (myši). Smíšen s hmotami kyslíkem bohatými, na př. s chlórečnanem draselnatým, zapaluje se třením velmi snadno, pročež má nejrozsáhlejší užívání k děláni hlavíček sirek třecích.

Kostík červený jest allotropický vid, jehož nabývá se, zahřívá-li se kostík obecný do 250° v nádobě vzduchu prázdné. Jest na vzduchu v obecném teple *nezměnitelný, nesnadno zapalitelný a nejedovatý*.

Sloučeniny kostíku: kyselina fosformatá (PO), kapalina velmi kyselá, odnímající mnohým hmotám mocně kyslík; *kyselina fosforová* (PO_2) jest bílá moučka rychle vlnoucí a tvoří se nenáhlým okysličením neb spalováním kostíku při nedostatku vzduchu; *kyselina fosforečná* (PO_3) tvoří se spalováním kostíku v kyslíku co bílý prášek sněhovitý a dává s vodou tři hydráty památné tím, že

různí se ve svých vlastnostech a sloučeninách velice od sebe; fosforovodík pevný (P_2H), fosforovodík kapalný (PH_2) a fosforovodík plyný (PH_3). Tento připravuje se, zahřívá-li se žíravý

Obr. 19.



louh draselnatý nebo mléko vápenné s kostíkem (obr. 19.). Jestliť pomíšen s fosforovodíkem kapalným a zapaluje se tudíž v obecném teple na vzduchu samovolně, tvoře kroužky hustého dýmu.

Světélka. — Kostík objeven od *Brandta* 1669.

Sloučeniny *arsénu* (As) a *antimónu* (Stibium, Sb) mají se sloučeninami kostíku v mnohých příčinách velikou podobu a hrani dílem v těchže tvarech; prvky ty slučují se též s rovným množstvím vodíku. Ze sloučenin arsénu jest zvláště památný *arsenik bílý* č. *kyselina arsenová* (AsO_3), jed to nad míru prudký, poskytující krásné, ale nebezpečné barvy zelené. Antimón dává s olovem památnou *líteřinu* na písménky kněhtiskařské.

53. Bór (B) a křemík (Silicium, Si). — Tyto prvky vyznačují se spolu s uhlíkem svou nesnadnou roztopitelností, neboť roztopily se teprv horkem, jež způsobilo 600 Bunsenových článků, uhlík však odolal i nesmírnému horku tomuto. Kysličníky jich jsou kyseliny, za mokra slabé, v horku však stále a tudíž mocnější kyseliny sirkové i jiných kyselin těkavých. Bór a křemík objevují se též ve třech tvarech allotropických, podobných tvarům uhlíku, a vůbec podobají se sobě v nejedné příčině.

Sloučeniny bóru a křemíku. *Kyselina bórová* (BO_3) nachází se ve skrovném množství volná ve vodě některých bařin a jezírek v Toskáně a vyvází se z ní horkem par, tamtéž ze země vynikajících. Sloučena se třemi rovnomocninami vody hrani v bezbarvých lupenech lesku perlového. Zahřátím pouští vodu krystalovou, taje a tuhne pak ve hmotu sklovitou. V líhu rozpouští se a roztok ten hoří plamenem *zeleným*. Slouží k děláni skla a strojených

drahokamů; roztokem jejším ve vodě napouštějí se knoty svíček stearových, aby uhořovaly samy.

Kyselina křemičitá (SiO_2) nachází se více méně čistá co křemen, krystal, kámen křesací atd., mimo to v mnohých nerostech sloučena s jinými hmotami na *křemičitany* č. *silicáty*. Jest bezchutná, velmi tvrdá, rypá sklo, křeše s ocílkou, rozpouští se jediné v kyselině fluorovodíkové, roztápí se jenom nejprudším horkem známým na čiré, tvrdé sklo. Slouží ku přípravě skla, porcelánu atd.

2. Některé kovy a sloučeniny jejich.

54. Kovy žiravin: *draslík* (Kalium, K), *sodík* (Natrium, Na) a *lithium* (Li) jsou lehčí vody, pročež plují na ní, slučují se s kyslíkem vzduchu v každé teplotě a rozkládají vodu, uvolňující z ní vodík, již při 0° , čímž zahřívají se v té míře, že zapaluje se vyloučený vodík a hoří plamenem, od par kovu zbarveným (draslíkem na purpurovo, sodíkem na žluto). Kovy tyto připravují se nejprudším pálením uhličitánů svých s uhlíkem a objevují se pak v parách; jsou měkké, bílé, na čerstvém průřezu téměř stříbrolesklé. Pro svou mocnou sloučivost s kyslíkem zhušťují se a schovávají se v kapalinách bezkysličných (oleji kamenném, oleji dehtovém, v trubicích vzduchu prázdných atd.). Sodík jest na vzduchu stálejší a zapaluje se na vodě teprv tehdy, když rozehlál se značně; hoří tudíž na vodě gummové, kde dlí déle na téměř místě, nebo na mokřém papíře. (Pokusy přiměřené.)

Sloučeniny draslíku:	Sloučeniny sodíku:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kysličník draselnatý čili káli (KO), hydrát draselnatý (KO.HO), a roztok tohoto ve vodě, žravý loup draselnatý. 2. Uhličitán draselnatý (sal tartarí, KO.CO_2), nečistý slove salajka (potas) a slouží k děláni mýdla, salnytru, skla. 3. Dvojuhličitán draselnatý ($\text{KO.2CO}_2 + \text{HO}$). 4. Salnytr obecný (KO.NO_3), jehož užívá se nejvíc k děláni prachu střelného. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kysličník sodnatý č. nátron (NaO), hydrát sodnatý (NaOHO), a žravý loup sodnatý. 2. soda ($\text{NaO.CO}_2 + 10\text{HO}$), veledůležitá v mydlářství a sklářství. 3. Dvojuhličitán sodnatý ($\text{NaO.2CO}_2 + \text{HO}$) k šumivým práškům. 4. Salnytr chilský (NaO.NO_3), z něhož strojí se hojně salnytr obecný.

Sloučeniny draslíku:	Sloučeniny sodíku
5. Chlóríd draselnatý (KCl) má chuť slanou a chladivou.	5. Sůl kuchyňská, chlóríd sodnatý (NaCl), k dobývání sody a chlóru, předáležita potrava.
6. Louh <i>Javelle</i> ský č. bělidlářský, jehož podstatnou součástí jest chlórnat draselnatý (KO.ClO), slouží k bělení v menší míře.	6. Louh <i>Labarraque-skéj</i> , chlórnat sodnatý (NaO.ClO), k bělení.
7. Chlorečnan draselnatý (KO.ClO ₂), mocné oksyločvadlo, důležitý v ohněstrůjství.	7. Chlorečnan sodnatý (NaO.ClO ₂) v ohněstrůjství.
8. Játra sirková, v nichž jest hlavní součástí siriak drasličný (KS ₂).	8. Játra sirková sodová, jako při K.
9. Siran a dvojsiran draselnatý (KO.SO ₃ a KO.2SO ₃ +HO).	9. Sůl Glauberova č. siran sodnatý (NaO.SO ₃ +10HO), k děláni sody, skla, smíšenin zimotovných, a dvojsiran sodnatý (NaO.2SO ₃ +HO).
10. Křemičitan draselnatý, hlavní součást skla draselnatého č. českého; jest-li v něm méně kyseliny, rozpouští se v horké vodě, vodné sklo draselnaté.	10. Křemičitan sodnatý jest součást skla sodnatého č. francouzského; má-li méně kyseliny, jest rozpustný, vodné sklo sodnaté.
11. Brómíd a jódid draselnatý (KBr a KJ), důležité v lékařství a fotografii, jódid též co skoumadlo.	11. bledna č. bórax, dvojbóran sodnatý (NaO.2BO ₃ +10HO), ke spájení kovů.

55. Kovy žiravin zemitéch. *Baryum* (Ba), *strontium* (Sr), *calcium* č. *vápník* (Ca) a *magnesium* č. *hořčík* (Mg) podobají se zevnějškem i chemickou povahou svou velice kovům žiravin, ale kysličníky jich rozpouštějí se ve vodě méně snadno, uhličitaný a siričky jich jsou ve vodě nerozpustny.

O *hořčíku* sluší podotknouti, že připravuje se novějšího času v značnějším množství a spaluje se v podobě drátu nebo prášku, čímž poskytuje světlo nad míru skvělé, bílé, sloužící k fotografování v noci (lampsy magnesiové).

Mocným pálením uhličitanů zemitéch žiravin nabývá se vápna č. kysličníku vápenatého (CaO), strontianu č. kysličníku strontnatého (SrO) a magnesié č. kysličníku hořečnatého (MgO). Baryt č.

kyslíčnk barnatý (BaO) připravuje se silným pálením dusičnanu barnatého, poněvadž uhličitan barnatý rozkládá se jen nejprudším horkem (smíšen s uhlím snadněji).

Sloučeniny. *Kyslíčnk vápenatý* (CaO) č. *vápno*, nejznámější vlastnostmi i užíváním svým, připravuje se v malé míře z *křídly* (CaO.CO₂), z níž vypuzuje se pálením kyselina uhličitá. Podobně provozuje se *pálení vápna z vápence* ve veliké míře, čímž nabývá se *vápna páleného*, znečištěného jinými hmotami. —

Vápenice. — Mléko vápenné. — Voda vápenná. — Malta obecná a hydraulická. —

Chlóríd vápenatý (CaCl) pohlcuje lakotně páry vodné, pročež užívá se ho k vysoušení uzavřeného vzduchu nebo plynů. —

Fosforíd vápenatý (CaP) slouží k vyvinování fosforovodíku (str. 43).

Vápno chlórové jest směsina z chlórnatanu vápenatého (CaO.ClO) a chlórídu vápenatého s hašeným vápnem; slouží jmenem *vápna běličského* k bílení tkanin bavlněných, lněných a kaše papírové, k rušení nákažlivých výparů ve vzduchu. Sem náležejí ještě:

Síran vápenatý (CaO.SO₃) č. *sádra*, důležitý k dělání odličkův a co hnojivo, *uhličitan vápenatý* (CaO.CO₂), jenž nachází se co *vápenec*, *křída*, *mramor*, a *křemičitan vápenatý*, kterýž jest v obyčejných druzích skla vedlé křemičitanu draselnatého nebo sodnatého druhou hlavní součástíkou.

56. Kovy zemin č. zeměkovy. *Hliník* č. *aluminium* (Al), *beryllium* (Be), *erbiium* (E), *terbiium* (T), *Thorium* (Th), *Yttrium* (Y), *cirkonium* (Zr) rozkládají vodu teprv tehdaž, jest-li rozebrána k bodu varu, nebo v teple ještě větším. Kyslíčnky jejich, t. zv. *zeminy*, nemají působení zásaditého v barvy rostlinné, ač jsou obyčejně slabými zásadami. Jsouť nesnadno roztopitelný a neodkysličují se uhlíkem ani vodíkem.

Hliník (Al) nachází se v přírodě hlavně co kyslíčnk hlinitý, nejčastěji sloučený s kyselinou křemičitou v *hlinách*, a vylučuje se z chlórídu hlinitého (Al₂Cl₃), zahřívá-li se s draslíkem nebo sodíkem v uzavřeném tyglíku. Novějšího času stal se ve Francii předmětem výroby fabričné. Jest stříbrolesklý, velmi kujný a slouží k hotovení šperku. Pro svou lehkost (hutnost = 2,56) a značnou vodivost elektřiny jest fysikům velevítán, zvláště tu, kde má se vodivý kov pohybovati (u Ampèrova elektrodynamického stroje). K rozvádění do větší dálky nehodí se však pro svou drahost. Rovněž užívá se ho pro lehkost k vahadlům při vahách a drobným závažím, k trubícím kukátkám a dalekohledům a t. d.

Velikou důležitost mají sloučeniny jeho, zvané *kamenec* č. *ledky* (alumen, Alaun):

I. Kamenec draselnatý (KO.SO₃ + Al₂O₃.3SO₃ + 24HO, kamenec obecný),

- kamenec sodnatý ($\text{NaO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$) a
 kamenec ammonatý ($\text{NH}_4\text{O} \cdot \text{SO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$).
- II. Kamenec draselno-železitý ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$),
 kamenec draselno-manganitý ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$) a
 kamenec draselno-chrómítý ($\text{KO} \cdot \text{SO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 24\text{HO}$).

Pálí-li se směšenina z bílé hlíny (křemičitanu hlinitého), Glauberovy soli a uhlí v určitých poměrech, nabývá se *ultramarínu strojného*, překrásné to barvy modré, kteráž bělá kyselinami, vyvinuje sírovodík.

57. Hmoty rovnoběžné, různoběžné a bezoběžné. — V druzích kamence tuto vyčtených jest v I. kysličník draselnatý zastoupen kysličníkem sodnatým nebo ammonatým; v II. jest kysličník hlinitý nahrazen kysličníkem železitým, manganitým nebo chrómítým.

Všecky tyto kamence hrání z roztoků svých v osmistěnech anebo ve spojkách jich s krychlí.

Smíchají-li se roztoky těchto kamenců vespolek, nabývá se z nich hrání téhož tvaru. V každé takové hrání jsou všechny ony kamence obsaženy v témž poměru, v němž nacházejí se ve smíšeném roztoku.

Vloží-li se některá čistá hrání kamence, na př. kamence draselnatého, do čistého roztoku některého z ostatních kamenců, na př. do roztoku kamence ammonatého, přibývá této hrání na venek zcela pravidelně kamencem ammonatým, právě tak, jako by se připojovaly k ní nové částičky kamence draselnatého.

Smíchají-li se proti tomu roztoky solí jiných, *nepodobného složení*, na př. roztok soli kuchyňské a salytru, hrání z nich každá ta sůl ve svých zvláštních tvarech zcela čistá, kuchyňská sůl teda prostá salytru v krychlích, salytr prost soli kuchyňské v hranolech. Jest to tudíž obecný způsob vyčištění mnohých solí hraněním.

I tehdáž, hrání-li sloučeniny v témž tvaru (jako na př. kamenec a salmiak), mají-li však složení rozdílné, vyhraňuje se ze smíšeného roztoku každá z nich zvlášť. Podobně neshledává se v tomto případě, že by přibývalo hrání, zavěšených do roztoku jiné soli.

Hmoty, kteréž hrání v těchže tvarech krystalových (jako hmoty prvé vzpomenuté) a mohou se v hraních svých zastupovati vzájemně jakýmkoli poměrem, slovou *rovnoběžné* č. *isomorfní*.

Hmoty isomorfní hrání vlastně jen v soustavě krychlivé tvary úplně rovnými, v ostatních soustavách objevují se nezdídka velmi malé úchyly v úhlech hran.

Vlastnost takovýchto hmot, že mohou se vzájemně zastupovati (*náměstkovati* jedna za druhou), aniž učinila by se tím proměna v tvaru hrání, slove *rovnoběžnost* č. *isomorfie*.

Rovnoběžnost má velikou důležitost v naukách přírodních. Onať dovoluje v mnohých případech vypátrání vzorce chemického,

kde by nebylo možno pro nedostatek jiných pomůcek, neboť soudí se ze známého složení hmoty rovnotvárné na podobné složení hmoty neznámé; dále poučuje nás o rozdílném chemickém složení, jež znamenáváme při témž druhu nerostů, konečně opravňuje nás k domněnce, že mají atomy hmot rovnotvárných podobný tvar.

Hmoty téhož složení chemického, jež objevují se ve dvou nebo více tvarech rozdílných, náležejících do rozdílných soustav krystalových, slovou *různotvárné* č. *heteromorfní*. Mají-li dva takovéto tvary rozdílné, nazývají se *dvojtvárné* č. *dimorfní*. Uhlíkatý vápenatý na př. nachází se v přírodě v hraních klencových co *kalcit* a v hraních kosočtverečných co *aragonit*.

Hmoty, jež nejsou samy hraněmi, ani částí hraně, aniž jeví nejmenší stopy složení krystalového, slovou *beztvárné* č. *amorfní*. Hmoty takové mění se nezřídka postupem času samovolně a bez proměny skupenství v hraněné (viz cukr).

C. Z chemie ústrojně.

1. Z všeobecné chemie ústrojně.

58. Chemie ústrojná (organická). Hmoty, kteréž mají svůj původ v těle rostlin nebo zvířat, a zplodiny, jež připravují se z nich prostředky chemickými, slovou *sloučeniny ústrojně* a jsou předmětem *chemie ústrojně*.

Dosud poštětlo se toliko při několika sloučeninách ústrojných, že jsou připraveny cestou chemickou ze hmot nerostných, ve všech ostatních případech vznikají z nich výhradně v živých tělech rostlin nebo zvířat.

59. Součástky ústrojnin. Valná většina sloučenin ústrojných skládá se z uhlíku, vodíku a kyslíku, v mnohých hmotách, zvláště zvířecích, jest mimo to obsažen dusík; méně ústrojnin sestává pouze z uhlíku a vodíku a pramálo z uhlíku a dusíku. Dále nacházejí se v ústrojninách co součástky podstatné, ale vzácnější, síra a kostík. Mimo to jsou v tělech rostlinných a zvířecích obsaženy rozličné součástky nerostné, jakož jsou fosforečnan vápenatý, hlavní to součást kostí, železo v krvi, chlóríd a jódid sodnatý v rostlinách mořských a pobřežných. *Všecké sloučeniny ústrojně mají však v sobě uhlík a lze tudíž právem říci o tomto oddílu chemie, že jest chemií sloučenin uhlíkových.*

60. Radikály složené. Při rozmanitých proměnách, kteréž podnikají hmoty ústrojně tím snadněji, poněvadž jsou povahy mnohem složitější než hmoty nerostné, vyšlo na jevo, že mají jisté skupiny atomů jejich památnou stálost, přenášejíce se celou řadou sloučenin bez proměny a dávajíce jim ráz určitý, jako *prvky* sloučeninám nerostným. Pokládáme je teda s dobrým důvodem za zá-

klady sloučenin ústrojných a nazýváme je *radikály složenými*. Proti tomu dává se vlastním prvkům jméno *radikálů jednoduchých*. Radikály složené skládají se z uhlíku a vodíku, nebo z uhlíku a dusíku, nebo z uhlíku, vodíku a kyslíku, a některé z nich byly i vyproštěny; valná většina však není známa volna a mají základ toliko v domněnkách, pravdě více méně se podobajících. Ačkoli naukou o složených radikálech zavedlo se do chemie drabné množství hmot smýšlených, stal se jí přece valný pokrok k soustavnějšímu a přehlednějšímu spořádání hmot ústrojných.

Kyan, $C_2N=Cy$, má chování podobné jako chlór (Cl):		Éthyl, $C_2H_5=Ae$, má chování podobné jako draslík (K) nebo sodík (Na):	
Cl chlór	Cy kyan	K draslík	Ae éthyl
ClO kyselina chlórnatá	CyO kyselina kyanatá	KO kysličník draselnatý	AeO kysličník éthylnatý (éter)
HCl chlór vodík	HCy kyanovodík	KCl chlór draselnatý	AeCl chlór éthylnatý
KCl chlór draselnatý	KCy kyanid draselnatý	KJ jód draselnatý	AeJ jód éthylnatý
HgCl chlór rtuťnatý	HgCy kyanid rtuťnatý	KS sirič draselnatý	AeS sirič éthylnatý
KO.ClO chlórnat draselnatý	KO.CyO kyanatan draselnatý.	KO.HO hydrát draselnatý	AeO.HO hydrát éthylnatý (líh)
		KO.NO ₂ dusičnan draselnatý	AeO.NO ₂ dusičnan éthylnatý
		KO.SO ₂ sirič draselnatý	AeO SO ₂ sirič éthylnatý
		KS.HS sirič draselnatý	AeS.HS sirič éthylnatý.

2. Ústrojiny bezdusičné.

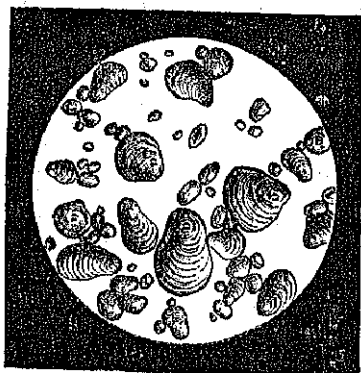
61. Ústrojiny bezdusičné, netečné. Sloučeniny tyto jsou v rostlinstvu nad míru rozšířeny, nemají působení kyselého, ani zásaditého, ale vstupují přece do rozličných sloučenin a to takovým způsobem, že lze většinu jich pokládati za kyseliny nad míru slabé. Nejdůležitější z nich jsou tak zvané *uhlíhydráty*, jež sestávají z uhlíku, vodíku a kyslíku a obsahují v sobě kyslík a vodík v rovném počtu rovnomocnin, $C_mH_nO_n=C_m.nHO$. Nepodobá se však ku pravdě, že by v nich byla obsažena skutečně hotová voda, než jen prvky její, protože jest název ten nepřiměřený.

Buničina č. *cellulosa* ($C_{12}H_{10}O_{10}$) tvoří buniče a covy, z nichž sestává tělo rostlin, a nachází se též ve zvířatech nižších (měkkýších pláštěnatých). Čistá (na př. bavlna, bílý papír z hadrů lněných) jest bezbarvá, prosvítavá, nevonná a nechutná, *nerozpustná v obyčejných rozpustidlech*, ale rozpouští se roztokem kysličníku

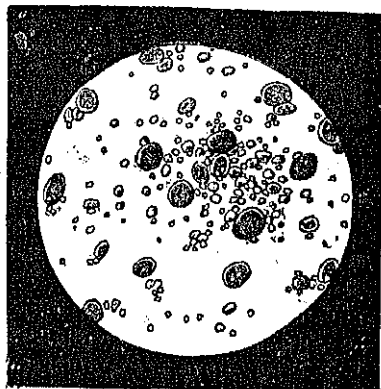
mědnatého v ammoniaku; na vlhkém vzduchu rozpadává se po delším čase na prášek žlutý nebo bílý. *Dříví* skládá se hlavně z *buničiny*, kteráž jest pokryta větším menším množstvím *ligninu* (dřevoviny), buničině podobného.

Buničina dochází užívání co len, bavlna, k děláni papíru atd. Silnou kyselinou dusičnou mění se v *bavlnu střelnou* č. *pyrocylin*, vybuchující prudce horkem a udeřením. Roztok této v étheru, *kolloidium*, má důležité užívání k zalepování ran a ve fotografii. Smočí-li se papír na krátko do silné kyseliny sirkové, nabývá sklovité průzračnosti a veliké pevnosti a slove *pergamén*

Obr. 20.



Obr. 21.



rostlinný; máť nyní užívání na místě měchýře zvířecího k nepromočitelným obalům, pracím knihařským atd.

Škrob ($C_{12}H_{10}O_{10}$). Škrob (*amylum*) jest hlavně obsažen v semenech obilných, v bramborech, v dřeni palem (pražená a zrněná slove sago), kořeně šípkovém (arrow-root) a mnohých plodech (kaštanech). Když rozetrou se takovéto části rostlinné jak náleží a vypírají se vodou na síť, osazuje se z protékající vody škrob nerozpustný. Skládáť se z bílých zrnec, kteráž mají tvar rozdílný podlé rostliny, z níž pocházejí, ale určitý, pročež lze drobnohledem poznati původ škrobu a tudíž i porušení lepších druhů podlejšími (na obr. 20. vidíme v 200násobném zvětšení škrob bramborový, na obr. 21. škrob pšeničný, na obr. 22. škrob hrachový v rovném zvětšení).

Horkou vodou puchne škrob na lepkavou hmotu, řečenou *maz*. Dýmavou kyselinou dusičnou mění se v tráskavý *xyloidin*.

Gumma č. *klovatina* ($C_{12}H_{10}O_{10}$) vytéká z některých rostlin v podobě kapek na vzduchu tvrdnoucích. Sem náleží guma arabská, ronící se z akací, domácí klovatina třešňová (*cerasin*), v stu-

dené vodě jen částečně rozpustná, a tragant (sliz rostlinná č. *bassorin*), jehož užívají hojně lékárníci a cukráři. K tragantu druží se vlastnostmi svými zna kdoulová, salep, kořen ibišový, mech karragahenový atd.

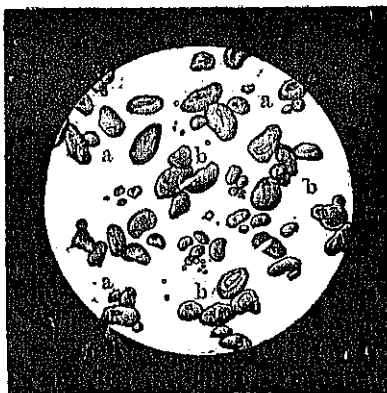
Zahřívá-li se škrob sám pro sebe do 200°, nebo vaří-li se s rozředěnou kyselinou sirkovou, mění se v *dextrin* (klovatinu škrobovou), kterýž má téměř úplně vlastnosti gummy arabské a nahrazuje ji zvláště v tiskařství kartounů. Jméno *dextrin* zakládá se na vlastnosti gumy škrobové, že otáčí polarizačnou plochu světla na pravo (viz optiku).

Cukr slovou uhlohydráty sladké, rozpustné ve vodě, jež jsou nad míru rozšířeny v rostlinstvu. Podlé množství vody, jež drží v sobě, rozeznáváme více druhů. *Cukr třtinový* ($C_{12}H_{22}O_{11}$) obsažený hlavně ve třtině cukrové (10—12%), javoru, bříze, mnohých palmách atd., nebyl dosud nikdy postížen v těle zvířecím. V nej-

větším množství nabývá se ho z čištěné šťávy třtiny a řepy cukrové zavářením a hraněním. Teplem 160° taje a tuhne pak ve hmotu beztvárnou, později nenáhle hranicí, *cukr ječný* č. *krucený*. Horkem výše 200°C mění se v bezchutný, hnědý *karamel* ($C_{12}H_{20}O_9$) v horku ještě větším spaluje se bílým plamenem na uhel pórnatý. Rozpouští se dokonale v $\frac{1}{3}$ č. vody chladné a roztok ten otáčí polarizačnou plochu světla na pravo (viz optiku). Žíravinami nemění se, silnou kyselinou sirkovou černá. Zaváří-li se příliš dlouho na vzduchu nebo s rozředěnými kyselinami, mění se v nehranitelný *cukr slizký*. Se zásadami (vápnem, barytem) dává sloučeniny solím podobné, zvané *culcrany* č. *saccharáty*, z nichž hraní některé. Ve vodě cukrové rozpouští se tudíž mnohem víc vápna, než ve vodě čisté.

Cukr hroznový č. *glykosa* ($C_{12}H_{22}O_{12} + 2HO$) nachází se ve šťávě hroznů vinných a sladkého ovoce (bílá moučka na sušených švestkách), v medu a téměř ve všech kapalinách těla zvířecího (v moči za nemoci až 10%). Z ostatních uhlohydrátů, zvláště z cukru třtinového, nabývá se ho působením *kyselin rozředěných* a *kvasidel*. Obyčejně připravuje se ze škrobu, jenž vaří se delší čas s kyselinou sirkovou velmi rozředěnou, nebo zahřívá se se sladem na 70°. Cukr hroznový hraní nezřetelné, rozpouští se v rovné váze vody a sladí mnohem méně. Žíravým draslem černá

Obr. 22.



rychle, v silné kyselině sirkové rozpouští se, ale nečerná. Slouží k slazení, k zlepšování vin, zvláště důležitý jest však tím, že pochází z něho veškerý líc (viz níže o tomto).

Cukr mléčný ($C_{12}H_{22}O_{11} + HO$) jest obsažen v mléce ssavců a hraní ze zavařeně sladké syrovátky. Rozpouští se v 6 č. vody studené a sladí málo. Kvasnicemi mění se v *laktosu*, kteráž pak chová se jako cukr hroznový.

62. Isomerie. Hmoty, jež mají tentýž vzorec chemický, ale rozdílné vlastnosti fysikální a chemické (jako buničina, škrob, dextrin, gumma), slovou *isomerické* (rovnodlné).

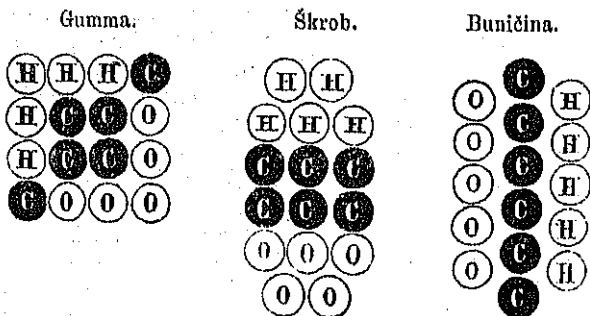
Sloučeniny, jež mají sice tentýž vzorec chemický, jež však rozkládají se přiměřenými, stejnými pochody chemickými na součástky různých vzorců, nazývají se *metamerické*.

Mravenčan éthylnatý a octan methylnatý mají tentýž vzorec $C_6H_6O_4$; ale působením žravin rozkládá se onen na C_2HO_3 (kyselinu mravenčí) a C_4H_5O (kysličník éthylnatý, éther), tento pak na $C_4H_3O_3$ (kyselinu octovou) a C_2H_3O (kysličník methylnatý).

Sloučeniny, které mají složení ve stu dílech sice totožné, ale vzorec jedné dvakrát, třikrát větší vzorce druhé, nazývají se *polymerické*.

Sem náležejí na př. hydrát kyseliny octové $C_4H_4O_4$, kyselina mléčná, $C_6H_6O_6$, a cukr hroznový, $C_{12}H_{12}O_{12}$.

Vábec nazývají se toho druhu hmoty *sloučeninami isomerickými* v širším smyslu slova a rozeznávají se zvláštní případy svrchu vytčené: *metamerie*, *polymerie* a *isomerie* v užším smyslu. Rozdílnost fysikální a chemické povahy takových hmot vysvětluje se tím, že jsou atomy jich spořádány jiným a jiným způsobem. Mohloby se na př. složení gummy, škrobu a buničiny následujícími obrazy naznačiti:



Hmoty isomerické vyskytují se zvláště hojně v oboru ústrojin.

63. Alkohol č. líh obecný a sloučeniny z něho odvozené. Alkohol obecný č. éthylnatý ($C_4H_6O_2$) tvoří se kvašením cukru hroznového. Všecky ostatní uhlohydráty, kteréž podstupují též kvašení, mění se prvé v cukr hroznový. Tento rozpadává se, dotýká-li se v teplu prostředním ($15-30^\circ C$) s vodou a kvasnicemi, v líh a kyselinu uhličitou podle vzorce $C_{12}H_{12}O_{12} = 2(C_4H_6O_2) + 4CO_2$. Kyselina uhličitá prochází bublinkami, líh pak zůstává smíšen s vodou. Poněvadž jest tékavější vody, lze jej ze smíšeniny té vyprostiti překapováním opěťovaným (přerušeným), a tak se nabývá prodávného líhu (spiritus vini). Poslední zbytek vody odnímá se překapaním hmotami po vodě zvláště dychtivými (roztopeným chlórídem vápenatým, páleným vápnem nebo barytem, pálenou salajkou) a slitá kapalina překapuje se opět. Líh takto přečištěný jest úplně prost vody a slove líh č. alkohol bezvodný (absolutný).

Lze sice alkohol ten sestrojiti též jiným způsobem, ale ten má jen důležitost vědeckou. Uhlík a vodík slučují se totiž přímo na acetylén (C_2H_2), jenž dává s vodíkem uhlovodík těžký; tento pohlcuje se silnou kyselinou sirkovou na kyselinu éthylnato-sirkovou, jež překapována s vodou dává líh. Tot vyhlášené dobývání líhu z kamonného uhlí.

Jak výš uvedeno, považuje se alkohol co hydrát éthylnatý a píše se tudíž vzorec jeho $C_4H_6O.HO$. Jestliž kapalina bezbarvá hutnosti 0.79, vrací teplem $+78^\circ$, nemrznoucí, jež rozpouští v sobě mnohé hmoty, nerozpustné ve vodě. Jest podstatná součástka přecrozmanitých nápojů líhových.

Éther (nesprávně éther sirkový) připravuje se zahříváním smíšeniny 2 č. silného líhu a 3 č. silné kyseliny sirkové na $140^\circ C$; líh rozštěpuje se tu na éther (kysličník éthylnatý) a vodu, jež překapují do jímadel dobře chlazených. Překapanému étheru odnímá se voda chlórídem vápenatým, načež čistí se opěťným překapováním.

Éther jest kapalina bezbarvá, zápachu pronikavého, velmi tékavá, vře teplem $+35^\circ C$, mrzne při $-31^\circ C$, a zapaluje se velmi snadno. Rozpustidlo tuků (voňavky), olejů, pryskyřic, brómu, jódu atd. Vdychne-li se pára jeho, způsobuje omámení a bezcitnost, čehož užívá se v lékařství s prospěchem. S kyselinami dává éthery složené, z nichž vynikají mnohé vůně nad míru příjemnou.

Hofmanské kapky jsou smíšenina z 1 č. étheru a 2 č. líhu.

Lih dřevěný č. methylnatý ($C_2H_3O.HO$), jehož nabývá se překapováním dříví za sucha, srovnává se ve svých vlastnostech téměř úplně s líhem obecným a má rovněž užívání co rozpustidlo a palivo. Překapuje-li se líh dřevěný nebo obecný s chlórovým vápnem, nabývá se chlóriformu (C_2HCl_3), kterýž jest kapalina bezbarvá, vůně příjemné a účinků podobných jako éther, pročež slouží k omamování (narkotizování) lidí při operacích chirurgických.

Přístroje, sloužící k narkotizování.

64. Kyseliny ústrojné bezdusičné. *Kyseliny ústrojné* srovnávají se téměř ve všech kusech s kyselinami nerostnými a slučují se s kysličníky kovovými, vylučující vodu. Jsou nejrozšířenější v rostlinách, zejména v plodech a semenech, mimo to v tučích zvířecích, mají chuť kyselou a málokteré jsou žíravé. Mimo *kyselinu šťovíkovou* jsou nejedovaté. V žádné z *přirozených kyselin rostlinných* není dusíku. Jsou ústrojné kyseliny též také a též netěkavé.

Celkem jsou kyseliny ústrojné tím mocnější, čím méně uhlíku a vodíku jest obsaženo v nich, jsou tím rozpustnější a těkavější, čím mají jednodušší složení. V té míře, jako přibývá v nich kyslíku, zvyšuje se i hutnost jich.

Se zásadami mají slučivost skrovnější než kyselina sirková, protože vypuzují se touto obyčejně ze sloučenin svých. Z valného množství kyselin ústrojných buďtež zde jen některé vytknuty: Nad míru žíravá *kyselina mravenčí* ($C_2H_2O_2$) v kousadlech mravencův a pichlavých chloupkách kopřiv, *kyselina octová* ($C_4H_4O_4$), *kyselina šťovíková* ($C_4H_2O_8$), jež dává s kysličníky železa soli snadno rozpustné a slouží tudíž k vypírání skvrn inkoustových a rezových (podobné užívání má *sůl šťovíková*, kyselý to šťovan draselnatý), *kyselina vinná* ($C_8H_6O_{12}$) a *kyseliny tříslové*. —

Kyselina octová ($C_4H_4O_4 = C_4H_3O_3 \cdot HO$) tvoří se v teple 20° až 40° okysličením líhu, jež děje se v přítomnosti kvasidel nebo černi platinové, způsobem následujícím:

$$C_4H_6O_2 (lh) + 2O = 2HO + C_4H_4O_2$$

(aldehyd). Aldehyd, přijímající velmi dychtivě kyslík ze vzduchu, okysličuje se dále v ocet. Vzorec: $C_4H_4O_2 + 2O = C_4H_4O_4$ (hydrát octový).

Kyselina octová jest kapalina čirá vůně pronikavé a chuti ostře kyselé. Rozředěna vodou poskytuje obyčejný ocet. Se zásadami dává *octany*, z nichž jsou důležité v barvířství *octan olovnatý* č. *cukr olovený*, *octan měďnatý* č. *plísta*, *octan a arsenan měďnatý* č. *zeleně Svinibrodská*, *octan železitý*; *octan draselnatý* a *ammonatý* slouží v lékařství pro pocení.

Kvašení octové. Podmínky. — Rychlé octářství. — Ocet pivný a vinný. —

Kyselina vinná ($C_8H_6O_{12} = C_8H_4O_{10} \cdot 2HO$) nachází se hlavně v hroznech vinných co kyselý vínan draselnatý (*kámen vinný*); má chuť silně kyselou a hraní v bezbarvých hranolech. Slouží hojně k nápojům šumivým, jakož i v barvířství.

Sůl Soignetteova. — Vinný kámen dávivý. — Prášky šumivé a Seidlicovské.

Kyseliny tříslové č. *třísloviny* nacházejí se v mnohých rostlinách, zvláště v kórách stromů. Se solemi železitymi dávají v obojetných roztocích zelené až modročerné sraženiny (*inkoust*).

Slučují se s kožemi zvláštěmi, čínsce je ohebnými za studena a nezměnitelnými za vlhka (*koželužství*).

Míchá-li se víno, držel v sobě těkavou, s vodou železnatou, barví se na fialovo.

65. Tuky, silice, pryskyřice a balsámy. — *Obyčejné tuky* jsou sloučeniny kyselin mastných s *glycerínem* ($C_3H_5O_2$), kterýž náležel povahou svou k alkoholům; sloučeniny takové slovou *glyceridy*. Mastné oleje jsou buď *vysýchavé* (olej lněný, konopný, ořechový, makový) nebo *nevysýchavé* (olej olivový č. dřevěný, mandlový, řepkový). Obojí oleje přijímají ze vzduchu mnoho kyslíku, onyho vysýchají tím na pokosty pryskyřicovité, tyto zhušťují se toliko.

1. *Glycerin* (tukosladina), obsažený též v líhových nápojích, jest kapalina bezbarvá, nevonná, syrupovitá, velmi sladká, rozpustná ve vodě a líhu, velice nezměnitelná na vzduchu. Přípravuje se v továrnách a slouží k děláni mýdel a pomád (dodává kůže i vlasům hebkosti), k mazání strojů, k napouštění nádob dřevěného, aby nerozsychalo se atd. Kyselinou dusičnou mění se v *nitroglycerin* č. *glonoin*, kapalinu olejovitou, vybuchující udeřením nad míru prudce, kteráž slouží k trhání skal.

2. Někdy zapalují se hmoty olejem napuštěné samy teplem, jež uvolňují se přijímáním kyslíku.

Zahřívají-li se tuky s některou mocnou zásadou, slučují se tato s kyselinami mastnými na *mýdlo*, a glycerin vylučuje se. Podlé toho, jest-li zásadou onou kyslíčnk draselnatý, sodnatý nebo vápno, rozeznává se *mýdlo mazavé*, jehož užívá se při chorobách kůže a v továrnách, *mýdlo tvrdé* č. *jaderné*, obecně v našich domácnostech, a *mýdlo vápenaté*, z něhož připravují se čisté kyseliny na *svíčky stearové*. Vypudí-li se glycerin kyslíčnkem olovnatým, nabývá se z olejů nevysýchavých *lastrů*, z olejů vysýchavých *pokostů*.

Silice jsou kapaliny snadno zapalitelné, ve vodě velmi málo rozpustné, snadno rozpustné v líhu, étheru a olejích mastných. Mají zápach pronikavý, téměř vždy příjemný. Hlavně nacházejí se v různých částech rostlin a vylučují se z nich v ten způsob, že překapují se parami vodnými. Rozeznáváme silici růžovou, jalovcovou, citronovou, hořkomandlovou, kmínovou atd. V některých kusech připojuje se k nim olej kamenný (petroleum).

Pryskyřice. Pryskyřice, jež vznikají obyčejně oxidací silice, rostí se z poraněných (nařznutých) míst některých rostlin v kapkách jako guma. Některé jsou měkké až i kapalné a ty slovou *balsámy*. Mívají barvu žlutou nebo hnědou, nehraní, nerozpouštějí se ve vodě, ale v líhu, étheru a silicích. Zastaví-li se tyto roztoky na vzduchu a v tenkých vrstvách, odpaří se rozpustidlo a zbývá lesknavá kůra pryskyřice co tak zvaný *pokost* č.

politura. Povahou chemickou jsou pryskyřice slabé *kyseliny* a dávají se žíravinami sloučeniny rozpustné, *mýdla pryskyřičná*, jichž užívá se k děláni papíru strojového.

1. *Pryskyřice tvrdé*: pryskyřice smrková, benzoě, krev dračí, kopal, laka lupková (šelak), damara, jantar, asfalt.

2. *Balsámy*: terpentýn, balsam peruánský a toluánský, storax.

3. *Klejo-pryskyřice*: gummigutta, kadidlo, asa foetida (čertovo lejno), myrrha, aloě, opium.

Kaučuk. K silicím připojují se chemickým složením svým mléčné štávy některých rostlin, jež zasýchají na vzduchu ve hmoty pevné, pružné, zvané *kaučuk*, (gummi elasticum) a *gutta-perča*. Kaučuk čistý jest bezbarvý a průzračný, rozpouští se sírouhlíkem a silicí terpentýnovou a roztoky tyto slouží k děláni nepromokavých látek (Macintosh). Přísadou síry zvyšuje se jeho pružnost a trvá pak i v tuhé zimě, *kaučuk vulkanizovaný*. Podobné vlastnosti má *guttaperča*, ale jest málo pružna. Spojením kaučuku, síry a guttaperče v rozdílném množství nabývá se hmot, jež mohou se vzdělávati jako dřevo, roh a kůže (ebonit, vulkanit).

3. Ústrojiny dusičnaté.

66. Zásady ústrojné č. alkaloidy modří červený papír skoumací a slučují se s *kyselinami* na *solí*, jež srovnávají se ve svém složení se solemi ammoniaku. Vyskytují se většinou v rostlinách, jsou bezbarvé a nevonné, velmi hořké a nerozpustné ve vodě; rozpouštějí se v líhu a některé též v étheru. V tělo zvířecí působí téměř všechny i v malých dávkách nad míru mocně, ano některé jsou nejkřutější *jedy*. Užívání docházejí hlavně v lékařství, jemuž jsou k značnému prospěchu, ano některými opíjejí se lidé.

Zásady *bezkyšličné* jsou *těkavé*. Sem náleží *nikotin*, obsažený zvláště ve špatnějších druzích tabáku, a *konin*, nacházející se v bolehlavu blamatém a rozpuku. Jsou to *jedy* nad míru křuté.

Zásady *kyšličnaté* jsou *netěkavé* a rovněž *jedovaté*. Nejdůležitější jsou: *morfin* z opia, *strychnin* z bobů sv. Ignacia (vranšch ok), *chinin* z kůry chinové, nejplatnější lék proti zimnici, a *kaffein* č. *thein*, součástka kávy a čaje (v bobech kakaových jest přepodobný *theobromin*). Kaffein, přijatý do života ve větším množství, způsobuje rychlejší tlukot srdce a třesení. —

67. Kyan ($C_2N=Cy$) jest první složený radikál, jež poštětilo se vyprostiti. Sloučeniny jeho vznikají tím způsobem, že páli se dusičnaté ústrojiny se žíravinami v nádobách zavřených; uhlík a dusík slučují se tu s kovem žíraviny na kyanid. Kyan připravuje se zahříváním kyanidu rtuťnatého ($HgCy=Hg+Cy$) co plyn bezbarvý, ztužitelný, hořící plamenem purpurovým, jenž pohlcuje se vodou, pročež jímá se nade rtuť. Způsobem slučování

a vlastnostmi sloučenin svých podobá se velice prvkům halovým (str. 40).

Kyan dává s kyslíkem tři sloučeniny polymerické: *kyselinu kyanatou* (CyO.HO), *kyselinu třáskavou* ($\text{Cy}_2\text{O}_2.2\text{HO}$) a *kyselinu kyanurovou* ($\text{Cy}_3\text{O}_3.3\text{HO}$).

Třáskavá hmota záparek na ručnice, kteráž vybuchuje udeřením přesilně světlem červeným, jest rtuť třáskavá (třáskan rtuťnatý, $2\text{HgO.Cy}_2\text{O}_2$), a prášek třáskavý, vybuchující pouhým dotknutím, jehož se užívá k fidibusům a hráškům třáskavým atd., jest stříbro třáskavé (třáskan stříbrnatý, $2\text{AgO.Cy}_2\text{O}_2$).

Psoťnina č. *kyanovodík* (HCy) vzniká rozkladem amygdalinu, jenž nachází se v mandlích hořkých, v jádrech mnohých peckovic a v listech bobkotřešně. *Bezvodného* kyanovodíku nabývá se z kyanidu rtuťnatého, jenž zahřívá se mírně s rozředěnou kyselinou sirkovou. Kyanovodík překapuje tu do nádoby dobře chlazené. Jest kapalina bezbarvá, řídka, omamujícího zápachu po hořkých mandlích, snadno se rozkládající, nad míru jedovatá, vroucí při $+27^\circ\text{C}$.; páry její hoří plamenem purpurovým.

S kysličníky kovovými dává vodu a *kyanidy*, jež mají nejhojnější užívání ve fotografii a galvanoplastice, jako na př. *kyanid draselnatý*, *kyanid stříbrnatý*, *kyanid zlatový*, *kyanid stříbrnato-draselnatý* a *kyanid draselnato-zlatový*. V některých kyanidech podvojných podobá se k tomu, že jeden z kovů sloučil se s kyanem na nový radikál složený. Takovéto *sdrúžené radikály* jsou na př. *ferrokyan* ($\text{FeCy}_3 = \text{Cfy}$), obsažený ve *žluté soli krevné* č. *ferrokyanidu draselnatém* (K_2Cfy), kteráž dává se solemi železitými *modř berlínskou* (Fe_3Cfy_3); polymerický s oním *ferridkyan* ($\text{Fe}_2\text{Cy}_6 = \text{Cfdy}$), obsažený v *červené soli krevné* č. *ferridkyanidu draselnatém* (K_3Cfdy), kteráž dává se solemi železnatými *modř Turnbullova* (Fe_3Cfdy) atd.

68. Hmoty bílkovité č. proteinové jsou základem podstatné potravy člověka a zvířat. Známe jediné procentové složení jich, ale nejsme dosud s to, abychom jim dali chemické vzorce. Mimo uhlík, vodík a kyslík drží v sobě též ještě 16% dusíku a až do 2% síry; v hlavní součásti mozku, *protagonu*, jest též kostík obsažen, v krvi též železo.

Hmoty bílkovité jsou nad míru rozložitelný, nevonný a nechutný, beztvárný a nedávají klišu, vaří-li se s vodou. Kyselinou dusičnou barví se na žluto, silnou kyselinou solnou na modro. V žiravých loužích rozpouštějí se a srážejí se z roztoků za kyseliny. V tělech rostlinných a zvířecích jsou rozpouštěny ve vodě, vařením roztoku nebo líhem nebo kyselinami pozbývají však rozpustnosti své. Známe tři hlavní druhy hmot bílkovitých, při každém pak několik odrůd:

a) *albumin* č. *bílkovina* nachází se ve vejcích ptačích, v krvi a téměř ve všech šťavách rostlinných, sráží se teplem 73° na ne-

rozpustnou hmotu křivatou, kteráž obaluje v sobě nečistoty kapalin, v nichž vylučuje se, a odstraňuje je; proto slouží bílkovina výborně k čistění kalných kapalin, na př. při raffinování cukru.

b) *kasein* č. *sýrovina* jest obsažen v mléce ssavců a ve žloutku vajec, z roztoku sráží se zahříváním poněkud v podobě bílé mázdy, okamžitě však sráží se kyselinami nebo syřidlem (sliznou blanou čtvrtého žaludku telecího). V luskovinách jest obsažen *legumin* (*sýrovina rostlinná*), nad míru podobný kaseinu.

c) *fibrin* č. *vláknina* tvoří se z krve, puštěné z těla, za málo minut a vylučuje se co *slitina krevní*. Červená hmota, z níž skládají se svaly zvířat (maso) jest nerozpustná *vláknina svalová* (*myosin*). V semenech obilných a mouce z nich jest podobná sloučenina nerozpustná, *vláknina rostlinná*, kteréž nabývá se odloučením škrobu; hněte se totiž mouka pšeničná v šátku s čerstvou vodou, a zbývající šedá, lepkavá hmota, zvaná *lep*, vyváří se ještě líhem a étherem.

4. Některé úkazy, důležité v chemii a fyziologii.

69. Potrava. Každým vědomým nebo bezděčným pohybem, jež vykoná zvíře nebo člověk jistou silou, ztravují se jisté částky při tom zúčastněné a vyměšují se v podobě výkalů pevných nebo kapalných a potu. Schodek tento dosazuje se krví, ale jest zařaditelně nutno krvi náhradu dáti, nemá-li dříve nebo později po životě veta býti. Tato nutná náhrada krvi poskytuje se *potravou*. Veškerá potrava, kteráž přivádí se tělu, dělí se dle *Liébiga* (1840) ve dvě veliké skupiny:

1. *Potrava bezdusičná* č. *dýchací* (respiračná), jakož jsou škrob, gumma, cukr, líh, tukatd. Potravou toho druhu dodává se tělu uhlíku, kterýž vylučuje se dýcháním v podobě kyseliny uhličitě (str. 38). Dýchání druzí se tudíž k úkazům hoření. Skutečně zplozuje se jím teplo, pročež má krev těla zvířecího a lidského při přiměřené potravě teplo své stálé, nezměnitelné a nespravující se teplem okolí (vody a vzduchu), jež obnáší u člověka as 37°C.

Pouhou potravou dýchací nezachoval by se však člověk ani zvíře při životě, poněvadž by nemohli pro nedostatek dusíku dáti přiměřenou náhradu za vyloučené hmoty dusičnaté.

2. *Potrava dusičnatá* č. *krvetvorná* (plastická), jako bílkovina, vláknina, sýrovina.

Nejlépe hodí se za potravu takové hmoty, v nichž jsou jak součástky zahřívající, tak i části krev a kosti tvořící, totiž *semena obilná, luskoviny, mléko, maso, proroštělé sádlem, vejce a krev*.

V rýži a zemčatech jest obsaženo málo vlastní potravy plastické, pročež jest jich tělu mnohem více třeba, aby dostály úkolu potravy.

Rychlejším pohybem a klopotnější prací doznává tělo větší ujmý a potřebuje tudíž i více potravy. Čím více kyslíku spotře-

buje tělo zvířecí nebo lidské, čím více tepla vydává ze sebe na venek, tím více potravy dýchací budiž mu poskytnuto. A na opak: čím více potravy dýchací dává se, tím větší teplo zplozuje se.

Věcmi tuto uvedenými vysvětluje se snadno množství úkazů, jako na př.: V zimě a v zemích studeného podnebí jest třeba více potravy, zvláště dýchací, podobně po koupeli (pro zvýšenou činnost kůže). Jezevec tráví v zimě vlastní svůj tuk atd.

70. Proměny a rozklady ústrojnín. — *Překapování za sucha.* Ústrojniny podstupují rozmanité proměny účinkem rozličných hmot, zvláště kyslíku, ammoniaku, prvků halových, kyseliny sirkové a dusičné, žiravin a poskytují tím způsobem podle poměrův i více zplodin.

Zvláště mocně rozkládá ústrojniny teplo a vyššímu teplu v přítomnosti kyslíku neodolá žádná ústrojnina. Rozkládají-li se netěkavé ústrojniny horkem v uzavřeném prostoru, do něhož nemá kyslík přístupu, nazývá se pochod tento *překapování za sucha*. Teplem dozrávají totiž poměry vzájemné slučivosti rozmanitých proměn, způsobují se tím chemické děje a poskytují nové zplodiny.

S počátku zahřívání jeví se horkem nevelikým proměna barvy do žluta i hněda a vylučuje se voda. Dalším zahříváním rozkládají se sloučeniny složitější na jednodušší a jen vodík jich spaluje se částí přítomného kyslíku ve vodu; dostane se tudíž kyselina uhličitá, octová a jiné kyseliny, líh dřevěný atd.

Dalším postupem horka objevují se, poněvadž byla většina kyslíku již vypuzena, hlavně plynné a kapalné sloučeniny uhlíku s vodíkem, totiž uhlovodík lehký a těžký, oleje smahlé a dehet, ku konci překapování přichází rozkladem těchto uhlovodíkův i vodík. Z ústrojniny zbývá konečně nečisté uhlí.

Osvětlování svítíplynem. — Miltře. —

Hnití jest samovolný rozklad ústrojnín, jímž rozštěpují se ve sloučeniny jednodušší, obyčejně *nelibě zapáchající*.

Podmínky, v nichž děje se hnití, jsou:

1. smrt bytností ústrojných.
2. přítomnost vlhkosti č. vody.
3. přítomnost kyslíku, tudíž i vzduchu obecného, nutná jen k započetí rozkladu.

4. teplota výše 0°C a níže 100°C.

5. hmota, kteráž rozkládá se, budiž dusičnatá, nebo *není-li tomu tak*, dotýkejž se s hmotou již hničící, t. j. s *kvasidlem* (fermentem).

Rozklady tyto přicházejí nám velmi nevhod při potravě, kteráž jest jim zvláště podrobena. Způsoby, jež čelí k zachování potravy před hnitím, záležejí vesměs v tom, že zruší se podmínky hnití nebo že přičiní se ku potravě některé hmoty, jež staví se

dle zkušenosti na vzdor hnití (prostředky antiseptické č. protihniličné).

1. Láh obecný, sál kuchyňská odnímají ústrojinám vodu a brání tudíž hnití. —

2. *Appertův* způsob k zachování potravy záleží v tom, že naplní se pouzdro plechové na př. masem a uzavře se neprodyšně, načež zahřívá se vroucí vodou. Teplem ničí se účinek kvasidla a zbývá v pouzdře jen dusík a kyselina uhličitá, pročež nemůže počítí hnití. —

3. Většina solí kovových (na př. chlóríd rtuťnatý a cinečnatý, sfran měďnatý) dává s hmotami bílkovitými sloučeniny nehnijící, čehož užívá se k zachování dříví stavebného, mrvol i preparátův anatomických. Podobným způsobem účinkuje i kreosot, obsažený v kouři, při uzení masa. —

4. Příčiní-li se k hmotám, hnití schopným sloučeniny, velmi snadno okysličitelné, odnímají tyto vzduchu kyslík a nedopouštějí tudíž hnití, pokud jich dosti málo přítomno, čímž vysvětluje se účinek kyseliny siřičité (sirkování sudů na víno), aldehydu atd. Jsou i prostředky antiseptické, jichž účinek není dosud jasný.

71. Hoření. — Hoření v širším smyslu jest slučování se dvou prvků vůbec při značném světle a teple (tak na př. spaluje se antimón a kostík v chlóru). Obyčejně však dává se tomuto slovu smysl vyložený již dříve (str. 32). Neobjeví-li se při kysličení světlo a jest-li i *teplo méně vynikající*, nazývá se děj ten *hořením nenáhlým*. K hoření jest třeba, aby *zahřála se* hořlavina do určité teploty, řídicí se zvláštní povahou její, aby *zapálila se* (teplota zápalná; pyroforý). —

Jakmile začalo se jednou hoření, zplozuje se jím samým obyčejně *více tepla*, než jest třeba k dalšímu trvání jeho. Má-li však hoření potrvati, jest vedle přiměřené *teploty vyšší* též ještě třeba, aby *dotýkala se hořlavina stále s dostatečným množstvím kyslíku, tudíž i s obecným vzduchem*, čímž vysvětlují se zvláštnosti rozličných úprav k topení. (Příklady.)

Hmoty, kteréž *těkají horkem*, na př. sra, kostík, draslík a plyny, shořují plamenem, *netěkavé* hmoty řevají toliko.

Barva plamene řídí se zvláštní povahou částeczek rozpálených (kyselina bórová barví jej zeleně, kysličník strontnatý červeně atd.).

Podmínky k *uhasení* ohně jsou přímo *opdčné* podmínek *trvání* ohně. *Ochlazuje se* totiž hořící hmota *pod* teplotu zápalnou, kterouž dlužno po celý čas hoření zachovati (hašení vodou, Davyho svítilna bezpečná); zastavuje se nějakým způsobem přístup kyslíku, tudíž i vzduchu obecného k hořící hmotě (tolikéž voda, popel, prach atd.); nebo obklopí se oheň *plyny, jež nepodněcují hoření* (kyselinou siřičitou nebo uhličitou).

Podlé toho, *přivádí-li se* při obyčejném hoření k užitkům *teplo* nebo *světlo*, mluvíme o *topení* nebo *osvětlování*. *Světlo*, jež

poskytují nám hořící hmoty, spravuje se hlavně *řeřavěním* částeczek pevných, vznášejících se v plameni.

V obyčejném plameni svíčkovém pochází světlo nepochybně od žhavých částeczek uhlíku. Plamen líhový má málo uhlíku, protože svítí málo, zasvítí však rázem, strčí-li se do něho tělo pevné (drát platinový, asbest). Příkladem toho jest i světlo Drummondské (str. 33). Podobně svítí plyny mocně, spalují-li se v uzavřeném prostoru, kde nemohou se roztahovati. Vůbec zdá se, že hutnost hořících plynů působí velice v světlost plamenů a že přispívají k světlosti obyčejných plamenů podstatně těžké páry uhlovodíků. —

Zapálí-li se svíčka nebo lampa, ssaje se svítivo kapalné nebo zkapalněné vláskovitostí knotu do výšky a rozkládá se tu horkem plamene v *uhlovodík těžký* a *kysličník uhelnatý*. Z plynů těchto sestává vnitřné *tmavé jádro* plamene. Ve vrstvě nad tímto následující spaluje se vodík uhlovodíku těžkého a vylučují se částecčky uhlí, jež pak spalují se v nejkrajnějším obalu plamene, velmi úzkém a bledém, ale nejteplejším na kyselinu uhlíčitou. *Kysličník uhelnatý* konečně spaluje se ve zpodu plamene a tvoří při knotu *pás modrý* (obr. 23.).

Obr. 23.

1. Tenký drát platinový nerozpaluje se jádrem plamene, jasnou částí však do červena a krajem do běla, čímž dovozuje se, že jest okraj nejpálčivější končinou plamene.

2. Strčí-li se do plamene tělo studené, na př. deska kovová nebo miska porcelánová, ochlazuje se plamenem tak značně, že osazují se částecčky uhlíku, nemohouce více shořeti, co *saze* na těle studeném.



Okraj plamene jest nejteplejší a nacházejí-li se v něm částecčky oksylichitelné, knimž má zároveň vzduch volný přístup, oksylichují se velmi rychle. Okraj plamene slove tudíž též *plamenem kysličivým* (oxydačním). V nejsvětlejší části plamene, v níž nachází se rozptýlen žhavý uhlík, odbírá tento kysličníkům kyslík, *odkysličuje* č. *redukuje* je, pročež slove tato část *plamen odkysličivý* (redukcující). Od plamene svíčkového rozeznává se podstatně *plamen dmuchavky* tím, že jest směsina z hořlavých plynův a vehnaného vzduchu, hořící též u vnitř plamene, pročež poskytuje mnohem větší horko. Rozeznává se tu též plamen kysličivý i odkysličivý.

Výše vylíčenou, správnou nauku o hoření vzbudoval *Lavoisier* 1783.

Oddíl čtvrtý.

Mechanika.

72. Mechanika. Působí-li jedna neb více sil na nějaké tělo, může účinek jejich jinými silami aneb odporem překážky býti zrušen a pak jsou síly v rovnováze, aneb způsobují sflý skutečný pohyb těla.

Nauka o účincích sil zove se *mechanikou* a dělí se ve dva hlavní oddíly, totiž v nauku o rovnováze č. *statiku*, a v nauku o pohybu č. *dynamiku*.

Vzhledem ke skupenstvím těl rozeznáváme statiku těl pevných, která se zove *statikou* v užším smyslu, statiku kapalin č. *hydrostatiku* a statiku vzdušin — *aerostatiku*. Taktéž nazývá se dynamika těl pevných v užším smyslu *dynamikou*, nauka o pohybu kapalin slove *hydrodynamika* a nauka o pohybu vzdušin *aerodynamika*.

A. Statika.

1. Skládání a rozkládání sil.

73. Síly. a) Síla, která působí na nějaký bod neb nějaké tělo dobu nekonečně krátkou (t. j. jen okamžik), slove *silou okamžitou* (momentane Kraft), jako ku př. vrh, ráz.

b) Síla působící na bod neb tělo nepřetržitě, po nějaký čas, ježž možno měřiti (jedničkou času určití), nazývá se *silou nepřetržitou* (continuirliche Kraft), jako ku př. tah, tlak.

Síla nepřetržitá působí buď po celou dobu stejnou velikostí a slove pak *stálou* (constante Kraft) buď mění se velikost její a síla jest pak *proměnná* (variable Kraft).

74. Stanovení a měření síly. Má-li se síla stanoviti, t. j. určití tak, aby za týchž okolností nebylo možno jiné síly si mysliti, musíme určití :

1. *Působíště* (Angriffspunkt), t. j. onen bod těla, ve kterém síla *bezprostředně* působí (bod *a* na obr. 24.).

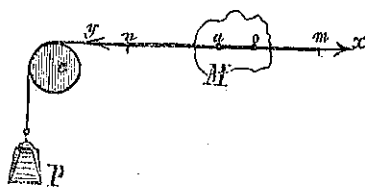
2. *Směr* (Richtung) t. j. přímku, ve které se působíště pohybuje aneb pohybovati má (přímka *ax* na obr. 24.).

3. *Velikost síly* (Intensität, Grösse, Stärke).

Velikost sil možno posouditi pouze z účinkův jejich. Účinek síly jest buď *rovnováha* buď pohyb, pročež možno měřiti sílu *staticky* neb *dynamicky*.

Poněvadž možno měřiti sílu opět jen silou, jest nejprůměrnější měrou sil *tíže* a pročež ustanovuje se velikost síly staticky

Obr. 24.



závažím, které jest s dotýčnou silou v rovnováze. Je-li závaží *P* (obr. 24.) se silou, působící směrem *ax*, v rovnováze, bude *P* měrou velikosti té síly a síla bude se rovnati toliku librám, kolik *P* váží. Síla 2, 3, 4... *n*krátě větší než ona, která působí směrem *ax*, bude tudíž $2P, 3P, 4P \dots nP$.

Vyznačuje-li *délka přímky am* velikostí svou velikost síly *P*, musí býti $2P = 2am, 3P = 3am \dots nP = nam$. Můžeme tudíž velikost síly znázorniti též přímkou. Přímkami možno však určití pouze poměr sil mezi sebou, neboť z délky přímky možno ustanoviti velikost síly teprv, když seznáme poměr té přímky ku přímce, jejíž délkou se 1 libra vyjadřuje.

Značí-li tudíž *P, Q* skutečnou velikost sil a *AB, CD* přímky, kterými se velikosti těch sil znázorňují, bude $P : Q : AB : CD$, t. j. *velikosti sil jsou v témž poměru jako délky přímek* a naopak: *délky přímek musí býti v témž poměru vespolek jako síly*.

75. Přeložení působíště. Je-li tělo *M* (obr. 24.) pevný celek, jehož jednotlivé části jsou nepohnutelně spojeny, tak že vždy ve stejných vzdálenostech mezi sebou zůstávají, můžeme *působíště síly z bodu a do bodu o* v témž směru *ax přeložiti, aniž by tím účinek síly se změnil*. Je-li *o* bod pevné přímky *ao*, s celkem *M* taktéž pevně spojené, bude výsledek síly tentýž, když působí síla v bodu *a* neb v bodu *o*; neboť působení síly bude v bodu *a* i v bodu *o* záležeti v tom, aby se pevná přímka *ao* směrem *ax* pohybovala.

76. Skládání a rozkládání sil. Působí-li *více sil najednou* na hybný bod aneb hybné tělo, mohou míti *všecky dohromady* účinek jen *jeden*, pročež můžeme si mysliti též účinek ten co výsledek jen *jediné síly*. Tuto sílu, která sama o sobě na týž hybný bod týmž směrem a toutéž velikostí působí, jako více jiných sil *zároveň*, nazýváme silou *výslednou* č. *výslednicí* (Resultirende), síly pak, jež výslednici nahraditi možno, zovou se *složkami* (Componenten).

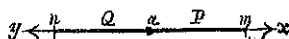
Vyhledávání výslednice několika složek slove *skládáním sil* a vyhledávání několika sil, které by působily právě tak, jako síla jediná (za jejichž výslednici ji považujeme) zoveme *rozkládáním sil*.

77. Výslednice sil působících v též přímce. a) Působí-li na hybný bod a (obr. 25.) síly P , Q a S v též přímce a v též směru ax , bude mítí výslednice V též směr ax a velikost její bude rovnati se součtu velikosti složek, $V=P+Q+S$. Značí-li tudíž přímkou am , an a ar poměrné velikosti sil P , Q a S , bude $am+an+ar$ poměrná velikost výslednice V .

Obr. 25.



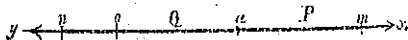
Obr. 26.



b) Působí-li dvě stejné síly na hybný bod a (obr. 26.) ve směru protívěm, a síle P ve směru ax a Q ve směru ay a je-li $P:Q=am:an$ a $am=an$, tudíž i $P=Q$, bude výslednice těch sil $V=0$, t. j. P a Q nebudou mítí žádné výslednice. Můžeme pak souditi též *opáčně*: Působí-li dvě síly na hybný bod a zůstávají-li v rovnováze, tu jsou tyto síly stejné a působí v též přímce směrem protívěm.

c) Působí-li na hybný bod a (obr. 27.) dvě nestejné síly $P=am$ a $Q=an$ ve směru protívěm, bude výslednice V rovnati se rozdílu obou sil a působiti směrem síly větší, totiž směrem ay . Větší sílu $Q=an$ možno totiž rozložití v $ao+on$. Je-li $ao=am=P$, bude se část ao rušiti působením síly P , tak že bude zbývati co výslednice V pouze druhá část on a $V=on=an-ao=an-am=Q-P$.

Obr. 27.



d) Působí-li v jednom i druhém směru více sil, vyhledáme nejprve výslednici sil působících v směru jednom V' , pak výslednici sil v směru druhém V'' a výslednice V těchto obou výslednic a tudíž všech působících sil bude pak rovnati se rozdílu síly V' a V'' a působiti směrem výslednice větší. Je-li $V' > V''$, bude $V=V'-V''$. (Příklady.)

78. Výslednice dvou sil působících v úhlu. a) Působí-li dvě síly v úhlu na hybný bod, musí mítí nějakou výslednici. Působí-li na hybný bod a (obr. 28.) síla P směrem ax a síla Q směrem ay , tudíž v úhlu $axay$, a nemají-li výslednice, budou v rovnováze. Bod a musí by pak pohybovati se účinkem jiné jakékoliv síly, tudíž i síly P' , která by působila směrem ax a jejíž poměrná velikost $ar=am=P$. Poněvadž $P=P'$ a síly ty působí v též přímce ve směru protívěm, bude výslednice jejich $V=P-P'=0$, ale pak zbývá síla Q a bod a musí by se účinkem jejím pohybovati směrem ay . Vyplývá tudíž z předešlého, že má se pohybo-

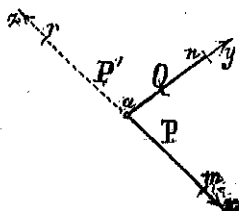
vati a směrem az a současně též směrem ay , což však není možno. Není tudíž také možno mysliti sobě, že P a Q nemá výslednice.

b) Společné působíště sil bude též působíštěm výslednice.

c) Směr výslednice zůstává v rovině, vznikající ze směrův obou složek, neboť není příčiny, proč by měl směr její z roviny této vystoupiti.

d) Směr výslednice zůstává v úhlu, jež směry sil svírají.

Obr. 28.



Každá z obou sil snaží se vzdáliti bod a ode směru síly druhé a přiblížiti jej ku směru vlastnímu, zůstane tudíž směr výslednice v dotýcném úhlu.

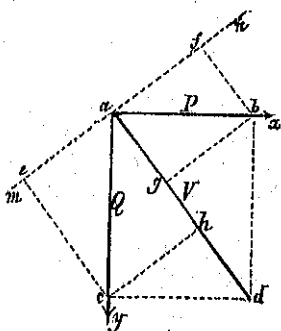
e) Směr výslednice sil nestojně velikých bude se směrem síly větší skládati úhel menší, neboť čím větší jest složka, tím více bude bod ode směru složky druhé vzdalovati a ku směru vlastnímu přibližovati.

f) Směr výslednice sil stejně velikých bude půliti úhel, jež směry složek uzavírají, neboť není příčiny, proč by měl býti směr výslednice směru jedné složky blíže než směru složky druhé.

g) Směr i poměrná velikost výslednice dána jest úhlopříčnou rovnoběžníku, jež sestrojíme ze přímk, kterými směr i poměrná velikost složek se vyznačuje, a z úhlu jimi sevřeného.

a) Působí-li síly P a Q (obr. 29.) v úhlu pravém ($\sphericalangle xay = 90^\circ$) a značí-li ab a ac poměrnou velikost těch sil, tak že $P:Q = ab:ac$, a sestrojíme-li rovnoběžník $abcd$, bude úhlopříčnou ad dán směr i poměrná velikost výslednice V . Složky P a Q mohou míti jen jednu výslednici, pročez bude možno jen jedním způsobem výslednici určití. Je-li úhlopříčná ad skutečně výslednicí V , budou jiné

Obr. 29.



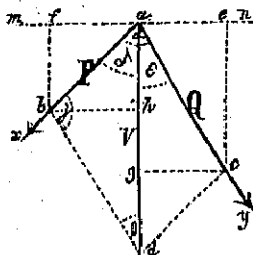
dvě síly P' a Q' , které v pravém úhlu působí a v témž poměru jsou jako P a Q , takže $P':Q' = P:Q$, míti výslednici V' , ježž směr i velikost bude taktéž dána úhlopříčnou rovnoběžníku sestrojeného ze sil P' a Q' . Dá-li se tudíž síla $V = ad$ nahraditi oběma silami $P = ab$ a $Q = ac$, dá se též V' nahraditi silami P' a Q' , jichž směr a velikost obě strany obdélníku vyznačují. Vedeme-li bodem a přímkou $mn \perp ad$ a sestrojíme-li obdélníky $afbg$ a $aech$, jichž úhlopříčnými jsou $ab = Pa$ a $ac = Q$, bude, pakli výše ustanovený návod ku sestrojování neb určení výslednice jest pravým, síla ab výslednice sil af a ag

a síla ac bude výslednicí sil ac a ah , neboť jsou obdélníky $afbg$ a $aeoh$ obdélníky $abcd$ podobny. Poněvadž možno výslednici nahraditi složkami, budou v hybný bod a na místě obou sil P a Q působiti síly čtyry, totiž ae , af , ah a ag . Výslednice jejich musí pak býti opět ad . $\triangle abg \cong \triangle chd$, pročež $bg = ch$ a následovně i $af = ae$; af a ae působí však v též přímce směrem protivným a ruší se, tak že zbyvají pouze ostatní dvě síly ah a ag , které působí v též přímce a týmž směrem a jichž výslednice V rovná se součtu jejich, totiž $V = ah + ag$. Poněvadž pak $ag = hd$, bude $V = ah + hd = ad$. Nahradíme-li pak jmenované čtyry síly opět silami P a Q , bude, jak patrné, výslednice sil P a Q taktéž $V = ad$, t. j. úhlopříčnou v rovnoběžníku $abcd$, jehož strany ab a ac značí směr a poměrnou velikost sil P a Q , bude směr a poměrná velikost výslednice V určena.

Poněvadž jest poměr sil P a Q dovolný a poněvadž sestrojeno menší obdélníky vždy budou podobny obdélníku většímu, platí toto určování výslednice složek v pravém úhlu působících všeobecně, t. j. ve všech případech.

β) Působí-li síly P a Q v úhlu dovolném $\omega ay = \alpha$ (obr. 30.) a značí-li ab a ac poměrnou velikost jejich, totiž $P:Q = ab:ac$, sestrojíme opět rovnoběžník $abcd$ s úhlopříčnou ad a vedeme bodem a přímkou $mn \perp ad$. Sestrojíme-li pak cg a bh kolmo na ad , ce a bf rovnoběžně s ad , bude možno opět pokládati sílu P čili ab za výslednici složek kolmo na sobě stojících af a ah a sílu Q čili ac za výslednici sil pravý úhel svírajících ae a ag . Na a působí pak síly af , ah , ae , ag a výslednice jejich musí býti též výslednicí sil P a Q . Ze shodnosti trojúhelníků cgd a abh bude $cg = bh$ a pročež také $ae = af$; výslednice zbyvajících sil ah a ag , působících v též přímce a týmž směrem, jest pak $V = ah + ag$ a poněvadž $ah = gd$, jest $V = ag + gd = ad$, t. j. úhlopříčnou ad dán směr i poměrná velikost výslednice.

Obr. 30.



Poněvadž jest velikost úhlu α dovolná, bude míti určování výslednice uvedeným způsobem platnost všeobecnou. Galilei vytknul nejprve (r. 1638), že možno ustanoviti výslednici sil v úhlu působících úhlopříčnou rovnoběžníku ze sil sestrojeného a Newton to později (r. 1668) odůvodnil.

Rovnoběžník $abcd$, jehož strany vyznačují směr a poměrnou velikost sil, slove *rovnoběžníkem sil* (Kräfteparallelogramm.)

Rovnoběžník sil sestavený dle návodu Fricke-ova.

Úhlopříčnou ad rozdělen rovnoběžník sil $abcd$ ve dva shodné trojúhelníky a poněvadž strana bd jest rovnoběžna i rovna straně

ac bude i bd značiti směr a poměrnou velikost síly $Q = ac$; taktéž jest strana cd rovna i rovnoběžna straně ab a tudíž bude značiti cd směr i poměrnou velikost síly $P = ab$. Přímka ad vyznačuje pak směr a poměrnou velikost výslednice. Trojúhelník acd aneb abd , jehož stranami dány jsou směry a poměrné velikosti složek jakož i výslednice jejich, nazývá se *trojúhelníkem sil* (Kräftendreieck).

Velikost i směr složek jakož i výslednice jejich dá se tudíž *trigonometricky* určití.

$$1. \text{ V } \triangle abd \text{ (obr. 30.) } \frac{ab:bd = \sin \beta : \sin \delta}{ab:bd = P : Q}$$

$$\text{pročež } P : Q = \sin \beta : \sin \delta$$

$$\sphericalangle \beta = \sphericalangle \varepsilon, \text{ proto i } \sin \beta = \sin \varepsilon \text{ a tudíž } P : Q = \sin \varepsilon : \sin \delta \quad (\text{I.})$$

$$\text{z čehož } P = Q \frac{\sin \varepsilon}{\sin \delta}; \quad Q = P \frac{\sin \delta}{\sin \varepsilon}. \quad (\text{Úlohy.})$$

$$2. \quad \frac{ab:ad = \sin \beta : \sin \gamma}{ab:ad = P : V}$$

$$\text{pročež } P : V = \sin \beta : \sin \gamma$$

$$\sphericalangle \gamma = 180^\circ - (\beta + \delta) = 180^\circ - (\varepsilon + \delta) = 180^\circ - \alpha, \text{ proto } \sin \gamma = \sin \alpha \text{ a poněvadž } \sin \beta = \sin \varepsilon, \text{ bude } P : V = \sin \varepsilon : \sin \alpha \quad (\text{II.})$$

$$\text{z čehož } P = V \frac{\sin \varepsilon}{\sin \alpha}; \quad V = P \frac{\sin \alpha}{\sin \varepsilon}. \quad (\text{Úlohy.})$$

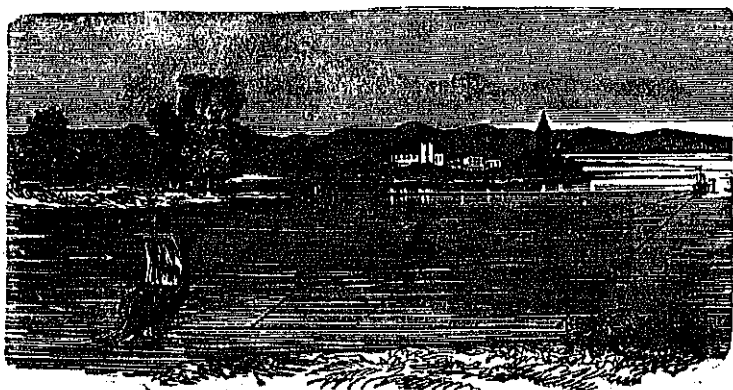
$$3. \quad \frac{bd:ad = \sin \delta : \sin \gamma}{bd:ad = Q : V}$$

$$\text{pročež } Q : V = \sin \delta : \sin \gamma \text{ a poněvadž } \sin \gamma = \sin \alpha,$$

$$\text{bude } Q : V = \sin \delta : \sin \alpha \quad \dots \dots \dots \quad (\text{III.})$$

$$\text{z čehož } Q = V \frac{\sin \delta}{\sin \alpha}; \quad V = Q \frac{\sin \alpha}{\sin \delta}. \quad (\text{Úlohy.})$$

Obr. 31.



4. V $\triangle abd$ jest $ad^2 = ab^2 + bd^2 - 2ab \cdot bd \cdot \cos \gamma$.
 Poněvadž $\gamma = 180^\circ - \alpha$, bude $\cos \gamma = \cos (180 - \alpha) = -\cos \alpha$ a
 pročež $ad^2 = ab^2 + bd^2 + 2ab \cdot bd \cdot \cos \alpha$. Poněvadž $ad = V$, $ab = P$
 a $bd = Q$, bude $V^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cdot \cos \alpha$.

a) Je-li $\sphericalangle \alpha = 0$, t. j. působí-li síly v též přímce a týmž směrem, bude
 $\cos \alpha = 1$ a pročež $V^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ$ a $V = P + Q$.

b) Je-li $\sphericalangle \alpha = 180^\circ$, t. j. působí-li síly v též přímce ve směru protívěmém,
 bude $\cos \alpha = -1$ a pročež $V^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ$ a $V = P - Q$.

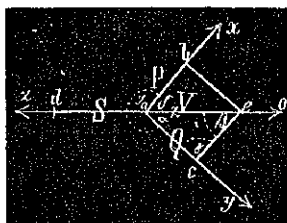
c) Je-li $\sphericalangle \alpha = 90^\circ$, t. j. působí-li síly v úhlu pravém, bude $\cos \alpha = 0$ a
 $V^2 = P^2 + Q^2$.

d) Čím větší $\sphericalangle \alpha$, tím menší $\cos \alpha$ tím menší též V ; čím menší pak
 úhel α , tím větší $\cos \alpha$, tím větší také V .

5. Ze srovnalosti II. a III. vyplývá $P : Q : V = \sin \varepsilon : \sin \delta : \sin \alpha$.
 Účinek dvou sil v úhlu bac působících znázorňuje obr. 31. — Jiné pří-
 klady a úlohy.

79. Tři síly v rovnováze. Působí-li na hybný bod a (obr.
 32.) v též rovině síla P směrem aw , Q směrem ay a S směrem
 az a je-li $P : Q : S = ab : ac : ad$, vyhle-
 dáme nejprve výslednici V sil P a Q
 sestrojením rovnoběžníku $aceb$.

Obr. 32.



Uhlopříčná ae toho rovnoběž-
 níku značí pak směr i poměrnou veli-
 kost výslednice V . Nahradíme-li pak
 síly P a Q touto výslednicí V , budou
 působiti na a pouze dvě síly, totiž V
 a S . Působí-li V směrem ao a S smě-
 rem az , tudíž směrem protívěmém a
 v též přímce oz , bude výslednice je-
 jich rovna rozdílu jich a je-li $ae = ad$

a tudíž $V = S$, budou se tyto síly rušiti, pročež zůstanou všechny
 tři síly v rovnováze. Poněvadž $ce = ab = P$, $ae = ad = S$, bude v

$$\triangle ace \quad ce : ac : ae = P : Q : S,$$

$$\text{taktéž } ce : ac : ae = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma,$$

$$\text{pročež } P : Q : S = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma,$$

$\sphericalangle \alpha = 180 - \alpha$, pročež $\sin \alpha = \sin (180 - \alpha) = \sin \alpha$; $\sphericalangle \beta = \delta$ $\sphericalangle \gamma = 180 - \gamma$,
 pročež $\sin \beta = \sin (180 - \gamma) = \sin \gamma$; $\sphericalangle \gamma + \sphericalangle \beta + \sphericalangle \alpha = \sphericalangle \gamma + \sphericalangle \delta +$
 $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \gamma + \sphericalangle z = 180^\circ$, pročež $\sphericalangle \gamma = 180 - z$ a $\sin \gamma = \sin (180 - z)$
 $= \sin z$, bude tudíž také $P : Q : S = \sin \alpha : \sin \gamma : \sin z$: t. j. jsou-li
 v rovnováze tři síly, působící v též rovině, musí býti každá z nich
 poměrna sinusů úhlu, ježž směry obou ostatních sil svírají.

Klenutí, krovy, mosty.

80. Skládání více sil v dovolných úhlech v též rovině
 v též bod působících. Působí-li více sil v dovolných úhlech
 v též bod a v též rovině, vyhledáme nejprve, sestrojivše rovno-
 běžník dvou sil, výslednici těchto sil V' , pak týmž způsobem vý-
 slednici V'' síly V' a síly třetí atd., až nezbyvá žádné síly více.
 Výslednice poslední jest výslednicí všech působících sil.

Je-li výslednice všech sil *kromě jedné rovna této ještě zbyvající složce* a způsobí-li *v též přímce* jako tato složka, ale *ve směru protív-ném*, bude poslední výslednice $= 0$, protože jsou tyto dvě síly a tudíž i všechny působící síly v rovnováze.

Mnohoúhelník sil. — Příklady a úlohy.

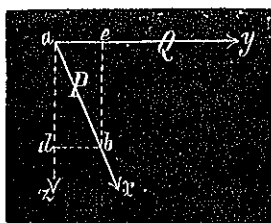
81. Rozkládání sil. a) Síly rozkládáme tenkrát, když působí takovým směrem, ve kterém není žádný účinek možným. Pokládáme sílu za výslednici dvou v úhlu působících složek bereme přímku, kterou směr a poměrná velikost síly jest vyznačena, za úhlopříčnou rovnoběžníku sil. Sestrojíme-li tento rovnoběžník, budou stranami jeho vyznačeny směry i poměrné velikosti sil, ve které jsme dotýčnou sílu byli rozložili. Každou ze složek můžeme pak ještě dvěma jinými silami nahraditi a tak pokračující původní sílu ve volný počet jiných sil rozkládati.

b) Poněvadž může *přímka*, kterou směr a poměrná velikost síly se vyznačuje, býti úhlopříčnou *nesčíslného množství* rovnoběžníků, bude možno každou sílu rozložití ve složky velmi rozličného směru i rozličné velikosti. Je-li však *úloha určitá*, musí se dáti též určité podmínky, týkající se směru a velikosti složek a z podmínek těch možno pak dotýčný trojúhelník a tudíž i rovnoběžník sil trigonometricky sestrojiti.

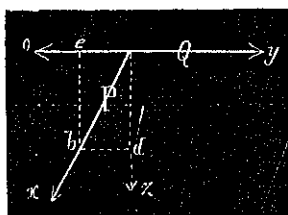
Příklady. — Úlohy.

c) Působí-li síly P a Q (obr. 33.) v úhlu *ostrém* ax a rozložíme-li $P=ab$ ve dvě složky ad a ae , bude složka ae působiti v též přímce a téměř směru ay jako síla Q , a bude Q *sesilovati*.

Obr. 33.



Obr. 34.



Je-li úhel ax (obr. 34.) *tupý*, bude složka ae působiti v též přímce oy jako síla Q , ale ve směru protív-ném ao a bude Q *seslabovati*.

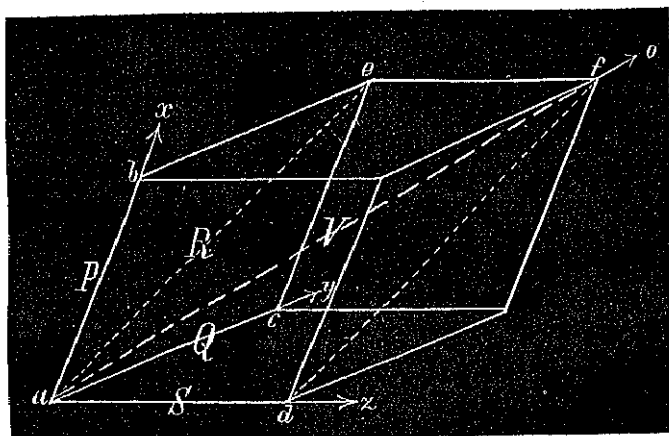
Působí-li tudíž dvě síly v úhlu pravém, nemohou se vzájemně ani seslabovati ani sesilovati.

82. Rovnoběžnostěn sil. (Kräfteparallelepiped). Působí-li na hybný bod a tři *stejnorodé síly směrem dovolným a nejsou-li směry jejich v též rovině* (obr. 35.), bude (dle 78.) úhlopříčná ae v rovnoběžníku sil *abec* výslednicí sil P a Q . Sestrojíme-li z této výslednice R a síly třetí S rovnoběžník sil $aeft$, bude úhlopříčná af výslednice V síly R a S a tudíž výslednicí sil P , Q a S . Jak

patrné jest *V* úhlopříčnou rovnoběžnostěnu, sestrojeného ze přímek, směr a poměrnou velikost sil vyznačujících.

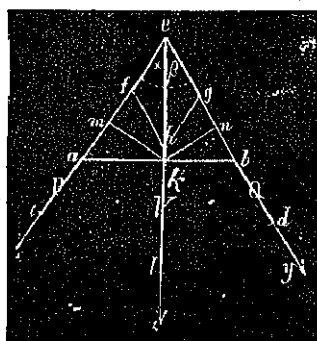
Podobným způsobem lze určití výslednici *dovolného* počtu sil, v hybný bod *a* ve *prostoru* v rozličných směrech působících, jakož i možno každou sílu v takové složky rozkládati.

Obr. 35.



83. Skládání a rozkládání sil působících v rozličných působistích směry nerovnoběžnými. *a)* Působí-li síly v rozličných působistích, budou míti výslednici jen tenkrát, když jsou působistě jejich v pevný celek spojena. Působí-li (obr. 36.) síla *P* v bod *a* směrem *ax* a v též rovině síla *Q* v bod *b* směrem *by* a je-li poměrná velikost sil těch vyznačena přímkami *ac* a *bd*

Obr. 36.



a bod *a* s bodem *b* v pevný celek spojen, tu vyhledáme výslednici, prodloužíme-li směry sil, až se setkají ve společném bodu *e*. Do tohoto bodu *e* přeložíme pak (dle 75.) působistě síly *P* i *Q*, učiníme $ef = ac = P$, $eg = bd = Q$ a vedeme úhlopříčnou *eh*, kterou bude pak směr i poměrná velikost výslednice sil *P* a *Q* vyznačena. Působistě výslednice *V* můžeme pak do kteréhokoliv bodu ve směru jejím *ez* ležícího přeložiti, tudíž i do bodu *k*, který jest s bodem *a* a *b* pevnou přímkou spojen. Je-li $kl = eh$, bude i kl výslednicí *V*. Vedeme-li z působistě *k* $km \perp ax$ a $kn \perp by$, bude $kn = eh \cdot \sin \beta$ a $km = ek \cdot \sin \alpha$, pročez

$$kn : km = \sin \beta : \sin \alpha$$

$$\text{dle 78. } P : Q = \sin \beta : \sin \alpha$$

a tudíž $P : Q = kn : km$, t. j. kolmice, vedené z působíště výslednice V na směry složek P a Q , ve dvou rozličných bodech působících, jsou v převráceném poměru s velikostmi těch sil.

b) Působí-li více než dvě síly, každá v jiném působíšti a jsou-li působíště jejich v pevný celek spojena, vyhledáme nejprve výslednici dvou sil, pak výslednici této výslednice a síly třetí atd. až zbývá pouze jediná síla. Výslednice této síly a výslednice naposledy určené jest pak výslednicí všech působících sil.

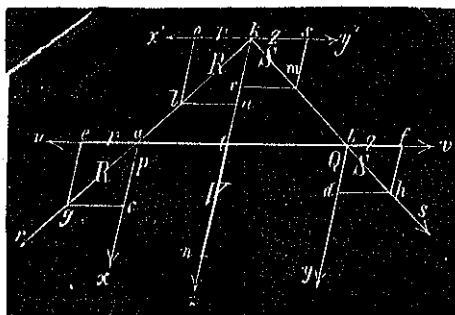
c) Má-li nějaká síla rozložit se ve více sil, působících v rozličných působíštích, rozložíme ji nejprve ve dvě takové síly, z nichž pak každá ještě dále se může rozkládati vždy ve dvě síly, působící ve dvou rozličných bodech směrem a velikostí buď určitou, buď dovolnou.

Úlohy.

84. Skládání a rozkládání sil působících v rozličných působíštích směry rovnoběžnými.

a) Působí-li (obr. 37.) v bod a síla P směrem ax a v bod b síla Q směrem by a jsou-li směry ty rovnoběžné a tytéž, a body a a b v pevný celek spojeny, může v bodu a působiti síla $p=ae$ směrem au a v b síla $q=bf$ směrem bv , aniž by se tím změnilo působení sil P a Q , bude-li jen $ae=bf$ a tudíž $p=q$; neboť působí ty síly v též přímce uv ve směru protívěm a jsou stejny, budou se tudíž rušiti. Sestrojíme-li pak rovnoběžnk sil P a p bude úhlopříčná jeho ag výslednicí těch sil R a taktéž bude v rovnoběžnsku bdf úhlopříčná $bh=S$ výslednicí sil Q a q . Nahradíme-li pak síly P , p a Q , q výslednicemi R a S , působícími směrem ar a bs , bude možno výslednici jejich ustanoviti, jak svrchu uvedeno. Prodloužíme totiž ar a bs , až se stýkají ve společném bodu k a učiníme $kl=ag=R$ a $km=bh=S$, sestrojíme $kz \parallel aw$ a tudíž také $kz \parallel by$, pak vedeme bodem k přímkou $x'y' \parallel ab$ a rozložíme $kl \parallel R$ ve složku $ln \parallel x'y'$ a složku $lo \parallel kz$ taktéž $km=S$ ve složku $mr \parallel x'y'$ a složku $ms \parallel kz$. V boku k působí pak, aniž by se účinek sil původních mohl změnit, síly kn , kr , ko a ks . Poněvadž jest $\triangle okl \cong \triangle eag$, bude $ok = ae = p$, taktéž $\triangle ksm \cong \triangle bfh$ a tudíž $ks=bf=q$. Stejně síly p a q pak se ruší, působíce v též přímce $x'y'$ směrem protívěm, tak že zbývají pak v bodu

Obr. 37.



k pouze síly kn a kr , které působí v též přímce a týmž směrem kz . Výslednice jejich rovná se součtu jich a pročež

$$V = kn + kr = ac + bd = P + Q,$$

t. j. poměrná velikost výslednice rovná se součtu poměrných velikostí obou složek.

Výslednice V má týž směr jako složky P a Q , neboť $kz \parallel ax \parallel by$; působistiše její můžeme pak přeložiti do kteréhokoliv bodu ve směru ks , tudíž také do bodu t , který jest s body a a b v pevný celek spojen. Je-li $tw = ac + bd$, bude hledaná výslednice $V = tw$.

Z bodu t možno vésti pouze jednu rovnoběžku se směrem sil P a Q , a tou dán směr výslednice, velikost její jest rovna součtu sil P a Q , potřebí tudíž určití pouze působistiše výslednice, totiž bod t .

$$\begin{aligned} \triangle age \sim \triangle akt, \text{ pročež } eg : ae = kt : at \\ \text{aneb } P : ac = kt : at, \\ \text{z čehož } P \cdot at = ae \cdot kt \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \triangle bhf \sim \triangle bkt, \text{ pročež } fh : bf = kt : bt \\ \text{aneb } Q : bd = kt : bt, \\ \text{z čehož } Q \cdot bt = bf \cdot kt = ae \cdot kt \end{aligned} \quad (2)$$

Z rovnice 1. a 2. následuje $P \cdot at = Q \cdot bt$ aneb $P : Q = bt : at$ (3), t. j. působistiše výslednici jest působistiše větší složky blíže a sice tolikráte blíže, kolikráte jest složka větší než druhá, tak že vzdálenosti působišť složek od působišť výslednice jsou v převráceném poměru s velikostmi jejich.

$$\begin{aligned} \text{Ze srovnalosti 3. vyplývá } P + Q : P = bt + at : bt \\ \text{aneb } V : P = ab : bt \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{z čehož } bt = \frac{P \cdot ab}{V} = \frac{P \cdot ab}{P + Q}, \text{ taktéž možno odvoditi ze srovnalosti 3, } at = \frac{Q \cdot ab}{V} = \frac{Q \cdot ab}{P + Q}.$$

b) Působí-li více než dvě síly v rozličných v pevný celek spojených působišťech týmž směrem a v též rovině rovnoběžně, vyhledáme nejprve výslednici dvou, pak výslednici této výslednice a síly třetí atd., poslední výslednice jest pak výslednicí všech působících sil.

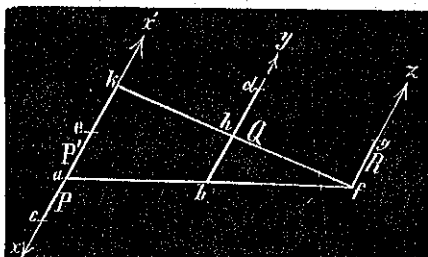
Pokračujeme-li způsobem opácným, vyhledávajíc vždy dvě složky určité síly, kterou za výslednici jejich pokládáme, budeme moci snadně každou sílu rozložití v jakýkoliv počet sil jiných, působících týmž směrem, v též rovině, rovnoběžně a v rozličných působišťech.

Příklady. Úlohy.

c) Působí-li (obr. 38.) dvě síly P a Q v rozličných v pevný celek spojených působišťech a a b rovnoběžně, ale směrem protivným ax a by ; jsou-li ac a bd poměrné velikosti sil P a Q a je-li $bd > ac$, bude tudíž $Q > P$. Větší sílu Q rozložíme ve dvě složky P' a R učiníme $P' = P$ a přeložíme působistiše její do a ; poněvadž působí stejné síly P' a P v též přímce ax' směrem protiv-

ným, zruší se, zbude tudíž pouze druhá složka R , která bude, jak patrně, výslednicí sil P a Q . Velikost její jest $Q - P = Q - P = fg$, směr musí býti rovnoběžný se směry sil a tžž, který má síla větší Q , bude jen potřeba, vyhledati působisti její f .

Obr. 38.



Z předcházející srovnalosti 3. vyplývá:

$$P' : R = bf : ab \text{ aneb}$$

$$P : (Q - P) = bf : ab, \text{ z čehož } bf = \frac{P \cdot ab}{Q - P}, \text{ jakož i}$$

$P : Q = bf : af$, t. j. vzdálenosti působisti složek od působisti výslednice jsou v převráceném poměru s velikostmi jejich.

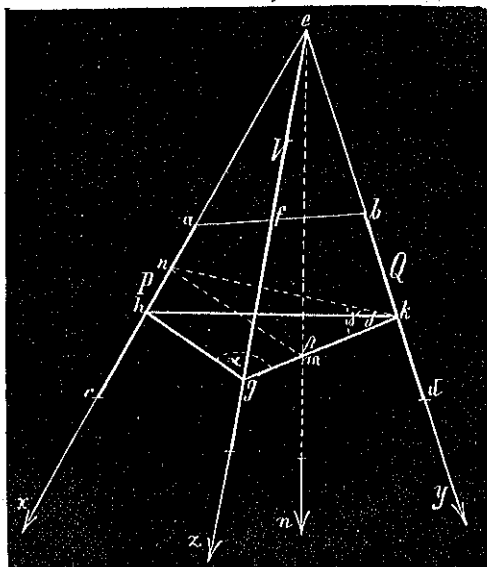
Je-li $P = Q$, bude výslednice $R = Q - P = 0$, t. j. síly takové nemají žádně výslednice, nýbrž budou snažiti se, aby otočily pevný celek ab , na něž působí, můžeme je tudíž nazvati silami otáčivými.

d) Působí-li více než dvě síly v rozličných v pevný celek spojených působistiích rovnoběžně, ale ve směrech protiných, vyhledáme nejprve výslednici sil působících v jednom směru, pak výslednici sil působících v protiném směru; výslednice těchto dvou výsledných sil vyhledá se pak způsobem právě uvedeným a jest výslednicí všech sil.

85. Moment síly.

a) Součin z velikosti

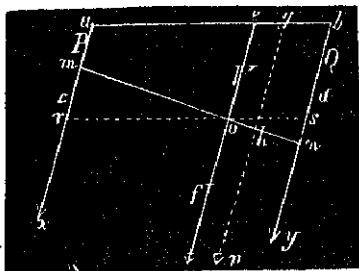
Obr. 89.



síly a délky kolmice, vedené z určitého bodu na směr té síly nazývá se momentem síly vzhledem k tomuto bodu. Tak jest ku př. P . gh moment síly P vzhledem ku bodu g (obr. 39.).

b) Vedeme-li z některého bodu, ve směru výslednice ležícího, kolmice na směry sil, jsou momenty sil vzhledem k tomu bodu stejné. Je-li ez (obr. 39.) směr výslednice V složek P a Q a vedeme-li z bodu g $gh \perp ax$ a $gh \perp by$, bude $P \cdot gh = Q \cdot gk$.

Obr. 40.



α) Na str. 71. (obr. 36.), kdež působí síly P a Q směrem rozličným ax a by , byla odvozena srovnalost $P : Q = kn : km$, z čehož $P \cdot km = Q \cdot kn$, bod k jest pak působišťem výslednice V a leží ve směru jejím ez .

β) Působí-li síly P a Q (obr. 40.) týmž směrem rovnoběžně, je-li ez směr výslednice, o bod ve směru tom ležící, $om \perp ax$ a $on \perp by$, $rs \parallel ab$, bude, jak výše dokázáno

$$P : Q = be : ae,$$

aneb $P : Q = os : or$. Poněvadž $\triangle orm \sim \triangle ons$,
bude $os : or = on : om$,

z čehož $P : Q = on : om$ a tudíž $P \cdot om = Q \cdot on$.

γ) Působí-li síly rovnoběžně ve protivném směru (obr. 38.), a je-li $fh \perp by$ a $fk \perp ax$, bude, jak tam odvozeno,

$$P : Q = bf : af; \triangle bfh \sim \triangle afh,$$

pročež $bf : af = fh : fk$

z čehož $P : Q = fh : fk$ a tudíž $P \cdot fk = Q \cdot fh$.

Momenty sil vzhledem k některému bodu výslednice jsou ve všech těchto případech a pročež vždy rovny, z čehož následuje:

c) Jsou-li momenty sil vzhledem k některému bodu sobě rovny, musí býti bod ten ve směru výslednice. Je-li (obr. 39.) $P \cdot gh = Q \cdot gk$, musí bod g býti ve směru výslednice, totiž v přímce ez . Kdyby totiž nebyl bod g v tom směru, nýbrž výslednice měla směr jiný, ku př. ew , pak by musily statické momenty vzhledem k bodu m býti sobě rovny, totiž $P \cdot mn = Q \cdot mk$. Dělime-li tuto rovnici rovnicí předešlou

$$P \cdot gh = Q \cdot gk$$

bude $\frac{mn}{gh} = \frac{mk}{gk}$ z čehož $mn : gh = mk : gk$.

Poněvadž $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta$ byl by $\triangle mnk \sim \triangle ghk$ a $\sphericalangle \gamma = \sphericalangle \delta$, což však není možno, neboť $\sphericalangle \delta$ jest pouze částí $\sphericalangle \gamma$ a tudíž $\sphericalangle \gamma > \sphericalangle \delta$. Beřeme-li jakýkoliv jiný bod v pravo neb v levo bodu g , za bod výslednice, objeví se vždy v konečném výsledku počtu taková nemožnost a pročež nemůžeme pokládati jiný bod za bod ve výslednici ležící leč bod g , tudíž ten, vzhledem ku kterémuž jsou momenty sil sobě rovny.

Taktéž musí býti na obr. 40. bod o ve směru výslednice; kdyby totiž byl směr výslednice jiný, ku př. gv a tudíž bod h byl bodem výslednice, bude $P \cdot mh = Q \cdot hn$. Dříve bylo dokázáno, že $P \cdot om = Q \cdot on$. Dělfme-li prvou, rovnici

touto druhou rovnicí bude $\frac{mh}{om} = \frac{hn}{on}$ a tudíž $mh : om = hn : on$, což však jest nemožno, neboť $mh > om$ ale $hn < on$, bod h nemůže tudíž býti ve směru výslednice.

2. Těžiště.

86. Tíže. a) Síla, kterou země všechna těla na ní se nalézající přitahuje a od nich vzájemně přitahována jest, nazývá se *tíží* (Schwerkraft). Tato zemská tíže jest pouze zvláštní druh *tíže všeobecné* č. *gravitace*, kterou se všechny hmoty ve vzdálenosti *měřitelné* vždy vzájemně přitahují. Gravitační udržují se těla nebeská vždy v určitých vzdálenostech od sebe a spolupůsobením jiné síly, kterou později seznáme, konají vždy určité dráhy. Poněvadž jest tíže zemská tatáž, jako tíže všeobecná, řídí se v působení svém týmiž zákony, kterými se spravuje gravitace. Zákony tyto odvozené *Newtonem* z pobytu těl nebeských jsou pak tyto: 1. *Tíže č. vzájemná přitažlivost těl nespravuje se hmotou jejich*, neboť se všechna těla vespolek přitahují.

2. *Gravitace jsou v rovném poměru se součiny hmotností těl a v převráceném poměru se čtverci vzdáleností jejich.*

Značí-li tudíž P vzájemnou přitažlivost těl, jejichž hmotností jsou M a m , a jejich vzdálenost jest D , a značí-li P_1 přitažlivost jiných dvou těl, jejich hmotností jsou M_1 a m_1 , a jejich vzdálenost jest D_1 , bude $P : P_1 = \frac{M \cdot m}{D^2} : \frac{M_1 \cdot m_1}{D_1^2}$.

Je-li $M_1 = 1$, $m_1 = 1$ a $D_1 = 1$ t. j. je-li P_1 přitažlivost jedniček hmotností v jedničce vzdálenosti, bude $P = P_1 \cdot \frac{M \cdot m}{D^2}$.

b) Zemi můžeme sobě mysliti téměř co kouli, složenou z tenkých soustředných kulovitých vrstev, všude stejně hustých. Dvě stejně veliké částčky hmotné, v též stejně husté vrstvě souměrně rozložené, budou přitahovati tělo mimo zemi se nalézající stejnou silou a sice do středu země. Totéž platí o všech částčkách též vrstvy, neboť si je můžeme vždy mysliti po dvou souměrně rozložené; platí to také, jak patrné, o všech vrstvách a tudíž o celé zemské kouli. *Možno si tedy mysliti veškerou přitažlivost země v středu jejím soustředěnou a ze středu působící.*

87. Těžiště. Každé pevné tělo skládá se z nesčíslného množství hmotných částček a každou tuto částčku přitahuje země do středu svého. Obyčejně bývá rozměr těl takový, že možno těžné síly, působící v jednotlivé hmotné částčky, poklá-

dati za *stejně* a pro velikou vzdálenost středu země za *rovnoběžné* (viz str. 11.). Výslednice všech těch sil těžných bude tudíž (dle 84. b.) rovna *součtu* jejich. Velikost výslednice jest pak *prostou vahou* těla a působíště té výslednice slove *těžištěm* jeho (Schwerpunkt). Kolmice protínající těžiště, udává směr, kterým by těžiště se pohybovalo, kdyby nebylo překážek, aneb kterým se skutečně pohybuje, když překážek není.

Z předcházejícího vyplývá:

a) Váhu těla možno mysliti sobě soustředěnu v těžišti jeho a veškeré ostatní hmotné částičky možno tudíž pokládati za netěžké.

b) Těžiště těla zůstává vždy v témž bodu, nechť má tělo polohu jakoukoliv.

c) Těžiště snaží se účinkem síly těžné co možná nejvíce přiblížiti se ku středu země a hledí tudíž padnouti co možná *nejhlouběji*.

Válec a dvojkoužel na nakloněné rovině vzhůru se pohybující.

d) Poloha těžiště jakož i poloha těla mění se, jak mile se změnila hmotnost aneb tvar jeho.

Čarovný chod po schůdkách. — Vejce Kolumbovo. — Dětské hračky.

e) Těžiště kapalin a vzdušin možno jen tehdy stanoviti, když jsou v nádobách, kdež je můžeme pokládati za hmoty souvislé (takřka pevné).

88. Rovnováha těl. Aby těla nepadala čili v rovnováze zůstávala, musí působiti na ně síly neb překážky, jichž velikost *rovná se* váze těla a jichž směr jde těžištěm *kolmo vzhůru*.

a) Má-li tělo v rovnováze takovou polohu, aby těžiště i nepatrným vyšínutím těla z té polohy se zdvihlo a tudíž *výše* se nalézalo než *dříve*, jest tělo v *rovnováze stálé* (stabiles Gleichgewicht), neboť tělo, jsouc samo sobě ponecháno, ihned do předešlé polohy se vrací, poněvadž těžiště snaží se klesnouti pokud možno *nejníže*.

Každé tělo v některém bodu *nač* těžištěm svým zavěšené jest ve stálé rovnováze. — Svítilny a kompasy na lodích v Kardanově kruhu zavěšené. — Kolotavé svítilny a jiné předměty. — Jiné příklady rovnováhy stálé.

b) Má-li tělo v rovnováze takovou polohu, že těžiště i nepatrným vyšínutím těla z té polohy se snižuje t. j. *níže* se ocne, než bylo *dříve*, tu slove *rovnováha* jeho *nestálou* č. *vrátkou* (labiles Gleichgewicht). Tělo, samo sobě ponecháno, nemůže předešlé polohy nabyti, nýbrž padá (*převrací se*) tak dlouho, až těžiště jeho *nejhlubšího* místa dostihne.

Příklady této rovnováhy.

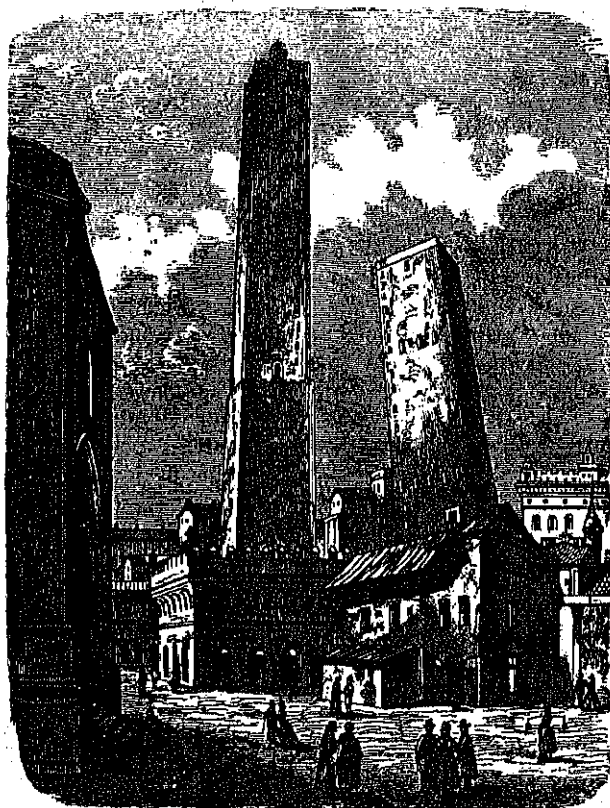
c) Zůstává-li při každé poloze těla těžiště jeho vědy v témž místě, tak že vyšínutím těla z polohy původní ani se nezdvihá ani

nesnižuje, pak zůstává tělo v každé poloze a jest v *rovnováze volné* (indifferentes Gleichgewicht).

Každé tělo v těžišti zavěšené má rovnováhu volnou, taktéž každé tělo, které se otáčí okolo osy, těžiště jeho protínající.

89. Zavěšování a podepírání těl. Síla neb překážka, která, padání těl zabraňuje, v rovnováze je udržuje, má působíště své buď *v těžišti*, buď *nad těžištěm*, buď *pod těžištěm*. Působí-li síla *v těžišti*, jest *rovnováha těla volná*; působí-li *nad těžištěm*, tu jest tělo *zavěšeno* a jest (pokli se nalézá v klidu) *v rovnováze stále*; působí-li síla *pod těžištěm*, pak je tělo *podepřeno*, a má rovnováhu dle okolností buď *stálou* buď *vrátkou*.

Obr. 41.



Často zdá se býti tělo podepřeno, jest však zavěšeno, jako ku př. na špičce podepřený kužel, jímž jest provlečen drát, mající na koncích těžké kule, kterými těžiště celku pod podporu sníženo.

Tělo může být podepřeno v *jednom*, *dvou* aneb více bodech. Je-li podepřeno pouze v *jednom* bodu, musí bod ten být v kolmé přímce pod těžištěm a rovnováha těla jest *vrátká*.

Udržování těl pouze v jediném bodu podepřených umělým způsobem v rovnováze (*vážkování* č. *balancování*.)

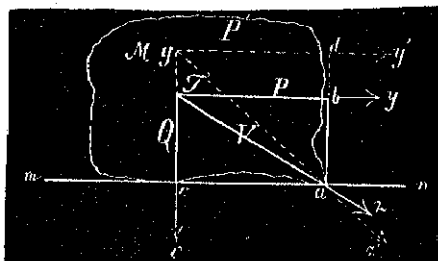
Tělo ve *dvou* bodech podepřené jest v rovnováze jen tehdy, když kolmice, vedená z těžiště, přetíná přímku, oba body spojující. Rovnováha těla jest *vrátká*.

V stálé rovnováze jest tělo jen tenkrát, které jest podepřeno nejméně ve *třech* bodech, které *nejdou* v též přímce a když kolmice vedená s těžiště těla, protíná plochu, kterou sestrojíme, spojíme-li přímkami body, ve kterých je tělo podepřeno.

Často bývá tělo úplnými plochami podepřeno, jako ku př. sloupy, zdi atd. — Na obr. 41. viděti světoznámé věže v Bologni, z nichž vyšší při výšce 327' o 3'5" a nižší mající 140' výšky, o 8' vrcholem od kolmice se odchyluje. Podobné věže jsou též v Pise. — Váz jedoucí po nakloněné ploše, jede bezpečně, pokud kolmice, vedená s těžiště jeho, dopadá mezi podpory kol. Těž váz s nákladem musí se na nakloněné ploše kráčet, padá-li kolmice vedená s těžiště, nákladem výše pošinutého, mimo plochu, dotýčnými body kol omezenou. — Poloha těla našeho v chůzi a když neseme břímě v náručí, v jedné ruce, na rameně aneb na hřbetě. — Jiné příklady. — Hlavní zákony, které se týkají těžiště a rovnováhy polohou jeho se řídící, byly již *Archimédovi* r. 287 př. Kr. známy.

90. Stálost polohy. Je-li T těžiště těla M (obr. 42.), na rovině vodorovné mn postaveného, Q váha jeho, a působí-li na tělo to směrem vodorovným síla P , jejíž působíště přeložíme také do těžiště T , aby byl směr té síly Ty , a bude-li poměrná velikost sil P a Q taková, aby měla výslednice jejich V směr Tz ,

Obr. 42.



tu zůstane M v klidu, neboť směr výslednice protíná v bodu a podporu, kteráž pohybu nedopouští. Bude-li za stejných okolností síla P větší, bude směr výslednice V bližší směru síly P a Tz nebude pak více protínati podporu, tak že M se zvrátí kolem hrany a . Bude-li P menší než dříve, přiblíží se směr Tz směru Tz a zůstane v podpoře, pročež M v klidu. Z velikosti síly P možno stálost polohy těla M posouditi. Velikost síly té, kterou potřebí jen nepatrně zvětšiti, aby účinkem jejím tělo se převrátilo, jest měrou stálosti polohy (Stabilität). Vedeme-li $ab \perp Ty$ a $ac \perp Tz$, bude $P \cdot ab = Q \cdot ac$. Poněvadž pak $ab = Tc$, bude též $P \cdot Tc = Q \cdot ac$, z čehož $P = \frac{Q \cdot ac}{Tc}$ t. j.

velikost síly, jejímž účinkem má se tělo převrátiti, jest s vahou těla a velikostí základné roviny v poměru rovném, s výškou těžiště nad podporou však v poměru převráceném.

Není-li možno působíště síly P' do těžiště T přeložiti, nýbrž působí-li P' ku př. v bodu d , tu prodloužíme dy' u směr Tw , až se setkají v bodu g . Bude-li směr výslednice gz' opět protínati bod a , bude opět $P'ad = Qac$, aneb $P'gc = Qac$, z čehož $P' = \frac{Q \cdot ac}{gc}$. Z toho patrno, že může býti síla v též míře menší, kterou působíště její od základny výše se vyšimulo.

Obtěžkávání lehkých předmětů (ku př. svícňů), rozšiřování základných ploch u soch, rozevírání noh stolků, sedadel atd., nakládání nejtěžšího zboží do nejhlubšího místa na voze i na lodi a t. p. jest výsledek právě uvedeného zákona v životě praktickém.

91. Stanovení polohy těžiště. Každá přímka, ve které se nalézá těžiště těla, slove *těžnou přímkou* (Schwerlinie). Rovina, v níž se nalézá těžiště těla, nazývá se *těžná rovina* (Schwerebene).

Poněvadž se mohou dvě přímky stýkati v jediném bodu a poněvadž má každé tělo *jediné těžiště*, bude těžištěm bod *dvěma těžným přímkám společný*. Protíná-li těžná rovina těžnou přímku v nějakém bodu, jest, jak patrno, ten bod těžištěm.

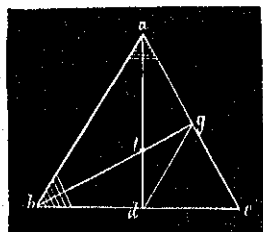
Mathematically možno stanoviti polohu těžiště jednoduchým způsobem jen tenkrát, když má tělo *všude stejnou hustotu*:

a) *Rovná a velmi tenká tyčinka*, kterou možno pokládati téměř za *těžnou přímku* (fysickou čáru přímou), má těžiště u prostřed. Hmotné částice tyčinky možno mysliti si vždy po dvou od středu jejího stejně vzdáleny a výslednice těžných sil na částice ty působících bude míti, poněvadž jsou síly stejné, působíště (těžiště) u prostřed mezi působíšti obou sil, tudíž v středu tyčinky.

b) *Tělo tloušťky nepatrné* možno pokládati téměř za *plochu*. Možno tudíž stanoviti polohu těžiště u těl takových právě tak jako u ploch. Má-li se ustanoviti těžiště $\triangle abc$ (obr. 43.), myslíme si trojúhelník ten složen z tyčinek velmi tenkých se stranou bc rovnoběžných. Těžiště každé této tyčinky přínce podobné jest v středu jejím. Spojíme-li bod a s bodem d , jímž pól se přímka bc , bude protínati přímka ad všecky tyčinky u prostřed a obsahuje tudíž těžiště každé jednotlivé tyčinky a pročež i těžiště celého trojúhelníku; přímka ad jest těžná přímka. Ustanovíme-li

týmž způsobem druhou těžnou přímku bg , bude bod t , ve kterém se obě těžné přímky stýkají, těžištěm trojúhelníku abc . Chceme-li polohu těžiště ustanoviti, spojíme body g a d přímkou gd , kteráž jest rovnoběžna s ab . Bude tudíž $\triangle dtg \sim \triangle atb$, pročež

Obr. 43.

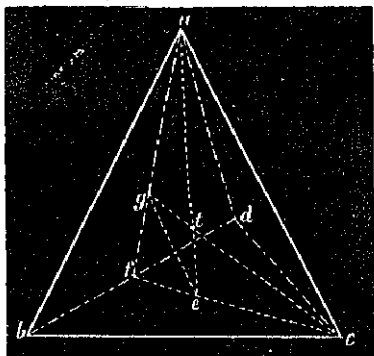


$ab : gd = at : d$, poněvadž $ab : gb = 2 : 1$

bude $at : td = 2 : 1$ a $at + td : td = 2 + 1 : 1$ aneb $ad : td = 3 : 1$, tudíž $td = \frac{1}{3} ad$. t. j. *těžiště trojúhelníku leží na konci první třetiny přímky, ze středu některé strany k vrcholu protilehlému vedené.*

c) Má-li se ustanoviti poloha těžiště ve mnohoúhelníku, rozdělíme jej v trojúhelníky a vyhledáme těžiště každého jednotlivého trojúhelníku. Těžiště ta jsou pak působíště rovnoběžných sil, kteréž by byly poměrný vahám neb velikostem ploch dotýčných trojúhelníkův. *Působíště výslednice* všech těchto sil, kteréž možno snadně vyhledati, jest pak těžištěm mnohoúhelníku. Jak patrně

Obr. 44.



bude tudíž těžiště ploch pravidelných, ku př. čtverce, rovnoběžníku, pravidelného šestiúhelníku, plochy kruhové, elipsy atd. nalézati se v středu jejich.

d) Těžiště jehlanu trojstranného $abcd$ (obr. 44.) ustanoví se následovně: Nejprve vyhledáme těžiště jednoho z trojúhelníků, kterými jehlan omezen, ku př. těžiště $\triangle bcd$, kteréž jest v e . Myslíme-li si pak celý jehlan rozdělen v trojúhelníky, rovnoběžné s trojúhelníkem bcd , budou si všechny ty trojúhelníky podobny a těžiště všech musí býti v přímce ae , kteráž bude tudíž *těžnou*

přímkou jehlanu. Je-li v g těžiště $\triangle abd$, bude z týchž příčin cg také *těžnou přímkou* a bod t , ve kterém se obě těžné přímky stýkají, bude těžištěm jehlanu. Poněvadž jest $fe = \frac{1}{3} fc$ a $fg = \frac{1}{3} fa$, bude $fe : fg = fc : fa$. Spojíme-li g a e přímkou, bude $ge \parallel ac$, protože $\triangle egt \sim \triangle act$ a protože $ac : ge = at : te$. Poněvadž však

$$ac : ge = 3 : 1$$

bude též $at : te = 3 : 1$, z čehož $at + te : te = 3 + 1 : 1$ aneb $ae : te = 4 : 1$, tudíž $te = \frac{1}{4} ae$, t. j. *těžiště jehlanu trojstranného leží na konci první čtvrtiny té přímky, která spojuje těžiště základny s vrcholem jehlanu.*

Totéž platí také o jehlanu mnohostranném a o kůzeli, kteréž si můžeme mysliti složené z jehlanů trojstranných. Spojením těžišť těch jehlanů vznikne totiž *těžná rovina*, která se stýká, jak patrně, s přímkou těžnou, spojující těžiště základny s vrcholem. na konci první čtvrtiny její, počítaje od základny.

e) Těžiště hranolu neb válce všude stejně hustého jest ve středu přímky, která spojuje těžiště hořejší a dolejší základné plochy.

f) Kule naskrze stejně hutná má těžiště ve středu, neboť jest každý průměr její těžnou přímkou a všechny průměry stýkají se ve středu.

g) Těžiště dutého válce, prstenu, duté kule a t. p. jest takéž v geometrickém středu jejich a nalézá se tudíž mimo hmotu.

h) V tělech nestejně hustých není možno těžiště geometricky určití, možno souditi toliko, že jest těžiště části hutnější blíže.

i) U těl nepravidelných možno ustanoviti polohu těžiště *zavěšováním* jich ve dvou neb, když toho potřebí, ve třech rozličných bodech. Prodloužením směru napnuté šnůry, na níž tělo zavěšeno, nabudeme těžných přímek a bod, ve kterém se stýkají, jest těžištěm. Podepíráním těl na ostré hraně nabýváme pak těžných rovin a bod třem takovým rovinám společný bude těžištěm těla.

3. Rovnováha na strojích.

92. Stroj. Každé náčiní, jímž možno účinek nějaké síly do bodu, který není ve směru té síly, přeložiti k tomu cíli, aby překonala tam jinou sílu (odpor, překážku), jmenuje se *stroj* (Machine).

Síla neb *odpor*, který se má pomocí stroje překonati, slove obvyčejně *břemenem* (Last) a síla, jíž k tomu potřebí, zove se zvláště *sílou* (Kraft).

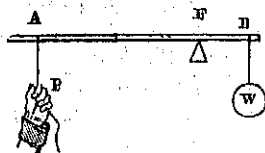
U každého stroje potřebí přede vším ustanoviti, v jakém poměru musí býti síla a břemeno, aby byly mezi sebou v rovnováze.

Je-li poměr síly a břemena jiný, než onen vytknutý, zvětší-li se totiž síla aneb břemeno, tu přestávají býti v rovnováze a výsledkem působení jich jest *pohyb*.

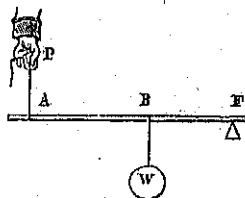
Stroje rozeznáváme *jednoduché*, t. j. takové, jichž nelze rozložiti v částky, kteréž bychom mohli za stroje pokládati, a *složené*, kteréž ze dvou neb více jednoduchých strojů se skládají.

93. Páka. Každá *neohebná* tyč, aneb i jiné neohebné tělo, které dvě aneb více sil kolem pevné podložky, tak zvané *podpory*

Obr. 45.



Obr. 46.



č. *osy* otáčeti se snaží, jest *pákou fyzickou* (physischer Hebel). Směry sil na páce působících musí býti v též rovině.

Části páky mezi podporou a působíšti sil slovou *ramena páky*.

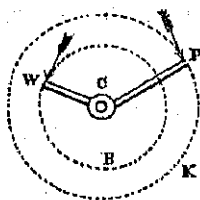
Rozeznáváme pak:

a) páku *dvouramennou*, kteráž má podporu F (obr. 45.) mezi působištem síly P a působištem břemene W , tudíž mezi body A a B .

b) páku *jednoramennou*, je-li působíště síly P (obr. 46.) i působíště břemene W na též straně podpory F .

Páka jednoramenná může pak býti opět dvojitá, buď jest totiž působíště břemene mezi působíštěm síly a podporou (obr. 46.), buď jest působíště síly mezi působíštěm břemene a podporou.

Obr. 47.



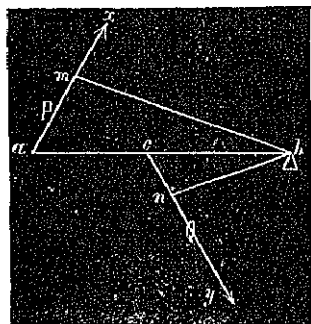
Příklady páky dvouramenné: Zdviháky, páčidla, sochory, kleště, váhy, houpačí prkna atd. *Příklady páky jednoramenné:* sokáček, louskáček na ořechy, trakač, veslo ruční, podnožky u kolovratu, soustruhu, brusu, ruční lisy a tlačidla, trlice na len atd.

Nemá-li páka žádné váhy, zove se pákou *mathematickou* (mathematischer Hebel), jinak slove pákou *fysickou* (physischer Hebel).

Sblhají-li se ramena páky v úhlu, nazývá se pákou *lomenou* (Winkelhebel), jako ku př. na obr. 47.

94. Rovnováha na páce. a) Jsou-li na páce *mathematické* ab (obr. 48.) v bodu b podepřené, momenty sil P a Q vzhledem ku podpoře b sobě rovny, budou síly na páku *ab* působící v rovnováze, neboť je-li $P \cdot bm = Q \cdot bn$, bude b bod výslednice, jejíž účinek bude zrušen odporem pevné, nepohyblivé podpory b .

Obr. 48.



b) Je-li tudíž na páce *rovnováha*, musí býti momenty sil vzhledem ku podpoře sobě rovny. Účinek výslednice sil P a Q (obr. 48.) musí se totiž zrušiti, což možno jen tehdy, když směr její protíná nepohyblivý bod páky. Na páce ab jest však pouze podpora b nehybnou, pročež musí býti bod b ve výslednici, z čehož vyplývá $P \cdot bm = Q \cdot bn$, aneb $P : Q = bn : bm$, t. j. působí-li na *mathematické* páce síla P a břemeno Q *nerovnoběžně*, (obr. 48.) bude páka v rovnováze, když jest síla s břemenem v *převráceném poměru* s *kolnými vzdálenostmi* jich od podpory.

c) Jak patrnó řídí se účinek síly, kteráž se snaží, otočiti přímku kolem pevného bodu, netoliko velikostí síly, nýbrž i vzdáleností směru té síly od bodu *otáčecího*: Součin ze síly a kolmice, z bodu mimo směr síly ležícího na směr její vedené, slove *otáčecím momentem* té síly vzhledem k dotýčnému bodu.

Jsou-li odřecí momenty sil vzhledem k bodu, v němž páka podepřena, sobě rovný, jest na páce rovnováha a naopak: je-li na páce rovnováha jsou odřecí momenty vzhledem ku podpoře sobě rovný.

Obr. 49.

d) Působí-li na rovné páce ac (obr. 49.) síly P a Q rovnoběžně, $ax \parallel cy$, a vedeme-li $bm \perp ax$, $bn \perp cy$, bude $\triangle abm \sim \triangle bcn$, pročež

$$bn : bm = bc : ba$$

z předešlého $P : Q = bn : bm$

$$\text{pročež } P : Q = bc : ba$$

t. j. síla má se ku břemenu, jako rameno břemene k ramenu síly.

e) Jsou-li u páky dvouramenné ramena stejná a je-li páka ta v rovnováze, bude síla rovnatí se břemenu, neboť je-li $bc = ba$, musí býti $P = Q$.

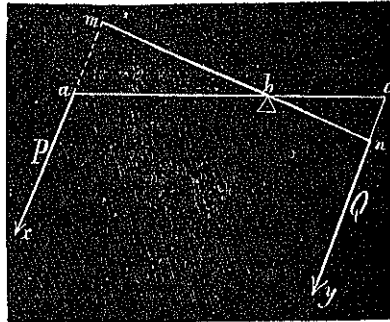
f) Není-li páka rovná, jsou pak kolmice, vedené z podpory na směry sil, mathematickými rameny té páky a platí o nich to, což právě o ramenech páky bylo řečeno. Mluvíme-li o ramenech páky fyzické, rozumí se vždy jen její mathematická ramena.

g) Působí-li na páce tři síly (obr. 50.), P směrem ax , Q směrem by a R směrem cz a jsou-li tyto síly v rovnováze, budeme si mysliti sílu P rozloženu ve dvě síly $p + q$. Poněvadž se snaží síla P otočiti páku v jednom směru a síly Q a R se snaží, ji otočiti směrem protivravným, a poněvadž jsou všechny tři síly P , Q a R v rovnováze, můžeme pokládati za to, že jedna ze složek síly P ku př. p jest v rovnováze se silou Q , a druhá složka q že jest v rovnováze se silou R .

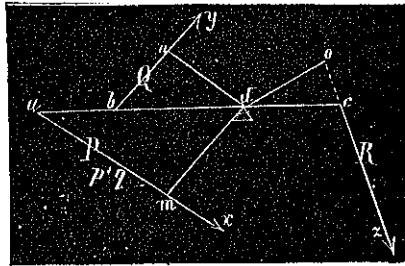
$$\text{Budeť pak } p \cdot dm = Q \cdot dn \\ \text{a taktéž } q \cdot dm = R \cdot do$$

pročež $(p + q)dm = Q \cdot dn + R \cdot do$ aneb $P \cdot dm = Q \cdot dn + R \cdot do$, t. j. působí-li na páce více sil, budou v rovnováze, když součet odřecích momentů sil, které se snaží otočiti páku v jednom směru, rovná se součtu odřecích momentů sil, které se snaží otočiti páku ve směru protivném.

Veškeré zákony o rovnováze sil na páce mathematické mají platnost též pro páku fyzickou, myslíme-li si váhu páky soustře-



Obr. 50.

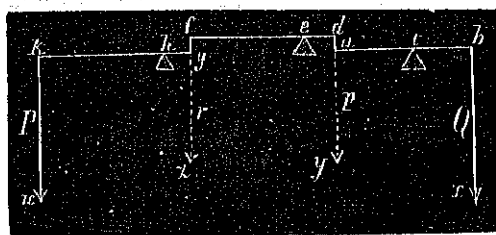


děnu v *těžišti*, kteréž jest pak působíštěm *tíže*, t. j. síly, která kolmo dolů směřuje a jejíž velikost rovná se váze páky. Naznačíme-li si tuto sílu tak jako ostatní na páku působící síly přímkou, bude snadno určití podmínky rovnováhy sil na páce fysické jakéhokoliv tvaru.

Na podporu páky působí *tlak*, jehož velikost rovná se výslednici všech na páce působících sil.

95. Páka složená. Nestačí-li jedna páka k jistému účeli, spojí se dvě aneb více pák v jediný celek tak, aby *síla*, která by měla působiti na páce *jedné*, stala se *břemenem* páky *druhé*, *síla* druhé *břemenem* třetí atd. Takovéto spojení slove pak *složenou pákou*. Na páce *ab* (obr. 51.) bylo by potřebí ku př. síly *p*, aby udržela břemeno *Q* v rovnováze, tato síla *p* jest břemenem páky *df* a bude v rovnováze se

Obr. 51.



sílo *r*, kteráž opět bude břemenem páky *gk*, na kterou působí síla *P*. Je-li na *složené páce rovnováha*, bude na páce *ab*, jejíž podpora jest v *c* $p:Q = ob:ac$
 „ „ *df* „ „ „ v *e* $r:p = de:ef$
 „ „ *fk* „ „ „ v *h* $P:r = fh:hk$

t. j. *síla má se ku břemenu jako součin všech ramen břemene ku součinu všech ramen síly.*

Složené páky jsou váhy *místkové*.

96. Váhy obecné. *Váhy obecné* (obr. 52.) skládají se z páky *dvouramenné a stejnoramenné AB*, *vahadlem* zvané, kteráž může se otáčeti okolo vodorovné, u prostřed délky vahadla se nalézající osy *c* a na jejichž obou koncích *a* a *b* jsou zavěšeny misky *M* a *M'*, na kteréž se klade závaží *P* a tělo *Q*, které chceme vážití.

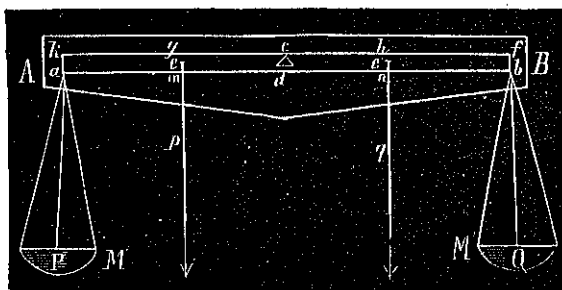
Osa *c* spočívá ve vidlici, jako ku př. u vah *kupeckých* aneb na kolmém sloupci, jako ku př. u vah *chemických* (obr. 54.).

Dobré váhy musí býti *pravé*, musí míti polohu *stálou* a musí býti *ořlivé*.

a) *Pravé* jsou váhy, když *vahadlo* č. *podélná osa* jeho, t. j. *přímka* spojující body *a* a *b*, v nichž jsou misky zavěšeny, v *každé* teplotě *zůstává* ve směru *vodorovném* v rovnováze jen tehdy, když závaží *P* na misce *jedné* právě tolik váží co tělo *Q* na misce *druhé*.

Je-li vahadlo AB , na obr. 52. v průřezu nakreslené, přímkou cd páleno, je-li těžiště jednoho ramene v e a druhého ramene v e' a tíže jednoho ramene p , druhého q , musí, jak z předcházejících zákonův o rovnováze na páce vyplývá, $p \cdot cg = q \cdot ch$, aneb $p \cdot dm = q \cdot dn$. Má-li zůstatí vahadlo v poloze vodorovné samo o sobě v rovnováze, musí tudíž $p = q$ (1) a $dm = dn$ (2).

Obr. 52.



Zavěsíme-li na vahadlo misky M a M' a zůstane-li vahadlo opět ve vodorovné poloze v rovnováze, musí býti

$$p \cdot cg + M \cdot ck = q \cdot ch + M' \cdot cf \text{ aneb}$$

$$p \cdot dm + M \cdot da = q \cdot dn + M' \cdot db \quad (3) \text{ a poněvadž}$$

$$p \cdot dm = q \cdot dn$$

musí býti $M \cdot da = M' \cdot db$, tudíž musí býti $M = M'$ (4) a $da = db$ (5).

Je-li v misce M závaží P , v misce M' tělo Q a je-li opět vahadlo ve vodorovné poloze v rovnováze, musí býti:

$$p \cdot cg + Mck + P \cdot ck = q \cdot ch + M'cf + Q \cdot cf \text{ aneb}$$

$$p \cdot dm + M \cdot da + P \cdot da = q \cdot dn + M' \cdot db + Q \cdot db \text{ a poněvadž}$$

$$p \cdot dm + M \cdot da = q \cdot dn + M' \cdot db, \text{ musí býti}$$

$P \cdot da = Q \cdot db$ (6) a tudíž $P = Q$, když v každé teplotě $da = db$ (7).

Váhy jsou tudíž pravé, když:

1. Ramena vahadla jsou *stejně těžká* (rovnice 1) a ze hmoty *rovnoměrně hutné* zhotovena, neboť jen tehdy budou těžiště jejich v každé teplotě od osy stejně vzdálena (rovnice 2).

2. Když jsou ramena vahadla *stejně dlouhá* (rovnice 5. a 7.) a misky *stejně těžké* (rovnice 4.).

Jazýček, který jest upevněn kolmo na vahadle, ukazuje buď ve vidlici buď na oblouku (obr. 54.), když rovnováha se zruší a vahadlo z polohy vodorovné se vyšine.

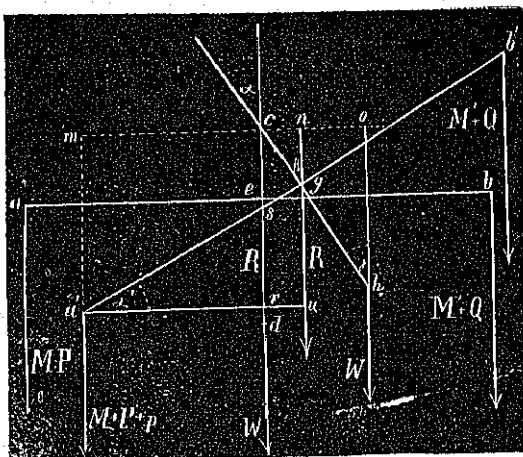
O pravosti vah můžeme se přesvědčiti: a) vyměněním misek aneb přeložením zboží do misky, kde bylo závaží, a závaží do misky, kde bylo zboží; b) vážením v místnostech, jichž teploty jsou rozličné.

Dle návodu *Bordy* možno i nepravými vahami přece právě vážit. Dáme-li totiž na jednu misku tělo Q , které máme vážit a přidáme-li na druhou misku tary T tak dlouho, až jest vahadlo v rovnováze, vezmeme-li pak tělo Q z misky a dáme-li na místo jeho závaží a je-li vahadlo opět v rovnováze, bude závaží $P=Q$, poněvadž působí na též rameně a v též misce jako tělo Q , které nahraňuje.

b) Vahadlo musí míti polohu *stálou* a pročež musí býti těžiště vahadla *pod osou*. Kdyby bylo těžiště *v ose*, byla by rovnováha vahadla *volná* a kdybychom jen malinký přivažek na jednu misku přidali, postavilo by se vahadlo svislo, kdyby pak bylo těžiště vahadla *nad osou*, byla by rovnováha jeho *vrátká* a pročež zvrátilo by se vahadlo, jak mile bychom na jednu misku jen malinký přivažek přidali.

c) *Citlivé* jsou váhy, vyšine-li se, i když jsou misky obtěžkány, vahadlo z polohy vodorovné, jak mile na jednu z misek jen nepatrný přivažek přidáme. *Úhel vyšínutí* měří se obloukem, jež opisuje při vyšínutí jazýček, který jest na vahadle připevněn a pročež polohu svou měniti musí, když vahadlo ji změnilo.

Obr. 58.



Váhy jsou tím *citlivější*, čím větší jest *úhel vyšínutí*, způsobeného *týmž přivažkem*, aneb *čím menšího přivažku* potřebí při *též velikosti úhlu vyšínutí*.

Na obr. 58. budiž ab podélná osa vahadla, které jest v poloze vodorovné v rovnováze, c budiž podpora jeho a d těžiště. V d působí tudíž váha vahadla W , v a jest zavěšena miska M se závažím P a v b miska M' s tělem Q . Je-li vahadlo v rovnováze, bude $M=M'$ a $P=Q$. Výslednice těchto čtyř sil bude

$$R = M + M' + P + Q = 2(P + Q)$$

a bude působiti u prostřed přímky ab , totiž v bodu e .

Přidáme-li na miskú M malínký přívazek p , vyšine se vahadlo do jiné polohy, tak že se octne jeho osa v $a'b'$. V bodu a' působí pak p , v bodu g jest působisté síly R a v bodu h působisté síly W . Poněvadž jest opět rovnováha musí býti.

$p \cdot cm = R \cdot cn + W \cdot co$ (1); $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \gamma = \sphericalangle \alpha$ (2) a $\sphericalangle \alpha' = \sphericalangle \alpha$ (3);
 $cm = a'r = a's \cdot \cos \alpha' = a's \cdot \cos \alpha$ (4); $cn = cg \cdot \sin \beta = cg \cdot \sin \alpha$ (5);
 $co = ch \cdot \sin \gamma = ch \cdot \sin \alpha$ (6). Vložíme-li hodnotu cm (4), cn (5) a co (6) do rovnice 1., bude

$$p \cdot a's \cdot \cos \alpha = (R \cdot cg + W \cdot ch) \sin \alpha$$

aneb $p \cdot a's = (R \cdot cg + W \cdot ch) \operatorname{tg} \alpha$ (7), z čehož

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p \cdot a's}{R \cdot cg + W \cdot ch} \quad (8) \text{ t. j. zůstane-li přívazek } p \text{ tentýž,}$$

bude $\operatorname{tg} \alpha$, pročež i úhel α a tudíž i citlivost vah tím větší, čím větší jest $a's$, t. j. délka ramene (neboť závisí $a's$ od $a'g$), čím menší R , t. j. váha misek a závaží na nich se nalézajících, čím menší cg , t. j. vzdálenost středu osy podélné od podpory vahadla, čím menší W , t. j. váha vahadla a čím menší ch , t. j. vzdálenost těžiště od podpory.

$$1. \text{ Z rovnice 7. vyplývá } p = \frac{R \cdot cg + W \cdot ch}{a's} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (9), \text{ t. j.}$$

při témž úhlu vyšinití α bude přívazek p tím menší a tudíž váhy tím citlivější, čím větší jest $a's$ a čím menší jest R , cg , W a ch , což se shoduje zcela s předešlým.

$$2. \text{ Je-li } cg = 0, \text{ bude } \operatorname{tg} \alpha = \frac{p \cdot a's}{W \cdot ch} \text{ t. j. úhel vyšinití neřídí}$$

se vahou misek aniž velikostí závaží na nich se nalézajících; bude-li úhel vyšinití jiný, ku př. α' , bude též přívazek jiný, totiž p' , a $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{p' \cdot a's}{W \cdot ch}$, pročež $\operatorname{tg} \alpha : \operatorname{tg} \alpha' = p : p'$ aneb jsou-li úhly vyšinití velmi malé $\alpha : \alpha' = p : p'$ t. j. velmi malé úhly vyšinití mají se k sobě tak jako přívazky. Vyšine-li se ku př. vahadlo přívazkem 0.01 grannu o 1° , bude potřebí 0.04 grannu, aby se vyšinulo o 4° .

$$3. \text{ Bude-li } cg \text{ i } ch = 0, \text{ bude } \operatorname{tg} \alpha = \frac{p \cdot a's}{0} = \infty, \text{ pročež}$$

$\sphericalangle \alpha = 90^\circ$, t. j. vahadlo postaví se svisno, byt i přívazek byl menší.

$$4. \text{ Bude-li i } p = 0, \text{ jest } \operatorname{tg} \alpha = \frac{0}{0}, \text{ t. j. vahadlo zůstano, když}$$

$P = Q$, i bez přívazku v každé poloze, má tudíž rovnováhu volnou.

5. Je-li ch negativné, t. j. nalézá-li se těžiště vahadla nad osou, bude i $\operatorname{tg} \alpha$ negativné, z čehož patrně, že se vahadlo i nejmenším přívazkem převrátí, jsouc, jak již výše bylo řečeno, v rovnováze vrátké.

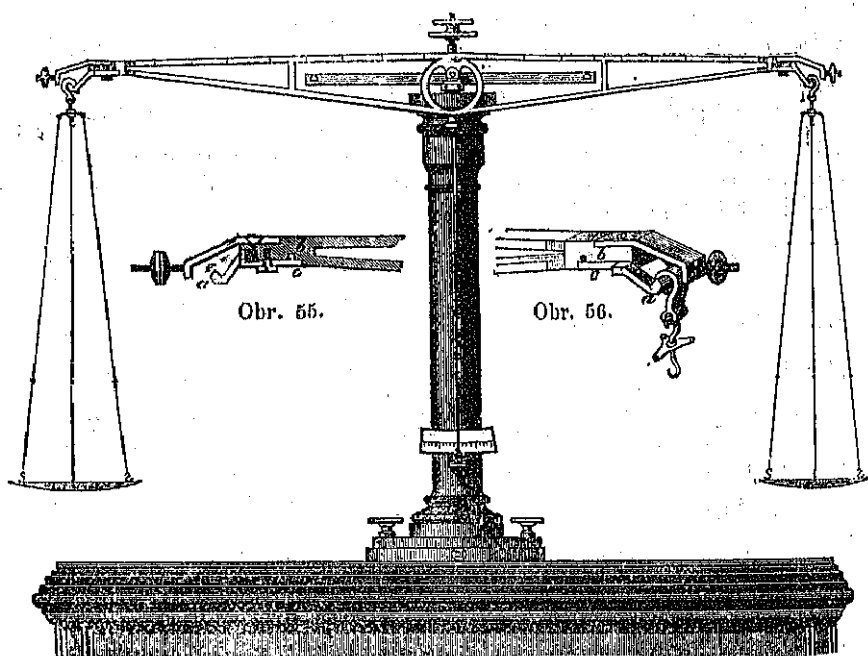
6. Značí-li R největší obtěžkání, jehož není možno již zvýšiti, poněvadž by se vahadlo ohnulo, a p nejmenší přívazek, který spůso-

buje při obtěžkání tom vyšínutí ještě patrné, určuje se citlivost vah C rovnicí $C = \frac{p}{Q}$. Dobré váhy chemické mají míti citlivost aspoň

takovou, aby $C = \frac{p}{Q} = \frac{1}{20000}$, z čehož $p = \frac{Q}{20000}$. Čím citlivější jsou váhy, tím více času potřebí ku vážení; není tudíž radno, citlivost nad potřebu zvětšiti.

Na obr. 54. viděti citlivé váhy s vahadlem dlouhým, prolamovaným (aby bylo lehké ale přece dosti pevné), kteréž má na obou koncích, jakož i u prostřed nad osou kotoučky, které lze na šroubech otáčeti, aby poloha těžiště ramen, jakož i vahadla celého mohla dle potřeby se změnit. Osa má tvar klínovitý, jest ocelová a na ocelovou neb achatovou na konci svislého sloupce se nalézající plochu postavena, tak že jí v přímce dotýká a velmi snadně otáčeti se může. Jazyček jest dlouhý a dolů obrácený a ukazuje vyšínutí vahadla na rozděleném oblouku, který jest na sloupec připevněn. Misky

Obr. 54.



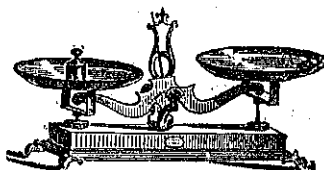
jsou zavěšeny (obr. 55. a 56.) na ostrých hranách a , kteréž s hranou prostřední, totiž s osou, rovnoběžná a zároveň též na podélnou osu vahadla kolmo lze postaviti, když pošinem šroubkem plochu c , která jest s hranou a spojena. Aby se ostří osy třením neotupovalo, zdvihá se vahadlo, když vah nepotřebujeme, vodorovnou příčkou, která se jednoduchým přístrojem, u vnitř sloupku se nalézajícím, vzhůru pohybuje. Vodorovnou polohu má vahadlo,

když jazýček stýká se na oblouku s nulou; často visí za sloupcem závažíčko, kterým se určuje, zdaž sloupec visí a vahadlo vodorovně stojí. Misky bývají lehké a na tenkých drátech (které jsou lepší než šnůry) zavěšené. Drobnější závaží bývají platinová, stříbrná neb aluminiová. Váhy bývají uzavřeny ve skleněné skřínce, jejíž přední strana se dá nadzdvihnouti, aby byl k miskám přístup. Lučebníkům potřeba též zvláštní světlice, kdež váží.

Aby se mohla ustanoviti i váha menší než nejlehčí závaží, jež máme, bývají ramena vahadla rozdělena v 10 stejných dílův a nejmenší závaží jsou pak tenké zahnuté dráty, abychoť je mohli v kterémkoliv díle vahadla zavěsiti. Máme-li ku př. zahnutý drátek, který váží centigramm, budeme jím moci vážit i milligrammy, neboť obnáší-li vzdálenost centigrammu od osy vahadla jen 0,1, 0,2, 0,3 ... délky ramene, bude to totéž, jako kdybychom do misky na konci toho ramene zavěšené 1, 2, 3 ... milligrammy byli vložili. Tento způsob vážení, navržený od *Berzeliusa* jest proto výhodný, poněvadž závaží velmi malá zřídka pravá bývají a snadné se ztrácejí.

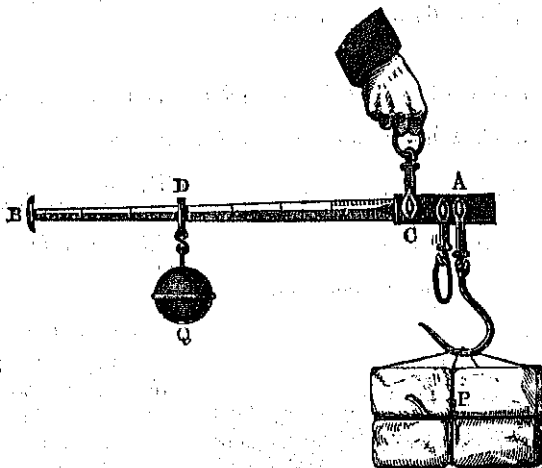
Na obr. 57. viděti váhy *tabulné* č. *anglické*, jejichž misky nejsou na vahadle zavěseny, nýbrž na koncích ramen na ostrých hranách spočívají.

Obr. 57.



97. Přezmen (římské váhy) jest páka nestejnoramenná (obr. 58.). Na kratším rameni jejím *AC* se zavěsuje miska neb hák na zboží *P* a na delším v rovné díly rozděleném rameni *CB*

Obr. 58.



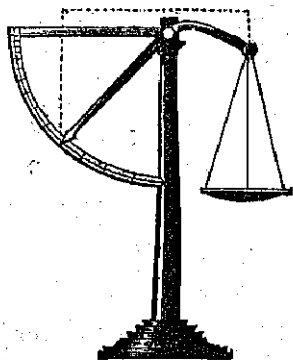
pošínuje se závaží, tak zvaný *běhoum* *Q*, až jsou váhy v rovnováze, t. j. až má vahadlo polohu vodorovnou. Myslíme-li si, že nemá přezmen sám žádné váhy, a je-li zboží *P* zavěšené v *A* a běhoum *Q* v bodu *D* v rovnováze, bude $P \cdot AC = Q \cdot CD$, z čehož

$$P = \frac{Q \cdot CD}{AC}. \text{ Je-li } CD = n \cdot AC, \text{ bude } P = \frac{Q \cdot n \cdot AC}{AC} = Q \cdot n.$$

Váží-li během Q 1 libru, bude zboží P vážit 1 libru, t. j. tolik liber, u kolikátého dílku ramene CB byl během zavěšen.

Stupnice na rameni CB se ustanovuje zkusmo zavěšováním břemene určité váhy na hák u A . Jsou-li u A dva háky, bývá pro každý stupnice zvláštní, jak to obr. 58. patrně ukazuje.

Obr. 59.



Poněvadž má přezmen s háky neb miskou jistou váhu, nutno vyhledati těžiště jeho a v něm mysliti sobě sílu, která se rovná váze vahadla i hákův na něm upevněných; na tuto sílu dlužno hleděti při ustanovení stupnice. — Váhy s obloukem, jimiž se ustanovuje váha bez závaží, viděti na obr. 59.

98. Váhy můstkové skládají se (obr. 60.) z páky dvouramenné a nestejnoramenné ab , jejíž podpora jest v c , páky jednoramenné gh , mající podporu v g , z mostku ms , na který se klade zboží Q , které chceme vážit, a z tyčí bh a ds , kterými jest páka jednoramenná a mostek s pákou dvouramennou spojen.

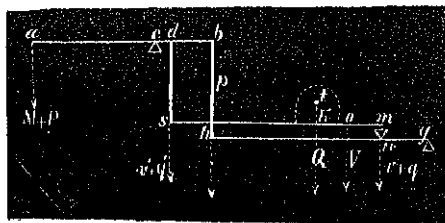
Je-li váha mostku V a těžiště jeho v bodu o , tož rozdělí se V ve složky v a v' , z nichž prvá, působící v m , bude $v = \frac{V \cdot os}{ms}$ a

druhá, jejíž působíště jest v s , totiž $v' = \frac{V \cdot mo}{ms}$. Bude-li na mostku

břemeno Q , jehož těžiště jest v t , a rozdělíme-li i Q ve složky q

v bodu m a q' v bodu s , bude opět $q = \frac{Q \cdot ks}{ms}$ a $q' = \frac{Q \cdot km}{ms}$.

Obr. 60.



V n působí tudíž na páku gh tlak $v+q$, jehož účinkem by se bod h a pročež i bod b s ním spojený pohyboval kolmo dolů silou p . Poněvadž $p \cdot gh = (v+q)ng$,

bude $p = (v+q) \frac{ng}{gh}$. V bodu

s působí pak síla $v'+q'$ a poněvadž jest s a d pevně spojeno, bude $v'+q'$ půso-

biti na bod d . Má-li zůstatí páka ab v rovnováze, musíme do misky M vložití závaží P a musí býti

$$(P+M)ca = (v'+q')cd + (v+q) \frac{ng}{gh} \cdot cb \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Sestrojíme-li páky tak, aby $ng:gh = cd:cb$, z čehož $cb = \frac{gh \cdot cd}{ng}$ (2)

a vložíme-li tuto hodnotu do rovnice 1, bude:

$$(P+M)ca = (v'+q')cd + (v+q)cd = [(v'+q') + (v+q)]cd = (V+Q)cd \quad (3)$$

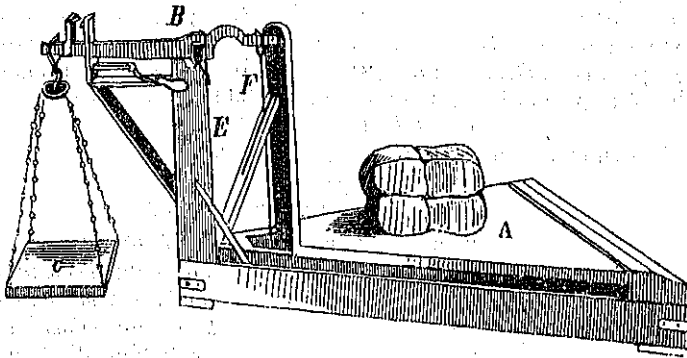
Obyčejně bývají váhy sestroyeny tak, že vahadlo má polohu vodorovnou, když není ani zboží na mostku ani závaží na misce. Tu musí býti $M \cdot ca = V \cdot cd$ (4). Odečteme-li tuto rovnici od rovnice 3,

zbývá $P \cdot ca = Q \cdot cd$, z čehož $P = Q \frac{cd}{ca}$ a je-li $ca = n \cdot cd$, $P = \frac{Q \cdot cd}{n \cdot cd}$

čili $P = \frac{Q}{n}$ a $Q = n \cdot P$. Je-li $n=10$, bude $P = \frac{Q}{10}$ a pak

slovou váhy místkové desetinné, je-li $n=100$, bude $P = \frac{Q}{100}$ a váhy se nazývají setinné.

Obr. 61.

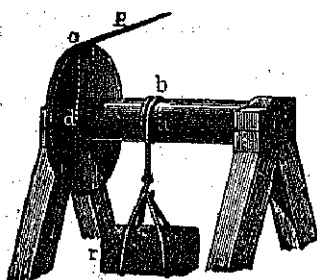


Jak patrnó, můžeme položití zboží kamkoliv na místek. — Výhody vah desetinných a setinných. — Úpravu vah desetinných viděti na obr. 61., kdež A mostek se zbožím, B páku ab , E tyč de a F tyč bh značí.

99. Kolo na hřídeli skládá se (obr. 62) z válce č. *hřídela*, který se okolo své osy otáčí a z *kola*, které jest s hřídelem pevně spojeno tak, aby stálo plochou svou na něm *kolmo* a aby střed svůj mělo v ose hřídela. Na obvodu hřídela působí břemeno r a na obvodu kola síla p (aneb naopak). Poněvadž jest kolo s hřídelem pevně spojeno, můžeme pokládati za to, že působí síla *i* břemeno v *též* rovině. Kolo na hřídeli objeví se pak co dvouramenná, nestejnoramenná páka, která se okolo osy hřídela

otáčí. Bude tudíž $p \cdot cd = r \cdot ab$, z čehož $p:r = ab:cd$, t. j. na kole na hřídeli jest rovnováha, má-li se síla ku břemenu jako poměr hřídele ku poloměru kola.

Obr. 62.



Rumpál, vratidlo, vodní kola.

100. Kolostroje. Spojíme-li více kol na hřídeli v jediný celek tak, aby otáčela se všechna, když se jedno z nich účinkem nějaké síly otáčí, vzniká kolostroj č. soukolí (Rädersystem).

Kola bývají spolu spojena vespolek napnutými řemeny, šňárami, řetězy aneb působí jedno kolo třením na hřídel druhého kola aneb jsou kola i hřídele ozubená, jako na obr. 63.

Kolostrojem se přenáší síla, která by měla působiti na obvodu prvního kola, co břemeno na hřídel kola druhého, síla druhého jest břemenem hřídele třetího kola atd.

Abý zůstalo v rovnováze ozubené kolo V (obr. 63.), na jehož hřídeli X působí břemeno W , musila by na obvodu kola působiti síla p a $p:W = FG:EF = r:R$ (1). Síla p přenesena pak co břemeno na obvod hřídele T , a na kole S bude potřebí síly p' , aby $p':p = DE:DB = r':R'$ (2). Bude-li pak síla p' břemenem hřídele R a působí-li na kolo Q síla P bude v rovnováze

$$P:p' = CB:CA = r'':R'' \quad (3).$$

V rovnováze bude tudíž $p:W = r:R$ (1)

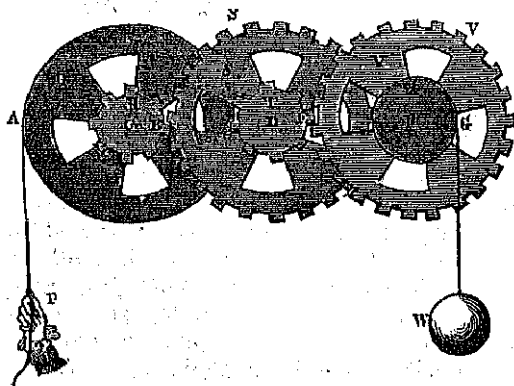
$$p':p = r':R' \quad (2)$$

$$P:p' = r'':R'' \quad (3),$$

z čehož $P:W = r \cdot r' \cdot r'' : R \cdot R' \cdot R''$ t. j. síla

má se ku břemenu, jako součin poloměrů hřídel k součinu poloměrů kol. Pokládáme-li kola na hřídeli za páky, jichž ramena by byla FG a EF , DE a DB , CB a CA bude v rovnováze síla mítí se ku břemenu jako součin ramen břemene k součinu ramen síly (dle 95). Mlýnské a hodinové stroje.

Obr. 63.

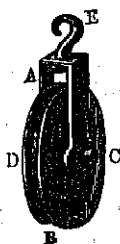


101. Kladka jest kotouč (obr. 64.) na obvodu opatřený

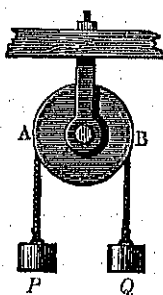
žlábkem, do něhož se klade provaz (řetěz). Kotouč otáčí se kolem osy C , procházející středem jeho a upevněné ve vidlici A , kteráž má na konci hák E .

Je-li kladka na háku zavěšena, tak že může pouze okolo své osy se otáčeti, nikoliv však i s osou s místa se pohybovati (obr. 65.); pak slove *kladkou nehybnou* (fixe Rolle); je-li pak bře-

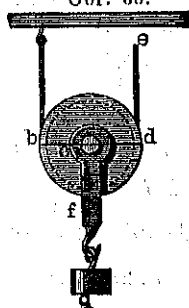
Obr. 64.



Obr. 65.



Obr. 66.



meno zavěšeno na háku f a může-li kladka nejen kolem osy se otáčeti, nýbrž i s břemenem do výše vystupovati a s ním dolů padati (obr. 66.), pak se nazývá *kladkou hybnou* (bewegliche Rolle).

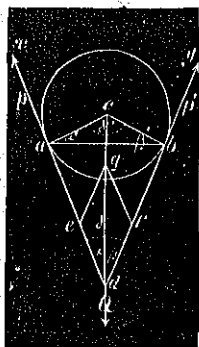
a) Na *kladce nehybné* (obr. 65.) působí síla P i břemeno Q na též provaze a poněvadž jest osa kladky podporou, musí býti poloměr kotouče ramenem síly i břemene. Mohli bychom tudíž kladku nehybnou v rovnováze nahraditi pákou AB , jejíž podpora by byla v ose kladky. Je-li r poloměr kladky, bude $P \cdot r = Q \cdot r$ čili $P=Q$. V rovnováze na *kladce nehybné* rovná se síla břemenu.

Kladkou nehybnou není tudíž možno síly ušetřiti, pročež slouží kladka ta pouze k tomu, aby směr síly dle potřeby se změnil.

Tření. — Používání kladky nehybné při stavbě, ku zavírání dveří atd.

b) Na *kladce hybné* působí břemeno Q (obr. 67.) v ose c kolmo dolů, na jednom konci provazu působí síla P směrem ax vzhůru, druhé konce pak upevněn v bodu y . V rovnováze budou oba konce provazu stejně napnuty, můžeme tudíž považovati odpor v pevném bodu y co sílu P' , působící směrem by vzhůru a $P'=P$. V rovnováze musí výslednice sil P a P' rovnati se břemenu Q a váze kladky a působiti *protivným* směrem, musí tudíž protínati směr její osy c . Pro-

Obr. 67.



dloužíme-li směry ax a by , až se setkají v d a přeložíme-li P a P' do bodu d bude dg výslednice jejich a poněvadž $de=df$ a tudíž $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta$, bude dg prodlouženo protínati osu c . Nemá-li kladka žádné váhy, bude $P:P':Q = \sin \beta : \sin \alpha : \sin \gamma$. Úhel $\beta = \beta'$ a $\alpha = \alpha'$ (poněvadž jsou ramena na sobě kolmo) a pročež $\sin \beta = \sin \beta'$ a $\sin \alpha = \sin \alpha'$; ve čtyřúhelníku $cadb$ jest pak $\gamma' = 180 - \gamma$,

pročež $\sin \gamma' = \sin(180 - \gamma) = \sin \gamma$, a tudíž

$$P:P':Q = \sin \beta' : \sin \alpha' : \sin \gamma'.$$

V $\triangle abc$ pak $ac:bc:ab = \sin \beta' : \sin \alpha' : \sin \gamma'$

pročež $P:P':Q = ac:bc:ab$, a poněvadž P' nepůsobí,

bude $P:Q = ac:ab$, t. j. v rovnováze má se na kladce hybné síla ku břemenu, jako poloměr kladky ku tetivě oblouku, provazem opásaného. Je-li $ac=r$ a $ab=t$, bude $P:Q=r:t$,

z čehož $P = \frac{Q \cdot r}{t}$.

Jsou-li provazy rovnoběžné (obr. 66.) bude $t=2r$ pročež $P:Q = r:2r$ a $P = \frac{Q}{2}$, t. j. síla se rovná polovici břemene.

102. Kladkostroje. Spojením více kladek hybných a dle potřeby i nehybných vznikají *kladkostroje*.

a) *Kladkostroj obecný* (Flaschenzug) skládá se (obr. 68.) z vidlice nehybné, na háku zavěšené a vidlice hybné, na jejímž háku jest zavěšeno břemeno q . V každé vidlici jest dvě aneb i více kladek spojeno a okolo všech vine se jen jeden provaz tak jak to na obr. 68. viděti. Síla p působí na volném konci provazu; břemeno q působí pak na háku vidlice hybné a rozděluje se v tolik stejných dílův, na kolika provazech jest zavěšeno, neboť jsou všechny provazy stejně napnuty. Provazův jest však tolik, kolik kladek v kladkostroj spojeno; při 6 kladkách připadá tudíž na každý provaz jen $\frac{1}{6}$ břemene a tudíž $p = \frac{q}{6}$. Je-li vše-

obecně n počet kladek, bude $p = \frac{q}{n}$, z čehož $p:q = 1:n$.

Někdy bývá kladkostroj obecný složen způsobem na obr. 69. znázorněným.

b) *Kladkostroj Archimédův* (Rollenzug) se skládá z několika kladek hybných (obr. 70.) tak spojených, že síla, kteráž má působiti na kladce první, přenáší se co břemeno na kladku druhou, síla druhé co břemeno na třetí atd. Obvykle bývají provazy rovnoběžny a volný konec provazu posledního vložen na kladku nehybnou, kterou se toliko směr síly p mění, nikoliv však poměr její ku břemenu. Nebereme-li ohledu na váhu kladek, bude v rovnováze:

na kladce první síla $p' = \frac{q}{2}$

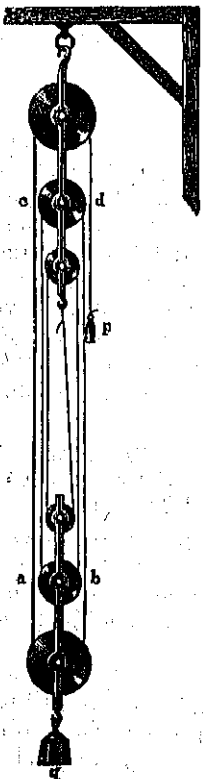
„ „ druhé „ $p'' = \frac{p'}{2} = \frac{\left(\frac{q}{2}\right)}{2} = \frac{q}{2^2}$

„ „ třetí „ $p''' = \frac{p''}{2} = \frac{\left(\frac{q}{2^2}\right)}{2} = \frac{q}{2^3}$.

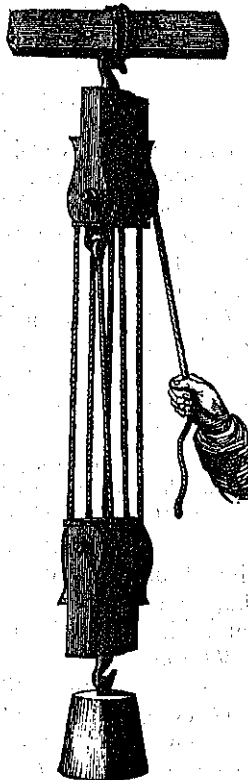
Na nehybné kladce jest pak $p = p''' = \frac{q}{2^3}$. Bude-li n kladek, bude tudíž $p = \frac{q}{2^n}$.

Kterak možno ustanoviti p , nejsou-li provazy rovnoběžny a hledíme-li též na váhu kladek?

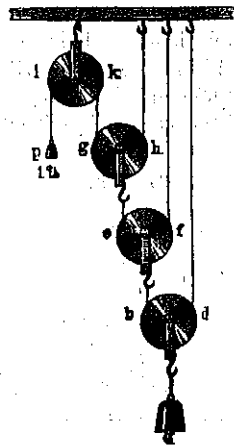
Obr. 68.



Obr. 69.

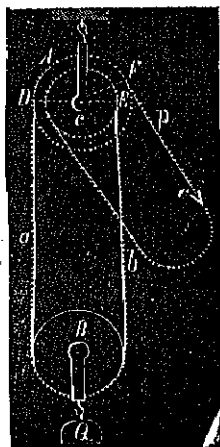


Obr. 70.



c) *Kladkostroj diferenciální č. dvojkladka* (obr. 71.) skládá se z kladky nehybné *A* a kladky hybné *B*, kolem nichž se vine nekonečný řetěz. Na kladece *A* jsou dva žlábků vedlé sebe, z nichž jeden má průměr menší. Na každý řetěz *a* a *b* připadá polovice břemene *Q*, neboť jsou oba řetězy stejně napnuty. Je-li $CD=CF=R$, $CE=r$ a působí-li na řetěz *c* síla *P*, bude v rovnováze:

Obr. 71.



$$P \cdot CF + \frac{Q}{2} \cdot CE = \frac{Q}{2} \cdot CD,$$

$$\text{aneb } P \cdot R + \frac{Q}{2} \cdot r = \frac{Q}{2} \cdot R,$$

$$\text{z čehož } P \cdot R = \frac{Q}{2} (R - r)$$

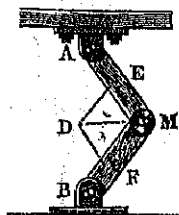
$$\text{a } P = \frac{1/2(R-r)}{R} \cdot Q.$$

Aby bylo tření dosti silné, užívá se řetězů, neboť by se provazy ve žlábkách smykalý; aby pak $R-r$ bylo číslem velmi malým, bývá *r* jen o málo menší než *R*, čímž se velmi mnoho síly ušetří.

Používání kladkostrojů.

103. Koleno (Kniepresse) jest stroj velmi jednoduchý; jehož působení zakládá se v rozkladu sil. Koleno se skládá ze dvou ramen *AM* a *BM* (obr. 72.) v *M* kloubem spojených. Rameno *AM* se opírá kloubem *A* o nehybnou podporu, rameno *BM* pak jest spojeno kloubem *B* s pohyblivou deskou, která na předmět pod ní ležící se přitlačuje. Působí-li v *M* síla, jejíž směr a poměrná velikost jest vyznačena přímkou *MD*, rozdělí se ve složky *ME* a *MF*, z nichž prvá, totiž *ME* hořejší opěrou se ruší, tak že zbývá pouze složka *MF*, jejíž velikost z trojúhelníku *MDF* dle 78. snadno lze ustanoviti.

Obr. 72.



Kolena užívá se s prospěchem u lisů tiskařských a ražebných, kde potřebí na malou vzdálenost způsobiti tlak velmi silný, ale jen krátkou dobu trvající.

104. Nakloněná rovina. Každá pevná rovina, která s rovinou vodorovnou v úhlu se sbíhá, zove se *rovinou nakloněnou*. Značí-li na

obr. 73. *abc* nakloněnou rovinu v průřezu, zove se *ab* délkou, *ac* výškou a *bc* šířkou č. základnou její.

a) Je-li na nakloněné rovině (obr. 73.) tělo *M*, jehož těžiště jest v *o* a jehož váha *Q* vyznačena přímkou *og*, a má-li zůstati tělo *M* v rovnováze účinkem síly *P*, která působí rovnoběžně s délkou nakloněné roviny směrem *oy*, tu rozložíme $Q=og$ ve složku

$q=oh$, která působí směrem oz , kolmo na nakloněnou rovinu, a ve složku $P'=om$, která působí směrem ov , rovnoběžně s ab . Účinek složky q ruší se odporem pevné roviny ab , tak že zbývá pouze býti na rovině nakloněné rovnováha, síly stejně veliké, v též přímce protivravným směrem působící; musí tudíž býti $P=P'$ a značí-li om poměrnou velikost síly P' a on poměrnou velikost síly P , musí býti $om=on$. V $\triangle mog$ jest $P'=Q \cdot \sin \alpha'$; poněvadž pak $\triangle mog \sim \triangle abc$, jest $\sphericalangle \alpha' = \sphericalangle \alpha$, pročež $\sin \alpha' = \sin \alpha$ a tudíž $P'=P=Q \cdot \sin \alpha$. V $\triangle abc$ jest

$\sin \alpha = \frac{ac}{ab}$, pročež $P=Q \cdot \frac{ac}{ab}$, a tudíž $P:Q = ac:ab$. Jak

výše řečeno, jest ac výškou v a ab délkou d nakloněné roviny abc , pročež $P:Q = v:d$, t. j. působí-li na rovině nakloněné síla rovnoběžně s délkou roviny, má se v rovnováze síla ku břemenu, jako výška nakloněné roviny ku délce její.

b) Působí-li (obr. 74.) síla P rovnoběžně se šířkou nakloněné roviny směrem oy , rozložíme $Q=og$ ve složku $q=oh$, jejíž účinek

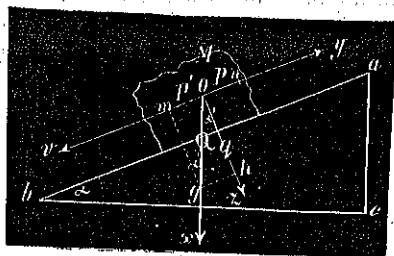
se z týchž příčin jako v případě předcházejícím zruší, a ve složku $P'=om$, kteráž, má-li býti na nakloněné rovině rovnováha, musí se rušiti působením síly P ; musí tudíž P rovnati se P' a působiti směrem protivravným. Značí-li ov směr a om poměrnou velikost síly P' , bude oy směr a $on=om$ poměrná velikost síly P . V $\triangle omg$ jest $P'=Q \cdot \tan \alpha'$, a poněvadž $\triangle omg \sim \triangle abc$, tudíž $\sphericalangle \alpha' = \sphericalangle \alpha$

a $\tan \alpha' = \tan \alpha$, bude $P'=P=Q \cdot \tan \alpha$. V $\triangle abc$ jest $\tan \alpha = \frac{ac}{bc}$,

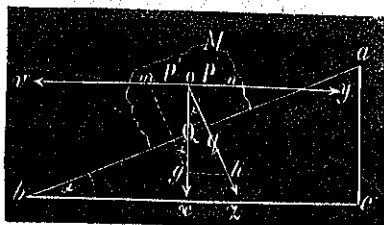
pročež $P=Q \cdot \frac{ac}{bc}$, z čehož $P:Q = ac:bc$. Značí-li ac výšku v a bc šířku, čili základnou z , bude $P:Q = v:z$, t. j. působí-li na rovině nakloněné síla rovnoběžně se základnou roviny, má se v rovnováze síla ku břemenu, jako výška nakloněné roviny ku základně její.

105. Klín jest nakloněná rovina s tím toliko rozdílem, že

Obr. 73.



Obr. 74.



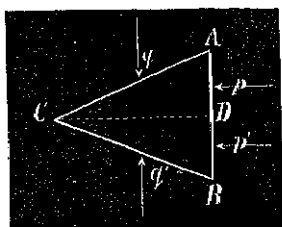
nakloněná rovina stojí a břemeno na ní se pohybuje, což u klínu naopak; proto působí na klínu síla směrem protivným.

V průřezu bude naznačen klín trojúhelníkem ACD (obr. 75.), jehož strana AD se zove čelem klínu; síla p působí kolmo na čelo AD a břemeno q kolmo na CD . Působí-li břemeno s obou stran na klín, přiostrí se klín na obou stranách, tak že se skládá takřka ze dvou nakloněných rovin ACD a BCD ; síla p musí pak býti v rovnováze s břemenem q a síla p' s břemenem q' . Jak výše odvozeno $p:q = AD:CD$, z čehož $\frac{p}{q} = \frac{AD}{CD}$; taktéž

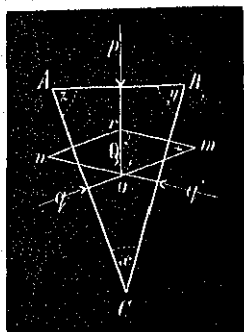
$p':q' = BD:CD$, z čehož $\frac{p'}{q'} = \frac{BD}{CD}$. Je-li $p+p' = P$ a $q=q'=Q$ bude $\frac{p}{q} + \frac{p'}{q'} = \frac{P}{Q} = \frac{AD+BD}{CD} = \frac{AB}{CD}$, z čehož $P:Q = AB:CD$ (1).

Působí-li břemena q a q' kolmo na AC a CB (obr. 76.) a prodloužíme-li směry jejich, tak že se stýkají v o , bude-li om poměrná velikost břemene q , or poměrná velikost břemene q' a se-

Obr. 75.



Obr. 76.



strojíme-li rovnoběžník $omrm$, bude or značiti poměrnou velikost a směr výslednice Q složek q a q' . Má-li býti opět na klínu rovnováha, musí síla P rovna býti $or = Q$ a působiti směrem protivným.

$$V \triangle omr \quad P:q:q' = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma;$$

$$= \sin \alpha : \sin \gamma : \sin \beta$$

$$= AB : AC : BC, \text{ z čehož}$$

$$P:q = AB:AC \text{ (2) a } P:q' = AB:BC \text{ (3).}$$

Ze srovnalosti 1. 2. a 3. vyplývá:

Je-li na klínu rovnováha, má se síla ku břemenu jako čelo klínu k tomu rozměru jeho, na který břemeno kolmo působí.

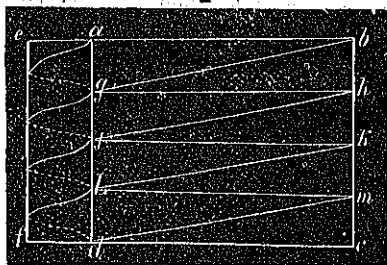
Tupé a ostré klíny. — Používání klínu k rozličným účelům. — Lis klínový.

106. Šroub. a) Je-li $abcd$ (obr. 77.) plášť válce $aefd$, rozdělený rovnoběžkami $gh, jk, lm \dots$ v stejné obdélníky $abgh, ghjk, jklm, lmcd$, vedeme-li v rovnoběžnicích těchto úhlopříčné bg, hj, kl, md , a navineme-li plášť opět

na válec $aefd$, tu splynou všechny úhlopříčné v jedinou čáru, která okolo válce vždy ve stejných vzdálenostech se vine a šroubovici (Schraubenlinie) slove. Bude-li na šroubovici připevněn hranol třístranný aneb čtyřstranný, tak zvaný zdvít, vznikne vřeteno šroubu (Schraubenspindel), jako na

obr. 78. a 79.; vedeme-li pak šroubovici kolem vnitřní plochy dutého válce a jest-li ve šroubovici dutina, ve které hranoly vřetene pohybovati se mohou, vznikne matice šroubovů (Schraubennutter), jako na obr. 80. Vřeteno s příslušnou maticí jest pak

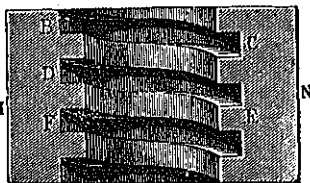
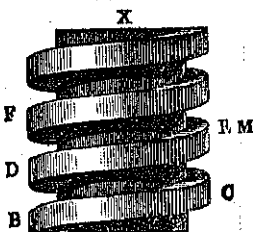
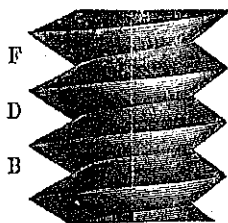
Obr. 77.



Obr. 78.

Obr. 79.

Obr. 80.



šroub, který jest upraven buď tak, že vřeteno postupuje a matice nehybnou bývá, buď vřeteno nehybným jest a matice kolem něho se otáčí.

b) Každá jednotlivá úhlopříčná bg, hj, kl, md (obr. 77.) tvoří jednu otočku (Schraubengang) a poněvadž jest každá otočka nakloněnou rovinou a vřeteno neb matice v kruhu se otáčí, působí síla P rovnoběžně se základnou, kteráž se rovná obvodu vřetene; břemeno Q postupuje při každém otočení šroubu o výšku jedné otočky a působí rovnoběžně s osou válce, tudíž i rovnoběžně s výškou otočky č. nakloněné roviny. Působí-li na nakloněné rovině síla rovnoběžně se základnou, bude (dle 104. b) $P:Q = v:z$. Je-li r poloměr vřetene, bude $z = 2\pi r$, pročež $P:Q = v:2\pi r$ (1), t. j. v rovnováze má se na šroubu síla ku břemenu, jako výška otočky k obvodu šroubu.

Ze srovnalosti 1. vyplývá rovnice $P = Q \cdot \frac{v}{2\pi r}$ (2).

c) Nejčastěji spojuje se šroub s pákou jako na obr. 81.; na páce bude pak (dle 94.) $P:p = bc:ac$,

na šroubu (dle 1.) $p':Q = v : 2\pi r$, pročež

$$P:Q = v.bc : 2\pi r.ac \text{ a poněvadž}$$

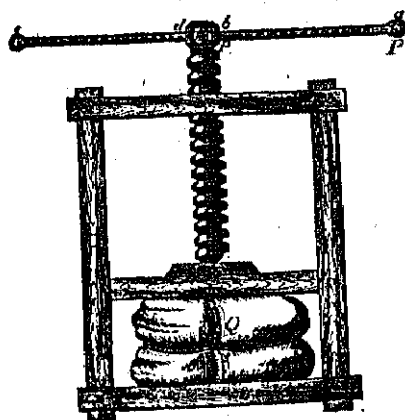
$bc = r$ a $ac = R$, bude $P:Q = v : 2\pi R$, z čehož $P = \frac{Qv}{2\pi R}$, t. j.

na šroubu, spojeném s pákou, bude v rovnováze síla s břemenem v poměru jako výška otočky s obvodem kruhu delším ramenem páky opsaného.

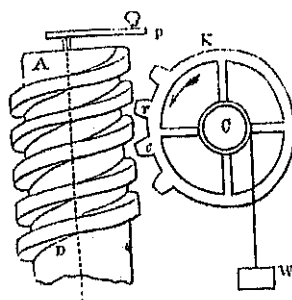
Spojíme-li šroub s kolem na hřídeli, kdež pak R jest poloměrem kola, bude v rovnováze míti se síla ku břemeni jako výška otočky k obvodu kola.

d) Šroub bezkonečný čili (dle vynálezce svého) šroub Archimédův jest znázorněn obr. 82. Vřeteno AD zasáhá závity svými do kola K a otáčejíc se nepostupuje dále, tak že bez konce otáčeti se může, odkudž i celý stroj šroubem bezkonečným slove. Na hřídeli C působí

Obr. 81.



Obr. 82.



břemeno W , jež by na obvodu kola K vyžadovalo v rovnováze síly p' . Je-li r poloměr hřídele a R poloměr kola, musí v rovnováze

$$p':W = r:R \quad (1).$$

Síla p' jest pak břemenem na vřetenu AD , spojeném s klikou (pákou), na které působí síla p . Je-li R' délka kliky (páky) č. poloměr kruhu, jož klika při otáčení vřetene opisuje, bude z předcházejícího

$$p:p' = v:2\pi R' \quad (2).$$

Ze srovnalosti 1. $p':W = r:R$

$$\text{a 2. } p:p' = v:2\pi R'$$

$$\text{vyplývá } p:W = vr:2\pi R'.R \text{ a } p = \frac{W.vr}{2\pi R'R}.$$

Použití šroubu. a) Šroubem možno udržeti v rovnováze i veliké břemeno silou nepatrnou, proto používá se šroubu k listům a strojům zdvihacím; taktéž slouží šrouby ku připevňování a spojování těl.

b) Na *parních lodích šroubových* nalozá se vřetenem s dvojitým závitem okolo své osy a pohybující se ve vodě jako v matici postupuje i s lodí, s níž jest spojeno, rychle ku předu. (Vynálezce šroubu lodního byl Čech Josef Ressel, narozený v Chrudimi r. 1798.)

c) Šroub *drobnoměrný* (Mikrometerschraube). Jsou-li všechny otočky šroubu stejně vysoké, jeli výška jich ku př. $\frac{1''}{n}$ a otočí-

me-li šroub o $\frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \frac{3}{m} \dots \frac{b}{m}$ obvodu

jeho, postoupí vřetenem o $\frac{1''}{mn}, \frac{2''}{mn},$

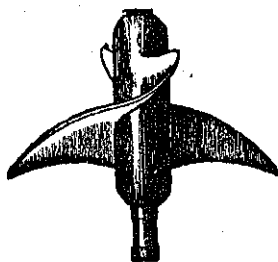
$\frac{3''}{mn} \dots \frac{b''}{mn}.$

Je-li kotouč s vřetenem *ac* (obr. 84.) spojený rozdělen v *n* stejných dílův a je-li při něm nehybný nonius *z*, bude možno určit, jak daleko se pošine vřetenem *ac* ku předu, když jsme kotouč o jakoukoli i velmi malou částku obvodu otočili. Šroub taktéž upravený slove proto šroubem *drobnoměrným* a slouží ku měření velmi malých rozměrů a ku pošinování těl do velmi nepatrné vzdálenosti. Je-li ku př. výška otočky $\frac{1''}{2}$ a kotouč rozdělen

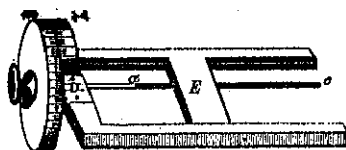
ve 100 stejných dílův, pošine se vřetenem o $\frac{1''}{2 \times 100}$, byl-li kotouč o jeden díl, t. j. $\frac{1}{100}$ svého obvodu otočen. Možno-li noniem měřiti ještě $\frac{1}{10}$ každého

dílu kotouče a otočíme-li kotouč jen o $\frac{1}{10}$ dílu, tudíž o $\frac{1}{1000}$ obvodu jeho, pošine se vřetenem o $\frac{1}{2 \times 1000}$, tudíž o $\frac{1''}{2000}.$

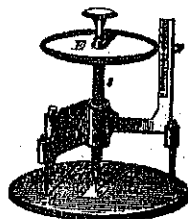
Obr. 83.



Obr. 84.



Obr. 85.



Šroubu drobnoměrného používá se při *stroji rozdělovacím* a při *sférometru*.

Mysleme si, že vřetenem na obr. 84. nepostupuje při otáčení ku předu, tož bude pošinovati se otáčením jeho matice *E*. Je-li pak s maticí *E* spojena deska s raménkem, které má na konci připevněné rydlo, tož postupuje

rydlo, když byl kotouč m o jistou ale vždy stejnou část obvodu otočen, také o určitou stejnou část ku předu a můžeme jím vyrýti na předmětu, jež jsme vedle na desku nehybnou připovněli, vždy ve stejných vzdálenostech rozdělovací čárku. Stroj takto upravený nazývá se *strojem rozdělovacím*, jímž možno rozdělit každou určitou délku (ku př. stupnici teploměru) v určitý počet stejných dílův. Nejprve vyšetří se, kolikrátě nutno vřetenem otočiti, aby rydlo celou délku prošlo, rozdělíme-li pak počet otoček v tolik dílův, kolik na dané délce má se udělati, bude patrné, o kolik dílkův se musí kotouč m otočiti, aby rydlem vždy v určitém místě rozdělovací čárka vyrýti se mohla.

Sférometr (obr. 85.) slouží ku měření tloušťky velmi tenkých listkův. Na broušenou, rovnou desku skleněnou G postavíme třínožku a a u o a otočíme šroub s , aby se bodec jeho dotýkal desky G ; tu přiléhá pak kotouč E začátečním bodem svého rozdělení ku jistému dílku měřítka z . Pak zdvihneme vřetenem a vložíme pod bodec jeho listek e , jehož tloušťku máme určit, načež se vřetenem opět otočí, aby bodec dotýkal se listku e . Je-li pak ku př. výška závitů $v = \frac{1''}{12}$ a byl-li kotouč E o $\frac{15}{100}$ svého obvodu výše otočen, bude

tloušťka listku $\frac{1''}{12} \times \frac{15}{100} = \frac{16''}{1200} = \frac{1''}{80}$. Nejčastěji bývá kotouč E rozdělen ve 100 dílkův a na měřítku z viděti pak, kolikrátě se otočil. Sférometrem možno též posouditi, zdaž jest nějaká deska na povrchu svém všude rovna aneb jak jest zakulacena.

B. Dynamika.

1. Pohyb rovnoměrný, a rovnoměrně zrychlený.

107. O pohybu vůbec. Při každém pohybu musíme pozorovati: 1. co se pohybuje; 2. sílu hybnou; 3. dráhu, kterou tělo pohybující se koná; 4. směr pohybu; 5. čas, jehož ku pohybu potřebí; 6. způsob a rychlost pohybu.

a) Pohybovati se může buď *jediný hmotný bod*, buď *celé tělo*. Nejjednodušší jest pohyb hmotného bodu, zákony tohoto pohybu možno však rozšířiti na pohyb celého těla, kteréž ze hmotných bodův se skládá.

b) Pohybující se bod neb tělo, kteréž si myslíme co jednoduchý bod, opisuje v pohybu *čáru* a tou jest naznačena *dráha*, kterou bod koná. Je-li dráha přímá, slove *pohyb přímočárny*, je-li dráha křivá, jest *pohyb křivočárny*. Délka dráhy určuje se obyčejnými měrami délkovými.

c) *Směr pohybu* značí *přímka*, ve které tělo buď skutečně se pohybuje buď se pohybovati se snaží. Při pohybu *přímochárném* má tělo vždy *týž směr* a přímka naznačující dráhu, značí spolu i směr pohybu. Při pohybu *křivočárném* jest směr v každém bodu dráhy *jiný* a určuje se *tečnou*, vedenou k dotýčnému bodu dráhy *směrem tím*, ve kterém se tělo pohybuje.

d) Pohyb trvá *jistý čas*. Jedničkou času jest *vteřina*; čas neb doba pohybu vůbec jest tudíž vždy *jistý počet vteřin*.

e) Koná-li tělo v *stejných třeba i přemalých dobách* stejné dráhy, vzniká *pohyb rovnoměrný* (gleichförmige Bewegung). Poměr

vykonané dráhy ku času, jehož bylo ku vykonání dráhy potřeba, slove *rychlostí pohybu*. Jedničkou rychlosti jest dráha v jedné vteřině rovnoměrně vykonaná a v obecné míře délkové určená.

Tak jest ku př. rychlost řek 3—5', větru 10', víchru 50', parovozů 30', kulky ručníčné 1500', 24liberní kule dělové 3300', zvuku 1050', světla 42000 mil, električnosti 62000 mil atd.

Pozn. U parovozů určuje se často rychlost drahou za jednu hodinu vykonanou; za jedničku času bře se tudíž hodina.

f) Koná-li tělo ve stejných dobách nestejně dráhy, slove *pohyb nerovnoměrný* (ungleichförmig) a ten jest buď *zrychlený* (beschleunigt), přibývá-li rychlosti, buď *zpozděný* (verzögert), ubývá-li rychlosti.

Přibývá-li rychlosti v stejných dobách stejně mnoho, jest pohyb *rovnoměrně zrychlený* a rychlost, kteráž za každou vteřinu přibývá, slove *zrychlení* (akceleraace); ubývá-li rychlosti v stejných dobách stejně mnoho, slove pohyb *rovnoměrně zpozděný* a rychlost, kteráž v každé vteřině ubývá, nazývá se *zpozdění*. Přibývá-li neb ubývá-li rychlosti v stejných dobách nestejně, jest pohyb *nerovnoměrně zrychlený* neb *nerovnoměrně zpozděný*.

g) Pohybuje-li se tělo nerovnoměrně, má v každém bodu své dráhy jinou rychlost; tato rychlost slove *rychlostí konečnou* (Endgeschwindigkeit) pro týž bod a naznačuje se drahou, kterou by tělo za jednu vteřinu vykonalo, pohybujíc se rychlostí tou rovnoměrně. Konečná rychlost jisté doby jest spolu začátečnou rychlostí nejbližší příští doby. Tak jest ku př. konečná rychlost 1., 2., 3. . . n-té vteřiny začátečnou rychlostí 2., 3., 4. . . n+1. vteřiny. Jak patrné jest zrychlení konečná rychlostí první vteřiny.

h) Pohybují-li se všechny hmotné body těla vespolek v přímkách rovnoběžných *rovnou rychlostí*, slove pohyb takový *postupným* (fortschreitend, progressiv); pohybují-li se všechny hmotné body těla kolem bodu neb *přímky (osy)*, kteráž v klidu zůstává, nazývá se pohyb ten *otáčivý* (drehend, rotierend).

108. Pohyb rovnoměrný. a) Působí-li na tělo síla *okamžitá*, vznikne pohyb *rovnoměrný*, neboť síla dala tělu jistou rychlost a tou pohybuje se tělo, poněvadž jest setrvačné, ustavičně, tudíž *rovnoměrně* a *přímochárně*, není-li překážek neb sil, kterými by rychlost pohybu se umenšovala aneb směr se měnil. Vykoná-li tělo za jednu vteřinu dráhu c , vykoná za 2, 3, 4 . . . t vteřin dráhu $2c, 3c, 4c \dots tc$. Značí-li s dráhu, c rychlost a t čas, bude $s = c \cdot t$ (1), z čehož $c = \frac{s}{t}$ (2) a $t = \frac{s}{c}$ (3), t. j. *dráha,*

kteřou vykoná tělo, pohybující se rovnoměrně, rovná se součinu rychlosti a času; rychlost rovná se délce vykonané dráhy dělené počtem vteřin, jichž bylo ku vykonání té dráhy třeba; čas rovná se pak dráze, dělené rychlostí.

b) Poněvadž jest $s=ct$, bude $S=CT$, pročež $S:s=CT:ct$ (4).
 Je-li $C=c$, bude $S:s=T:t$ (5), je-li $T=t$, bude $S:s=C:c$ (6)
 t. j. jsou-li rychlosti rovny, mají se dráhy k sobě jako doby pohybu (5), jsou-li doby rovny, mají se dráhy k sobě jako rychlosti pohybu (6).

Pohybu rovnoměrného nesnadno silou okamžitou docíliti, neboť překážky, kteréž každému pohybu vždy odporují, zmenšují rychlost, tak že stává se pohyb zpozděným. V hodinách a ve strojích vůbec pohybují se částice rovnoměrně silami nepřetržitými, jichž působení se upravuje způsobem zvláštním.

109. Pohyb rovnoměrně zrychlený. Síla stálá působuje pohyb rovnoměrně zrychlený. Stálou silou možno totiž rozložití v nesčíslné množství stejných sil okamžitých (ku př. rázů, vrhů a pod.), kteréž po částicích času nesmírně kratičkých τ jedna po druhé na tělo působí. Dá-li prvá taková síla okamžitá v první nesmírně kratičkové částici času tělu rychlost γ , podržuje tělo tu rychlost i v druhé a každé následující částici času, poněvadž jest setrvačné; v druhé částici času přibývá pak opět rychlost γ takže má tělo po uplynulých dvou stejných přemalých částicích času rychlost $\gamma+\gamma=2\gamma$. Tuto podrží, poněvadž jest setrvačné i v třetí přemalé částici času, ve kteréž přibude mu opět rychlost γ , takže po uplynulé třetí částici času bude mít rychlost $2\gamma+\gamma=3\gamma$, a po uplynulé 4. 5. ...nté částice času bude rychlost těla $4\gamma, 5\gamma \dots n\gamma$. Poněvadž působí na tělo síly okamžité, budou dráhy v jednotlivých po sobě následujících částech času

dráha	σ_1	v	prvé	částice	τ_1	vykonaná	=	$1\gamma\tau$
	"	"	"	"	"	"	"	"
	σ_2	"	druhé	"	τ_2	"	"	$2\gamma\tau$
	"	"	"	"	"	"	"	"
	σ_3	"	třetí	"	τ_3	"	"	$3\gamma\tau$
	"	"	"	"	"	"	"	"
	\vdots	"	"	"	\vdots	"	"	\vdots
	"	"	"	"	"	"	"	"
	σ_n	"	nté	"	τ_n	"	"	$n\gamma\tau$

$$\text{Celá, za čas } t=n\tau \text{ vykonaná dráha } s=\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3+\dots+\sigma_n=$$

$$1\gamma\tau+2\gamma\tau+3\gamma\tau+\dots+n\gamma\tau=\gamma\tau(1+2+3+\dots+n)=(n+1)\frac{n}{2}\cdot\gamma\tau=$$

$$\frac{n^2\gamma\tau}{2}+\frac{n\gamma\tau}{2}=\frac{n^2\gamma\tau}{2}+\frac{n^2\gamma\tau}{2n}=\frac{n\gamma\cdot n\tau}{2}+\frac{n\gamma\cdot n\tau}{2n}.$$

Konečné rychlosti přibývá v témž poměru, ve kterém přibývá času; je-li tudíž zrychlení (rychlost za jednu vteřinu přibývá) g a v rychlost konečná, na konci času t bude $v:g=t:1$ a $v=gt$ (1). Je-li $t=n\tau$ bude též $v=n\gamma$, pročež $s=\frac{vt}{2}+\frac{vt}{2n}$.

Poněvadž $t=n\tau$, bude $n=\frac{t}{\tau}$ a je-li τ nesmírně malé, bude $n=\frac{t}{0}=\infty$, pročež $s=\frac{vt}{2}+\frac{vt}{2\infty}=\frac{vt}{2}$ (2).

Vložíme-li hodnotu $v = gt$ (1) do rovnice 2., bude $s = \frac{gt^2}{2}$ (3), t. j. dráhu, kterou vykoná tělo rovnoměrně zrychleně se pohybující, vypočteme, násobivše polovici zrychlení čtvercem času.

a) Je-li $t = 1, 2, 3, 4 \dots n$ vteřin, bude $s = \frac{1g}{2}, \frac{2^2g}{2}, \frac{3^2g}{2}, \frac{4^2g}{2} \dots \frac{n^2g}{2}$, t. j. velikosti dráhy přibývá, měříme-li ji od počátku pohybu, jako čtverců počtu uplynulých vteřin, tudíž jako čísel 1, 4, 9, 16... n^2 .

b) Za první dvě vteřiny jest dráha $s = \frac{4g}{2}$ a za první vteřinu $\frac{1g}{2}$, ve druhé vteřině byla tudíž vykonána dráha $\frac{4g}{2} - \frac{1g}{2} = \frac{3g}{2}$, v 5. vteřině bude vykonána dráha $\frac{25g}{2} - \frac{16g}{2} = \frac{9g}{2} = \frac{(2 \times 5 - 1)g}{2}$ a všeobecně v n té vteřině dráha $\frac{(2n-1)g}{2}$, z čehož patrno, že velikosti dráh v jednotlivých za sebou následujících vteřinách vykonaných přibývá jako velikosti lichých čísel 1, 3, 5, 7, 9....

c) $s = \frac{vt}{2}$ (2) t. j. dráha, kterou tělo rovnoměrně zrychleně se pohybující v jisté době vykoná, rovná se polovici dráhy, kterou by vykonalo, pohybující se rovnoměrně rychlostí konečnou. Je-li t vteřina, bude $s = \frac{g}{2}$ (4), t. j. dráha za první vteřinu vykonaná jest polovice oné dráhy, kterou se naznačuje zrychlení, a $g = 2s$ (5), t. j. zrychlení rovná se dvojnásobné dráze za první vteřinu vykonané.

d) $s = \frac{gt^2}{2}$ a $S = \frac{GT^2}{2}$, pročež $S:s = GT^2:gt^2$; je-li $T = t$, bude $S:s = G:g$; je-li $G = g$ bude $S:s = T^2:t^2$.

e) $s = \frac{gt^2}{2}$ (3), pročež $g = \frac{2s}{t^2}$ (6) a $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$ (7) poněvadž $v = gt$ (1) bude $t = \frac{v}{g}$ (8) a tudíž $\frac{v}{g} = \sqrt{\frac{2s}{g}}$ a $\frac{v^2}{g^2} = \frac{2s}{g}$, $v^2 = \frac{2sg^2}{g} = 2sg$ a $v = \sqrt{2sg}$ (9), z čehož $s = \frac{v^2}{2g}$ (10) a $g = \frac{v^2}{2s}$ (11).

f) $s = \frac{vt}{2}$ (2) tudíž $v = \frac{2s}{t}$ (12) a $t = \frac{2s}{v}$ (13).

g) $v = gt$ (1), pročež $g = \frac{v}{t}$ (14).

Sestavíme-li všechny rovnice přehledně, bude

$$\text{dráha } s = \frac{vt}{2} \quad (2) = \frac{gt^2}{2} \quad (3) = \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

$$\text{zrychlení } g = \frac{v}{t} \quad (14) = \frac{2s}{t^2} \quad (6) = \frac{2s}{v^2} \quad (11)$$

$$\text{doba } t = \frac{v}{g} \quad (8) = \sqrt{\frac{2s}{g}} \quad (7) = \frac{2s}{v} \quad (13)$$

$$\text{konečná rychlost } v = gt \quad (1) = \sqrt{2gs} \quad (9) = \frac{2s}{t} \quad (12)$$

110. Dynamické měření sil. Síly poznáváme pouze z účinků jejich.

a) Působí-li *síla okamžitá* na nějaké tělo a pohybuje-li se tělo jistou rychlostí, tu soudíme, že byla síla tím větší, čím větší jest rychlost. Je-li jedničkou síly okamžité ona síla, která jedničku hmoty, ku př. jednu libru pohybuje rychlostí 1 stopy, bude síla, která pohybuje jednu libru rychlostí C krát větší, též C krát větší čili $=C$. Byla-li hmota M krát větší než jedna libra, musí býti síla P , poněvadž musí přemáhati M krát větší setrvačnost, též M krát větší než síla C , pročež $P=MC$. Součinem tím se značí *velikost pohybu*, čili *hybnost hmoty*. Poněvadž $P=MC$ a $p=mc$, bude $P:p=MC:mc$. Je-li $M=m$, bude $P:p=C:c$; je-li $C=c$, bude $P:p=M:m$; je-li $P=p$, bude $MC=mc$, z čehož $M:m=c:C$.

b) O *silách stálých* platí totéž, což bylo právě řečeno o silách okamžitých. Vyměníme-li rychlost C za zrychlení G , bude *velikost síly stále* naznačena $P=MG$, pročež také $p=mg$, tudíž $P:p=MG:mg$. Je-li $M=m$, bude $P:p=G:g$; je-li $G=g$ bude $P:p=M:m$; je-li $P=p$, bude $Mg=mg$, z čehož $M:m=g:G$.

c) Z rovnice $P=y$ vyplývá $M = \frac{P}{G}$, t. j. *hmotnost těla rovná se váze jeho, dělené zrychlením* (neboť jest účinek síly P váha těla).

2. Pohyb postupný a otáčivý. Moment setrvačný.

111. Pohyb postupný. Pohybují-li se veškeré částice těla *toutéž rychlostí v drahách ustavičně rovnoběžných*, slove pohyb ten *postupným* (107. h).

a) Je-li o společná *rychlost* částíček m_1, m_2, m_3, \dots , pohybuji se částičky ty působením okamžitých sil rovnoběžných m_1c, m_2c, m_3c, \dots . *Směr, velikost a působíště výslednice V veškerých těch sil vyhledá se dle 84 b.* Působíště výslednice sil těch slove *středem hmotnosti* a $m_1c : m_2c : m_3c : \dots = m_1 : m_2 : m_3 : \dots$ t. j. *složky jsou*

v témž poměru jako váhy částecek hmoty. Střed hmotnosti vyhledá se tudíž tak jako těžiště.

Výslednice $V = m_1 c + m_2 c + m_3 c \dots = (m_1 + m_2 + m_3) c = M c$, t. j. účinkem síly okamžité, v středu hmoty působící, vzniká pohyb postupný.

b) Působí-li na jednotlivé částecčky síly stálé, stejným zrychlením g , bude výslednice těch sil

$$V = m_1 g + m_2 g + m_3 g \dots = (m_1 + m_2 + m_3 \dots) g = M g$$

t. j. pohyb bude opět postupný.

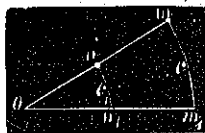
c) Působí-li v středu hmoty síla nepřetržitá, proměnná, t. j. taková, jejíž směr i velikost ustavičně se proměňuje, můžeme ji v částecce času nosmírně malé τ pokládati za stálou a pohyb bude i pak ve směru té síly postupným.

Při pohybu postupném hledíme tudíž pouze na pohyb středu hmoty.

112. Pohyb otáčivý. Pohybují-li se veškeré částice těla okolo přímky, která se osou nazývá a vždy v klidu zůstává, slove pohyb otáčivý (107. h.). Každá částecčka opisuje v pohybu kruh, jehož střed jest v ose a jehož poloměr rovná se vzdálenosti té částecčky od osy. Plocha kruhová jest kolmo na ose. Jednotlivé částecčky jsou v nestejně vzdálenosti od osy, opisují tudíž v týchž dobách nestejně kruhy neb nestejně kruhové oblouky.

Je-li osa v o (obr. 86.) a vzdálenost částice m od osy $om = r$, vzdálenost částice n od osy $on = r_1$ a vykoná-li m rychlostí c dráhu mm_1 a n v témž čase rychlostí c_1 dráhu nn_1 bude $c : c_1 = r : r_1$.

Obr. 86.



Je-li $r_1 = 1$, slove dráha, kterou n za jednu vteřinu vykoná, ku př. oblouk nn_1 , rychlostí úhlovou (Winkelgeschwindigkeit). Ze srovnalosti $c : c_1 = r : 1$ vyplývá $c = c_1 r$, t. j. dráha, kterou částecčka v jedné vteřině vykoná, čili vlastní rychlost částecčky rovná se součinu ze vzdálenosti částecčky od osy a rychlosti úhlové.

113. Moment setrvačný. Bylo-li tělo silou v otáčivý pohyb uvedeno a pak samo sobě ponecháno, otáčí se pak setrvačností dále. Jsou-li částecčky těla $m_1, m_2, m_3, m_4, \dots$, vzdálenosti jejich od osy $r_1, r_2, r_3, r_4, \dots$ a úhlová rychlost jejich u , budou vlastní rychlosti těch částecček $r_1 u, r_2 u, r_3 u, r_4 u, \dots$ a velikosti pohybu č. hybnosti jejich $m_1 r_1 u, m_2 r_2 u, m_3 r_3 u, m_4 r_4 u, \dots$, součiny těmi pak značí se síly, které musí působiti kolmo na poloměry dotýčných částecček, aby měly ty které úhlové rychlosti. Mají-li míti částecčky rychlosti tyto okamžitě aneb po uplynutí jisté doby, použijeme buď okamžitých buď nepřetržitých sil. Síly tyto můžeme nahraditi silou jedinou P na jediný poloměr a kolmo působící. Moment otáčivý té síly jest $P a$ a ten se rovná součtu otáčivých momentů všech sil. Otáčivé momenty sil jsou však $m_1 r_1^2 u, m_2 r_2^2 u, m_3 r_3^2 u, m_4 r_4^2 u, \dots$, pročež

$$Pa = m_1 r_1^2 u + m_2 r_2^2 u + m_3 r_3^2 u + m_4 r_4^2 u \dots \text{ aneb}$$

$$Pa = (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 \dots) u, \text{ z čehož}$$

$$u = \frac{Pa}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 \dots} = \frac{A}{K}.$$

Součet součinů částek těla se čtverci jich vzdáleností od přímky slove momentem setrvačným vzhledem k té přímce. Přímka sama pak slove osa momentu setrvačného.

Úhlová rychlost těla se otáčejícího rovná se tudíž momentu otáčivému dělenému momentem setrvačným vzhledem k ose, okolo které tělo se otáčí.

Poněvadž $u = \frac{A}{K}$, bude $A = uK$, t. j. moment otáčivý rovná se součinu úhlové rychlosti s momentem setrvačným.

Myslíme-li sobě hmotu M soustředěnu v bodu, jehož vzdálenost od osy jest E a působí-li na tu hmotu síla, jejíž moment otáčivý jest A , a má-li míti M úhlovou rychlost u , tož musí

$$ME^2 = K, \text{ neboť } u = \frac{A}{K} = \frac{A}{ME^2}.$$

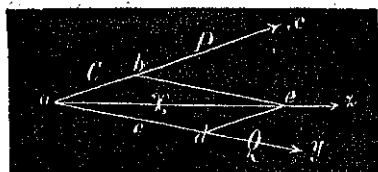
Je-li $E=1$ bude $M=K$, t. j. moment setrvačný můžeme pokládati za hmotu, která by se musila nalézati ve vzdálenosti $= 1$ od osy, kdyby se pohybovala týmiž silami a toutéž úhlovou rychlostí u jako částčky v rozličných vzdálenostech od osy se nalézající.

Poněvadž $ME^2=K$, bude $M = \frac{K}{E^2}$, t. j. hmota, v jediném bodu soustředěná, která v určité vzdálenosti od osy toutéž rychlostí úhlovou by se pohybovala jako celé tělo, rovná se podílu z momentu setrvačného děleného čtvercem vzdálenosti té hmoty od osy. Vyhledávání hmot celé tělo nahrazujících slove převádění č. redukování hmot.

3. Skládání a rozkládání pohybů. — Pád volný a pád na rovině nakloněné.

114. Rovnoběžník rychlostí. Pohyby můžeme tak jako síly skládati a rozkládati. Působí-li ku př. v a síly Pa a Q (obr. 87.) rychlostmi $C=ab$ a $c=ad$ a sestrojíme-li z C a c rovnoběžník, bude to rovnoběžník rychlostí (Geschwindigkeitsparallelogramm) a úhlopříčná $ae=X$ jest výsledná rychlost rychlostí C a c ; neboť

Obr. 87.



$$P:Q=C:c$$

$$P:V=C:X=ab:ae$$

$$Q:V=c:X=ad:ae$$

Je-li $C=ab$ a $c=ad$, musí býti $X=ae$.

Ve stejných dobách bude $C:c=S:s$, přečtež i $C:X=S:S_1$

a je-li $S=ab$, musí býti $S_1=ae$, t. j. dráha, kterou bod volně se pohybující za jistý čas účinkem dvou stejnorodých v úhlu působících sil vykoná, má směr i velikost úhlopříčné rovnoběžníku, jehož strany jsou rovny drahám, které by bod se společného působitě sil vykonal v témž čase působením jednotlivých sil.

Mysleme si, že se pohybuje bod a (obr. 88.) působením síly P v přímce ax a působením síly Q současně v přímce ay , což můžeme představit si sobě pohybem přímky ax dolů, rovnoběžně s původní polohou její. Patrné, že bude-li rychlost síly $P=ab=C$ a rychlost síly $Q=ad=c$ za $t, 2t, 3t \dots$ bod a nalézati se bude v $e, h, l \dots$ Není však ještě dokázáno, že bude dráhou přímka $aehl$. Jsou-li ale síly P a R síly okamžité

$$\text{bude } ab : ai = Ct : CT$$

$$\text{taktéž } ad : ak = ct : cT$$

$$\text{pročež } ab : ai = ad : ak$$

$$\text{aneb } de : kl = ad : ak$$

Poněvadž jest $de \parallel kl$ tudíž

$\sphericalangle m = \sphericalangle n$ a $\triangle ade \sim \triangle akl$ bude

též $\sphericalangle dae = \sphericalangle kal$, což jen možno, když body a, e a l jsou v též přímce. Totéž možno dokázati též o bodu h , pročež jest úhlopříčná al skutečně dráhou, již vykoná bod a současným působením okamžitých sil P a Q . Jsou-li obě síly stálé,

$$\text{bude } ab : ai = \frac{Gt^2}{2} : \frac{GT^2}{2} = t^2 : T^2$$

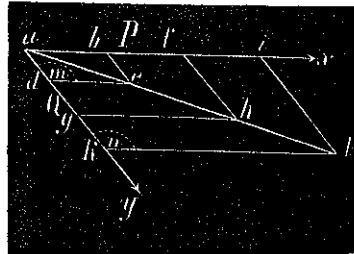
$$\text{taktéž } ad : ak = \frac{gt^2}{2} : \frac{gT^2}{2} = t^2 : T^2$$

$$\text{pročež opět } ab : ai = ad : ak.$$

Rovnoběžník $akli$, jehož úhlopříčnou dána jest dráha, již vykoná bod současným působením dvou sil stejnorodých v úhlu na bod ten působících, slove rovnoběžníkem pohybův (Bewegungsparallelogramm).

115. Pád volný. Těžné síly přibývá sice ve čtvercovém poměru čím více se přibližuje tělo ku zemi. Padá-li však tělo s nepatrné výšky, můžeme těžnou sílu pokládati za stálou, neboť jest dráha, kterou tělo vykonalo, v poměru ku délce poloměru zemského velmi malá, pročež přibývá těžné síly taktéž velmi málo. Důkladnými pokusy, při kterých se hledělo i ku překážkám, které tělo padající vzduchem, překonati musí, bylo dokázáno, že se pohybuje každé tělo, s výšky nepřilíš značné volně padající, rovnoměrně zrychleně, pročež koná za čas t dráhu $s = \frac{gt^2}{2}$,

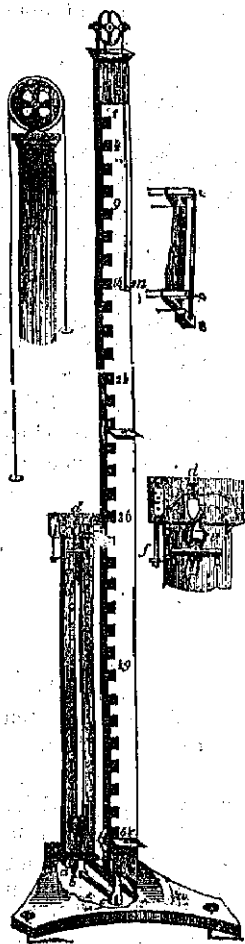
Obr. 88.



značí-li g zrychlení síly těžné. Zrychlení $g = \frac{2s}{t^2}$ bylo pak vypočteno, a obnáší v krajinách našich 31·0302'.

Poněvadž jest zrychlení těžné síly *přilíš veliké* a překážka vzduchu *značnā*, nemohou se zákony rovnoměrně zrychleného pohybu na těle volně padajícím pozorovati a osvědčovati. Ku pozorování padajících těl slouží *padostroji*, jež zřídil Atwood (r. 1784).

Obr. 89.



Stroj ten skládá se ze sloupu svisného v palce rozděleného (obr. 89.), na jehož hořejším konci se pohybuje okolo své osy *velmi snadně* kladka. Do žlábků kladky se klade šňůra, na jejíchž obou koncích jsou stejnā závaží, tak že v rovnováze $P=P'$. Přidáme-li na závaží P' přivažek p , nejmóně tak těžký, že tření kladky přemáhā, bude přivažek podél sloupce padat rychlostí mnohem menší, než kdyby padal volně, neboť se pohybuje silou těžnou, na přivažek působící, netoliko hmota *přivažku*, nýbrž i hmota *obou závaží* $P+P'=2P$, hmota *kladky* a *šňůry*. Pohyb bude tudíž *volnějši* a odpor vzduchu *velmi nepatrný*, tak že na padostroji zákony pohybu rovnoměrně zrychleného snadně pozorovati můžeme.

Kladka jest prolomena tak, že ji můžeme téměř za pohyb kroužek pokládati, jako by celā hmota její na obvodu byla rozdělena. Hmota kladky musí se pohybovati tou rychlostí jako závaží $2P$ a přivažek p těžnou silou přivažku p . Mysleme si kladku i šňůru bez tíže a na místě jich na obvodu kladky závaží Q ; je-li M hmota závaží $2P$, m hmota přivažku p a N hmota kladky, již nahraňuje závaží Q , je-li zrychlení na padostroji γ , bude $mg=(M+m+N)\gamma$. Na místě hmot můžeme pak vzíti váhy jejich a

$$pg=(2P+p+Q)\gamma, \text{ z čehož}$$

$$\gamma = \frac{pg}{2P+p+Q} \quad (1);$$

$$p(g-\gamma)=(2P+Q)\gamma, \text{ z čehož } p = \frac{(2P+Q)\gamma}{g-\gamma}.$$

Vložíme-li do rovnic, zákony pohybu rovnoměrně zrychleného naznačujících, na místě

$$g \text{ zrychlení } \gamma, \text{ bude } s = \frac{\gamma t^2}{2}, \gamma = \frac{2s}{t^2} \quad t = \sqrt{\frac{2s}{\gamma}} \text{ a } v = \gamma t.$$

Obyčejně se bĕře přivažek p takový, aby v prvé vteřině obnášela vy-

konaná dráha $1''$, poněvadž pak $s = \frac{\gamma t^2}{2} = \frac{\gamma}{2} \cdot 1$, bude $\gamma = 2s = 2''$.

Za 2, 3, 4, 5... vteřin bude pak vykonaná dráha: 4, 9, 16, 25...''
 V první vteřině vykoná tělo (dle 109. b) $1''$, v 2. vteřině $3''$, v 3. vteřině $5''$, ve 4. vteřině $7''$, v 5. vteřině $9''$ atd. Je-li přivažek *podlouhlý* a zůstane-li po uplynutí jisté doby na prolomené desce ležeti, pohybuje se závaží P' dolů a P nahoru *konečnou rychlostí* rovnoměrně dále. Stalo-li se tak ku př. na konci 4. vteřiny, bude konečná rychlost $v = \gamma t = 2 \cdot 4 = 8''$. V 5. 6... a každé následující vteřině vykoná pak závaží dráhu $8''$, protože za 5 vteřin $8 \times 5 = 40$, neboť při pohybu rovnoměrném $s = ct = 8 \times 5 = 40''$. S Atwoodovým padostrojem bývá spojeno kyvadlo vteřinové, které spolu zasáhá do přístroje, jímž se závaží dolů spouští, tak že počátkem první vteřiny pohyb počíná.

116. Pád na rovině nakloněné. a) Na *rovině nakloněné* abc (obr. 73. na str. 97.) působí na tělo M pouze složka $P' = om$, kteráž menší jest než celá síla těžná $Q = og$. Bude tudíž padati tělo na rovině nakloněné volněji avšak *rovnoměrně zrychleně*; neboť jest P' složka síly těžné Q . Je-li zrychlení těžné síly g a zrychlení složky g' , bude $Q : P' = Mg : Mg' = g : g'$.

Poněvadž $Q : P' = 1 : \sin \alpha$

bude též $g : g' = 1 : \sin \alpha$

z čehož $g' = g \sin \alpha$.

Bude pak na rovině nakloněné $s' = \frac{g \cdot \sin \alpha t^2}{2}$; $v' = \sqrt{2g \cdot \sin \alpha s}$;

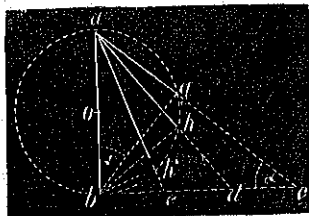
$$v' = \sqrt{\frac{2s}{g \cdot \sin \alpha}}$$

b) Vykonalo-li tělo dráhu, která se rovná délce *nakloněné roviny* ac (obr. 90.), bude v bodu c konečná rychlost $v' = \sqrt{2g \cdot \sin \alpha \cdot ac}$, aneb, poněvadž $ab = ac \cdot \sin \alpha$, $v' = \sqrt{2gab}$. Tělo z a volně padající mělo by však v b konečnou rychlost $v = \sqrt{2gs} = \sqrt{2gab}$. Jak patrné, jest $v = v'$, t. j. *konečná rychlost těla bude táž, když proběhne, na délce nakloněné roviny se pohybující, délku, aneb proběhne-li volně padající, výšku nakloněné roviny.*

Kdyby se pohybovalo tělo na nakloněné rovině abd neb abc , budou konečné rychlosti jeho v d a e , t. j. v'' a v''' opět rovny v , z čehož patrné, že *zůstane konečná rychlost těla na nakloněné rovině se pohybujícího tatáž, pokud jest výška roviny tatáž, byť i délka roviny značně se změnila.*

c) Sestrojíme-li $bg \perp ac$ (obr. 90.), bude ku vykonání dráhy

Obr. 90.



ag třeba času $t' = \sqrt{\frac{2 \cdot ag}{g \cdot \sin \alpha}}$. Poněvadž jest $\sphericalangle abg = \sphericalangle \alpha$, bude

$ag : ab = \sin : \alpha$, z čehož $ag = ab \cdot \sin \alpha$, pročež

$$t' = \sqrt{\frac{2 \cdot ab \cdot \sin \alpha}{g \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot ab}{g}}$$

Padající volně vykonalo by tělo dráhu ab v čase $t = \sqrt{\frac{2 \cdot ab}{g}}$,

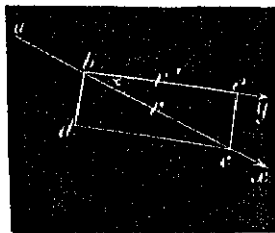
jest tudíž $t' = t$, t. j. v témž čase, ve kterém vykonalo tělo zrychlením $g \cdot \sin \alpha$ dráhu ag , vykoná volně padající zrychlením g dráhu ab , t. j. *výšku nakloněné roviny*. Opíšeme-li přímkou ab co průměrem kruh, musí býti bod g v obvodu, neboť jest úhel $agb = 90^\circ$. Poněvadž každý úhel v polokruhu $= 90^\circ$, jako ku př.

$$\sphericalangle ahb = \sphericalangle akb = \dots 90^\circ,$$

patrně, že vykoná tělo dráhy $ag, ah, ak \dots$, t. j. všechny tetivy kruhu neb koule, vedené z nejvyššího neb nejnižšího bodu kolmého průměru, ve stejných dobách; jsou tudíž tetivy takové dráhy *rovnodobé (isochron)*.

d) Pohybuje-li se tělo účinkem síly okamžité směrem ax (obr. 91.) a bylo-li v bodu b přinuceno nějakou překážkou změnití svůj směr a pohybovat se směrem by , tu bude se snažiti, směrem by pohybovat se konečnou rychlostí, kterou mělo v bodu b . Značí-li bc konečnou rychlost v v bodu b a rozložíme-li ji ve složky bd a be , bude složka bd odporem v bodu b zrušena a zůstane

Obr. 91.

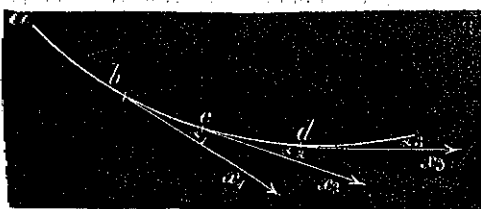


pouze složka be , t. j. rychlost v' , kterou se bude tělo pohybovat směrem by . Ve $\triangle bec$ jest však $bc > be$, pročež $v > v'$ t. j. rychlost pohybu směrem by bude menší rychlosti směrem ax ; $v' : v = \cos \alpha : 1$, pročež $v' = v \cdot \cos \alpha$, a zmenšení rychlosti $= v - v' = v - v \cdot \cos \alpha = v(1 - \cos \alpha)$. Bude-li $\cos \alpha = 1$, bude zmenšení $= 0$, což možno jen tehdy, když $\sphericalangle \alpha = 0$ aneb když bude $\sphericalangle \alpha$ nesmírně malý a $\sphericalangle abc =$ téměř 180° . Koná-li tělo dráhu $abcd$ (obr. 92.)

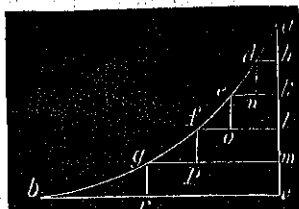
a jsou-li úhly $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, nesmírně malé, bude rychlost ve všech bodech dráhy téměř tatáž. Dráhu $abcd$ můžeme pokládati za křivku z kratičkových částíček ab, bc, cd , složenou, s kterýmižto částíčkami tečny bx_1, cx_2, dx_3 , svírají malinké úhly $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Vykoná-li tělo svou tíží se pohybující křivou dráhu ab (obr. 93.), jejíž výška jest ac , bude míti v bodu b rychlost, kterou by mělo, volně padající, v bodu c . Dráha ab skládá se z malých částíček $ad, de \dots gb$, kteréž můžeme pokládati za nakloněné roviny, v úhlu téměř 180° se stýkající. Konečná rychlost v d jest tatáž jako v h , v e tatáž jako v n neb k , v b tatáž jako v r neb c . Patrně tudíž, že rychlost těla, v křivce pa-

Dajícího, v každém bodu dráhy rovná se rychlosti, které by nabylo tělo v onom bodu, padajíc volně výškou bodu toho.

Obr. 92.



Obr. 93.

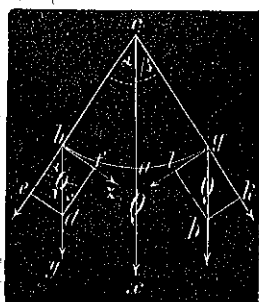


4. Kyvadlo.

117. Pohyb kyvadla. a) Každé zavěšené pevné tělo, pohybující se volně okolo osy vodorovné, jež leží mimo těžiště jeho, slove *kyvadlo* (Pendel). Kyvadlo jest *jednoduché* č. *mathematické* a *složené* čili *fysické*. Jednoduché kyvadlo jest jediný těžký bod, zavěšený na dolním konci niti, která žádná váhy nemá. Vzdálenost bodu toho od bodu onoho, ve kterém jest zavěšen, slove *délkou* jednoduchého kyvadla, jehož ve skutečnosti ovšem není. Všecka skutečná kyvadla jsou *složená*. Nejvíce přibližuje se kyvadlu jednoduchému těžká platinová kulička na tenké hedbávné niti zavěšená.

b) Je-li (obr. 94.) *kyvadlo* zavěšeno v *c*, *ca* jeho délka, tu působí na ně směrem *ax* síla téžná *Q* a kyvadlo zůstane v klidu pouze, když *cax* jest táž svislá přímka, tíže zcela ruší odporem v ose *c*. Vyšine-li kyvadlo z polohy *ca* do *cb* a pustíme-li je pak z ruky, bude na ně směrem *by* opět působiti tíže *Q*, jejíž velikost dána přímkou *bd*. Tu rozložíme ve složky *be* a *bf*; *be* zruší se odporem osy *c* a *bf* bude působiti směrem *bz*. Účinkem té složky vrátí se kyvadlo do původní polohy *ca* nazpět a poněvadž zůstane bod *b* vždy stejně vzdálen od bodu *c*, bude dráhou bodu *b* oblouk *ba*, jehož poloměrem jest přímka *ca*, t. j. *délka* kyvadla. $bf : bd = \sin \alpha : 1$, pročež $bf = bd \cdot \sin \alpha = Q \sin \alpha$. Čím menší bude $\sin \alpha$, tím menší bude složka *bf*; v bodu *a* bude $\angle \alpha = 0$, pročež i $bf = 0$. Síla *bf* jest složkou tíže, tudíž síly nepřetržitě, proto bude pohyb kyvadla ovšem *zrychlený*, ale poněvadž *bf* ustavičně se mění, bude pohyb *nerovnoměrně zrychlený*, t. j. rychlosti bude

Obr. 94.



přibývati v jiném poměru než přibývá času. V a jest však rychlost největší, ač jest složka bf v $a=0$. Setrvačností musí pak kyvadlo pohybovati se nabytou rychlostí dále v oblouku ag . Rychlosti pohybu bude ubývati, ale nikoliv v témž poměru, ve kterém přibývá času, neboť čím větší bude $\sphericalangle\beta$, tím větší bude složka gl , která kyvadlo do polohy ca zpět pudí a kterou se pohyb v oblouku zpozdňuje. Pohyb v oblouku ag bude tudíž nerovnoměrně zpozděný. V g bude rychlost $=0$, a tu působí pak na kyvadlo složka těžné síly gl , kterou se pohybuje kyvadlo nerovnoměrně zrychleně do ca , odtud setrvačností nerovnoměrně zpozděně do cb atd. V pohybu tom setrvalo by kyvadlo, konajíc vždy stejné dráhy, t. j. oblouky kruhu, jehož poloměr jest ca , kdyby nebylo překážek. Překážkami těmi však oblouky vždy více se zkracují, až konečně kyvadlo v klidu zůstane. Pohyb kyvadla slove *kyvání* (schwingende, oscillirende Bewegung) a sice koná kyvadlo celý *kyv* z b do g neb z g do b , *půl kyvu* z b do a neb z a do g . *Doba kyvu* (Schwunungszeit) jest onen čas, jehož potřebuje kyvadlo ku celému kyvu. Úhel a jest *úhel kyvu* (Elongation, Ausschlag).

118. Doba kyvu. Je-li (obr. 95.) $ca=l$ délka kyvadla, vyšínutého ze svisné polohy ca do polohy cb v úhlu α a vykonalo-li kyvadlo do původní svisné polohy se vracejíc dráhu bd , bude míti v d konečnou rychlost $v=\sqrt{2g \cdot ef}$. V přemalé části času τ změni se rychlost tato tak nepatrně, že můžeme pohyb v čase tom pokládati za rovnoměrný a přemalá dráha $dg=v \cdot \tau=\sqrt{2g \cdot ef}$, pročež $\tau = \frac{dg}{\sqrt{2g \cdot ef}}$ (I.). Sestrojíme-li $gh \perp df$, bude $\triangle dgh \sim \triangle def$,

$$\text{pročež } dg:gh=cd:df, \text{ tudíž } dg = \frac{cd \cdot gh}{df} = l \cdot \frac{gh}{df} \text{ a}$$

$$\tau = \frac{l \cdot gh}{df \sqrt{2g \cdot ef}} \quad \text{(II.)}$$

Poněvadž $df \perp ca$, bude $df^2=af(2l-af)$. Je-li $\sphericalangle\beta$ velmi malý, bude též af velmi malé a $2l-af$ možno pokládati téměř za $2l$, tak že $df^2=af \cdot 2l$ a $df=\sqrt{af \cdot 2l}$. Vložíme-li tuto hodnotu do rovnice II, bude $\tau = \frac{l \cdot gh}{\sqrt{af \cdot 2l} \cdot \sqrt{2g \cdot ef}}$ (III.).

Vedeme-li $gj \parallel df$, jest $gh=fj$, pročež

$$\tau = \frac{2 \cdot fj}{2\sqrt{af \cdot l \cdot g \cdot ef}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{lg}} \cdot \frac{fj}{\sqrt{af \cdot ef}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{fj}{\sqrt{af \cdot ef}} \quad \text{(IV.)}$$

Opíšeme-li poloměrem $ek=k\alpha$ polokruh, bude $lf^2=af \cdot ef$, pročež $lf=\sqrt{af \cdot ef}$, což vložíme do rovnice IV.; bude pak

$$\tau = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{fj}{lf} \quad \text{(V.)}$$

Spojme-li l se středem polokruhu k a sestrojíme-li $mn \perp lf$, bude $\triangle lmn \sim \triangle lkf$, pročež $mn:ml=lf:lk$ aneb $mn:lf=ml:lk$,

tudíž $\frac{mn}{lf} = \frac{ml}{lk}$, a poněvadž $mn=fj$, též $\frac{fj}{lf} = \frac{ml}{lk}$. Vložíme-li tuto hodnotu $\frac{fj}{lf}$ do rovnice V., bude $\tau = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{ml}{lk}$ (VI.

ml jest oblouček kruhový, jež můžeme nazvati σ , a lk jest poloměr kruhový

r , bude tudíž $\tau = \frac{\sigma}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}}$ (VII).

Rozdělíme-li oblouk ba , z b počínaje, v nesmírně veliký počet stejných obloučkův a vedeme-li z bodů rozdělovacích přímky rovnoběžné se přímkou be , bude jimi rozdělen též malý polokruh $amle$ v tolikéž stejných obloučkův $\sigma, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \dots, \sigma_n$. Poněvadž jest

$$\tau = \frac{\sigma}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ bude } \tau_1 = \frac{\sigma_1}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}},$$

$$\tau_2 = \frac{\sigma_2}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}} \dots \tau_n = \frac{\sigma_n}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Sečteme-li tyto rovnice, bude

$$\tau + \tau_1 + \tau_2 \dots + \tau_n = \frac{\sigma + \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{\pi r}{2r} \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

$\tau + \tau_1 + \tau_2 \dots + \tau_n$ jest však doba, ve které koná kyvadlo půl kyvu, pročež $\frac{t}{2} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}$ a doba celého kyvu $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

119. Zákony pohybu kyvadla jsou následující:

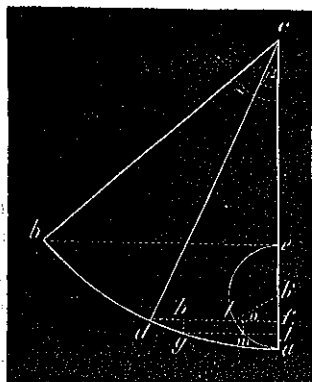
1. Jsou-li úhly kyvu velmi malé, však nestatečné ($1-10^\circ$), budou kyvy *stejnodobé*; doba kyvu $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, neřídí se velikostí úhlu α . Poněvadž doba kyvu t odvozena s podmínkou, že α jest nejvyš $1-10^\circ$, budou kyvy *stejnodobé* jen tehdy, když úhel kyvu 10° nepřevyšuje.

2. Z rovnice $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ vyplývá $T = \pi \sqrt{\frac{L}{G}}$, pročež

$t : T = \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{L}{G}}$ aneb $t^2 : T^2 = \frac{l}{g} : \frac{L}{G}$. Je-li zrychlení $g = G$, bude $t^2 : T^2 = l : L$ aneb $t : T = \sqrt{l} : \sqrt{L}$, t. j. v téměř místě jsou *doby kyvu v téměř poměru jako druhé kořeny z délek kyvadel*.

Je-li $l = L$, bude $t^2 : T^2 = \frac{1}{g} : \frac{1}{G} = G : g$, t. j. *čtverce dob kyvu jsou v převráceném poměru se zrychlením tíže; čím zrychlení větší, tím menší (ve čtverci) jest doba kyvu téhož kyvadla*.

Obr. 95.



3. Je-li doba jednoho kyvu t , bude potřebí k n kyvům doby $t' = nt$. V též době t' vykoná jiné kyvadlo, jež má dobu kyvu T , jiný počet kyvů N , takže $t' = NT$; poněvadž jest

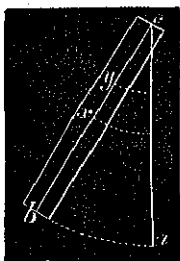
$$\begin{aligned} nt &= NT, \text{ bude} \\ N : n &= t : T; \\ N^2 : n^2 &= t^2 : T^2, \\ \text{poněvadž pak } t^2 : T^2 &= l : L, \text{ bude} \\ N^2 : n^2 &= l : L, \text{ aneb} \\ \sqrt{l} : \sqrt{L} &= N : n. \end{aligned}$$

4. Poněvadž $t^2 : T^2 = G : g$ a
 $N^2 : n^2 = t^2 : T^2$, bude též
 $G : g = N^2 : n^2$.

5. Doba kyvu nespravuje se ani vahou kyvadla ani hmotou jeho, z čehož patrné, že jsou rozličné hmoty stejně těžké.

120. Kyvadlo složené (skutečné, fysické) můžeme pokládati za souhrn velmi mnohých nestejně dlouhých kyvadel: *Kratší kyvadla*, t. j. ose bližší těžké body kývají se *rychleji*, *delší kyvadla*, t. j. od osy vzdálenější těžké body kývají se *volněji*, takže kývání výše ležících nižšími se zpozdíje a kývání níže položených výše ležícími se zrychluje. Za všech těchto kyvův bude se skládati kyv složeného kyvadla, ku kterémuž bude potřebí jisté doby. Myslíme-li sobě vedle kyvadla složeného kyvadlo jednoduché, jehož délka bychom upravili tak, aby byly kyvy obou stejnodobé, bude *délka onoho jednoduchého kyvadla převedenou č. redukovanou* (matematickou) *délkou kyvadla složeného*. Položíme-li skrze osu kyvadla v klidu se nalézajícího svisnou rovinu a vedeme-li v této rovině rovnoběžně s osou přímkou od osy tak vzdálenou, jaká jest převedená délka kyvadla, budou všechny body té přímky kývatí se stejnodobě s dotýčným kyvadlem jednoduchým a kývání jejich nebude kýváním ostatních bodů ani zrychleno ani zpozděno. Přímka tato slove *osou kyvu* (Schwungungsaxe) a každý z bodův jejích jest *bod kyvný* (Schwingungspunkt). Kyvný bod, který jest ve svislé, těžištěm kyvadla vedené, slove *středem kyvu* (Schwingungsmittelpunkt) a jest vždy pod těžištěm.

Obr. 96.



Převedená délka složeného kyvadla může se vyhledati následovně: Vyšíneme-li složené kyvadlo *ca* (obr. 96.) z polohy svislé *ca* do polohy *cb*, bude na částechky $m, m_1, m_2 \dots$, z nichž jest kyvadlo složeno a jichž myslíme sobě nesčíslné množství, působiti složka těžné síly g_1 . Je-li v a střed kyvu a v něm hmota M , v y hmota m a v b hmota m_1 , jest ca převedená délka kyvadla a hmota M musí se pohybovati toutéž rychlostí úhlovou jako hmoty m a m_1 ;

musí tudíž moment setrvačný hmoty M rovnati se součtu momentův setrvačných veškerých částic, z nichž kyvadlo složeno, t. j.

$$M\omega^2 = mcy^2 + m_1cb^2 + \dots \quad (1).$$

Momenty otáčivé jsou taktéž stejny, t. j. $Mg'c\omega = mg'cy + m_1g'cb + \dots$ aneb $M.c\omega = m.cy + m_1cb + \dots \quad (3).$

Dělíme-li rovnici 1 rovnici 2, jest

$$\frac{M\omega^2}{M.c\omega} = \frac{mcy^2 + m_1cb^2}{mcy + m_1cb}, \text{ z čehož } c\omega = \frac{mcy^2 + m_1cb^2}{mcy + m_1cb} \quad (3).$$

Jsou-li nesčíslné částěčky, $m, m_1, m_2, m_3, m_4 \dots$ ve vzdálenostech (od osy) $a, a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$ jest převedená délka

$$l = c\omega = \frac{ma^2 + m_1a_1^2 + m_2a_2^2 + m_3a_3^2 + m_4a_4^2 + \dots}{ma + m_1a_1 + m_2a_2 + m_3a_3 + m_4a_4 + \dots} = \frac{K}{k}$$

t. j. převedená délka složeného kyvadla rovná se součtu momentův setrvačných veškerých částic jeho, dělenému součtem statických momentův týchž částic. Z rovnice $l = \frac{K}{k}$ vyplývá $K = l.k$.

Je-li t doba kyvu a l převedená délka složeného kyvadla, bude

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ pročež } t^2 = \frac{\pi^2 \cdot l}{g}, \text{ z čehož } l = \frac{gt^2}{\pi^2}. \text{ U kyvadla vto-}$$

$$\text{řinového, kdež } t=1, \text{ bude } l = \frac{g}{\pi^2} = \frac{31.08}{9.869} = 3.144'.$$

Kyvadlo obratné. Zavěsíme-li kyvadlo složené v středu kyvu, bude převedená délka toho kyvadla

$$\begin{aligned} L &= \frac{m(l-a)^2 + m_1(l-a_1)^2 + m_2(l-a_2)^2 + \dots}{m(l-a) + m_1(l-a_1) + m_2(l-a_2) + \dots} \\ &= \frac{ml^2 - 2mla + ma^2 + m_1l^2 - 2m_1la_1 + m_1a_1^2 + m_2l^2 - 2m_2la_2 + m_2a_2^2 + \dots}{l(m+m_1+m_2+\dots) - 2(ma+m_1a_1+m_2a_2+\dots) + ma^2 + m_1a_1^2 + m_2a_2^2 + \dots} \\ &= \frac{ml - ma + m_1l - m_1a_1 + m_2l - m_2a_2 + \dots}{l(m+m_1+m_2+\dots) - (ma+m_1a_1+m_2a_2+\dots)} \end{aligned}$$

Poněvadž pak $m + m_1 + m_2 + \dots = M$, $ma^2 + m_1a_1^2 + m_2a_2^2 + \dots = K$ a $ma + m_1a_1 + m_2a_2 + \dots = k$, bude

$$L = \frac{l^2M - 2lk + K}{lM - k} = \frac{l^2M - 2lk + lk}{lM - k} = \frac{l(lM - k)}{lM - k} = l \text{ t. j.}$$

Obr. 97.

kyvadlo složené můžeme zavěsiti v středu kyvu a doba jeho kyvu zůstane tatáž, poněvadž bude i převedená délka tatáž. Kyvadlo tak upravené, aby se mohlo zavěsiti v středu kyvu, slove *kyvadlem obratným* (Reversionspendel) a vzdálenost bodů ab (obr. 97.) jest převedená délka téhož kyvadla.

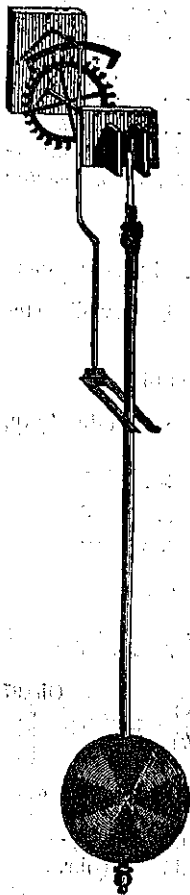
Kyvadlem obratným možno určití převedenou délku jiného kyvadla. Je-li počet kyvů kyvadla obratného, jehož délka jest l , za jistou dobu n a N počet kyvů v též době kyvadla jiného, jehož posud neznámá délka jest ω , bude $l:\omega = N^2:n^2$, z čehož

$$\omega = l \cdot \frac{n^2}{N^2}$$



121. Používání kyvadla. 1. Poněvadž kyvadlo koná své kyvy stejnodobě, může sloužiti ku měření času a sice samo o sobě co kyvadlo vteřinové (na Atwoodově padostroji) neb ve spojení se strojem hodinovým.

Obr. 98.

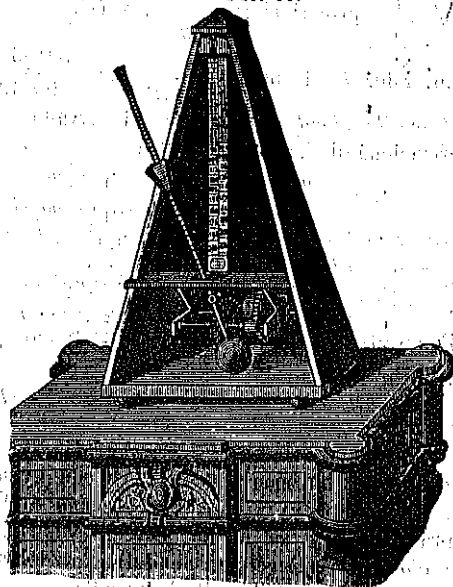


Na obr. 98. viděti kyvadlo na ohebném plišku zavěšené, které prochází vidlicí, s níž jest spojena kotva. Každým kyvem postupuje kotva o jeden zub ozubeného kolečka, s nímž jsou spojena ostatní hodinová kolečka. Šroubkem pod čočkou kyvadla se nalézajícím můžeme kyvadlo skrácovati neb prodlužovati. Pohyb hodinového stroje řídí se buď závažím, buď pružným péréem. *Huyghens* použil kyvadla nejprvé roku 1655 ku stroji hodinovému. — Časoměry č. chronometry. — Matematická (převedená) délka kyvadla jest

$$l = \frac{ma^2 + m_1 a_1^2 + m_2 a_2^2 + \dots}{ma + m_1 a_1 + m_2 a_2 + \dots}$$

Kdyby byla hmota m_1 nad osou, bude a_1 negativně a $l_1 = \frac{ma^2 + m_1 a_1^2 + m_2 a_2^2 + \dots}{ma - m_1 a_1 + m_2 a_2 + \dots}$, t. j. $l_1 > l$, pročez

Obr. 99.



také l větší a kývání volnější, a sice tím volnější, čím více se hmota m_1 od osy vzdálí, t. j. čím větší bude a_1 . V tom se zakládá metronom sestrojeny od *Müllera* r. 1818 (obr. 99.). Na kyvadle, které zpružením péra se pohybuje, jest pod závěsem těžká olověná čočka a nad závěsem posouvné závažíčko, jehož posouvnutím nahoru pohyb kyvadla se zpozdjuje a posouvnutím dolů zrychluje. Jak vysoko má závaží se pošinouti, ukazuje stupnice. Metronom slouží k určování tempa (taktu) skladeb hudebních.

Poznámka. Prodlouží-li se kyvadlo teplem, jest kývání jeho volnějši, zkracuje-li se ochlazením, kývá se rychleji. V nauce o teple pojednáno o tom, kterak má se upravit kyvadlo, aby doba kyvu nemohla účinkem teploty se měniti.

2. Kyvadlo v klidu se nalézající naznačuje směr síly těžné.

3. Poněvadž *totéž* kyvadlo v *témž* místě ve *stejně* době vždy *stejně* množství kyvů vykonává, patrně, že jest těžná síla v *témž* místě *vždy* *stejná*.

4. Poněvadž kyvadla z *rozličných* hmot zhotovená, jsou-li *vždy* *stejně* dlouhá a mají-li *stejný* tvar, *stejně* rychle se kývají, patrně, že jsou *všecky* hmoty *stejně* těžké.

5. Z délky kyvadla vteřinového můžeme zrychlení těžné síly vypočísti. $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, z čehož $t^2 = \frac{\pi^2 l}{g}$ a $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$.

U kyvadla vteřinového jest $t=1$, pročež $g = \pi^2 l = 9 \cdot 869 \times 8 \cdot 144 = 31 \cdot 03'$.

6. Na *vrcholi* vysokých hor kývá se kyvadlo *volněji*, než na *patě* týchž hor, z čehož patrně, že *síly* těžné *ubývá*, když *přibývá* vzdálenosti od *středu* země.

7. Pozorováním kyvů téhož kyvadla bylo shledáno, že síly těžné od točen ku rovníku *ubývá*, tak že jest těžná síla na rovníku *nejmenší*, na *točnách* *největší*. Příčinou toho jest dílem *sploštění* země dílem *menší* odstředivost na *točnách*.

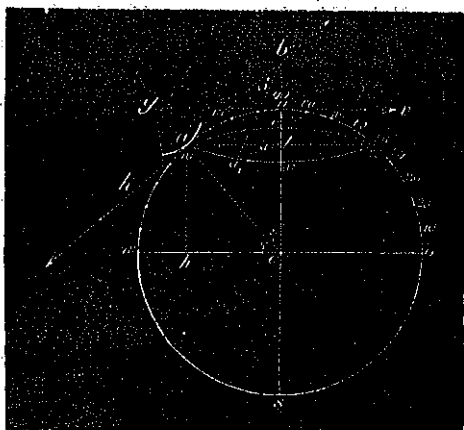
8. Na *blízku* velikých hor vyšinuje se kyvadlo ze *svisné* své polohy a *nachyluje* se poněkud k *hoře*, z čehož patrně, že *hmota* hory kyvadlo *přitahuje*.

9. Kyvadlem dokázal *Foucault* r. 1851, že země okolo své osy se *otáčí*.

Je-li *ns* (obr. 100) osou zeměkoule a kyvadlo zavěšeno nad *točnou* *n* v bodu *b*, který při *otáčení* země se *neotáčí*, a bude-li se kyvadlo kývati, zůstane *roviná* kyvu *bmv*, t. j. ona rovina, ve které se kyvadlo pohybuje, *vždy* *tatáž*, neboť jest kyvadlo *setrvačné*.

Kývá-li se kyvadlo jistou dobu, *otáčí* se v té době země od *západu* k *východu* okolo osy *ns*. Pozorovatel, který *zíral* na kyvadlo v bodu *a*, *octne* se za *6* hodin v bodu *a'* a bude *zířati* pak na *rovinu* kyvu *smě-*

Obr. 100.



rem kolmým. Poněvadž se i pozorovatel se zemí otáčí, zdá se mu, že sám státi zůstal, rovina kyvu že však otočila se o 90° směrem od východu ku západu.

Bodu, který by se zemí se neotáčel, nikde není, protože nemožno kyvadlo v bodu takovém zavěsiti; přece však může být, na které jest kyvadlo zavěšeno, několikrát okolo sebe se zakroužití a rovina kyvu zůstává téměř v též poloze.

Ve 24. hodinách otočila by se na točně rovina kyvu zdánlivě o 360° , t. j. o celý kruh. V jiném místě, ku př. v a , mezi točnou n a rovníkem ow , bude tato zdánlivá odchylka roviny kyvu menší. Je-li zeměpisná šířka tohoto místa φ a směr kyvadla v klidu se nalézajícího ga , bude rovina kyvu gab přetínati prodlouženou osu v b a bude otáčením země okolo osy stranou ab povrch kužele opisovati. Kyvadlo zavěšené v b opisuje svou rovinou kyvu pouze úhel při vrcholu toho kužele. Čím blíže bude bod a rovníku ow , tím špičatější bude kužel, který opisuje rovina kyvu, proto jest odchylka roviny kyvné čím dále od točen tím menší, tak že na rovníku docela mizí. Octnul-li se bod a v čase nesmírně malém τ otáčením země okolo osy v bodu a_1 , tak

že opsalo a oblouk aa_1 , bude oblouk $\frac{aa_1}{2ad.\pi} = \frac{\alpha}{360}$, protože

$$aa_1 = \frac{2ad.\pi.\alpha}{360} \quad (1). \text{ Rovina kyvu opsala v též době } \tau \text{ úhel } \sigma, \text{ jehož}$$

$$\text{oblouk } \frac{aa_1}{2ab\pi} = \frac{\sigma}{360}, \text{ protože } aa_1 = \frac{2ab\pi\sigma}{360} \quad (2). \text{ Z rovnice 1.}$$

a 2. vyplývá $ad.\alpha = ab.\sigma$, aneb, bereme-li poloměr zemský za jedničku, $\cos \varphi . \alpha = \operatorname{tg} \psi . \sigma = \operatorname{cotg} \varphi . \sigma$, protože $\alpha = \frac{\sigma . \operatorname{cotg} \varphi}{\cos \varphi} \quad (3)$, a

$$\sigma = \alpha . \frac{\cos \varphi}{\operatorname{cotg} \varphi} = \alpha . \sin \varphi. \quad (4).$$

V každé následující malé částečce času τ bude $\sigma_1 = \alpha_1 . \sin \varphi$; $\sigma_2 = \alpha_2 . \sin \varphi$; $\sigma_3 = \alpha_3 . \sin \varphi$ atd., protože odchylka roviny kyvu

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \dots = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots) \sin \varphi.$$

Za 24 hodin bude pak odchylka $\sigma = 360^\circ . \sin \varphi$.

Na točně obnášela by zdánlivá odchylka roviny kyvu za hodinu $360:24 = 15^\circ$; v Praze, jejíž zeměpisná šířka jest $50^\circ 5' 9''$ sev. šířky, tudíž téměř 50° , bude za hodinu odchylka

$$\sigma = 15^\circ . \sin 50^\circ = 15 \times 0.766 = 11.49^\circ.$$

Pokusy Foucaultovy. — Přístroje ku znázornění zákonů výše odvozených.

5. Vrh.

122. Vrh kolmý dolů a nahoru. O těžkém těle, které účinkem okamžité síly postupně se pohybuje, říkáme, že bylo vrženo. Dle směru síly rozeznáváme *vrh kolmý*, *vodorovný* a *šikmý*. O pohybu těl vržených jedná tak zvaná *ballistika*.

a) Vrhne-li tělo *kolmo dolů*, můžeme těžiště jeho pokládati za působíště síly okamžité i síly těžné. Poněvadž působí obě síly týmž směrem a v též přímce, bude výslednice rovna součtu jejich. Je-li v konečná rychlost těla po čase t , g zrychlení tíže a c rychlost síly okamžité, jest $v=c+gt$ (1); dráha v tom čase vykonaná $s=ct+\frac{gt^2}{2}$ (2).

b) Vrhne-li tělo *kolmo vzhůru*, působí tíže v *protivném* směru síly okamžité a poněvadž jest tíže síla stálá, bude pohyb *rounoměrně zpodděný*.

Konečná rychlost $v=c-gt$ (1) a dráha $s=ct-\frac{gt^2}{2}$ (2). Tělo přestane se pohybovati vzhůru v tom okamžiku, kde bude $v=0$, t. j. $c-gt=0$ čili $c=gt$, z čehož $t=\frac{c}{g}$. Po čase $t=\frac{c}{g}$ přestane tudíž pohyb vzhůru. Výška, které tělo dosáhne, bude

$$s=ct-\frac{gt^2}{2}=c \cdot \frac{c}{g}-\frac{g}{2} \cdot \frac{c^2}{g^2}=\frac{c^2}{g}-\frac{c^2}{2g}=\frac{2c^2-c^2}{2g}=\frac{c^2}{2g} \quad (3).$$

Po uplynutí času $t=\frac{c}{g}$ počne tělo padati volně dolů a vykoná

dráhu $s=\frac{c^2}{2g}$ za čas t_1 ; poněvadž pak $s=\frac{gt_1^2}{2}$, bude

$$t_1=\sqrt{\frac{2s}{g}}=\sqrt{\frac{2}{g} \cdot \frac{c^2}{2g}}=\sqrt{\frac{2c^2}{2g^2}}=\sqrt{\frac{c^2}{g^2}}=\frac{c}{g}=t \quad (4) \text{ t. j.}$$

tělo *kolmo vzhůru vržené padá dolů za tentýž čas, jehož potřebovalo ku vystoupení do největší své výšky.*

Výška, do které tělo vystoupilo, jest $s=\frac{c^2}{2g}$; čas, jehož k tomu potřeba, $t=\frac{c}{g}$, z čehož $c=gt$.

Je-li t a g známo, můžeme určit c a tudíž i výšku, do které tělo vystoupí.

Padá-li tělo volně s jisté výšky dolů, bude jeho konečná rychlost $v_1=gt_1=g \cdot \frac{c}{g}=c$ (5) t. j. tělo, kolmo vzhůru vržené, dopadne na zemi *toutéž rychlostí*, kterou počalo pohybovati se vzhůru, čili *konečná rychlost těla kolmo vzhůru vrženého jest při dopadu jeho k zemi tatáž jako začátečná rychlost při vrhu vzhůru.*

Za čas $t_1=t-x$ (kdež rovná se x jistému počtu vteřin) bude konečná rychlost těla v_1 a dráha s_1 .

Konečná rychlost $v_1=c-gt_1=c-g(t-x)$, poněvadž pak $t=\frac{c}{g}$, bude

$$v_1=c-g \left(\frac{c}{g} - x \right) = c - \frac{gc}{g} + gx = gx \quad (6).$$

Dráha $s_1 = ct_1 - \frac{gt_1^2}{2} = c(t-x) - \frac{g}{2}(t-x)^2$; poněvadž pak $t = \frac{c}{g}$,
 bude $s_1 = c \left(\frac{c}{g} - x \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{c^2}{g^2} - \frac{2cx}{g} + x^2 \right) = \frac{c^2}{g} - cx - \frac{c^2}{2g}$
 $+ cx - \frac{gx^2}{2} = \frac{2cx - cx - gx^2}{2g} = \frac{cx - gx^2}{2g}$ (7).

Za čas t_{11} , ve kterém se tělo pohybovalo volně dolů a který $= t + x$ bude
 konečná rychlost $v_{11} = c - gt_{11} = c - g(t+x)$ a poněvadž $t = \frac{c}{g}$, bude

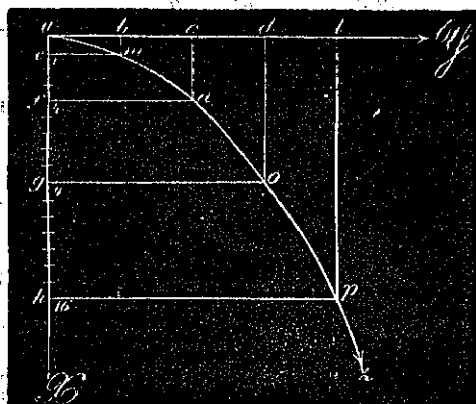
$v_{11} = c - g \left(\frac{c}{g} + x \right) = c - c - gx = -gx$ (8). Z rovnice 6. a 8. vyplývá, že
 konečné rychlosti v týchž místech dráhy jsou stejné v pohybu na horu i dolů.

Dráha, kterou vykoná tělo po uplynutí času $t_{11} = t + x$, bude pak
 $s_{11} = ct_{11} - \frac{gt_{11}^2}{2} = c(t+x) - \frac{g}{2}(t+x)^2$. Poněvadž pak $t = \frac{c}{g}$, bude
 $s_{11} = c \left(\frac{c}{g} + x \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{c^2}{g^2} + \frac{2cx}{g} + x^2 \right) = \frac{c^2}{g} + cx - \frac{c^2}{2g} - cx -$
 $\frac{gx^2}{2} = \frac{2cx - cx - gx^2}{2g} = \frac{cx - gx^2}{2g}$ (9).

Z rovnice 7. a 9. vyplývá, že za tenýž čas před tím, než tělo nejvyššího
 bodu dosáhlo a za týž čas potom, když bodu toho bylo již dosáhlo a opět volně
 dolů pád, nalézá se v stejných výškách.

123. Vrh vodorovný. Vrhne-li tělo vodorovným směrem
 aY (obr. 101.), pohybuje se tím směrem rovnoměrně. Kdyby na
 ně působila pouze okamžitá síla, vykonalo by v 1., 2., 3. a 4.

Obr. 101.



vteřině stejné dráhy ab,
 bc, cd, dl. Směrem aX
 působí však na ně síla
 těžná, jejímž účinkem
 vzniká pohyb rovnoměrně
 zrychlený, tak že dráhy
 vykonané ve vteřinách
 po sobě následujících
 mají se k sobě jako lichá
 čísla 1, 3, 5, 7...; bude-li
 v první vteřině vykonána
 dráha ae, bude dráha v 2.
 vteřině ef, v 3. fg a ve
 4. gh; $ef = 3ae$; $fg = 5ae$;
 $gh = 7ae$.

Sestrojíme-li rovno-
 běžníky pohybu, bude na
 konci první vteřiny tělo v
 bodu m, na konci 2. vteřiny v n, na konci 3. vteřiny v o a na konci
 4. vteřiny v p. Za 4 vteřiny vykonalo tudíž a dráhu křivou amnop.

$$ab : ac : ad = 1 : 2 : 3$$

$$\text{taktéž } em : fn : go = 1 : 2 : 3$$

$$\text{pročež } em^2 : fn^2 : go^2 = 1 : 4 : 9$$

$$\text{taktéž } ae : af : ag = 1 : 4 : 9$$

$$\text{pročež } em^2 : fn^2 : go^2 = ae : af : ag$$

em, fn a *go* jsou ordinaty y, y_1, y_2 a *ae, af* a *ag* abscisy $\omega, \omega_1, \omega_2$ bodů *m, n, o*; bude tudíž $y^2 : y_1^2 : y_2^2 = \omega : \omega_1 : \omega_2$, z čehož patrně, že tělo vodorovně vržené pohybuje se v parabole, jejíž osa *ah* směřuje kolmo dolů a jejíž vrchol se nalézá v *a*, t. j. v zá-
čátečném bodu pohybu.

Ze srovnalosti $y^2 : y_1^2 : y_2^2 = \omega : \omega_1 : \omega_2$ vyplývá $y^2 : y_1^2 = \omega : \omega_1$ a $y^2 = \frac{y_1^2}{\omega_1} \omega$. Poněvadž $y = ct$ $y_1 = ct_1$, $\omega = \frac{gt^2}{2}$ a $\omega_1 = \frac{gt_1^2}{2}$ bude $y^2 = \left(\frac{ct_1^2}{\frac{gt_1^2}{2}}\right) \cdot \omega = \frac{2c^2 t_1^2}{gt_1^2} \cdot \omega = \frac{2c^2}{g} \cdot \omega = p\omega$ t. j. parametr paraboly, kterou

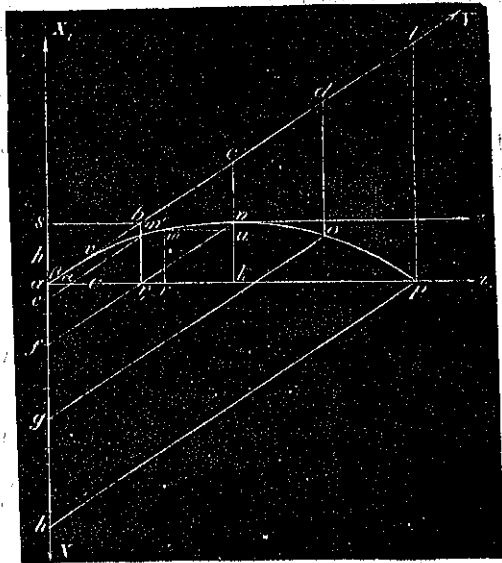
tělo vodorovně vržené opisuje, jest $p = \frac{2c^2}{g}$.

Kratší důkaz. Po uplynutí času *t* bude tělo v bodu *o*. Je-li $ad = go = y$ a $ag = \omega = \frac{gt^2}{2}$, bude $t^2 = \frac{2\omega}{g}$ a $y = ct$, pročež:

$$y^2 = c^2 t^2 = \frac{c^2 \cdot 2\omega}{g} = \frac{2c^2}{g} \cdot \omega = p\omega.$$

124. Vrh šikmý. Vrheme-li těžiště *a* nějakého těla čili tělo samo směrem *ay* (obr. 102.), kterýž směr s vodorovnou přímkou *az*₁ svírá úhel α , bude možno pomocí rovnoběžníků pohybu sestrojiti dráhu *amnop*, kterou *a* v pohybu opisuje. Dráha tato bude opět parabola. Chceme-li však seznati vlastnosti této paraboly, rozložíme rychlost okamžité síly $v = ab$ ve dvě složky, z nichž jedna *as* = *h* kolmo vzhůru, druhá pak *ar*₁ = *c* vodorovně působí. Rychlostí *h* bude tělo pohybovati se vzhůru, rychlostí *c* bude pak se vzdalovati současně vodorovným směrem od bodu *a*. Poněvadž působí obě složky v úhlu 90° na bod *a*, nemohou se vespolek zeslabovati (dle 81. c). Složka *h*, působící kolmo vzhůru, bude však zeslabována účinkem stálé síly těžné, tak že bude těžiště *a* a tudíž i tělo pohybovati se směrem s *br*₁ rovnoběžným rovnoměrně zpozděně. Za jistou dobu musí tudíž

Obr. 102.



dojítí *největší výšky* č. *vrchole dráhy* v některém bodu ku př. v *n*. V bodu tom přestane působiti složka *h*, tak že bude pak působiti pouze síla těžná a složka vodorovná rychlostí *c*, která zůstala nezměněna. Bude se tudíž těžiště těla z *n* pohybovati právě tak, jako kdyby bylo vodorovným směrem *nz* vrženo, a opíše pohybem svým parabolu *nop*, jejíž vrchol jest *n* a jejíž osou jest kolmice *nk*.

Pohyb kolmo vzhůru složkou *h* bude právě tak zpzdřován, jako bude z *n* kolmo dolů zrychlován, bude tudíž křivka $amn \cong nop$. Dráha těla šikmo vrženého bude tudíž parabola ze dvou obloukův složená, jejíž vrchol jest v nejvyšším bodu dráhy a jejíž osa směřuje kolmo dolů.

1. Z obr. 102. patrné, že $a = ar_1 = v \cdot \cos \alpha$ a $h = br_1 = v \cdot \sin \alpha$

2. Po uplynutí času t_1 bude rychlost kolmo vzhůru

$$h_1 = h - gt_1 = v \cdot \sin \alpha - gt_1.$$

Výška, ve které bude tělo na konci doby t_1 jest pak

$$ht_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v \cdot t_1 \cdot \sin \alpha - \frac{gt_1^2}{2}.$$

Směrem vodorovným bude pak za čas t_1 vykonána dráha $ct_1 = v \cdot \cos \alpha \cdot t_1$.

3. Největší výšky dosáhne *a* za čas t , když $h - gt = 0$, čili $h = gt$, pročež $t = \frac{h}{g} = \frac{v \cdot \sin \alpha}{g}$. Do směru vodorovného vrátí se *a* v bodu *p*, když vykoná celou dráhu *amnop*. Je-li k tomu potřebí času T , bude $T = 2t = \frac{2h}{g} = \frac{2v \cdot \sin \alpha}{g}$.

4. Přímka *ap* t. j. *dálka vrhu*

$$D = cT = \frac{2ch}{g} = \frac{2v^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}.$$

Jak patrné, bude $\sin 2\alpha = 1$, když $2\alpha = 90^\circ$, pročež $\alpha = 45^\circ$; *dálka vrhu* bude tudíž největší, je-li úhel $\alpha = 45^\circ$.

5. Přímka *kn* čili *výška vrhu* $V = ht - \frac{gt^2}{2} = v \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v \cdot \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \left(\frac{v \cdot \sin \alpha}{g} \right)^2 = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$. Největší výšky dosáhne tělo, když bude $\sin^2 \alpha = 1$, t. j. když bude $\alpha = 90^\circ$.

6. V některém bodu paraboly ku př. v bodu *m* bude *nu* abscissou *a* a *mu* ordinátou *y*.

$$\text{Jestli pak } \omega = nu = nk - uk = nk - mr = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \left(vt_1 \sin \alpha - \frac{gt_1^2}{2} \right) \\ = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} - vt_1 \sin \alpha + \frac{gt_1^2}{2}.$$

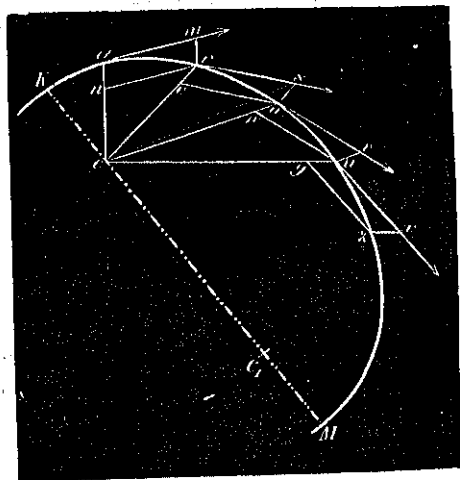
$$\begin{aligned}
 y &= mv = rk = ak - ar = \frac{ap}{2} - ar = \frac{v^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} - v t_1 \cdot \cos \alpha \\
 &= v \cdot \cos \alpha \left(\frac{v}{g} \cdot \sin \alpha - t_1 \right); \text{ bude tudíž } y^2 = v^2 \cos^2 \alpha \left(\frac{v^2}{g^2} \sin^2 \alpha - \right. \\
 &\quad \left. \frac{2vt_1}{g} \sin \alpha + t_1^2 \right) = \frac{2v^2 \cos^2 \alpha}{g} \left(\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} - vt_1 \sin \alpha + \frac{gt_1^2}{2} \right) \\
 &= \frac{2v^2 \cos^2 \alpha}{g} \cdot x = p \cdot x, \text{ t. j. tělo šikmo vržené opisuje pohybem para-} \\
 \text{boly, jejíž parametr } p &= \frac{2v^2 \cos^2 \alpha}{g}. \text{ — Střelba dělová. — Odpor vzduchu.}
 \end{aligned}$$

6. Pohyb středoběžný.

125. Pohyb středoběžný. Působí-li na bod a (obr. 103.) směrem am síla okamžitá a směrem ac síla nepřetržitá, která a ustavičně do bodu c přitahuje, můžeme tuto nepřetržitou sílu mysliti sobě složenou z nespočetného množství sil okamžitých, které působí jedna po druhé vždy v době nespočetně krátké τ . Účinkem síly okamžité octl by se bod a v prvé krátké době τ v bodu m a působením síly nepřetržité vykonal by v témž čase dráhu an ; sestrojíme-li rovnoběžník pohybu $amrn$, bude na konci doby τ bod a nalézati se v r . V následující částečce času τ pohybovalo by se tělo setrvačností dále a vykonal by v době té dráhu $rs = ar$, účinkem síly nepřetržité octl by se však v e , bude tudíž dráha opět naznačena úhlopříčkou ro v rovnoběžníku $rsoc$; v následujících částicích času τ vykoná pak tělo dráhy ou , uz atd. Dráha, kterou tělo koná, byla by tudíž vytknuta lomenon čarou $arouz \dots$ Poněvadž působí přitažlivá síla bez přestávky, jest dráha, kterou tělo skutečně koná, křivka $arouz \dots$

Pohyb v křivce, který vzniká způsobem právě uvedeným, slouží pohybem středoběžným (Centralbewegung). Síla, která tělo ustavičně do téhož bodu c táhne, slouží silou do-
středivou (Centripetalkraft), ona pak síla, kterou snaží se tělo za příčinou své setrvačnosti v každém bodu směrem tečné toho bodu se pohybovati a od bodu c se vzdalovati, nazývá se silou tečnovou (Tangentialkraft).

Obr. 103.



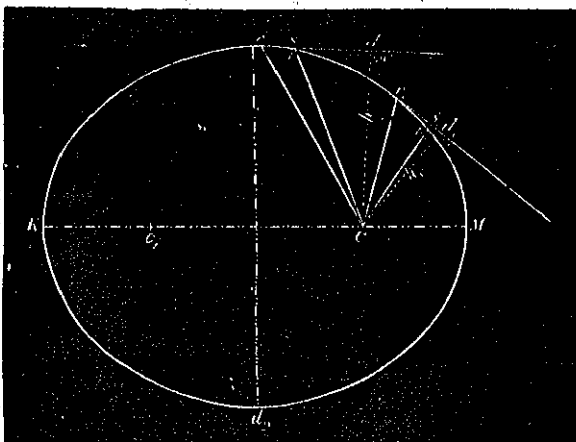
Bod c nazývá se *středem* (Centralpunkt) a každá přímka, vedená ze středu ku kterémukoliv bodu dráhy jmenuje se *provodič* (Leitstrahl, radius vector).

126. Zakony pohybu středoběžného. *a)* Na obr. 103. jest $\triangle acr = \triangle csr$ a $\triangle ocr = \triangle crs$, pročež $\triangle acr = \triangle ocr$. Týmž způsobem možno dokázati, že *plochy dvou sousedných trojúhelníkův, které provodič ve stejných, velmi kratičkých dobách opisuje, jsou sobě vespolek rovný.* Z toho vyplývá, že jsou sobě rovný plochy všech trojúhelníkův, které provodič v rovných dobách opisuje.

Plochy, které opisuje provodič v určitých dobách, skládají se z nesčíslného množství trojúhelníkův nesmírně malých, z nichž každý byl opsán v nesmírně malé části času τ . Poněvadž jsou jednotlivé tyto nesmírně malé trojúhelníky sobě rovný, budou i součty stejného množství jejich sobě rovný, pročež má platnost všeobecnou zákon:

Plochy, opsané provodičem v dobách stejných, jsou sobě rovný.

Obr. 104.



b) Jsou-li (obr. 104.) vs a $v_1 s_1$ dráhy opsané rychlostí c a c_1 ve stejných nekonečně malých dobách τ , ve kterých možno pokládati pohyb za rovnoměrný, bude $vs : v_1 s_1 = c : c_1$. Jsou-li h a h_1 výšky trojúhelníkův cvs a $cv_1 s_1$, ve stejných dobách τ opsaných, bude, poněvadž $\triangle cvs = \triangle cv_1 s_1$ též $\frac{sv}{2} \cdot h = \frac{s_1 v_1}{2} h_1$

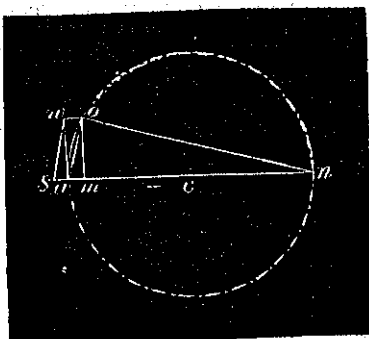
$$\text{aneb } vs : v_1 s_1 = h_1 : h.$$

Poněvadž však $vs : v_1 s_1 = c : c_1$ bude $c : c_1 = h_1 : h$, t. j. *v pohybu středoběžném jsou rychlosti v rozličných místech dráhy v poměru převráceném*

reném s kolmicemi, které vedeme ze středu ku tečnám dotýkných bodů dráhy.

Obr. 105.

Děje-li se pohyb středoběžný v kruhu, jehož střed jest též středem pohybu, bude pohyb rovnoměrný, neboť jsou h a h , poloměry kruhu, pročež $h=h$, a tudíž také $c=c$. Děje-li se pohyb v elipse, jejíž jedno ohnisko jest středem pohybu, bude rychlost největší v tom bodu, který jest tomu ohnisku nejbližší a nejmenší v tom bodu který jest od ohniska toho nejdříve vzdálen. Tak bude ku př. (obr. 104.) v M rychlost největší a v K rychlost nejmenší, je-li střed pohybu v ohnisku c .



c) Je-li ao (obr. 105.) velmi malá částka dráhy, již vykonalo tělo v době nesmírně kratičké τ , pohybujíc se v kruhu rychlostí c , bude $ao = c\tau$. Je-li oblouk ao velmi kratičký, můžeme tetivu ao pokládati za dráhu a rozložití ji ve složky aw a am , které stojí na sobě kolmo. Směrem aw bude působiti síla tečnová q a směrem am síla dostředivá p . Je-li γ zrychlení síly p , kterou můžeme v době velmi kratičké τ pokládati za stálou, bude dráha $am = \frac{\gamma \cdot \tau^2}{2}$. V pravoúhelném $\triangle aon$ jest $ao^2 = am \cdot an$, pročež $am = \frac{ao^2}{an} = \frac{c^2 \cdot \tau^2}{2r}$. Poněvadž, jak výše dovozeno $am = \frac{\gamma \tau^2}{2}$, bude též $\frac{\gamma \tau^2}{2} = \frac{c^2 \tau^2}{2r}$, čili $\gamma = \frac{c^2}{r}$ aneb $m\gamma = \frac{mc^2}{r}$; $m\gamma = p$, pročež $p = \frac{mc^2}{r}$ (1). Z týchž důvodův bude $P = \frac{MC^2}{R}$ a $P:p = \frac{MC^2}{R} : \frac{mc^2}{r}$ a je-li $M=m$, bude $P:p = \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}$ (2).

Je-li potřebí času t k oběhu v celém kruhu, bude $2\pi r = ct$, pročež $c = \frac{2\pi r}{t}$ aneb $c^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{t^2}$ (3). Vložíme-li tuto hodnotu do

1. rovnice, bude $p = \frac{m \cdot 4\pi^2 r}{t^2}$. Taktéž bude i $P = \frac{M4\pi^2 R}{t^2}$,

pročež $P:p = \frac{MR}{T^2} : \frac{mr}{t^2}$. Z odstavce 86. vyplývá... $P:p = \frac{M}{R^2} \cdot \frac{m}{r^2}$,

pročež $\frac{MR}{T^2} : \frac{mr}{t^2} = \frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2}$ aneb $R^3 : r^3 = T^2 : t^2$, t. j. jsou-li dostře-

divé síly v rovném poměru se hmotnostmi a v převráceném poměru se čtverci vzdáleností jejich ode středu pohybu, mají se čtvercové časy, jichž k oběhům potřebí, k sobě tak, jako krychle vzdáleností.

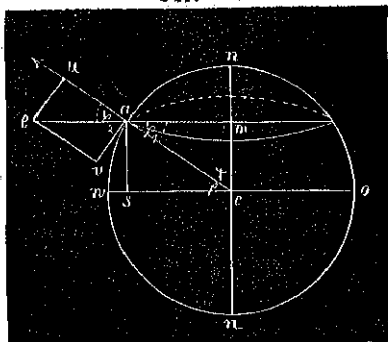
Zákony pohybu středoběžného odvodil úplně nejprve Newton 1682. — Ptolemaeus v první polovici II. století. — Koperník 1554. — Tycho 1600. — Kepler 1618.

127. Odstředivost. Tělo a (obr. 105.) snaží se, jsouc setrvačné, v každém bodu své dráhy nabytou rychlostí pohybovati se směrem tečné aw , vedené k tomu bodu, a pohybovalo by se tím směrem skutečně, kdyby přestala působiti dostředivá síla am . V čase nesmírně krátkém τ vykonalo by pak tělo, pohybující se účinkem setrvačnosti, dráhu aw , kterou možno rozložití ve složky ao a as . Drahou as budiž vyznačena síla O a drahou ao síla Q . Síla O nazývá se *odstředivostí* (Fliehkraft, Centrifugalkraft), neboť vzdaluje tělo ode středu c směrem as a působí ve směru protívěném síly dostředivé, která přitahuje tělo do středu c směrem am . Účinkem síly Q pohybuje se tělo drahou ao a má-li v dráze této a tudíž i v kruhu se pohybovati, musí býti *odstředivost* úplně zrušena *dostředivostí*, t. j. *obě tyto síly musí působiti v též přímce os a býti stejně veliké*, t. j. $as = am$; bude tudíž odstředivost v kruhu $O = p = \frac{m4\pi^2 r}{t^2}$ (dle 126. c), aneb, poněvadž (dle 110 b) $p = mg$ a tudíž $m = \frac{p}{g}$, $O = \frac{4p\pi^2}{g t^2}$, v čemž p značí váhu těla a g zrychlení síly těžné.

1. Účinkem odstředivosti jest přitažlivost země, totiž *tíže na rovníku menší než na točnách* a odstředivost jest též příčinou *splštění země na točnách*.

a) Otáčeli-li se (obr. 106.) země v soustředných vrstvách rovnoměrně hutná okolo své osy nn velmi rychle, bude o odstředivost

Obr. 106.



bodu w na rovníku a o_1 odstředivost bodu a , jehož zeměpisná šířka jest φ . Z předcházejícího bude pak $o : o_1 = \frac{4r\pi^2}{t^2} : \frac{4am\pi^2}{t^2}$

$= r : am = 1 : \cos \varphi$, pročež $o_1 = o \cdot \cos \varphi$, bereme-li poloměr zemský za jedničku. Značí-li ae velikost a směr odstředivosti o_1 a rozložíme-li ae ve složky av a au , bude působiti au v protívěném směru síly těžné, takže, značí-li G prostou velikost síly těžné a g_1 velikost, kterou těžná síla skutečně působí, byvši

odstředivostí zmenšena, bude $g_1 = G - au = G - ae \cdot \cos \varphi = G - o \cdot \cos \varphi = G - o_1 \cdot \cos \varphi = G - o \cdot \cos^2 \varphi$.

Na rovníku bude tudíž velikost těžné síly $g = G - o$; na jiném místě mezi točnami a rovníkem, kdež jest velikost těžné síly g_1 , bude

rozdíl $g_1 - g = (G - o \cos^2 \varphi) - (G - o) = G - o \cos^2 \varphi - G + o = o - o \cos^2 \varphi = o(1 - \cos^2 \varphi) = o \sin^2 \varphi$, t. j. *těžné síly přibývají od rovníku ku točnám v tom poměru, ve kterém přibývají čtverce sinusů zeměpisné šířky.*

Má-li vteřinové kyvadlo na rovníku délku l , bude z rovnice

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad 1g = \pi^2 l, \quad \text{pročež } g : o = \pi^2 l : \frac{4\pi^2 r}{l^2} = l^2 : 4r.$$

Poněvadž pak čas, ve kterém každý bod na rovníku celou dráhu okolo osy vykonává $l = 86164$ vteřinám a poněvadž délka vteřinového kyvadla na rovníku $l = 991$ milimetrův a $r = 6,366.200$ metrův, bude, vložíme-li tyto hodnoty do srovnalosti výše uvedené $g : o = 289 : 1 = 17^2 : 1$. Kdyby země otáčela se 17krát rychleji, byla by odstředivost její 17²krát větší (dle 126 c.), pročež byla by na rovníku odstředivost o rovna tíži g . Pokusy, které byly kyvadlem provedeny, dokázáno však, že na rovníku $g : o = 200 : 1$, čehož příčina jest v tom, že není země kulí dokonalou, nýbrž sploštěnou.

b) Účinkem odstředivosti byla země, okolo své osy rychle se otáčející, na točnách sploštěna. Blíže točen jest vzdálenost povrchu od středu zemského *menší*, proto síla těžná a tudíž i zrychlení *větší*. O tom možno přesvědčili se *citlivými vážkami pružnými*, na kterých blíže točen *totéž tělo větší váhu* jeví, než blíže rovníku. Pružnost vážek ostává na všech místech *tatáž*, váhy přibývá však od rovníku ku točnám.

2. Stroj odstředivý. — Pokusy strojem odstředivým konané. — Voda nevytéká ze sklenice, postavené na vnitřek obruče, který rychle otáčíme. — Prak. — Setrvačnický, brusy a kola mlýnská trhají a rozletují se v kusech účinkem odstředivosti. — Kruh hrncířský. — Rovnatel odstředivý (Centrifugalregulator) na parních strojích. — Sušič odstředivý. — Cedidlo odstředivé v cukrárnách. — *Hessův* stroj ku zdvihání vody. — Odstředivé stroje ku provětrávání bání. — Měchy odstředivé (Centrifugalgebläse). — Kruh oběžnice Saturnu. (Pokus, jímž ukázal *Plateau*, že kruh ten vznikl účinkem odstředivosti.) — Vozy a saně zvrhají se odstředivostí v rychlé jízdě v ostřejším záhybu, prolo bývá zevnitřní kolej na železnicích v záhybech zvýšena. — Účinky odstředivosti v jízdárnách. — Jiné příklady a účinky odstředivosti.

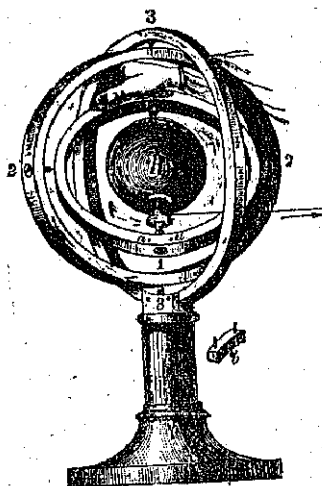
128. Osa volná. Jsou-li hmotné částičky těla, okolo osy se otáčejícího, tak souměrně rozloženy, že účinek odstředivosti částičky jedné ruší se účinkem odstředivosti částičky druhé, nebude otáčením těla na osu působiti ani tlak ani tah ani napnutí, proto slove osa taková *osou volnou* (freie Axe).

Volná osa musí protínati střed hmoty; v každém středu možno mysliti sobě *nejméně tři* v úhlech pravých se protínající *volné osy*. Dvě z těchto os zůstávají v pohybu vždy v *též stálé poloze*.

Těžký kotouč kovový, otáčející se velmi rychle okolo své osy, nepadá, byť i deska, na které jest osa postavena, v rozličných směrech se skloňovala; osa kotouče zůstává vždy ve stejné poloze.

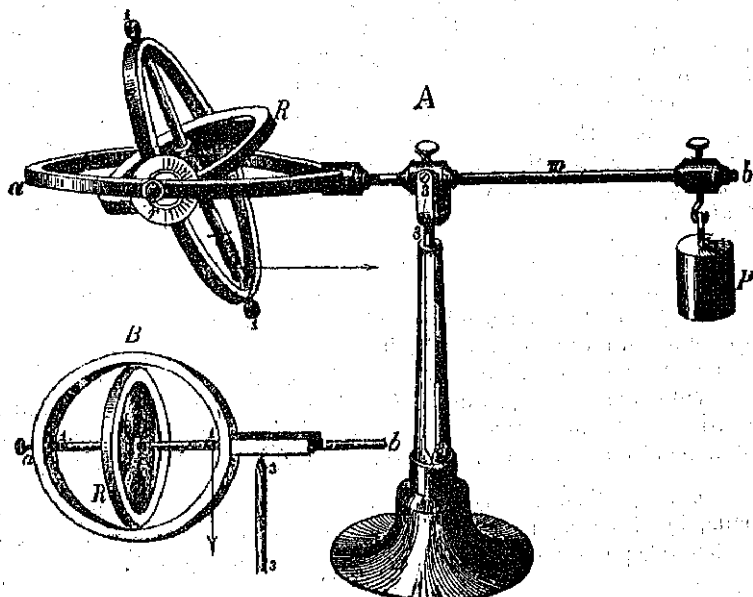
Strojem *Bohnenbergerovým* (obr. 107.) možno znázorniti, že osa zemská v poloze své stále zůstává. Kule *R* otáčí se okolo osy ve kruhu 1, ten jest ve druhém v osách 2,2 a druhý ve třetím v osách 3,3 zavěšen tak, že může mít osa kule *R* jakoukoliv polohu. Roztočíme-li kuli, zůstane poloha osy 1 po celý čas rychlého pohybu *rovnoběžna* s tím směrem, jež měla v tom okamžiku, kdy otáčení se počala, i můžeme pak stroji jakoukoliv polohu dáti, ve světlici s místa na místo jej přenášeti, ano i na stroj odstředivý připevniti a jej otáčeti, aniž by osa 1 polohu svou změnila. Setrvání osy 1 v poloze jest tak veliké, že můžeme na kruh 1 dosti silně prstem tlačiti, aniž bychom tím polohu jeho změnili, ač jest v klidu kruh ten velmi snadně pošunutelný. Tím výjevem vysvětlujeme sobě setrvání zemské osy ve směru hvězdy polární, čímž vznikají pak čtyři roční počasí.

Obr. 107.



Přidáme-li na jeden konec osy v *aa* závažíčko *b*, postaví se účinkem jeho kruh 1 kolmo, je-li kule v klidu; otáčeli-li se však kule velmi rychle, zůstane osa i kruh 1 v té poloze, kterou měly na počátku pohybu, osa 1 bude však se otáčení volně okolo kolmice 3 směrem, který *protivný* jest směru onomu, v němž se kule otáčí. Rychlost tohoto pohybu osy bude tím menší,

Obr. 108.



čím rychleji se kule otáčí. Tím vysvětlujeme sobě tak zvanou *pruccessi*, t. j. předstoupání rovnodennosti při zeměkouli naší (ročně o 50'') a tak zvanou *nutaci*, t. j. vrtkání osy zemské.

Strojem *Fesslovým* (obr. 108. A), který se skládá z kotouče *R* taktéž ve třech osách zavěšeného, můžeme předcházející pokusy opakovati. Pošine-me-li závaží *P* blíže k *a*, až bod *a* převahou poněkud dolů se sklóní a tyč *ab* s přímkou vodorovnou nějaký úhel svírá, nadzdvihneme-li pak *a* a roztočíme-li kotouč, zůstane tento v poloze původní potud, pokud bude dosti rychle se otáčeti, a neklesne převahou svou dolů; celý stroj otáčí se však okolo kolmé osy 3 směrem, který protivný jest směru onomu, ve kterém nejvyšší bod kotouče *R* se pohybuje.

Čím blíže se pošine *P* ku bodu *b*, tím volněji bude se pohybovati stroj okolo osy 3; bylo-li *P* pošínuto až do toho bodu, kde udržuje kotouč v rovnováze, tak že tyč *ab* má v klidu polohu vodorovnou, tu přestane pak stroj otáčeti se okolo osy 3. Pošineme-li *P* ještě blíže ku bodu *b*, takže jest v *b* převaha, bude stroj kolem osy 3 v *protivném* směru se otáčeti.

Jednodušší stroj *Fesslový* viděti na obr. 108. B. Stroj ten můžeme na nitích v *a* a *b* zavěsiti. Otáčí-li se kotouč velmi rychle, můžeme pak jednu z nití přefíznouti a stroj nepadne k zemi, pokud kotouč *R* dosti rychle se otáčí.

7. Ráz.

129. Ráz. Setká-li se tělo jedno v *pohybu* svém náhle s tělem druhým, které buď v *klidu* se nalézá, buď se *pohybuje*, slove *vzdjemný* účinek jednoho těla na druhé *ráz* (*Stoss*).

Abychom zákony rázu snáze mohli určití, pozorujeme *ráz kulí*, které pouze v jediném bodu se stýkají a toliko *postupně* se pohybují okolo osy se neotáčejíce.

Jsou-li směry pohybu kolmo na plochu, ve které kule se setkávají, slove *ráz přímý*, jinak jest *šikmý*. Protíná-li směr rázu těžiště kulí, jmenuje se *ráz středním* (centralním), jinak jest *výstředním* (excentrickým).

130. Přímý, středný ráz kulí nepružných. a) Má-li kule *A* hmotnost *M* a rychlost *C*, kule *B* hmotnost *m* a rychlost *c*, je-li $C > c$ a pohybují-li se obě kule *týmž směrem*, setká se kule *A* za jistou dobu s kulí *B* i vznikne *ráz*. Po sražení budou se obě kule pohybovati toutéž rychlostí x . Kule *A* bude totiž kulí *B* postrkovati tak dlouho, až budou míti obě stejnou rychlost; *A* nemůže míti po rázu rychlosti *větší*, neboť by ráz musil trvati déle, taktéž nemůže míti rychlosti *menší*, neboť sděluje kulí *B* rychlosti své jen potud, pokud jí *B* v pohybu překáží. Pouhým rázem nepřichází síla na zmar, musí tudíž součet hybností obou kulí *před rázem* i *po rázu* býti stejný, t. j. $MC + mc = Mx + mx = x(M + m)$, pročež

$$x = \frac{MC + mc}{M + m} \dots \dots \dots (1)$$

b) Pohybují-li se kule *naproti sobě*, tudíž směrem *protivným*, bude jedna z rychlostí, ku př. *c* negativná, tudíž

$$x = \frac{MC - mc}{M + m} \dots \dots \dots (2)$$

Vůbec jest $\alpha = \frac{MC+mc}{M+m}$ (3)

t. j. rychlost po rázu rovná se součtu neb rozdílu hybností, dělenému součtem hmotností obou kulí.

1. Je-li před rázem jedna kule v klidu, $c=0$, tož jest $\alpha = \frac{MC}{M+m}$.

2. Jsou-li hmotnosti obou kulí stejny, jest $M=m$, tudíž $\alpha = \frac{C+c}{2}$.

3. Je-li $c=0$ a $M=m$, jest $\alpha = \frac{C}{2}$.

4. Vrazí-li kule A kolmo na nehybnou stěnu, jejíž hmotnost $m=\infty$ a rychlost $c=0$, jest $\alpha = \frac{MC}{M+\infty} = 0$, t. j. kule ztrácí rázem veškerou hybnost svoji.

Rázostroj z kulí nepružných, ku př. hliněných. — Kyvadlo ballistické. — Beran.

131. Přímý, středný ráz kulí dokonale pružných. Sraží-li se kule dokonale pružné, stlačí se nejprvé rázem na místech, kde vzájemně se dotýkají; pružností nabývají však opět předešlého tvaru, čímž vzniká pohyb v protivném směru pohybu původního.

Jsou-li opět M a m hmotnosti, C a c rychlosti kulí A a B a je-li α ona rychlost, kterou by se pohybovaly kule, kdyby nebyly pružné, pozbývá kule A rázem rychlost $C-\alpha$ a stlačením a zpružením taktéž $C-\alpha$, pročež celkem $2(C-\alpha)$; kule B získá rázem rychlosti $\alpha-c$ a stlačením a zpružením taktéž $\alpha-c$, celkem získá tudíž kule B rychlosti $2(\alpha-c)$.

Je-li rychlost kule A po rázu V a má-li po rázu kule B rychlost v , jest

$$V = C - 2(C - \alpha) = 2\alpha - C = 2 \frac{MC + mc}{M + m} - C = \frac{2mc + C(M - m)}{M + m}$$

$$v = c + 2(\alpha - c) = 2\alpha - c = 2 \frac{MC + mc}{M + m} - c = \frac{2MC + c(m - M)}{M + m}$$

Pohybují-li se kule směrem protivným, jest c negativné, tudíž $V = \frac{C(M - m) - 2mc}{M + m}$ a $v = \frac{2MC - c(m - M)}{M + m}$ všeobecně

$$\text{tudíž } V = \frac{C(M - m) + 2mc}{M + m} \text{ a } v = \frac{2MC + c(m - M)}{M + m}$$

a) Je-li $M=m$, jest $V = \pm c$ a $v = C$, t. j. kule pružné a rovné hmotné vyměňují rázem své rychlosti.

b) Je-li kule B v klidu, tudíž $c=0$, jest $V = \frac{C(M - m)}{M + m}$ a

$$v = \frac{2MC}{M + m}.$$

e) Je-li $M=m$ a $c=0$, bude po rázu $V=0$ a $v=C$.

d) Narazí-li pružná kule kolmo na pružnou stěnu nehybnou, jejíž rychlost $c=0$ a hmotnost $m = \infty$, tudíž tak veliká, že na hmotnost M netřeba ohledu bráti, bude po rázu $V=C \cdot \frac{-\infty}{+\infty} = -C$ a

$v = \frac{2MC}{M+\infty} = 0$, t. j. pružná kule odráží se od nehybné stěny protivným směrem toutéž rychlostí, kterou na ni narazila.

e) Součet rychlostí před rázem i po rázu jest u obou kulí stejný, neboť $V=C-2(C-x) = C-2C+2x = -C+2x$, pročež $V+C=2x$; taktéž $v=c+2(x-c) = c+2x-2c = 2x-c$, tudíž $v+c=2x$.

f) Součet hybností jest po rázu tak veliký jako před rázem, neboť $MV+mv = M(2x-C)+m(2x-c) = 2(M+m)x - (MC+mc)$

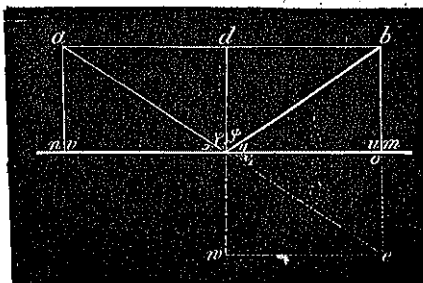
$$= 2(M+m) \frac{MC+mc}{M+m} - (MC+mc) = MC+mc.$$

Rázostroj z kulí pružných ze slonoviny, guajakového dřeva neb tvrdého kaučuku. — Odrázení jedné neb více kulí v též úhlu, ve kterém na druhé straně jedna neb více kulí na ostatní kule se spouští. — Spouštění kulí na ostatní současně s obou stran. — Ráz kladiva na kovadlinu.

132. Šikmý ráz kule na nehybnou stěnu. a) Vrazí-li nepružná kule na tvrdou, nehybnou stěnu šikmo silou, jejíž směr a poměrná velikost dána přímkou ac (obr. 109.), bude po rázu se pohybovati silou, jejíž směr a poměrná velikost bude určena přímkou cm . Sílu $ac=ce$ můžeme totiž rozložití ve složky cv a cm . Složka cv , působící kolmo na stěnu mn , zruší se odporem stěny, tak že zbývá pouze složka cm , jejíž účinkem se bude kule pohybovati.

b) Je-li kule nebo stěna aneb kule i stěna dokonale pružná, odráží se kule ode stěny toutéž rychlostí v úhlu y , který se rovná úhlu x , ve kterém kule na stěnu narazila.

Obr. 109.



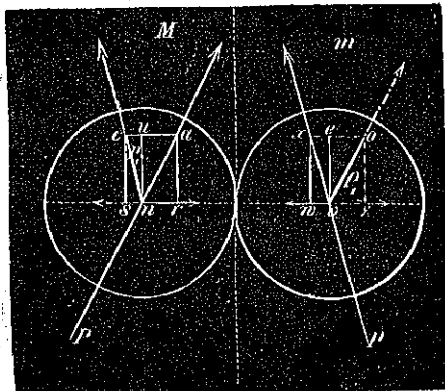
Sestrojíme-li totiž ze složek $cd (=cv)$ a cm rovnoběžník, bude úhlopříčnou cb vytknuta výslednice, t. j. směr i poměrná velikost síly, kterou kule ode stěny nazpět se pohybuje. Poněvadž pak $\triangle mce \cong \triangle mcb$, neboť $cm=cm$ a $me=bm$ a $\sphericalangle u = \sphericalangle o = 90^\circ$, jest $ce=cb$ a $\sphericalangle x = \sphericalangle y$, tudíž také $\sphericalangle y = \sphericalangle x$. Poněvadž $\sphericalangle x + \sphericalangle \varphi = \sphericalangle y + \sphericalangle \psi$, jest též $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \psi$.

Úhel φ , jejíž skládá směr pohybu ac s kolmicí dc , sestrojenu v bodu c , kde koule na plochu mn narazí, nazývá se úhlem

ndrazu č. dopadu (Einfallswinkel) a úhel ψ , který skládá s toutéž kolmicí směr odražené kule, slove úhlem odrazu (Reflexionswinkel). Poněvadž jest $\triangle acd$ a $\triangle bcd$ v též rovině, platí při šikmém rázu pružných těl zákon: *Těla pružná odrážejí se v též rovině, ve které na stěnu dopadají, a úhel odrazu rovná se úhlu dopadu.*

133. Šikmý ráz dvou pružných kulí. Pohybuje-li se kule M (obr. 110.) silou P , jejíž směr a velikost naznačena přímkou na ,

Obr. 110.



a kule m silou p , jejíž směr a poměrná velikost naznačena přímkou va , bude po rázu pohybovati se M silou $P_1 = ns$ a m silou $p_1 = vw$.

Vedeme-li oběma středy kulí přímkou sz a rozložíme-li P ve složky nu a nr , p ve složky ve a vw , tak aby nu a ve působily kolmo na přímkou sz , nr a vw aby byly v té přímce, budou, jak patrně, působiti při rázu pouze složky nr a vw . Rázem vyměňují pak kule své rychlosti, bude tudíž kule M po rázu míti rychlost $ns = vw$

a m rychlost $vw = nr$. Složky nu a ve rázem se nezměnily; sestrojíme-li pak rovnoběžníky ze sil ns a nu a taktéž ze sil vw a ve , budou výslednice P_1 a p_1 .

Ráz pružných kulí na kulečtíku.

Zákony rázu odvodili téměř současně Wallis 1668 a Huyghens 1669.

8. Práce.

134. Práce. a) *Pohybuje-li síla nějaké tělo aneb překoná-li nějaký odpor na dráze jisté délky, pak říkáme, že síla ta vykonala jistou práci.*

b) Jedničkou práce jest jedna librostopa (1 lp) t. j. práce takové síly, jíž potřebí, aby odpor 1 libry na dráze 1 stopy v čase 1 vteřiny překonala, aneb 1 libru za 1 vteřinu 1 stopu pohybovala.

Někdy beře se za jedničku práce metrikilogramm.

c) Překonává-li síla stejnorodý odpor Q liber na dráze 1 stopy, musí býti práce té síly Q krát větší, bude tudíž Qlp , a je-li dráha S stop, musí býti i práce S krát větší, totiž $QSlp$.

Práce silou nějakou v jedničce času vykonaná rovná se součinu odporu (vyznačeného librami) a dráhy (vztažené stopami).

d) Ku měření větší práce se bere síla č. vlastně práce koně za jedničku. Síla koně rovná se 430 lp.

Pracuje-li tudíž párný stroj silou 6 koní, bude práce jeho $430 \times 6 = 2580$ lp za jednu vteřinu.

e) V průmyslu se používá sil velmi rozličných. Chceme-li je vespolek porovnávat, musíme práci jejich ve vteřině (minuté neb hodině vykonanou) ustanoviti librostopami neb silami koňskými.

Siloměry.

135. Práce sil stálých. a) Je-li G zrychlení, kterým pohybuje se tělo, jehož váha jest p , účinkem stálé síly P , bude $p : P = g : G$, z čehož $\frac{p}{g} = \frac{P}{G}$ (1). Vykoná-li působitě síly P dráhu s , bude práce té síly $R = P \cdot s =$ (dle odst. 109., rovnice 10.) $\frac{P \cdot v^2}{2G} =$ (dle rovnice 1.) $\frac{pv^2}{2g}$ (2), t. j. práci síly stálé vypočteme, znásobivše váhu těla, které se pohybuje, čtvercem konečné rychlosti a dělivše součin dvojnásobným zrychlením síly těžné.

b) Dle odstavce 110. b jest $p = mg$; vložíme-li tuto hodnotu do rovnice 2, bude práce $R = mg \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{mv^2}{2}$ (3).

Součin hmotnosti se čtvercem času, t. j. mv^2 slovo silou živou a značí tudíž dvojnásobnou práci, které potřebí, aby tělo, jehož hmotnost jest m , z klidu přišlo do pohybu a nabylo rychlosti v .

Ubývá-li tělu živé síly, ubývá, jak patrné, také práce. Ubývání takové jest vždy jen zdánlivé. Třením aneb rázem nepružných těl ubývá ovšem práce, za to však přibývá jistého množství tepla; taktéž i naopak, ubývá-li zdánlivě jistého množství tepla, přibývá v témž poměru i práce.

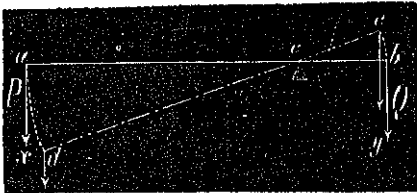
c) Působí-li na tělo síla P a proběhlo-li tělo dráhu S , jest vykonaná práce $R = P \cdot S$. Poněvadž jest tělo setrvačné, bude moci dříve, než se v úplný klid vrátí, překonati odpor P na dráze S a vykoná tudíž práci $R^1 = PS$; jak patrné, bude pak $R = R^1$. Pohybem nahromaduje se v těle jistá práce hybné síly a za jistých okolností může práce tato opět se strávití, t. j. můžeme jí ku překonání překážek aneb k jiným účelům použítí.

Setrvačníky. — Sražení vlaků na železnicích.

136. Práce strojů. Působí-li na páce ab (obr. 111.) síla P v a a břemeno Q v b a vykoná-li v jisté době působitě síly dráhu ad , tu vykoná v též době působitě břemene dráhu bg ; poněvadž $ad : bg = ac : bc$ a $ac : bc = Q : P$, bude též $Q : P = ad : bg$, pročež $P \cdot ad = Q \cdot bg$, t. j. práce síly jest na páce tak veliká, jako práce břemene v též době vykonaná, a síla má se ku břemenu, jako pře-

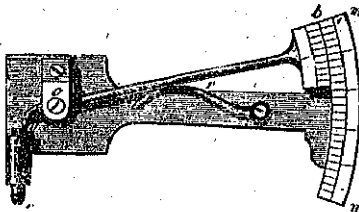
vrácení dráhy, jež konají *současně* působíště jejich. Z toho patrné, že právě tolik, co ušetří se pákou síly, musí nahraditi se drahou, a tudíž i časem.

Obr. 111.



takto upravenou můžeme se přesvědčiti, zdaž jest plocha nějaká zcela rovná aneb jak jest zakulacena. Dotýká-li se konec *a* ramene *ao* tyčinky *v*, jejíž druhý konec spočívá na nehybné podpoře, a vyměníme-li tyčinku tuto za jinou, která od ní délkou jen nepatrně se liší, bude možno i velmi nepatrný rozdíl v délce obou tyčinek pákou *ab* ustanoviti. Páka k tomuto účeli zvláště upravená slove z té příčiny *strojem porovnávacím* (Comparator).

Obr. 112.



Totéž možno dokázati o všech jednoduchých i složených strojích.

Vykoná-li rameno *ca* páky *ab* (obr. 112.) jistou kratičkou dráhu, vykoná rameno *cb* současně dráhu tolikráte delší, kolikráte jest *cb* větší než *ca*. Na oblouku *mn* možno pak pomocí nonia na konci *b* se nalezajícího dráhu ramene *cb* a tudíž i dráhu ramene *ca* podrobně určití.

Z rovnice $P \cdot ad = Q \cdot bg$ vyplývá, že *strojem není možno práce přidělati*, spíše zmenšuje se na strojích práce hybné síly třením a odporem.

Účelem strojův není tudíž ušetření sil, nýbrž přiměřené používání jich.

Užitek strojův záleží hlavně v tom, že strojem můžeme docíliti libovolného poměru síly ku břemenu a že možno strojem břemeno libovolnou rychlostí pohybovati. Další užitek strojů vyplývá i z toho, že jimi možno práce pravidelně a dokonale vykonávati a ku pracím nejrozmanitějších sil přírodních (vody, páry atd.) používati. — Z předcházejícího vyplývá též, že naprosto nemožno, sestrojiti *samohyb* (perpetuum mobile), t. j. stroj takový, který, byv jednou v pohyb uveden, vždy v pohybu by setrval.

9. Překážky v pohybu.

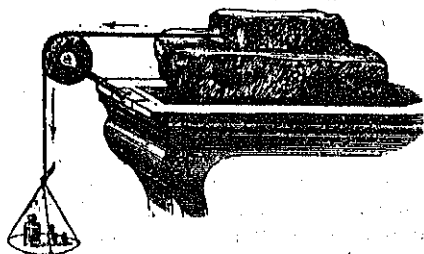
137. Tření. Všecka těla jsou pórovatá a protož byť i povrch jejich co možno nejlépe byl uhlazen, zůstává na něm přece množství prohlubin a vyvýšenin. Pohybuje-li se pak jedno tělo po druhém, vnikají vyvýšeniny jednoho do prohlubin druhého, protož potřebí, vyvýšeniny ulámati neb zohýbati neb z prohlubin vytrhnouti. Tím nastává překážka v pohybu, kterou nazýváme *třením* a kterou částí hybné síly překonati nutno.

Pohybují-li se částice povrchu jednoho těla s částicemi povrchu druhého těla *rovnoběžně*, vzniká tření *vlačné* (gleitende Reibung); tření,

které vzniká, když jedno tělo na druhém se *valí* neb na něm *kolodá*, zove se třením *valným* (rollende Reibung).

138. Tření vlačné. a) Tření vlačné možno pokusem ustanoviti. K tomu cíli položíme tělo *A* (obr. 113.) uhlazeným povrchem na uhlazený povrch těla *B*. Kdyby nebylo tření, musilo by tělo *A* po těle *B* pohybovati se hned, jak mile bychom na misku, která jest šňúrou s tělem *A*

Obr. 113.



spojena a na kladku položena, nějaké třeba i velmi malé závaží položili. Abychom však tření překonali, musíme na misku přidávati závaží tak dlouho, až tělo *A* pohybovati se počne. Vahou misky a závaží na ni položených ustanovuje se pak *velikost vlačného tření v přechodu těla z klidu do pohybu*. Příkladáme-li závaží ještě tak dlouho, až tělo rovnoměrně se pohybuje, bude závaží ještě přiložené značiti *velikost vlačného tření v pohybu*.

Velikost tření vlačného možno ustanoviti také rovinou nakloněnou, na jejíž uhlazenou plochu položíme tělo *A*. Pak zvětšujeme úhel úklonu roviny tak dlouho, až tělo dolů padati začíná. $F = Q \cdot \sin \alpha$ (dle 104 a) jest pak velikost tření vlačného v přechodu těla z klidu do pohybu.

Přiložíme-li na tělo *A* závaží, bude tlak a tím i vlačné tření zvětšeno. Pokusy bylo dokázáno, že *přibývá tření v též poměru, ve kterém přibývá tlaku*. Značí-li *T* a *t* tření, *Q* a *q* tlak, bude $T : t = Q : q$, z čehož $T = \frac{t}{q} \cdot Q$. Zlomek $\frac{t}{q}$ nazývá se *koefficientem tření* a určuje se zkouškami v každém zvláštním případě. Jest tudíž vůbec $T = k \cdot Q$.

Z pokusův byly koefficienty tření rozličných těl vyhledány a ve zvláštní tabulky sestaveny. Tře-li se ku př. dřevo na dřevo tak, aby léta zůstávala rovnoběžna, jest za sucha $k = \frac{2}{5}$, s vodou $\frac{1}{4}$, s mýdlem $\frac{1}{7}$, s lojem $\frac{1}{100}$; tře-li se dřevo na kov na sucho jest $k = \frac{2}{5}$, s vodou $\frac{1}{4}$, s mýdlem $\frac{1}{6}$, s lojem $\frac{1}{12}$, s kolomazi $\frac{1}{10}$; tře-li se kov na kov za sucha jest $k = \frac{1}{5}$, s vodou $\frac{1}{10}$, s mýdlem $\frac{1}{5}$, s lojem $\frac{1}{10}$, s kolomazi $\frac{1}{10}$ atd.

Součinem tření *T* s drahou *S*, v jisté době *t* vykonanou, bude vytknuta práce, která síle *P* v době *t* třením *zdaňlivě* ubývá (viz 135 b).

b) Z pokusův byly poznány následující zákony tření vlačného:

1. Tření přibývá a ubývá poměrně s tlakem kolmým na plochy, které se vespolek trou.

2. Velikost tření nemění se velikostí ploch, které se trou, ani rychlostí pohybu.

3. Tření jest s počátku pohybu větší než když tělo již v pohybu jest.

4. Tření jest tím větší, čím jsou troucí se plochy drsnější; mezi hmotami *nestejnorodými* jest pak tření *menší* než mezi *stejnorodými*.

Tření lze tudíž umenšiti *uhlazením* ploch, které vespolek se trou, natíráním jich přiměřenými *mazadly*, jakož i tím, že bereme k dotýčným účelům hmoty *rozličné*, ku př. *železné* čepy a *mosazné* pávnice.

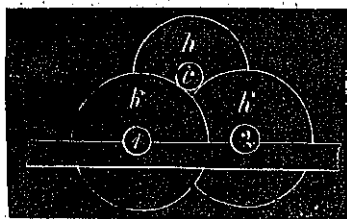
Užitek vlačného tření. — Saně. — Brusle.

139. Tření valné. Tření valné jest menší, než tření vlačné, neboť valí-li se jedno tělo po druhém, budou se vyvýšeniny jednoho z prohlubin druhého pouze *vytrhovati* a nebude tudíž potřeba vyvýšenin zohybatí aneb ulámati.

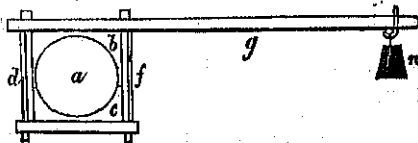
Z pokusův bylo seznáno, že valného tření přibývá v témž poměru, ve kterém přibývá tlaku a že tření stává se tím menší, čím více se zvětšuje poloměr těla, které po druhém se valí. Značí-li V a v valné tření, Q a q tlak a R a r poloměr těl, jest $V:v = \frac{Q}{R} : \frac{q}{r}$, z čehož $V = \frac{Q}{R} \cdot \frac{r}{q} \cdot v = k \cdot \frac{Q}{R}$, v čemž $k = \frac{r}{q}$ v značí koeficient valného tření.

Často proměňuje se tření vlačné ve valné, které jest menší; tak ku př. podkládají se pod tělo válce neb kolečka, aby se mohlo valiti. — Čepy *kol a kladek protilorných* (Frictionsräder, Frictionsrollen), jež znázorňuje obr. 114., neotáčejí se v pávnici, nýbrž čep jejich δ pohybuje se na obvodu dvou kol neb kladek k a k' , které se okolo svých čepů 1, 2 otáčejí, čímž vlačné tření

Obr. 114.



Obr. 115.



čepu δ mění se ve valné. *Prony-ho brzda srovnávací* (Bremsdynamometer) skládá se ze dvou vyhlubených sedel b a c (obr. 115.), kteráž hřídel a objímají; spodní sedlo c jest upevněno, svrchní b přitlačeno na hřídel závažím n na páce g zavěšeným. Otáčeli-li se hřídel, musí přemáhati tření, jehož velikost snadně lze vypočísti. Velikost tření značí pak velikost práce, kterou hřídel koná. — Bezze tření kol na kolečkách železničných nepohyboval by se vlak a místa. — Jiné výhody tření valného.

140. Odpor v prostředí. Každé tělo pohybuje se obyčejně buď v kapalině buď ve vzdušně a musí tudíž částice tohoto *prostředí* ze prostoru, jež samo zaujímá, vytlačovati a *odpor prostředí* přemáhati.

Odpor prostředí řídí se *hustotou* prostředí, *tvarem* a *velikostí* těla, které se pohybuje, a *rychlostí* pohybu. Odpor jest tím větší, čím větší plocha, která prostředí vytlačuje, a čím jest prostředí hustější; není-li rychlost pohybu příliš veliká, přibývá odporu v témž poměru, ve kterém přibývá čtvercův rychlostí pohyblivého se těla.

V odporu prostředí zakládá se *padák* (Fallschirm), který rozepnutému deštníku se podobá. — Užitek odporu prostředí.

Přilnavost, neohybnost provazův a jiné překážky v pohybu.

C. Hydrostatika.

1. Podmínky rovnováhy kapalin, působí-li na částice jejich síla těžná.

141. Povaha kapalin. Kapaliny dají se (dle 23.) mechanickými silami jen *velmi málo* stlačit, mají *určitý objem*, ale nemají *vlastního tvaru*; jsou *dokonale pružné*, tak že byly-li stlačeny, zaujmají ihned předešlý objem, jakmile tlak působiti přestal. Částičky jejich jsou velmi snadně *pošinitelný*.

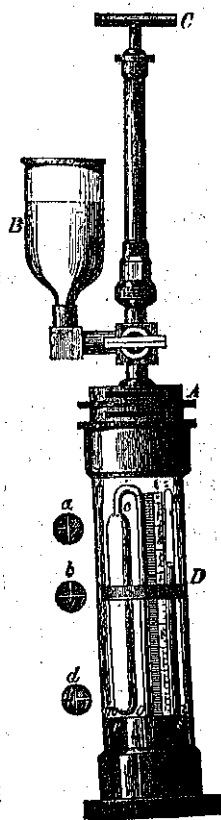
O stlačitelnosti možno přesvědčiti se tak zvaným *piezometrem* (obr. 116.). Skleněná nádoba tenkostěnná *mco* naplní se kapalinou, kterou chceme stlačit, a ponoří se otevřeným koncem *o* do rtuti *rs*, která jest na dně *velmi silně* skleněné nádoby válcovité *D*, jež nade rtuť *rs* jest vodou zcela naplněna a dobře uzavřena. Má-li pak kohoutek ve trubici *AC* polohu *b* a vytáhneme-li píst *C* vzhůru, naplní se válec *AC* pod pístí vodou a otočíme-li kohoutek o 90° do polohy *d* a tlačíme-li píst dolů, rozšíří se tlak vodou v nádobě *D* až ke rtuť *rs* a bude ji pušiti do vláskové trubice *oo*, čímž stlačuje se kapalina v nádobě *a* ve trubici *mco* uzavřená. Velikost tlaku jakož i stlačitelnost kapaliny, t. j. mnoho-li ubylo jí objemu, možno vypočítati. Je-li *V* objem nádoby

m a *v* objem vláskové trubice *oo* a $\frac{v}{V} = \frac{1}{N}$, je-li

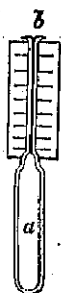
trubice *m* v *n* stejných dílkův rozdělena a vystoupila-li rtuť až k *o* témuž dílku trubice, bude stlačitelnost *s* vyznačena rovnicí $s = \frac{\alpha}{Nn}$. Při výpočtu stlačitelnosti *s* dlužno hleděti též ku stlačitelnosti skleněné nádoby *mco*.

Aby poměr objemu *V* a *v* snáze mohl se ustanoviti a aby trubice snáze ve stejné díly mohla se rozdělit, spojuje se nádobka *a* (obr. 117.) s vláskovou trubicí teploměrovou, kteráž koncem nálevkovitě rozšířeným do rtuť *rs* se staví.

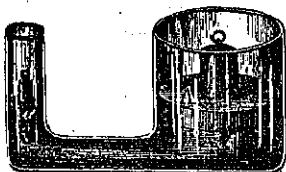
Obr. 116.



Pokusy bylo sledáno, že když i ku stlačení nádoby se hledělo, tlakem každé atmosféry rtuť stlačila se pouze o $2\frac{1}{2}$, líh o $21\frac{1}{2}$, voda o $46\frac{1}{2}$ milion-tých dílů svého objemu, z čehož patrně, že jest stlačitelnost ka-palin velmi nepatrná, tak že v životě obecném pokládají se za ne-stlačitelné.



Obr. 118.



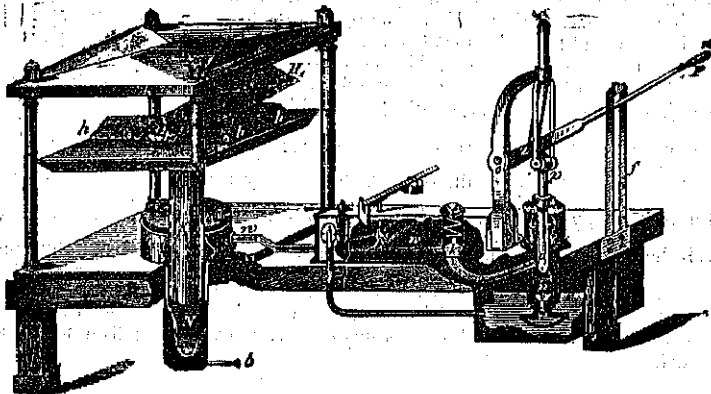
142. Rozptylování tlaku v kapalinách. Částičky kapalin jsou velmi snadně pošinu-telný, proto unikají tlaku, který na ně působí; nemohou-li však v uzavřené nádobě tlaku uniknouti, rozptylují jej, byt působí směrem jakýmkoliv, okamžitě stejnou měrou ve všech směrech.

Tlačíme-li jistým závažím na píst *a* (obr. 118.), který uzavírá nádobu s kapalinou, bude tlak ten působiti ovšem pouze na vrstvu kapaliny *n*, s kterou píst se stýká. Částičky té vrstvy snaží se však pro snadnou pošinutelnost svou tlaku ve všech směrech uniknouti, proto sdělí jej rovnou měrou částičkám sousedným, kteréž opět rovnou měrou dále jej rozptylí a tak rozptylí se tlak v celé kapalině ve všech směrech až ku stěnám nádoby.

Na plochu stěny tak velikou jako jest spodní plocha pístu *a* bude tudíž působiti též tlak jako na píst *a*, na plochu stěny nkráté větší bude i tlak nkráté větší. Je-li tudíž *p* plocha pístu *a*, *P* plocha pístu *A*, je-li *t* tlak na *a* a *T* tlak na *A*, bude $t:P = p:P$. Má-li zůstat kapalina v rovnováze, musíme na píst *A* přiložit závaží tolikráté větší než na *a*, kolikráté jest *P* větší než *p*.

V rozptylování tlaku v kapalině zakládá se vodní lis, jež Angličan Bramah r. 1796 sestrojil a jež znázorňuje obr. 119. Písmena *a* a *A* značí opět jako v obr. předcházejícím oba písty, *n* a *N* nádoby trubicí *ww* spojené.

Obr. 119.



Píst a jest částí pumpy na tlak a pohybuje se pákou on . Vytáhneme-li píst vzhůru, otevře voda, která jest v nádržce pumpy, záklopku v a naplní trubici n , stlačí li pak se píst dolů, zavře se záklopká v a voda, unikající tlaku, otevře záklopku k a postupuje trubicí wo do válce N , kdež zdvihá píst A . Zdvihne-li se píst a opět, zavře pružné péro záklopku k , voda otevře opět záklopku v a vniká opět do trubice n a odtud do N , což opakuje se tak dlouho, až píst A tak vysoko postoupí, jak toho potřebí. U s jest záklopká pojišťovací, kterou přitlačuje do otvoru závaží na jednoramenné páce zavěšené. Záklopku tuto otvírá voda, když by tlak dosáhl výše takové, kterou může nanejvýš povnost jednotlivých částí lisu ještě snést. Vedlé záklopký viděti ještě šroub, který do trubice wo zasahuje a byl-li nahoru vytočen, k tomu slouží, aby voda z N zvláštní trubicí opět do n vypustiti se mohla. Na pístu A jest deska, na kterou klade se to, co chceme lisovati, jako ku př. řepa, z níž chceme cukrovou šťávu vytlačiti atd.

Působí-li na konci páky v n síla P a v z na pístu síla p , bude $P:p=zo:no$, z čehož $p=P \cdot \frac{no}{zo}$.

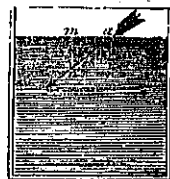
Je-li Q tlak na píst A , jehož poloměr jest R a je-li r poloměr pístu a , bude $p:Q=r^2:R^2$, pročež také $P \cdot \frac{no}{zo}:Q=r^2:R^2$ a tudíž $Q=\frac{Pno \cdot R^2}{zo \cdot r^2}$

$$a \quad P = \frac{Qzo \cdot r^2}{no \cdot R^2}$$

Až třetím asi $\frac{1}{3}$ práce se zmaří, jest přece vodní lis velmi výhodný. Jako na všech strojích pozbyváme i na tomto lisu právě tolik času, co ušetříme síly. — Úlohy. — Příklady. — Používání vodního lisu.

143. Rovnováha kapalin. a) Působí-li více sil na povrch kapaliny, která jest v rovnováze, musí působiti síly tyto na povrch kolmo a směřovati dolů. Kdyby působila ku př. síla an (obr. 120.) šikmo na částěčku a a když bychom rozložili an ve složky am a ar , rušila by se složka ar odporem nestlačitelné kapaliny, účinkem druhé složky am musila by však částěčka a , jsouc snadně pošunutelna, skutečně se pohybovati a tím byla by rovnováha kapaliny zrušena.

Obr. 120.



Působí-li tudíž na kapalinu pouze síly těžné, bude povrch kapaliny vždy vodorovný a slove hladinou (Niveau, Spiegel).

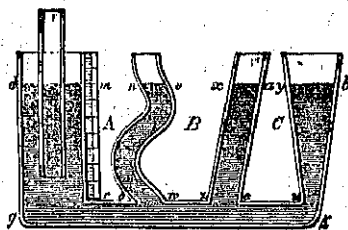
Povrch vody v moři a v jezerech jest zakulacený, neboť mají síly těžné směr poloměrně zemských a částice vody musí býti kolmo na směru sil těžných, čímž vzniká povrch zakulacený. — Povrch kapalin v nádobách malého průměru není taktéž vodorovný, poněvadž působí na kapalinu netoliko tíže, nýbrž i přilnavost. — Výška hor nad hladinou mořskou.

b) Uvnitř v kapalině jest rovnováha jen tehdy, když ruší se veškeré síly, které na každou jednotlivou částěčku působí; neboť kdyby se síly tyto nerušily, musily by míti nějakou výslednici a účinkem této výslednice musila by částěčka se pohybovati. Kdyby pak jen jediná částěčka se pohybovala, rozptýlili by se pohyb pro snadnou pošunutelnost částic v celé kapalině, tak že celá kapalina by pak se pohybovala a tudíž v rovnováze nebyla. Má-li teda

býti kapalina v rovnováze, musí býti v rovnováze každá jednotlivá částice její sama o sobě.

144. Spojité nádoby. Je-li v nádobě *dgkcb* (obr. 121) kapalina v rovnováze, jest povrch její vodorovný a každá část její jest v rovnováze (dle 143 *a, b*), tudíž také části *A, B, C*. Části

Obr. 121.

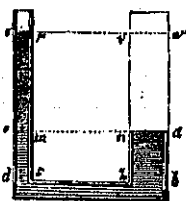


tyto zůstanou v rovnováze i tehdy, kdyby ztuhly aneb kdybychom omezení jejich pevnými stěnami *mron, vwxz a aeuz* vyměnili. Takovým způsobem nabudeme pak čtyř nádob vespolek tak spojených, že kapalina z jedné do druhé přetékatí může. Nádoby takové slovou *nádoby spojitě* (Communicationsgefässe). Jak z předcházejícího patrně, jest povrch kapaliny v nádobách spojitých

tvaru jakéhokoliv, nemají-li průměru vláskového, ve výšce rovné.

V tom zakládá se úprava *Thevenotových vah nivelačních a trubek skleněných*, které s párným kotlem spojitou nádobu skládají a ku pozorování výšky vody v kotli slouží, taktéž úprava studní, vodáren a vodovodů. Vnikání vody do sklepů a povodně vůbec, jakož i vznik pramenů možno ze zákona o spojitých nádobách snadně vysvětliti.

Obr. 122.



Ve spojitě nádobě na obr. 122 jsou sloupce kapaliny *ab* a *cd* v rovnováze. Sloupec *ec*, spočívající na vrstvě *cm* tlačí na tuto vrstvu svou vahou, tlak ten rozšiřuje pak se kapalinou až ku vrstvě *na*, kdež

jest nádoba uzavřena. Je-li plocha stěny *na* nkráté větší než vrstva *cm*, bude tlak na stěnu *na* nkráté větší než na vrstvu *cm*. Je-li tudíž jedno z ramen spojitě nádoby *kratší* a je-li uzavřeno stěnou, bude na stěnu tuto působiti kolmo vzhůru tlak, který možno snadně vypočísti.

V tom zakládá se úprava *anatomické kroky, hydrostatického měchu a vypočítávání tlaku vody kolmo vzhůru na stavidlo.*

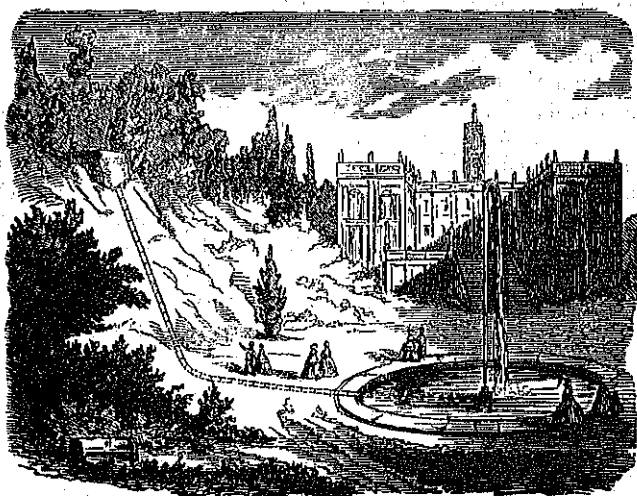
Uděláme-li do stěny *an* otvor, bude jím kapalina vytékati tak dlouho, až bude výška její v obou ramenech rovna; je-li otvor velmi malý, vytryskuje z něho voda úsilně a vytryskovala by do též výše, ve které jest v druhém rameni, kdyby nebylo překážek v pohybu.

Studně *urvané č. artéské* (jmenované dle krajiny *Artois*). — *Vodometry* (obr. 123). — *Lampy bez knotů.*

145. Tlak na dno. a) V nádobě se stěnami svisnými a dnem vodorovným jsou veškeré částice dna stejně vzdáleny od povrchu

kapaliny, kterou jest nádoba naplněna; proto jest tlak kapaliny na každou částici dna stejně veliký. Nejvrchnější vrstva kapaliny tlačí vahou svou na vrstvu druhou, která leží přímo pod ní, druhá tlačí na třetí svou vahou i tlakem, ježž sama od vrstvy první snáší a až ke dnu celou kapalinou rozptyluje. Jak patrně jest

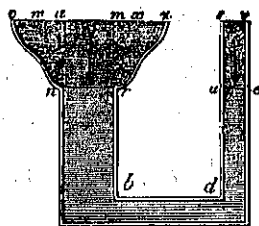
Obr. 123.



tlak na dno rovný váze kapaliny v nádobě obsažené. Je-li P váha kapaliny bude tlak $T=P$. Prostá váha P rovná se však součinu váhy měrné s s objemem (19. rovn. 6.), který se rovná výšce v , násobené velikostí dna d ; bude tudíž tlak na dno $T=d.v.s$.

b) Zákon tento má platnost všeobecnou, tak že tlak na vodorovné dno nádoby rovná se vždy součinu z výšky a měrné váhy kapaliny a velikosti dna nádoby, byť i neměla nádoba stěn svislých. Ve spojitě nádobě *abdv* (obr. 124.) jest kapalina v obou ramenech v též výšce *oz* a *sv*. Poněvadž jest kapalina v rovnováze; jest též každá část její v rovnováze a tudíž i vrstva *nr*. V *nbde* jest kapalina taktéž sama o sobě v rovnováze. Tlak P kapaliny v *suev* rozvádí se až ku vrstvě *nr* a poněvadž vrstva ta jest

Obr. 124.



v rovnováze, musí tlak Q kapaliny v *owrz* rovnati se tlaku P . Zůstává-li vrstva *nr* v rovnováze vždy, necht jest tvar nádoby nad *nr* jakýkoliv, musí tlak Q vždy $=P=nr.an.s$. Mysleme si na

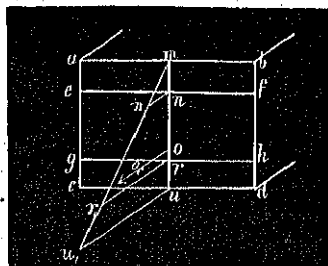
místě vrstvy nr dno nádoby a nahledneme ihned, že jest tlak na dno to v nádobách $onrz$, $wnrw$ a $anrm$ stejný, zůstane-li jen výška a měrná váha kapaliny stejná. Jak patrně může *nestejné* množství kapaliny způsobiti *stejně veliký* tlak na dno, taktéž i *stejně* množství kapaliny způsobiti tlak *nestejný*, což zdá se býti jaksi *protimyslné*; proto zove se zákon ten *hydrostatické paradoxon*.

Přístroj *Paskalův* a *Haldatův*. — Lis *Realtův* (1816). — Sloupový vodostroj *Denizardův* (1731).

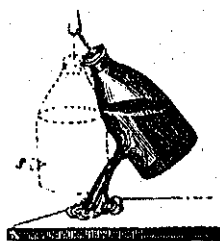
146. Tlak vzhůru a na stěny. a) Na každou vodorovnou vrstvu kapaliny tlačí sloupec kapaliny na ni spočívající a tlak ten možno vypočísti rovnicí $T = d \cdot v \cdot s$. Poněvadž tlak *ve všech směrech* se rozptyluje, bude na vrstvu stejně veliký tlak působiti vždy i *z dole nahoru*. (Pokus.)

b) Každá částice kapaliny, která ku stěně nádoby přiléhá, tlačí na stěnu tímž tlakem, jímž sama jest stlačena. Rozdělíme-li celou plochu stěny $abcd$ (obr. 125.) v stejné proužky vodorovné velmi úzké, ab , ef , gh , cd atd., jichž vzdálenost od povrchu kapaliny jest mn , mr , mu atd., bude tlak na vrstvu ef ku př. $t = ef \cdot mn \cdot s$, na vrstvu gh bude tlak $t_1 = gh \cdot mr \cdot s$, na vrstvu cd tlak $t_{11} = cd \cdot mu \cdot s$, atd. Poněvadž $ab = ef = gh = cd$, bude $t : t_1 : t_{11} = mn : mr : mu = v : v_1 : v_{11}$

Obr. 125.



Obr. 126.



t. j. tlaky v rozličných výškách stěny jsou vespolek v rovném poměru s výškami.

Značí-li v Δumu_1 přímka uu_1 , tlak t_{11} , bude ur_1 značiti tlak t_1 a nu_{11} tlak t . Tlak na celou stěnu $abcd$ bude pak rovnati se ploše Δumu_1 tudíž $T = t + t_1 + t_{11} + \dots = \frac{mu}{2} uu_1 = \frac{v}{2} \cdot t_{11}$

$= \frac{v}{2} \cdot cd \cdot mu \cdot s$. Poněvadž pak $cd \cdot mu$ jest celá plocha $abcd$, již nazveme p , bude $T = \frac{v \cdot p \cdot s}{2}$, z čehož patrně, že tlak na stěnu $abcd$ rovná se polovici onoho tlaku, který by působil na tutéž stěnu, kdyby byla dnem vodorovným, položeným pod kapalinou výšky $mu = v$. Je-li tlak na stěnu $abcd$ znázorněn těžkým trojúhelníkem umu_1 ,

bude bod o přímkou oo_1 , vedené těžištěm jeho o_1 , rovnoběžně s uu_1 , působíštěm výslednice celého tlaku. Tento bod o slove pak *středem tlaku* a může snadně se určit; jest totiž $uo = \frac{1}{3} mu$ aneb

$$mo = \frac{2}{3} mu.$$

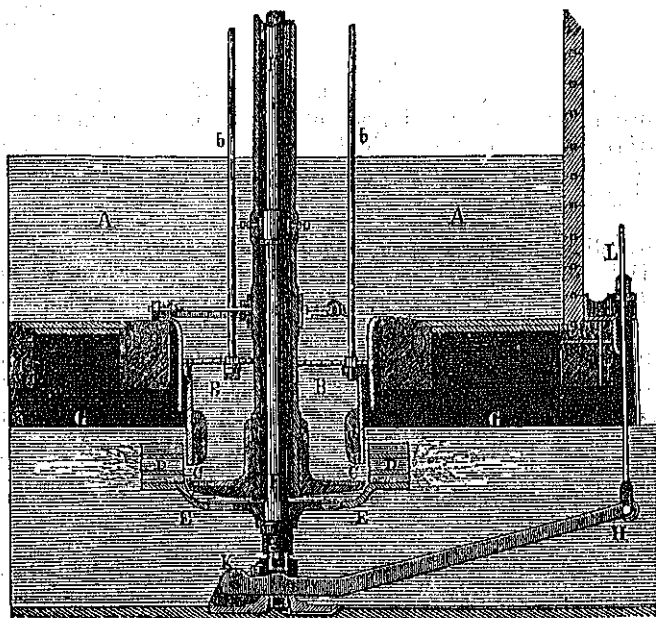
Velikost tlaku vypočteme, znásobivše plochu stěny vzdáleností těžiště plochy od povrchu a měrnou vahou kapaliny.

Týmž způsobem vypočteme též tlak na *šilemém dno nádoby.*

Skály trhají se často hydrostatickým tlakem na stěnu působícím.

c) Láhev vodou naplněná a volně zavěšená (obr. 126.) bude v klidu míti polohu *svisnou*, neboť zruší se tlak na jednu část stěny tlakem na část druhou vodorovně proti ní se nalézající. Má-li však láhev po straně otvor s , kterým může voda vytékat, nebude voda na otvor více tlačiti, a nebude tudíž zrušen tlak na část stěny právě na-proti otvoru se nalézající. Tlakem tímto vyšine se pak nádoba z po-

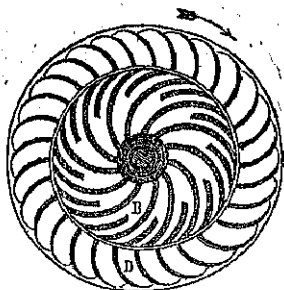
Obr. 127.



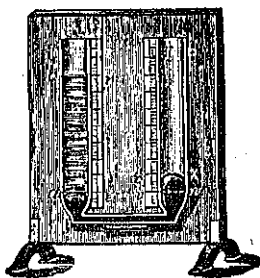
lohy visné a pohne se směrem *protivným* tomu směru, kterým voda vytéká. Proto nazývá se tlak, kterým tento zpátečný pohyb vzniká, *tlakem zpátečným* (Reaction).

Zpátečné kolo *Segnerovo* (1751) a *Althannovo*. — *Turbíny*. Na obr. 127. viděti kolmý průřez turbíny, již sestrojil *Fournéyron* (okolo r. 1834). *AA* jest voda svrchní, *BB* válcovitá nádržka, do které voda s hůry vstupuje a jejíž dno má lopatky řídicí a mezi nimi otvory *CC*, kterými voda proudí mezi lopatky kola *DD*, jež otáčí. Dolejší část kola *EE* spojena jest s hřídelem *FF*, který s kolem se otáčí a jehož pohyb koly ozubenými na jiné stroje (mlýnské) se převádí. Hradítka *aa*, které se tyčemi *bb* vytahují a spouštějí, řídí se přítok vody ke kolu, jehož okraj rozdělen ve více pater vodorovných *DD*, z nichž některá mohou hradítka se zahraditi. Pákou *LHK* může se hřídel zdvíhati neb dolů spouštěti. Na obr. 128. viděti příčný průřez kola a dna nádržky s lopatkami. — Výhody turbin.

Obr. 128.



Obr. 129.



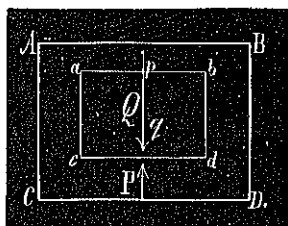
147. Kapaliny nestejnorodé v nádobě spojitě. Jsou-li ve dvouramenné spojitě nádobě (obr. 129) dvě nestejnorodé kapaliny, které se spolu nemísí, budou v rovnováze státi ve výšce nestejně a sice budou výšky v převráceném poměru měrných vah neb hustot jejich.

Kapalina, ku př. rtuť pod vodorovnou *aw* jest sama o sobě v rovnováze. Tlak sloupce rtuťového *zw* rozvádí se až ku vrstvě *ae*, kdež působí vzhůru. Je-li *v* výška sloupce *zw* a *s* měrná váha jeho, bude tlak, na *ae* vzhůru působící $t = ae \cdot v \cdot s$. Je-li pak *ae* v rovnováze, musí hydrostatický tlak t_1 sloupce *crae* druhé kapaliny (ku př. vody), kolmo dolů na vrstvu *ae* působící, rovnati se tlaku *t*. Je-li v_1 výška a s_1 měrná váha sloupce *crae*, bude $t_1 = ae \cdot v_1 \cdot s_1$. Poněvadž $t = t_1$, jest též $ae \cdot v \cdot s = ae \cdot v_1 \cdot s_1$, tudíž také $v \cdot s = v_1 \cdot s_1$, pročež $v : v_1 = s_1 : s$ (1). Měrné váhy mají se však (dle 20.) k sobě tak jako hustoty, jsou-li tudíž *h* a h_1 hustoty dotýčných dvou kapalin, bude $s_1 : s = h_1 : h$, pročež $v : v_1 = h_1 : h$ (2).

148. Zákon Archimedův. Je-li kapalina v nádobě *ABCD* v rovnováze (obr. 130.), jest každá část její, tudíž také část *abcd* v rovnováze. Na *ac* a *bd* působí tlaky směrem vodorovným, které v týchž výškách (dle 146 b) se ruší. Tlak kolmo vzhůru je *P* a tlak kolmo dolů *Q*. Poněvadž jest *abcd* v rovnováze, musí i tlak *P*, kolmo vzhůru na dolejší plochu *cd* působící, rovnati se tlaku *Q*, působícímu na tutéž plochu *cd* kolmo dolů. Tlak *Q* rovná se však součtu

hydrostatického tlaku p na hořejší plochu ab působícího a váhy částky $abcd$, jejíž velikost jest q a jejíž působíště jest v těžišti kapaliny $abcd$, bude tudíž $P=Q=p+q$. Je-li kapalina $abcd$ v rovnováze, musí směr sil P , p a q protínati těžiště její. Jak patrnouší se váha kapaliny $abcd$ hydrostatickým tlakem kolmo vzhůru působícím. Bude-li na místě kapaliny $abcd$ tělo pevné, též hutnosti, kterou má kapalina, bude opět tlakem P rušiti se účinek váhy jeho q . Bude-li tělo hutnější, než kapalina, pozbývá tělo tlakem P jen tak velikou část své váhy, kterou má kapalina téhož objemu. Je-li q^1 váha pevného těla, bude kolmo dolů působiti síla $p+q^1$, kolmo vzhůru působí pak síla (tlak) $P=p+q$. Výslednice, jejmž účinkem bude tělo v kapalině padati, jest pak $p+q^1 - (p+q) = q^1 - q$, t. j. tělo pozbývá v kapalině tolik své váhy, kolik váží kapalinu jím vytlačená.

Obr. 180.



Důležitý zákon tento nazván po Archimedovi, který asi r. 250 př. Kr. jej objevil, zákonem Archimedovým.

Doklad zákonu Archimedova zkouškami na vahách hydrostatických. — Pokus ku dokladu toho, že přibývá kapalině právě o tolik svisného tlaku, oč se tělo v ní zdánlivě lehčím stalo.

149. Plování. a) Je-li Q prostá a S měrná váha těla do kapaliny ponořeného, q prostá a s měrná váha kapaliny téhož objemu V , bude tělo padati v kapalině ke dnu výslednicí $R=Q-q = VS - Vs = V(S-s) = V(H\sigma - h\sigma)$ (dle 20., rovn. 11.) $= V(H-h)\sigma$, je-li H hustota těla, h hustota kapaliny a σ měrná váha vody.

α) Je-li $S=s$ aneb $H=h$, bude $R=0$, t. j. tělo též hustoty, kterou má kapalina, bude se v kapalině vznášeti a zůstane v každém místě v kapalině v rovnováze.

β) Je-li $S>s$ aneb $H>h$, bude míti R hodnotu pozitivnou, t. j. tělo bude padati v kapalině ke dnu.

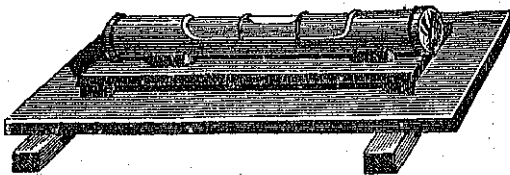
γ) Je-li $S<s$ aneb $H<h$, bude R negativní, t. j. tělo bude v kapalině vzhůru stoupati tak dlouho, až q , t. j. váha kapaliny jím vytlačená bude rovnati se váze těla do kapaliny ponořeného, t. j. až bude $q=Q$ aneb $vs=VS$. V tomto případě posledním pravíme, že tělo plove.

b) Zákon právě odvozený platí netoliko o tělech pevných, nýbrž i o tělech kapalných a vzdušných, kteráž, neslučují-li se chemicky s kapalinou, do níž byla ponořena, buď v ní se vznášejí, buď ke dnu nádoby padají, buď v kapalině plovou.

Libella č. vodní vážky (obr. 131.).

c) Plove-li tělo v kapalině, jest $Vs=vs$, a plove-li *totéž* tělo v jiné kapalině, bude tudíž $Vs=v_1s_1$, protože $vs=v_1s_1$, z čehož $v:v_1=s_1:s=h_1:h$, t. j. čím *menší* hustota kapaliny, tím *hlouběji*

Obr. 131.



ponoří se do ní *totéž* tělo a naopak: ponořená část těla bude 2, 3, 4... *kráté menší*, je-li hustota kapaliny 2, 3, 4... *kráté větší*.

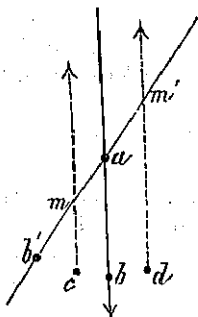
d) Dle předcházejícího odstavce γ) ploválo by tělo

v kapalině jen tehdy, když hustota jeho *menší* jest než hustota kapaliny. Má-li tudíž plouti v kapalině tělo *hustší než kapalina*, musíme tělo upravit tak, *aby méně vážilo, než rovný objem kapaliny*, čehož docílíme tím, uděláme-li tělo *duté* aneb spojíme-li je s dosti velkým tělem jiným, které jest *lehčí než kapalina*.

Železná loď. — Mosty na sudech. — Vytahování zboží, ztroskotáním lodí do moře ponořeného, práznými sudy aneb kaučukovými měchy, vzduchem naplněnými. — Plování lidí a ryb. — Kartecianek.

150. Poloha plovoucích těl. — Zástředí. V tělo ponořené do kapaliny působí vždy dvě síly, jichž *působíště, směr a velikost* jsou známy. Jedna z těchto sil jest *váha* těla, která má své působíště v *těžišti* těla a působí kolmo *dolů*; druhá síla, kterou kapalina tělo *nahoru* tlačí, má působíště své v *těžišti* kapaliny tělem vytlačené a rovná se *váze* vytlačené kapaliny.

Obr. 132.



Poloha těla v kapalině ponořeného může pak býti *stálá, vratká* neb *volná*. Tělo v kapalině plovoucí jest *pouze tenkrát* v rovnováze, když *těžiště* jeho *a* a *těžiště* kapaliny jím vytlačené č. *střed tlaku* *b* jsou v též svislé přímce *ab* (obr. 132.), která slove *čarou těžištní*. a) Je-li *těžiště* těla *pod* *těžištěm* kapaliny, má tělo polohu *stálou* a sice tím *stálejší*, čím jest *těžiště* jeho níže pod *středem tlaku*. Tělo takové jest v kapalině *téměř zavěšeno* (viz str. 77.), proto *vrací se* ihned do *původní* polohy *nazpět*, jak mile *přestane* působiti síla, kterou bylo z polohy *původní* *vyšinuto*.

b) Je-li *těžiště* těla *a* (obr. 132) *nad* *těžištěm* kapaliny *b*, může býti rovnováha jeho buď *stálá*, buď *vratká*.

Vyšíneme-li tělo z *původní* polohy, tak že *čára těžištní* *ab* bude v poloze *ab'*, změní se tím ponořená jeho část tak, že *těžiště* vytlačené kapaliny bude pak buď v bodu *c*, buď v bodu *d*. Je-li

těžiště vytlačené kapaliny v c , bude směr síly, kterou voda tělo nahoru tlačí, protínati čáru těžištní ab^1 v bodu m a bude ji otáčeti směrem původnímu směru protivným, tak že tělo se *zvrátí*; bude-li však těžiště vytlačené kapaliny v bodu d , bude směr síly, kterou voda tělo nahoru tlačí, protínati čáru těžištní ab^1 v bodu m^1 a bude ji otáčeti v původní polohu její, z čehož patrně, že jest poloha těla v tomto případě *stálá*. Jak patrně řídí se tudíž stálost polohy průsečným bodem m , který se zove *zástředím* (metacentrum). *Poloha těla jest stálá, je-li zástředí nad těžištěm, vrátka pak, je-li zástředí pod těžištěm těla.*

c) Splývá-li zástředí s těžištěm těla v bod jediný, zůstane tělo v každé poloze v kapalině, jest tudíž poloha jeho *volná*.

Obtěžkávání lodí dole, aby těžiště jejich co možno nehlouběji bylo. — Hlava lidská váží poměrně k ostatnímu tělu mnohem více, než hlava zvířat, proto jest u člověka těžiště výše než u zvířat a tudíž plování člověku mnohem obtížnější než zvířatům.

151. Stanovení hustoty. Jak v odstavci 18. (rovnici 5.) odvozeno, rovná se hustota těla podílu z váhy jeho, dělené vahou téhož objemu vody, jejíž hustota při teplotě $+3^{\circ}R$ běže se za jedničku. V rovnici $H = \frac{P}{p}$ určíme P odvážením těla, jehož hu-

stotu máme stanovití, a p , t. j. váhu vody téhož objemu určíme pak hydrostaticky dle zákona Archimedova.

152. Stanovení hustoty piknometrem. *Piknometr* nazývá se malá lahvička, do které se určité množství vody (obvykle 1000 granů) vejde, a jejíž hrdélko uzavírá se zátkou dobře přibroušenou a u prostřed opatřenou otvorem, kterým nadbytek kapaliny vytéká a bubliny vzduchu unikají.

a) Máme-li piknometrem stanovití hustotu nějaké kapaliny, zvážíme nejprve piknometr prázdný, jehož váha bude ku př. q . Naplníme-li jej pak dotýčenou kapalinou, bude váha jeho ku př. Q a tudíž váha kapaliny $P = Q - q$. Váží-li piknometr naplněný vodou Q_1 , jest váha vody

$$p = Q_1 - q, \text{ pročež hustota kapaliny } H = \frac{P}{p} = \frac{Q - q}{Q_1 - q}.$$

Váhu piknometru q a váhu vody p určíme a zaznamenáme si jednou pro vždy. Někdy bývají váhy ty na piknometru samém poznamenány.

Příklady. — Úlohy.

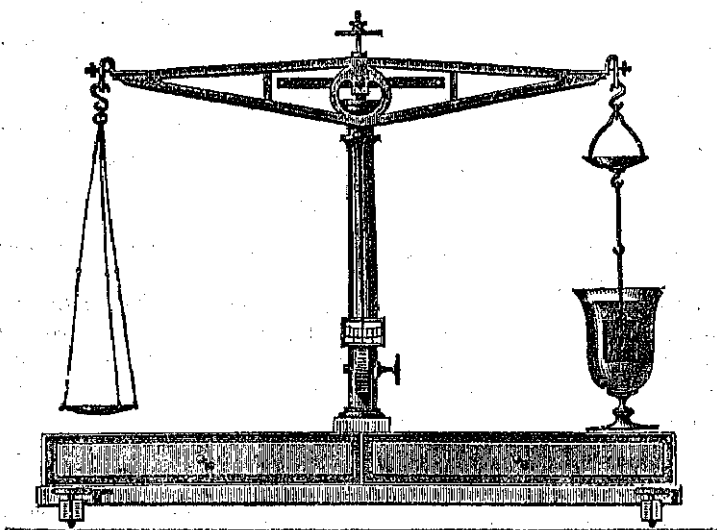
b) Má-li se stanovití hustota pevného těla, zvážíme malý kousek aneb prášek jeho. Váží-li piknometr, voda, která se do něho vejde, a tělo dohromady ku př. Q , dáme-li pak do piknometru pevné tělo a naplníme-li piknometr vodou, bude v piknometru vody méně, neboť vyplňuje pevné tělo část objemu piknometru; bude tudíž také váha piknometru, vody a pevného těla menší, ku př. R . Váha vody téhož objemu, jaký má tělo pevné, jest pak, jak patrně, $p = Q - R$ a je-li P váha pevného těla, bude hustota jeho $H = \frac{P}{p} = \frac{P}{Q - R}$.

Při odvažování musíme hleděti, aby na těle pevném vzduch lpěti ne-
zůstal.

153. Stanovení hustoty vahami hydrostatickými. Váhy hydrostatické (obr. 138) liší se od vah obecných tím, že jedna miska jejich jest na kratších šňůrách (drátech) zavěšena a dole háčkem opatřena, a že vahadlo jejich otáčením ozubeného kola do ozubené tyče zasáhajícího dle potřeby může se zdvihati neb níže spouštěti.

a) Má-li se vahami hydrostatickými určití hustota těla pevného, ustanovíme nejprvé váhu toho těla ve vzduchu, kteráž bude P . Pak zavěsíme tělo na žini, teninkém drátku neb na tenké niti na háček

Obr. 138.



misky a ponoříme je do vody. Ve vodě pozbývá pak tělo právě tolik váhy, kolik váží voda jím vytlačená, t. j. voda téhož objemu. Aby byly váhy opět v rovnováze, musíme přiložiti na misku, na které jest tělo zavěšeno, závaží p a hustota těla $H = \frac{P}{p}$.

Má-li tělo menší hustotu než voda, tak že ve vodě se nepotápí, spojíme je s jiným tělem hutnějším. Pozbývá-li toto hutnější tělo ve vodě váhy q a pozbývají-li obě těla pospolu ve vodě váhy q_1 , bude $p = q_1 - q$ a tudíž

$$H = \frac{P}{q_1 - q}.$$

Taktéž můžeme určití hustotu těla méně hustého než voda, zvažíme-li je v kapalině hůdší, ve které se potápí. Pozbude-li v této kapalině, jejíž hustota jest h_1 , váhy p_1 , bude hustota těla $H = \frac{P}{p_1} \cdot h_1$. Touto rovnicí

stanovíme též hustotu těla takového, které ve vodě se rozpouští a proto v ní vážit se nemůže.

Je-li pevné tělo na prášek rozmělněno, klade se na mističku do vody ponořenou. Pozbývá-li mistička s tělem dohromady ve vodě váhy q_1 a mistička sama o sobě váhy q , bude jako výše $H = \frac{P}{q_1 - q}$ a byl-li prášek, poněvadž ve vodě se nepotápí aneb v ní se rozpouští, zvážen v kapalině jiné, jejíž hustota jest h_1 , bude, jako výše dovozeno, $H = \frac{P}{q_1 - q} \cdot h_1$.

Při vážení ve vodě musíme k tomu hleděti, aby na těle ve vodě ponořeném vzduch lpěti nezůstal.

b) Máme-li stanoviti hustotu kapaliny, ponoříme skleněnou kuli na tenkém platinovém drátu zavěšenou nejprvé do vody a poznamenejme si jednou pro vždy co váží kule ta ve vzduchu a mnoho-li váhy pozbývá ve vodě, t. j. mnoho-li váží voda toho objemu, který má kule. Ponoříme-li pak kuli do jiné kapaliny, ve které pozbývá váhy P a pozbývá-li ve vodě váhy p , bude hustota kapaliny $H = \frac{P}{p}$.

Ponoříme-li do kapaliny skleněnou neb jinou krychli, která má objem 1c^3 , bude váha, které krychle v rozličných kapalinách pozbývá, měrnou vahou, t. j. vahou 1c^3 kapaliny. Hustotu těl pevných jakož i kapalin možno stanoviti též citlivými vážkami pružnými, jež sestrojil Jolly (1865).

Na dolejším, volném konci zpružiny spirálně zatočené a hořejším koncem upevněné jsou zavěšeny dvě mističky, z nichž dolejší jest vždy ve vodě ponořena. Za zpružinou jest pak na zrcátku vyryta stupnice a na zpružině jest jeden bod a zvláště označen. Položíme-li tělo nejprvé na hořejší misku, prodlouží se zpružina vahou jeho a bod a klesne hlouběji, tudíž klesne hlouběji také obraz toho bodu v zrcadle, a splývá pak v jedno s některým jiným níže ležícím bodem stupnice na zrcadle vyryté, než splýval dříve, pokud nebyly vážky ničím obtěžkány. Ustanovíme-li pokusem, o kolik dílkův stupnice klesá bod a hlouběji, když bylo položeno na hořejší misku určité závaží, ku př. gramm, budeme moci váhu P těla na misku položeného ustanoviti. Dáme-li pak tělo na misku dolejší, pozbývá váhy, a mnoho-li pozbylo, budeme opět viděti na stupnici. Pozbylo-li tělo ve vodě váhy p , bude hustota jeho $H = \frac{P}{p}$.

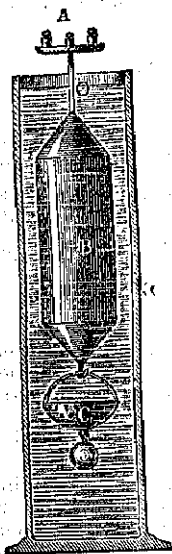
Chceme-li stanoviti těmito vážkami hustotu kapaliny, zavěsíme na zpružinu kuličku skleněnou na tenkém drátě platinovém a zvážíme ji v dotýčné kapalině a ve vodě určíme hustotu právě tak jako vahami hydrostatickými.

154. Stanovení hustoty hustoměry. 1) *Hustoměr na váhu* (Gewichtsaerometer, obr. 134.) jest dutý mosazný neb postříbřený válec, nahoře a dole *zakulacený* neb *kuželovitě ukončený* a dole olovem neb rtutí obtěžkaný, aby měl v kapalinách polohu stálou. Na hořejším konci válce jest u prostřed ocelový drát, na němž spočívá miska A a který má zvláštní znaménko O , ku kterému se musí hustoměr ponořiti, aby vždy stejný objem kapaliny vytlačoval. Dole jest ukončen válec háčkem, na který se zavěšuje miska C , která se taktéž závažíčkem obtěžkává.

a) Chceme-li určití tímto hustoměrem hustotu těla pevného, přidáváme na misku A závaží tak dlouho, až se hustoměr ponoří ve vodě ku bodu O , a veškeré závaží na misku položené si jednou pro vždy

poznáme. Pak vezmeme závaží s misky a položíme na ni kousek těla pevného, jehož hustotu máme určití, a přidáváme závaží tak dlouho, až se hustoměr ponoří ve vodě opět ku bodu O . Váha těla ve vzduchu P rovná se pak rozdílu mezi závažím, které bylo dříve

Obr. 134.



samo, bez těla, na misce, a závažím, které jsme ku tělu na misku přiložiti musili. Pak dáme tělo do misky C , ve kteréž pozbývá váhy, tak že musíme na misku A přiložiti závaží p , aby hustoměr opět až ku bodu O do vody se ponořil. Hustota těla $H = \frac{P}{p}$.

Miska C má otvory jako síto, aby bubliny vzduchové nemohly v ní se usazovati. Obrátíme-li misku o dnem vzhůru, můžeme určití hustoměrem též hustotu těl takových, která pro nepatrnou hustotu svou ve vodě se nepotápějí. Roztéká-li se pevné tělo ve vodě, ponoříme hustoměr do jiné kapaliny, ve které se tělo neroztéká a jejíž hustota jest ku př. h_1 , bude pak $H = \frac{P}{p} \cdot h_1$.

Hustoměr obrazcem 134. znázorněný upravil Charles; hustoměr *Mohsův* má hořejší konec válce B vyhlubený v misku, do které se klade tělo jako do misky O ; hustoměru Charlesovu podobá se hustoměr *Nicholsonův*, jehož miska C není dírkovitá a sítu podobná.

b) Má-li se určití hustoměrem na váhu hustota kapaliny, určíme nejprve váhu hustoměru Q a závaží q , které nutno na misku A přiložiti, aby hustoměr ve vodě až ku bodu O se ponořil. Obě tato závaží si jednou pro vždy zaznamenáme. Váha vody, vytlačené hustoměrem až ku bodu O ponořeným, jest pak $p = Q + q$. Ponoříme-li pak hustoměr do jiné kapaliny, musíme na misku A dáti závaží q' , aby hustoměr opět se ponořil až ku bodu O , a váha kapaliny hustoměrem vypuzené jest $P = Q + q'$. Hustota kapaliny bude tudíž $H = \frac{Q + q'}{Q + q}$.

2. *Hustoměry stupňované* (Skalenaraeometer) jsou přístroje rourovité se všech stran uzavřené, nejčastěji skleněné (zřídka plechové), dole olovem neb rtuťí obtěžkané, aby v kapalinách svisně plovaly (obr. 135).

Přístroj takový potápí se ve vodě až ku jistému místu, kteréž na něm zvláště bývá označeno. V kapalině řidší než voda potápí se hustoměr *hlouběji* a v hustější *méně hluboko* než ve vodě. Hustoměrem takovým možno tudíž stanoviti, je-li kapalina nějaká *hustší* neb *řidší* než voda.

Uděláme-li na hustoměru takovém přiměřenou *stupnici*, bude možno poměr hustoty kapaliny k hustotě vody číslem vytknouti.

Stupnice může býti upravena tak, abychom mohli hustoměrem určití hustotu kapalin *řidších* i *hustších*, než jest voda. Nejčastěji

bývají však zvláštní hustoměry k určení hustoty kapalin *řidších*, než jest voda, a na těchto hustoměrech jest bod, ku kterému se hustoměr ponořuje ve vodě, *nejníže* na stupnici. Hustoměry, které slouží ku stanovení hustoty kapalin *hustších* než voda, mají bod, ku kterému se ve vodě potápějí *nejvýše* na Obr. 135. stupnici. Podlé rozličné úpravy stupnice jsou hustoměry stupňované také rozličně pojmenovány.

a) *Objemoměry* (Volumeter) *Gay Lussacovy* ukazují na své stupnici, kolik dílův objemu nějaké kapaliny právě tolik váží, co 100 týchž dílův vody. Na objemoměru, jímž stanoví se hustota kapalin *hustších* než voda, jest u bodu, ku kterému se objemoměr ve vodě potápí, číslo 100, ostatní díly stupnice jsou pak naznačeny čísly 99, 98, 97... Na objemoměru, jímž určuje se hustota kapalin *řidších* než jest voda, jest u bodu, ku kterému se potápí objemoměr ve vodě, taktéž číslo 100, ostatní díly stupnice jsou pak značeny čísly 101, 102, 103...

Ponoří-li se objemoměr v kapalině nějaké až ku číslu 125, bude 125 dílkův objemu té kapaliny vážit tolik, co váží 100 rovných dílkův vody a je-li tudíž h hustota vody, která beže se za jedničku, a h_1 hustota dotýčné kapaliny, bude, poněvadž při stejné váze mají se hustoty k sobě jako převráceně objemy, $h : h_1 = 125 : 100$, aneb $1 : h_1 = 125 : 100$, z čehož

$$h_1 = \frac{100}{125} = \frac{4}{5} = 0.8. \text{ Ponoří-li se tudíž všeobecně objemoměr v kapalině, jejíž hustotu máme určití, až ku dílku } \alpha, \text{ bude}$$

$$1 : h_1 = \alpha : 100, \text{ z čehož } h_1 = \frac{100}{\alpha}.$$

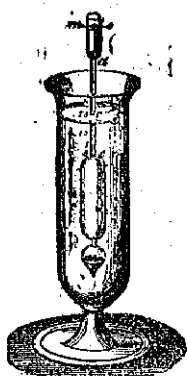
Má-li trubice objemoměru po celé délce stejný průměr, může se stupnice snadně v rovné díly rozdělití, nemá-li stejného průměru, jsouc ku př. dole v kuli rozšířena, dělá se stupnice tím způsobem, že ponoříme objemoměr nejprve do vody a bod, ku kterému se ve vodě ponořil, naznačíme číslem 100. Pak ponoříme objemoměr do kapaliny, jejíž hustota h_1 jest známa (jiným způsobem určena), ku př. $h_1 = 0.8$, a vyhledáme číslo, které musíme připsati k dílku, ku kterému se objemoměr v té kapalině ponořil. Ze srovnalosti $v : v_1 = h_1 : h$, kdež v objem a h hustotu vody, v_1 objem a h_1 hustotu kapaliny značí, bude tudíž $100 : x = 0.8 ; 1$, z čehož $x = \frac{100}{0.8} = 125$. Část stup-

nice od 100 až ku číslu 125 rozdělí se pak v 25 stejných dílův, kteréž i dále na pravidelné části trubice odměřiti a čísla naznačiti můžeme. Týmž způsobem ustanovuje se též stupnice na objemoměru, který slouží ku stanovení hustoty kapalin *hustších* než voda. Ku stanovení hustoty kapalin, jichž máme jen velmi málo, tak že nelze určití hustoty jejich některým ze způsobův až posud vytknutých, slouží objemoměr, jež sestrojil *Rosseau* (obr. 136.). Objemoměr ten potápí se ve vodě $+4^\circ\text{C}$. teplé až k c , kdež jest nulla. Dáme-li pak do nádobky ac krychlený centimètre vody $+4^\circ\text{C}$ teplé, která nádobku až do výšky mo vyplňuje, aneb vložíme-li do nádobky té 1 gramm, ponoří se objemoměr ve vodě hlouběji až ku jistému bodu r , který naznačen na stupnici číslem 20. Na trubici ac , která má po celé délce stejný průměr, rozdělí se pak část or ve 20 rovných dílkův a nad bodem r odměří a naznačí se dílky též velikostí.



Onceme-li objemoměrem určití hustotu nějaké kapaliny, naplníme kapalinou tou nádobku *ao* až k *mo* a ponoříme pak objemoměr do vody, která má teplotu $+4^{\circ}\text{C}$. Čím *hlouběji* bude kapalina v nádobce *ao* tím *hlouběji* ponoří se objemoměr ve vodě.

Obr. 136.



Bude-li kapalina v *ao* vážit $\frac{1}{20}$, $\frac{2}{20}$, $\frac{3}{20}$... grammu, ponoří se objemoměr k 1., 2., 3., ... dílku stupnice. Ponoří-li se ku př. k 15. dílku, bude vážit kapalina v *ao* obsažená, jejíž objem jest 1 krychlený centimètre, $\frac{15}{20} = \frac{3}{4} = 0.75$ grammu. Mají-li voda a dotýčná kapalina rovné objemy a je-li *p* váha vody, *P* váha dotýčné kapaliny, bude hustota kapaliny

$$H = \frac{P}{p} = \frac{0.75}{1} = 0.75.$$

Poněvadž jest *p* vždy 1 gramm, bude potřebí pouze *P* určití. $P = \frac{15}{20} = 15 \times \frac{1}{20} = 15 \times 0.05$, t. j. hustotu kapaliny vypočteme, násobivše číslo stupnice, ku kterému objemoměr se ponořil, číslem 0.05.

b) *Hustoměry, jichž jednotlivé díly stupnice přímo hustoty určují, liší se od objemoměrů tím, že hustoty není potřebí vypočítavati, poněvadž u každého dílu stupnice připsáno jest číslo, které značí hustotu kapaliny, v níž hustoměr až ku tomuto dílu se potápí.*

Číslo stupnice možno ustanoviti pokusem, ponoříme-li hustoměr do rozličných kapalin, jichž hustota jest známa. Jinakým způsobem dělá se stupnice dle návodu *Brissonova* neb *Schmidtova*.

Návod *Brissonův* zakládá se v tom, že hustoměr potápí se ve vodě tak *hluboko*, jako v každé jiné kapalině, když se váha jeho *příměřeně* změní. Ponoří-li se hustoměr, když jest váha jeho *q*, k jistému znaku v kapalině, jejíž hustota *h*₁, a potápí-li se ve vodě, jejíž hustota jest *h*, opět až k témuž bodu, když váha jeho jest *q*+*q*₁, budou při stejném objemu hustoty v tom poměru jako váhy, pročež $h:h_1 = (q+q_1):q$, tudíž $q \cdot h = (q+q_1)h_1$, z čehož $q_1 = \frac{(h-h_1)}{h_1} q$

a je-li hustota vody $h=1$, $q_1 = \left(\frac{1}{h_1} - 1 \right) q$. Je-li $h_1 < h$, bude mít *q*₁ hodnotu negativnou, t. j. váha hustoměru musí se o *q*₁ *zmenšiti*. Hodnoty váhy *q'* vypočítají a zaznamenají se pak pro rozličné hustoty kapalin, učiníme-li ku př. *h*₁ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ... aneb 1.1, 1.2, 1.3 ... Stupnice určuje pak se tím způsobem, že necháme trubici otevřenou a závaží *q*₁ (rtuť, broky a t. p.) do ní přidáváme aneb z ní vyběráme a změnívše takto váhu její do vody ji ponoříme. Ku bědu, ku kterému se hustoměr ponořil, připišeme pak dotýčnou hustotu *h*₁, pro kterou bylo vypočteno *q*₁, jež jsme do trubice přidali neb z ní vzali.

Návodu *Schmidtova* lze použití s prospěchem, má-li trubice hustoměru všude stejný průměr. Ponoříme-li se hustoměr ve vodě až ku bodu *o* (obr. 137.) a v kapalině, jejíž hustota jest 0.9 až ku bodu *a*, máme-li délku *ao* rozdělití v 10 dílův, kteréž by hustoty o desátý díl desetiny, tedy o setinu rozdílné postupně označovaly, uděláme na papíře přímku *ao*, tak velikou jako jest přímka *ao* na hustoměru a sestrojíme na přímku tuto kolmice *cm* a *ae* ve směrech protivných tak, aby $cm:ae=0.9:1$. Pak rozdělíme *cm* i *ae* v 10 rovných dílův a spojíme rozdělovací body přímkami tak, jak to na obrazei naznačeno. Body, ve kterých přímký tyto přímku *ao* protínají, jsou pak body, ku

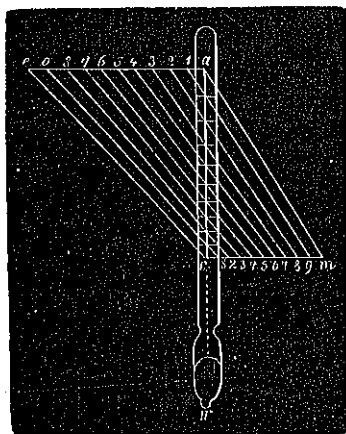
kterým čísla hustoty 0·99, 0·98, 0·97... 0·91, 0·9 připsati se musí. Díly na stupnici *ac* nebudou rovny, ač rovné rozdíly hustoty naznačují.

Poněvadž mírají délejší trubice zřídka v celé délce stejný průměr, spojuje se návod *Schmidtův* obyčejně s návodem *Brissonovým*, t. j. ustanoví se na hustoměru několik bodův pro určitou hustotu dle návodu *Brissonova* a vzdálenost jejich rozděluje se pak dle návodu *Schmidtova*; ve vzdálenosti takových dvou bodův, kteráž bude dle okolností větší neb menší, bude průměr trubice stejný.

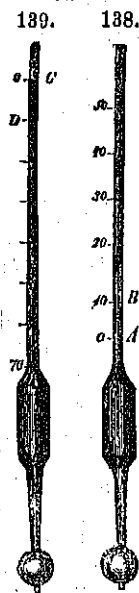
c) *Hustoměry procentové* slouží v obchodu a průmyslu k tomu, aby jimi přímou objevilo se, mnoho-li ve 100 dílech váhy neb objemu smíšeniny z vody a jiné hmoty (ku př. vody a líhu, vody a soli) obsaženo dílův váhy neb objemu dotýčné hmoty, s vodou smíšené.

Stupnice hustoměrů procentových ustanovuje se zkusmo. Nejprve ponoří se hustoměr do čisté vody a k bodu, ku kterému se ponořil, připsá se *nulla*. Má-li hustoměr býti tak zvaným *líhoměrem* (*Alkoholometer*) ponoří se pak do čistého líhu a bod, ku kterému se ponořil, naznačí se číslem 100. Ostatní čísla vyhledáme, ponořivše líhoměr do smíšeniny z 1, 2, 3, 4... 99 dílův líhu a 99, 98, 97, 96... 1 dílu vody.

Obr. 137.



Obr.



Nejlepší líhoměry sestrojili *Gay Lussac* a *Tralles*. Líhoměru *Trallesova* užívá se v Rakousku a Prusku. Líhoměry bývají spojeny s teploměrem, poněvadž i na teplotu smíšeniny hleděti nutno. Líhoměr *Trallesův* ukazuje, kolik mázův líhu (hustoty 0·7939) obsaženo ve 100 mázech smíšeniny jeho s vodou při teplotě 12·5°R. Při každém stupni nad touto normálnou teplotou odečítá a při každém stupni pod touto teplotou připočítá se $\frac{1}{2}\%$.

Cukroměry (*Saccharimetry*). — Hustoměry roztoků *solných*. Hustoměry, jichž se užívá ku skoumání vína, piva a mléka (*galaktometry*) nemají žádné důležitosti, poněvadž neřídí se jakost nápojův těch pouze hustotou jejich, kterou možno ostatně přimísením jiných látek zvýšiti neb snížiti.

d) *Hustoměry se stupnicí libovolnou* nemají vědeckého základu, poněvadž jimi možno ustanoviti pouze, je-li kapalina nějaká vůbec *hustší* neb *řidší* než jiná, nikoliv však poměr hustot obou kapalin číslem určitým vytknouti. V obchodu a průmyslu užívá se přece hustoměřů těch až posud a mluví-li se o *stupnicích* lhu, kyselin atd., bývají tím míněny vždy stupně některého takového hustoměru.

Nejvíce užívá se v průmyslu a obchodu hustoměřů, jež sestrojili *Baumé, Cartier* a *Beck*; Beckovy jsou poměrně nejlepší, Baumé-ovy nejrozšířenější.

Na stupnici hustoměru *Baumé*-ova pro kapaliny *řidší*, než voda, jest u bodu *B* (obr. 138.), ku kterému se potápí hustoměr ten ve vodě číslo 10 a u bodu *A*, ku kterému se ponořuje v roztoku 1 dílu (libry) kuchyňské soli v 9 dílech (librách) vody, jest číslo 0. Od nuly až ku 10 rozdělí se stupnice v 10 rovných dílů tak zvaných *stupňů*, které i dále na trubici se přenesou. Na stupnici hustoměru pro kapaliny *hustší* než voda připsal *Baumé* ku bodu *O* (obr. 139.), ku kterému se hustoměr ve vodě -14°R teple ponořuje, nulu, a bod *D*, ku kterému se potápí v roztoku 8 dílů (liber) kuchyňské soli v 17 dílech (librách) vody, naznačil číslem 15. Rozdělením vzdálenosti obou těch bodů v 15 rovných dílů nabudeme pak *stupňů*, které i na další část trubice se přenášejí.

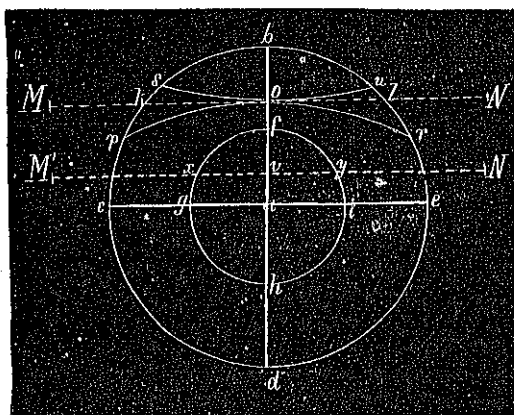
2. *Podmínky rovnováhy kapalin, působí-li na částice jejich síly molekulární.*

155. Donněcky o molekulách kapalin. 1. Molekuly kapalin *přitahují a odpuzují se vespolek* ve vzdálenostech nepatrných, jichž *měřiti nelze*, a velikost sil přitažlivých a odpudivých jest vzdálenosti molekul poměrná. 2. Myslíme-li si molekulu v středu kule, jejíž poloměr rovná se *největší* vzdálenosti, ve které molekula může na molekuly jiné působiti, zove se prostor kule té *oborem působení* dotýčné molekuly. Poněvadž molekuly též kapaliny jsou sobě rovny, budou i obory jich působení sobě *rovné*. 3. Obor působení molekuly možno mysliti si složený ze *dvou* soustředných částí; molekuly v části *vnější* budou pak molekulu, která jest ve středu, *přitahovati* a budou vzájemně též od ní *přitahovány*, molekuly v části *vnitřní* budou molekulu v středu kule se nalézající *odpuzovati* a budou vzájemně od ní *odpuzovány*. Příčina jest v tom, že ve vzdálenostech větších přitažlivost převládá nad odpudivostí a že ve vzdálenostech menších odpudivost větší jest přitažlivosti. 4. Přiblíží-li se molekuly k sobě, přibývá tak velice vzájemné odpudivosti jejich, že nelze překonati jí silami, jichž všeobecně užíváme; tím vyložíme velmi suadně *nestlačitelnost* kapalin.

156. Vzájemné působení molekul kapaliny. a) Je-li *MN* (obr. 140.) povrch kapaliny, a molekula, kule *bodeb* obor přitažlivosti a kule *fgghf* obor odpudivosti její, bude výslednice všech sil přitažlivých, kterými působí na *a* molekuly v polokuli *odeac* obsažené, v přímce *ad*, neboť si můžeme mysliti molekuly po dvou souměrně od přímky *ad* rozloženy. Molekuly ve prostoru *kcelke* budou taktéž molekulu *a* přitahovati a výslednice všech těchto přitažlivých sil bude ve přímce *ao*. Poněvadž *odeac > kcelke*, bude

přitažlivá síla působící na a směrem ad větší, než přitažlivost ve směru ao a výslednice obou těch sil bude působiti směrem síly větší, tudíž směrem ad . Totéž možno dokázati o všech molekulách, jichž vzdálenost od povrchu menší jest než poloměr oboru

Ohr. 149.



přitažlivosti. Patrně, že jest v každé kapalině pod povrchem tenká vrstva, jejíž molekuly od molekul níže ležících jsou do vnitř přitahovány, čímž vzniká větší hustota a spojitost částíček té vrstvy, která jest pak takřka tuhou blánkou.

Tím vysvětlujeme sobě, proč jehla tukem potřená, jakož i jiná hutná těla, ku kterým voda nelze, na vodě plovou.

Je-li povrch kapaliny vypuklý *por*, bude síla, která na molekulu a směrem ad působí, větší, neboť jest $pcerop < kcelle$; je-li povrch kapaliny vydutý *sou*, bude síla ta menší, neboť jest $scuos > kcelle$.

b) Je-li povrch kapaliny M^1N^1 , bude av t. j. vzdálenost molekuly a od povrchu menší než poloměr oboru odpudivosti, z čehož patrně, že bude odpudivost směrem ha větší, než směrem va , neboť jest v *ghiaq* více molekul než ve prostoru *agiy*. Na povrchu kapaliny nad blánkou budou molekuly od molekul níže ležících odpuzovány, čímž vysvětliti možno vypařování kapalin.

c) Pod blánkou síly molekulární vespolek se ruší, tak že má kapalina všude stejnou hustotu a částice její jsou velmi snadně pošunutelný.

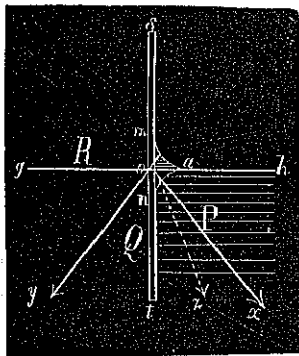
Kapalina ve prostoru sama sobě ponechaná musí míti tvar kulovitý, t. j. tvoří *kapky*, neboť jsou síly, které na veškeré částice na povrchu směrem do vnitř působí, sobě rovny a musí býti na povrchu kolmy. Neruší-li se tudíž působení sil molekulárních účinkem sil jiných, objevuje se kapalina ve tvaru kapek. Ku dokladu toho smíšil *Plateau* vodu s líhem, přidav do vody tolik líhu, až byla hustota směsi 22° Baumé-ových, pak nakapal do směsi oliyo-

vého oleje, který má také hustotu 22° B., a olej objevil se ve směsi ve tvaru kulovitém. — Dešťové kapky. — Jak se lijí broky?

157. Povrch kapalin u stěny nádoby. Je-li stěna st (obr. 141.) do kapaliny kolmo ponořena, budou molekuly stěny m a n , od vodorovné gh stejně vzdálené, molekulu kapaliny a , která v oboru přitažlivosti jejich, ve vodorovné gh se nalézá, stejnou silou přitahovati. Výslednice R obou těch sil bude páditi úhel man a směr její ag bude kolmo na st , což bude míti ovšem platnost i tenkrát, nalézá-li se molekula a přímo na stěně v o .

Pálíme-li \angle toh přímkou ox , budou veškeré molekuly kapaliny ve prostoru toh okolo přímky této souměrně rozloženy a budou tudíž vždy po dvou stejnou silou molekulu o stejnou silou přitahovati, bude tudíž výslednice P všech přitažlivých sil působiti směrem ox . Konečně působí na molekulu o směrem svisným ot tíže Q .

Obr. 141.



a) Má-li výslednice sil P a R směr síly těžné, t. j. směr ot , zůstane částice o ve vodorovné gh . Síla R , t. j. přilnavost jest v případě tom tak nepatrná, že kapalina stěnu st *nezmokřl*.

b) Je-li přilnavost R tak veliká, že kapalina stěnu *zmokřl*, bude výslednice sil P a R míti směr oy , směru větší síly R bližší. Dle odst. 143. musí však výslednice všech na některou částice o kapaliny působících sil býti vždy kolmo na povrchu kapaliny v místě dotýčeném, z čehož

patrné, že bude povrch kapaliny u stěny *vydutý* t. j. ma ; neboť má to, což o částice o bylo řečeno, platnost i při všech ostatních částicích v oboru působení stěny ležících.

c) Je-li přilnavost velmi nepatrná a tudíž R mnohem *menší* než P , bude směr výslednice oz a povrch kapaliny bude při stěně *vypuklý*, t. j. an .

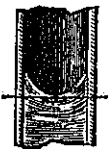
Jsou-li dvě kolmé stěny tak k sobě přiblíženy, že může přilnavost obou působiti i na prostřední částice kapaliny mezi stěnami se nalézající, bude celý povrch kapaliny *vydutý* (obr. 142), když kapalina stěny tyto *mokřl*; *ne-mokřl*-li pak jich, bude povrch kapaliny *vypuklý* (obr. 143.). Ukaz tento možno pozorovati ve trubcích a nádobách velmi malého průměru. V nádobách průměru většího bude přilnavost působiti pouze na stěnách, ve větší vzdálenosti ode stěn bude pak povrch kapalin vodorovný.

158. Vlaskové trubice. Trubice, jichž průměr jest velmi malý, zovou se *trubicemi vlaskovými* (Capillarröhrchen). Ponoříme-li skleněnou trubici takovou do kapaliny, která stěny trubice *mokřl* (ku př. do vody), vystoupí kapalina do trubice *výše*, t. j. nad povrch svůj v nádobě a bude míti povrch *vydutý* (obr. 144.); nemo-

křiv-li kapalina (ku př. rtuť) stěny trubice, stlačí se ve trubici níže t. j. pod povrch svůj v nádobě a bude mít povrch vypuklý (obr. 145.).

Výjev tento zoveme *prolinavostí* aneb *vláskovitostí* (capillaritas)

Obr. 142.



Obr. 143.



Obr. 144.



Obr. 145.



Budiž vlásková trubice $abcd$ (obr. 146.) ramenem spojitě nádoby $aefghkmb$, která má všude též průměr, což možno mysliti si, kdyby *ztuhly* částičky kapaliny, které tvoří stěny té spojitě nádoby (t. j. částičky v ce , ef , fg , hk , km a mb).

V části *nefo* té nádoby jest kapalina sama o sobě v rovnováze. Je-li MN povrch kapaliny v nádobě širší, *pr* povrch její ve trubici $abcd$, a má-li býti kapalina ve spojitě nádobě $aefg$ v rovnováze, musí tlak P sloupce $pnmr$ rovnati se tlaku Q sloupce $ghko$. Je-li s měrná váha kapaliny, V výška sloupce pn a p výslednice sil molekulárných na povrch jeho pr , ve směru tlaku P působících, bude $P = nm \cdot V \cdot s + p$. Je-li v výška sloupce hk a q výslednice sil molekulárných směrem tlaku Q působících, bude

$$Q = ko \cdot v \cdot s + q.$$

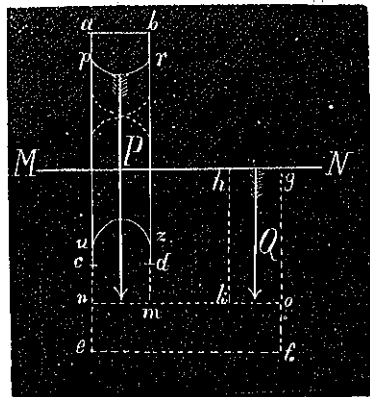
Poněvadž v rovnováze $P = Q$,

bude též $nm \cdot V \cdot s + p = ko \cdot v \cdot s + q$

aneb $nm \cdot s (V - v) = q - p$. Je-li povrch *pr* *vydutý*, bude (dle 156) $q > p$ a tudíž $V > v$, proto stojí kapalina ve trubici *výše*, t. j. nad povrchem svým v nádobě; je-li povrch *vypuklý*, bude $q < p$ a tudíž $V < v$ povrch kapaliny ve trubici bude *uz*, t. j. kapalina stojí ve trubici *níže*, pod povrchem v nádobě.

Přilnavost, kterou kapalina ve vláskové trubici *výše* vystupuje, působí jen do dálky velmi nepatrné, již měřiti nelze a řídí se tudíž za okolností jinak stejných *obvodem trubice*, tak že značí-li P přilnavost ve trubici, jejíž průměr jest D a p přilnavost v jiné trubici, jejíž průměr jest d , bude $P:p = \pi D : \pi d = D : d$ (1).

Obr. 146.



Čím větší bude přilnavost, tím větší bude též váha sloupce kapaliny, který účinkem přilnavosti ve trubici vystupuje do výšky nad povrch kapaliny v nádobě; budou tudíž přilnavosti v téměř poměru, ve kterém jsou váhy dotýčných sloupcův. Značí-li P a p přilnavost ve dvou trubicích, jejich průměry jsou D a d a ve kterých jsou výšky sloupcův V a v , a je-li s měrná váha kapaliny, bude

$$P:p = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V \cdot s : \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \cdot s = D^2 \cdot V : d^2 \cdot v \quad (2)$$

Ze srovnalosti 1. $P:p = D:d$ a ze
srovnalosti 2. $P:p = D^2 \cdot V : d^2 \cdot v$

vyplývá $D:d = D^2 \cdot V : d^2 \cdot v$, z čehož $DV = dv$

a tudíž $D:d = v:V$, t. j. výšky sloupcův, vystupujících nad povrch kapaliny ve trubicích vláskových, jsou v převráceném poměru s průměry trubic, jsou-li trubice kolmo do kapaliny ponořeny, z též hmoty zhotoveny a mají-li v celé délce stejný průměr světlosti.

Stojí-li kapalina ve trubici níže než v nádobě, bude V , t. j. výška kapaliny ve trubici, negativní, protože bude též síla P negativní. Že však zákon právě odvozený i tu má plnou platnost, vyplývá z věci samé.

a) Ponoříme-li kolmo do kapaliny dvě rovné stěny, které mají šířku a vzdálenost od sebe takou, jako průměr trubice, a je-li p přilnavost a v výška kapaliny ve trubici, p' přilnavost a v' výška kapaliny mezi oběma stěnami a značí-li konečně d průměr trubice, jakož i šířku a vzdálenost obou stěn a s měrnou váhu kapaliny,

bude (dle rovn. 1.) $p:p' = \frac{\pi d}{4} : 2d$

a taktéž (dle rovn. 2.) $p:p' = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \cdot s : d^2 \cdot v' \cdot s$

z čehož $\frac{\pi d}{4} : 2d = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \cdot s : d^2 \cdot v' \cdot s$ a tudíž $v:v' = 2:1$

a $v' = \frac{v}{2}$, t. j. mezi stěnami dostoupí sloupec jen polovici té výšky, do které by vystoupil ve trubici.

Stýkají-li se stěny do kapaliny ponořené v ostrém úhlu, bude povrch kapaliny, mezi nimi se pozdvihující, hyperbolický.

b) Rozličné kapaliny mají v též vláskové trubici rozličné výšky; z měrné váhy jejich nelze však posouditi, bude-li státi kapalina ve trubici výše neb níže než v nádobě.

c) Voda stávi se ve trubicích téhož průměru ale rozličné hmoty, jež mokří, vždy stejně vysoko; ve skleněných trubicích tučnou vrstvou na vnitřním povrchu opatřených stojí voda níže než v nádobě.

d) Zvýšením teploty ubývá vzstoupavosti, ale přibývá tlaku kapaliny ve trubicích vláskových.

e) Zákony o vláskových trubicích výše odvozenými mohou vysvětliti se úkazy, jenž co výsledek *botánictví* byly vytknuty v odstavci 28. na str. 28., jakož i mnohé jiné úkazy podobné.

Výjevy, jež pozorujeme ve trubicích vláskových, byly již r. 1600 známy zákony, jimiž se výjevy ty spravují, odvodil úplně teprv Laplace r. 1806.

151. Endosmosa. Dáme-li do bezedné láhve b (obr 147.), dole měchýřem obyčasně, nasycený roztok skalice modré a zavěsíme-li láhev do nádoby m , v níž jest voda, shledáme v brzku, že

kapaliny v láhvi *b* přibývá. Byla-li ku př. výška její nejprvé táž jako výška vody v nádobě *nn*, naplní za nějaký čas celou láhev a vystoupí i ve trubici *aa* až k *r* ba i výše, až konečně nahore z ní vytéká. Patrně tudíž, že voda z nádoby *nn* pórami měchýře do láhve *b* vniká, což vyplývá i z toho, že barva roztoku stává se bledší. Poněvadž však i voda v nádobě *nn* modré barvy nabývá, patrně, že pórami měchýře roztok z *b* do *nn* prostupuje. *Stoupání* kapaliny ve trubici *aa* a *klesání* vody v nádobě *nn* trváv potud, pokud obě kapaliny rovnoměrně se nesmísily.

Dáme-li na místě roztoku skalice modré do láhve *b* roztok jiné soli, cukru neb gummy, aneb lsh, vůbec kapaliny, která s čistou vodou se směšuje, a vyměníme-li za měchýř jinou látku pórovatou, ku př. lýko aneb nepolévanou hlinu, spatříme též výjev.

Takovéto míchání dvou nestejnorodých vespolek smesitelných kapalin, pórami pronikajících, slove *endosmosou*.

Endosmosu pozoroval a popsal nejprvé *Parrot* r. 1811; *Dutrochet*, který od r. 1826 mnoho zkoušek konal, nazval přibývání kapaliny jedné *endosmosou* (vnikáním č. vprýštěním) a ubývání kapaliny druhé *exosmosou* (unikáním č. vyprýštěním).

Endosmosou dokázáno, že pórovatá těla některým kapalinám rychlejšího prostupu dopouštějí než kapalinám jiným.

Důležitost endosmosy jeví se zvláště v rozvádění šťáv potravných v ústrojích těla živočišného a rostlinného.

Zkouškami až posud konanými dokázáno, že, byt i zůstaly obě kapaliny tytéž, endosmosa se mění, změní-li se pórovaté tělo.

Póry musí býti tak malé, aby se jimi nemohl rozváděti tlak hydrostatický, neboť by jinak vznikala z nádob obou jediná spojitá nádoba, ve kteréž by kapalina v též výšce státi musila.

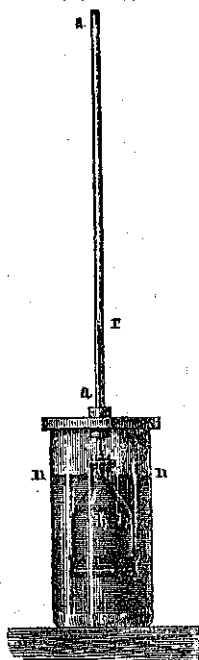
Endosmosu vysvětlujeme *prolinavostí* (vláskovitostí), jejímž účinkem kapaliny do pór stěny vnikají, a účinkem síly, kterou částice kapalin vzájemně se *přitahují*, majíce se spolu smísiti. Čím rychleji kapalina do pór postupuje, tím více jí vniká v též době do kapaliny druhé, kteréž pak přibývá. Z toho patrně, že i *hustší* kapalina může z nádoby *nn* do láhve *b* vstoupiti.

D. Hydrodynamika.

160. Zákon Torricellův o rychlosti výtoku kapalin. a)
Vytéká-li kapalina otvorem, který jest ve vodorovném dnu nádoby,

Klíka: Fysika.

Obr. 147.



jest rychlost výtoku tatež, které by nabyly částice kapaliny, spadnuvše volně s povrchu kapaliny až k otvoru.

Velmi malá částka kapaliny *amno* (obr. 148.), padajíc otvorem pouze účinkem síly těžné, vystoupila by z otvoru (dle 109., rovn. 9.) rychlostí $v = \sqrt{2gs} = \sqrt{2g \cdot ma}$. Na částěčku *amno* tlačí však též sloupec kapaliny *mrv*, pročež bude zrychlení větší, ku př. g_1 , a tudíž $v = \sqrt{2g_1 ma}$ (1).

Tlaky sloupcův *amno* a *arvo* mají se k sobě jako výšky jejich, tudíž jako $ma : ra$, bude tudíž také $g : g_1 = ma : ra$, pročež $g_1 = g \cdot \frac{ra}{ma}$; Vložíme-li pak tuto hodnotu do 1. rovnice, bude

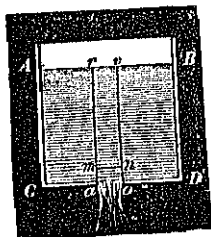
$$v = \sqrt{2g \cdot \frac{ra}{ma} \cdot ma} = \sqrt{2g \cdot ra} = \sqrt{2gs} \quad (2),$$

značí-li s výšku kapaliny v nádobě.

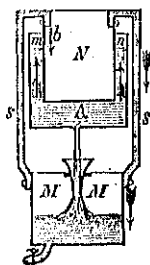
Z týchž důvodův bude jiná rychlost $v_1 = \sqrt{2gs_1}$, pročež $v : v_1 = \sqrt{2gs} : \sqrt{2gs_1} = \sqrt{s} : \sqrt{s_1}$ čili $v^2 : v_1^2 = s : s_1$.

Jak patrné, řídí se rychlost výtoku pouze výškou kapaliny v nádobě a nikoliv velikostí otvoru ani hustotou kapaliny, což snadně nahledneme, uváživše, že, bude-li otvor aneb hustota kapaliny nkráté větší, ovšem bude i tlak sloupce ra nkráté větší, poněvadž však i hmotnost jest nkráté větší, bude vyžadovati, majíc se stejně rychle pohybovati, síly nkráté větší.

Obr. 148.



Obr. 149.



Rtut i lili budou tudíž malými i velikými otvory vytékati stejnou rychlostí, je-li výška kapaliny těch stejná.

Je-li otvor, kterým kapalina vytéká, v poměru ku průměru nádoby velmi malý, tak že jím v kratičké době τ jen velmi málo kapaliny vytéká a tudíž výška její téměř tatež zůstává, bude též rychlost výtoku po celou dobu τ stejná. Není-li tomu tak, bude výtokem kapaliny ubývati, čímž výška její a tudíž i také rychlost výtoku se vždy zmenšuje. Má-li vytékati kapalina otvorem vždy toutéž rychlostí, musíme péčovati o to, aby povrch zůstal vždy v stejné výšce. Toho možno docíliti přístrojem od *Pronyho* sestaveným (obr. 149.). Nádoha *M* bude tou měrou těžší, kterou do ní přitéká kapalina z nádoby *A*. Toutéž měrou ponořuje se však hlouběji do nádoby *A* tělo *N* s nádobou *M* spojené, čímž povrch kapaliny v *A* vždy v též výšce *mn* zůstává a tudíž i rychlost výtoku vždy stejnou jest.

b) Poněvadž tlak kapaliny ve všech směrech stejný jest, bude též rychlost výtoku stejná, necht otvor nalézá se ve dnu neb ve stěně aneb směruje-li do výše.

Otevřeme-li záklopku k (obr. 150.), bude voda, kterou jest nádoba naplněna, malým otvorem o toutéž rychlostí vytékati, kterou by měla, padajíc volně s povrchu kapaliny až k otvoru o , a dostihla by též výšky, ve které jest povrch, kdyby nebylo překážek v pohybu.

V tom zakládají se *vodomety, vodárny a artéské studně* (srovnej odst. 144.).

c) Vytéká-li kapalina malým otvorem postranným buď šikmo, buď vodorovně, opisuje vytékající paprsek *parabolu*, kterou možno sestrojiti.

Jsou-li v nádobě na obr. 150. a a u velmi malé otvory postranné, můžeme pokládati za to, že vytékají částice kapaliny všechny rychlostí stejnou, t. j. tou, kterou vytéká částice unikající z nádoby středem otvoru.

Je-li s vzdálenost této částice od povrchu kapaliny, bude začátečná rychlost výtoku $v = \sqrt{2gs}$. Touto rychlostí pohybuje se každá částice za prvu účinkem tlaku, pak, když otvorem uniká, účinkem setrvačnosti. Tíže působí pak na částici směrem kolmo dolů a tudíž bude (dle 123.) *parabola* drahou, již každá částice koná.

Bude-li rychlost $v = y$ a výška $s = x$, bude pak $y = \sqrt{2gx}$, čili $y^2 = 2gx$. Sestrojíme-li z této rovnice parabolu, bude parameter paraboly, kterou kapalina vytéká, poněkud menší, než paraboly sestrojené, poněvadž nehleděli jsme ku překážkám v pohybu.

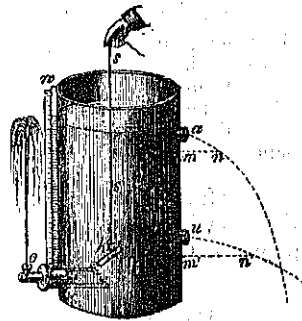
Vytéká-li kapalina postranným otvorem větším, bude rychlost výtoku v rozličných výškách rozličná a tudíž bude každá částice opisovati parabolu jiného parametru. Že i v tom případě dotýčné paraboly sestrojiti možno, vyplývá z předcházejícího.

161. Množství vytékající kapaliny. Vytékají-li všechny částice *toutéž* rychlostí v a zůstává-li při výtoku povrch kapaliny vždy v též výšce, bude množství č. objem kapaliny v každé vteřině vytékající hranol neb válec, jehož základnou jest otvor a jehož výškou jest rychlost výtoku v . Značí-li tudíž a plochu otvoru, bude množství vytékající kapaliny $m = a \cdot v = a \sqrt{2gs}$ a bude-li rychlost v^1 , jest pak množství $m^1 = a \cdot v^1$, z čehož $m : m^1 = av : av^1 = v : v^1$, t. j. množství kapaliny týměž otvorem vytékající mají se k sobě jako rychlosti výtoku. Můžeme tudíž z množství kapaliny v určitém čase vytékající posouditi též rychlost výtoku.

Ubývá-li kapaliny v nádobě, bude povrch její vždy hlouběji klesati, čímž ubývá též rychlosti výtoku a vzniká pohyb rovnoměrně zpozděný. — Hodiny přesýpací a vodní.

162. Vytékající paprsek. Pozorujeme-li vytékající paprsek, shledáme, že v malé vzdálenosti za otvorem náhle se *svírá* (zten-

Obr. 150.



čuje); následující část délky jeho má pak tvar válcovitý č. vlastně poněkud kuželovitý a jest zcela čistá, co křišťál prohledná. Po té následuje část méně prohledná, střídavě z uzlův a vypuklin složená, téměř jako u struny, která chvěje se v částích (viz o tom v akustice).

Vzdálenost místa, kde jest paprsek nejvíce sevřen (ztenčen), jakož i velikost toho sevření (kontrakce) mění se velikostí a tvarem otvoru, nikoliv však směrem výtoku.

Svírání č. ztenčování paprsku za otvorem bylo sice rozličným způsobem vykládáno, není však posud dokonale vyloženo.

Naráží-li paprsek na uhlazenou desku kovovou, rozšiřuje se na ní účinkem přilnavosti a má pak tvar *zvonovitý*. Splyvá-li více paprskův v rozličných směrech se protínajících, vznikají pak tvary velmi rozmanité, jež vidáme někdy u vodometův.

Dolejší méně prohledná a uzlovitá část paprsku skládá se, jak *Savart* dokázal, z větších kapek, které mají tvar kolných elipsoidů rozličné tloušťky a délky, načež následují kapky kulovité, pak kapky tvaru elipsoidů vodorovných rozličného průměru, pak opět kapky kulovité atd., tak že dá se tvar paprsku nákresem znázorniti. Mezi těmito většími kapkami vytékají též velmi malé, dokonale kulovité.

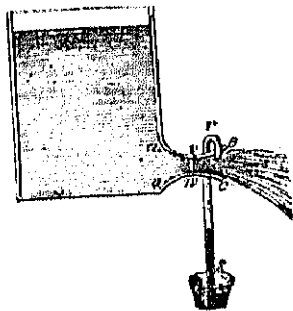
Ze v dolní části paprsku jednotlivé částice od sebe se oddělují, soudíme již z toho, že část tato jest temná, méně prohledná, i můžeme se o tom přímo připsvědčiti.

O příčinách rozpadání se paprsku v části a o změně tvaru kapek dal *Plateau* nejpříměřenější, četnými zkouškami dovozenou theorii.

Proměňování tvaru kapek působí jako chvění a tím vysvětlujeme si *znění* paprsku (vysvětlení toho v akustice).

163. Koeficient sevření. *Skutečné množství* vyteklé kapaliny bývá sevřením paprsku za otvorem, jakož i třením, spojivostí, přilnavostí a jinými překážkami v pohybu vždy menší než *množství vypočtené č. domnělé*. Chceme-li skutečné množství vyteklé kapaliny vypočísti, musíme množství domnělé násobiti číslem, které slove *koeficientem sevření* a které vždy menší jest než 1.

Obr. 161.



Zvláštního povšimnutí zasluhuje výtok vody trubici na obou koncích rozšířenou *aeo* (obr. 161.). Až ku *uv* vytéká kapalina tak jako otvorem kuželovitým a koeficient, jímž nutno násobiti vypočtené množství vyteklé kapaliny, $k < 1$. Z *uv* přichází kapalina do části rozšířené *vwce*. Poněvadž rozšířeným otvorem *ce* mnohem více kapaliny za vteřinu uniká, než do něho otvorem *uv* přichází, vznikaly by ve *vwce* prostory vzduchoprázdné, kdyby na povrch kapaliny nepůsobil tlak vzduchu, jehož účinkem částice kapaliny do *vwce* rychleji postupují. Ze tomu skutečně

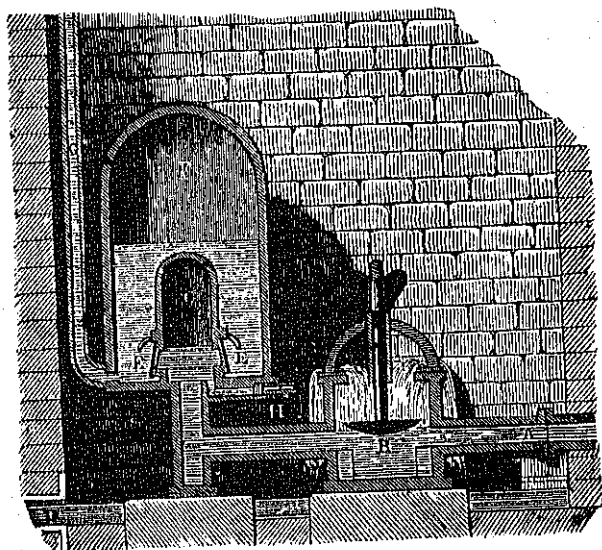
tak, o tom možno připsvědčiti se vystupováním zbarvené vody ve trubici *aeo* rychleji vytékati, ve prostoru vzduchoprázdném nemůže kapalina trubici *aeo* rychleji vytékati, což z předcházejícího patrně vyplývá.

Koeficient k jest téměř $= 1$, bořeme-li nejmenší průřez trubice co otvor výtoku.

164. Hybná síla vody. Teče-li voda naproti ploše těla do ní ponořeného, naráží na plochu tu každá jednotlivá částice celou svou hybností. Polybuje-li se voda ckrát rychleji než prvé, narazí na plochu v témž čase ckrát více částicek, každá ckrát větší rychlostí, tak že bude náraz c^2 větší než prvé, z čehož patrně, že velikosti nárazův mají se k sobě tak jako čtverce rychlostí, t. j. $P : p = C^2 : c^2$.

Síla, kterou voda na nějakou plochu kolmo naráží, rovná se tlaku sloupce vody, jehož základnou z jest plocha, na kterou voda naráží, a jehož výšku s můžeme vypočísti z rychlosti $v = \sqrt{2gs}$; budeť pak $s = \frac{v^2}{2g}$. Objem sloupce jest tudíž $z \times \frac{v^2}{2g}$ a váha jeho, č. tlak, jímž na plochu z působí, bude $p = \frac{zv^2\sigma}{2g}$, značí-li σ měrnou váhu vody.

Obr. 152.



Nárazu vody proudící, přetržitě zadržované, dá se použití ku zdvihání vody do značné výšky. K tomu cíli slouží tak zvaný *trkač vodný* (hydraulischer Widder, Stosshor), jež sestrojil *Montgolfier*, spozorovav (1796), že náhlým zavřením kohoutku ve trubici, kterou voda do lázně přitékala, voda v proudu zadržaná velmi prudce na stěny trubice narazila. Připojiv před kohoutkem do trubice vodorovně jinou trubici kolmou, shledal, že po náhlém zavření kohoutku voda nárazem dosti vysoko, ač na dobu krátkou, do kolmé trubice vystoupila. Na tom základě má vodný trkač *Montgolfierův* úpravu následující: Trubicí A (obr. 152.) proudí voda z nádržky výše položené aneb z potoka

(na pravé straně) a odtéká kolem záklopký *B*, která tíží svou dolů klesá, ze trubice ven. Dosáhnuvši pak jisté rychlosti, zdvihá voda záklopku a proudí dále ku kotli *C*, kdež nalezajíc odpor zhuštěného vzduchu záklopký *EE* po stranách si otevře a do většího kotle *F* vniká. Když pak živá síla proudící vody zrušila se tlakem vzduchu, který v kotli *F* přítokem vody byl zhuštěn, zavrou se záklopký *EE* a vzduch v *C* stlačuje rozpínavostí svou vodu nazpět, čímž další přítok vody se zastavuje a záklopký *B* opět se otvírá, načež vše opětuje se v témž pořádku jako dříve. Tlakem vzduchu v kotli *F* zhuštěného vystupuje pak voda ve trubici *G* do výšky značné. Poněvadž voda mnoho vzduchu pohlcuje a z kotle *F* odvádí, byl by vzduch v *F* brzy silně zředěn; tomu zabráňuje záklopký *H*, která se otvírá do vnitř, když vzduch v *C* vodu nazpět ku *B* tlačí a tím poněkud se zředuje. Část vnějšího vzduchu vniká pak do *C* a odtud zároveň s vodou do *E*.

V Senlisu ve Francii jest vodný trkač, který zdvihá za minutu 560 liber vody do výšky 10 sáhů. Prudkými a častými rázy vody (záklopký se zavírají a otvírají za den více než 80.000krát) otrásají se však voškoré části trkače velmi silně, tak že brzy nutno novými je nahrazovati, což příčinou, že vodného trkače jen zřídka ku zdvihání vody se užívá.

Kola vodní (na vodu svrchní, prostřední a spodní).

E. Aerostatika.

165. Rozpínavost vzdušín. *Rozpínavostí* č. *širivostí* působí vzdušiny na plochy, s kterými se stýkají, jistý *tlak*, který *napnutím* č. *expansí* (Spannkraft, Expansivkraft) se nazývá.

V řeči obecné má rozpínavost, širivost, tlak a napnutí též význam.

Velikost napnutí č. *expansie* vzdušín měří se *hydrostatickým* tlakem sloupce rtuťového (někdy též vodního) na plochu *vodorovnou*, 1□" velikou.

Rozpínavostí plynův přibývá tou měrou, kterou přibývá *hustoty* a *teploty* jejich.

Rozličné plyny, ku př. vzduch a vodík, majíce tutéž hustotu i teplotu, *nemají stejného napnutí*.

Rozeznáváme pak rozpínavost *prostou* (absolutnou), již poznáváme, nehledíce ani k hustotě ani ku teplotě vzdušiny, a rozpínavost *poměrnou* (specifickou), kterou jeví plyn, maje určitou hustotu a určitou teplotu.

Vodík má poměrnou *expansi* 14krát větší než vzduch; jestli hustota vodíku 14krát menší a přece tlak jeho tak veliký, jako tlak vzduchu téže teploty.

166. Tlak vzduchu. Vzduch objímá zemi naší, jsa k ní poután tíží. Až posud není dokonale známo, ve které výšce nad zemí pokraj ovzduší, t. j. poslední vrstva vzduchu se nalézá; vrstvy, které se nalézají blíže země, jsou *hustší*, neboť je stlačují vrstvy ostatní nad nimi se nalezající.

Vrstvy níže umístěné jsou *hustší* mají též *větší rozpínavost*. *Rozpínavostí* tou a vlastní *tíží* tlačí na každé tělo, s kterým se stýkají.

Velikost tlaku vzduchu možno určití sloupcem čisté rtuti ve trubici asi 30" dlouhé a na jednom konci uzavřené. Trubice naplní se rtutí, uzavře prstem a postaví kolmo do nádoby *nn* (obr. 153.), ve kteréž se nalézají taktéž rtuť, načež otvor se otevře. Dle zákona o nádobách spojených měl by povrch rtuti ve trubici i nádobě býti v stejné výšce; rtuť klesne však ve trubici jen *nepatrně hlouběji* a zůstává asi 28" nad povrchem v nádobě *nn* státi. Nevnikl-li při pokusu žádný vzduch do trubice, bude prostor ve trubici nade rtutí vzduchu prázný a zove se *prázno Torricellovo*, jakož i pokus ten *pokusem Torricellovým*, neboť objasnil pokusem tím *Torricelli* nejprvé (1643) tlak vzduchu.

Obr. 153.

Skloní-li se trubice, postupuje v ní rtuť, aby stála vždy v též výšce, která měří se pak svisně, což děje se též u trubice tvaru jiného. Je-li trubice kratší, zůstane rtuť naplněna.

Že sloupec rtuti nad povrchem jejím v nádobě *nn* ve výšce asi 28" se udržuje, vykládáme tím, že vzduch na rtuť v nádobě *nn* tlačí a na povrch rtuti ve trubici žádný tlak nepůsobí, kterým by tlak vzduchu na rtuť v *nn* působící se rušil.

1. Je-li trubice nahoře kohoutkem opatřena a otevřeme-li tento kohoutek, padá rtuť, vnikajícím vzduchem pužena, ve trubici až ku povrchu rtuti v nádobě.

2. Vpustíme-li jen něco málo vzduchových bublin pozorně do prázna Torricellova, klesne rtuť jen o něco málo a klesá tou měrou, kterou přibývá vzduchu do prázna, na důkaz, že tlakem vnitřním ruší se část tlaku vnějšího.

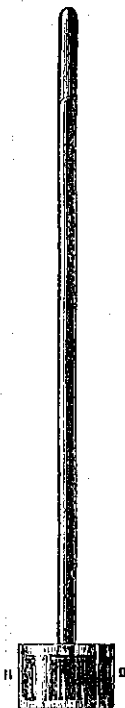
3. Naplníme-li trubici vodou, udrží se tlakem vzduchu sloupec vody 32' vysoký nad hladinou, neboť *musí býti sloupec vody tolikráte vyšší, kolikráte jest měrná váha vody menší, než měrná váha rtuti.*

Poněvadž jest rtuť 13·6 hustší než voda, bude sloupec vody $28" \times 13·6 = 380·8"$ t. j. téměř 32' vysoký.

4. Na vrcholi vysokých hor má sloupec rtuti menší výšku než na úpatí, neboť jest na vrcholi vzduch řidší a proto tlak jeho menší.

5. Že rozpínavost vrstvy vzduchu, která povrchu rtuti v nádobě se dotýká, jest příčinou tlaku, jímž sloupec rtuti nad povrchem jejím v rovnováze se udržuje, o tom můžeme se přesvědčiti, uzavřeme-li nádobu *nn* neprodyšně. *Rtuť zůstává pak ve trubici vždy v též výšce; zahříváme-li neb ochlazujeme-li pak vzduch v nádobě nn, nabývá větší neb menší expanso a rtuť pak ve trubici vystupuje neb padá.*

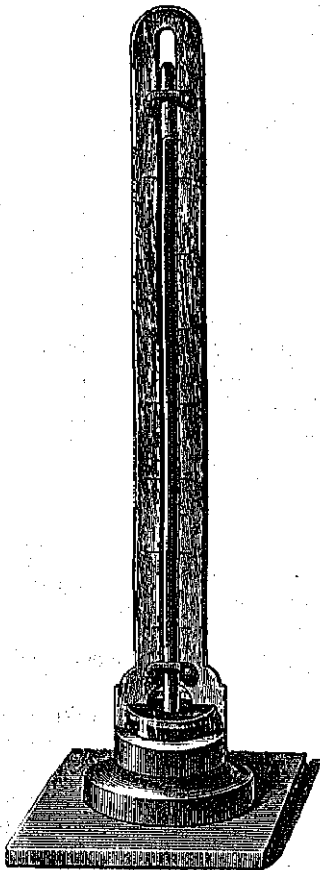
167. Tlakoměry. Pokusem Torricellovým seznáme velikost tlaku vzduchu jen v době krátké. Chceme-li pak pozorovati, zdaž tlaku *přibývá* neb *ubývá* aneb zdaž tlak *stejným* zůstává, musíme



trubicí připevní a *stupnicí* v palce a čárky aneb jinak rozdělenou opatříti, jak to viděti na obr. 154. Přístroj takový nazývá se *tlakoměr* (barometer) a nemá nikdy míti vzduchu v Torricellově práznu, čehož docílíme vyvářením rtuť.

Začátečný bod stupnice má dotýkati se povrchu rtuť v nádobě, neboť se udržuje ve trubici tlakem vzduchu jen ona část sloupce, která stojí nad povrchem rtuť v nádobě. *Padá-li* totiž rtuť ve trubici, tu

Obr. 154.



vystupuje v nádobě, a začátečný bod octne se pak *pod* hladinou rtuť; bude tudíž nutno *stupnicí* ze rtuť *povytknouti* aneb nádobku níže *spustiti*, aby začátečný bod opět povrchu rtuť v nádobě se dotýkal. Není-li ani *stupnice* ani nádobka pohybliva, objeví se při *padnutí* rtuť ve trubici tlak vzduchu *větším* a při *stoupání* *menším* než skutečně jest. *Vadu* tuto lze však přiměřeným způsobem buď zcela zameziti, buď pokud možno zmenšiti.

Poněvadž u nás, vyjma případy neobvyčejné, rtuť nejvýše do 29" vystupuje a nejhlouběji k 27" padá, není potřebí *stupnice* pro celou výšku sloupce, proto bývá *stupnice* jen na *hořejší* části trubice.

168. Tlakoměr Fortinův. Má-li nádobka pohyblivé dno, které můžeme zdvihati a spouštěti, aniž by rtuť z nádobky vytékala, bude možno povrch rtuť posouvnouti vždy ku začátečnému bodu *stupnice*. Tlakoměr takový sestrojil *Fortin* (asi r. 1820).

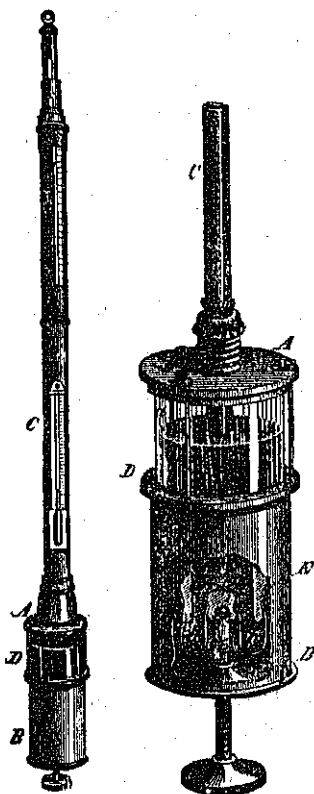
Trubice *C* (obr. 155.) sahá otevřeným koncem do rtuť v nádobce *AB*, jejíž kožené dno šroubem se zdvihá neb spouští tak dlouho, až povrch rtuť začátečného bodu *stupnice* se dotýká. V tomto případě dotýká se pak *kostěný* neb *ocelový* bodce *a*, do *vléka* nádobky *zapuštěný* a *nehýbný*, špičkou svou hladiny rtuť, což poznáváme, dotýká-li se špička bodce špičky obrazu jeho, ve *hladině* rtuť jako v zrcadle vznikajícího. Abychom to mohli pozorovati, jest *hořejší* část nádobky *AD* *skleněná*.

Ve *vléku* nádobky jsou 2 neb 3 malé otvory, kterými vzduch do nádoby vniká, *vléko* jest pak na *vnitřní* straně jirchou povlečeno, jejíž póry vzduchu volného průchodu dopravají, nedopouštějíce vytékati rtuť, aneb jest trubice na místě, kde dno nádobky ústí, jirchou obvázána. *Skleněná* trubice vězí ve *trubicí* *mosazná*, která má v *hořejší* části *prállinu*, aby bylo viděti *stoupání* a

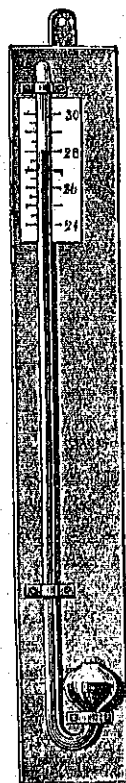
padání sloupce rtuťového. Na trubici mosazné vedlé průlínky bývá vyryta stupnice. Podél stupnice posouvá se šroubem nonius, jehož hořejší neb dolejší pokraj musí býti s vrcholem rtuťi v též výšce.

Při přenášení tlakoměru zdvíná se dno, aby rtuť celou trubicí vyplnila a vzduch do Torricellova prázna vniknouti nemohl. Proto můžeme tlakoměr třeba i převrátiti, aniž by škody utrpěl. Poněvadž rtuť teplem se roztahuje, bývá tlakoměr opatřen též teploměrem. Tlakoměr Fortinův, ježž možno přenášeti bez obavy, že se pokazí, slouží velmi dobře cestovatelům. Obvyčejně možno z pouzdra, do kterého tlakoměr při přenášení se uzavírá, sestaviti přiměřený stojan, ve kterém můžeme tlakoměr svisně zavěsiti.

Obr. 155.



Obr. 156.



Pohyblivé dno vymyslel Ramsden (1786) a opravil Fortin (1820), v době novější Ernst (1847).

Padá-li neb stoupá-li rtuť ve trubici o n'' , bude v nádobce stoupati neb padati o N'' . Poněvadž přibývá v nádobce právě tolik rtuťi, kolik jí ubývá ve trubici, bude, značí-li r poloměr trubice a R poloměr nádoby (kteréž poloměry musí býti všude stejny), $nr^2n = NR^2N$, z čehož $N = \frac{nr^2}{R^2}$. Hodnota zlomku $\frac{nr^2}{R^2}$ může se vypočísti a na tlakoměru poznamenati. Je-li pak n známo, můžeme

i *N* snadně vypočísti a bude-li výška rtuti o *n*''' menší než 28'', odčítá se *N* od výšky, na stupnici naznačené, je-li pak výška o *n*''' větší než 28'', připočítává se *N* ku výšce, která na stupnici se jví.

169. Tlakoměr obecný. Tlakoměr tvaru takového jako na obr. 156. nazývá se tlakoměrem *obecným* č. *domácím* aneb dle tvaru nádoby, ve kterou jest trubice rozšířena, též tlakoměrem *hruškovitým*.

Poněvadž jest stupnice *nehýbnou*, má tlakoměr tento *vadu* výše v odst. 167. vytknutou. Vada ta bude tím menší, čím větší jest průměr nádoby. Tlakoměru toho užívá se v domácnosti, aby změnami výšky sloupce rtuťového změny povětrnosti naznačoval. Ku pozorováním a pracím vědeckým se naprosto nehodí.

Obr. 157.

170. Tlakoměr dvouramenný. (Heberbarometer) liší se od předešlého tím, že otevřený konec trubice vzhůru se ohýbá a nádobku tlakoměru domácího nahraňuje (obr. 157.). Výška sloupce rtuťového měří se od povrchu rtuti v rameni otevřeném ku povrchu v rameni zavřeném, což děje se způsobem rozličným, a sice:

1. *Stupnice* aneb *trubice* *posouvá* se tak, aby začátečný bod stupnice a povrch rtuti v rameni kratším byly v též výšce.

2. Opatříme-li kratší rameno stupnicí, na které patrně, o mnoho-li vystoupila rtuť výše nad bod stupnice, který naznačen jest nullou, aneb o mnoho-li padla níže pod ten bod, vypočteme skutečnou výšku rtuťového sloupce, když dotýčné číslo od výšky, již stupnice naznačuje, odečteme aneb k ní připočteme.

3. Na stupnici nalézá se bod naznačený nullou u prostřed a po obou stranách jeho jsou pak čísla stupnice v pořadí přirozeném. Výška sloupce určuje se pak součtem čísel, ku kterým sahá povrch rtuti v rameni delším i kratším. — *Gay Lussac* upravil (1826) tlakoměr tak, že vrcholík rtuti v rameni kratším nalézá se kolmo pod vrcholíkem jejím v rameni delším (obr. 157.), tak že stupnice k oběma sloupcům těsně přiléhá a výška jejich pomocí nonia zovrubně určití se může.

4. Mají-li obě ramena stejný průměr aspoň v těch částech, ve kterých rtuť stoupá a padá, a beřeme-li výšku 28'' za tlak normalný, nemusíme pozorovati rtuť než v rameni jednom; počet dílkův stupnice, o který rtuť v tom rameni nad normalnou výšku vystoupila neb pod ní klesla, znásobí se pak dvěma a ku 28'' se připočte neb od 28'' se odečte dle toho, ve kterém rameni jsme výšku sloupce pozorovali. (Příklady.)



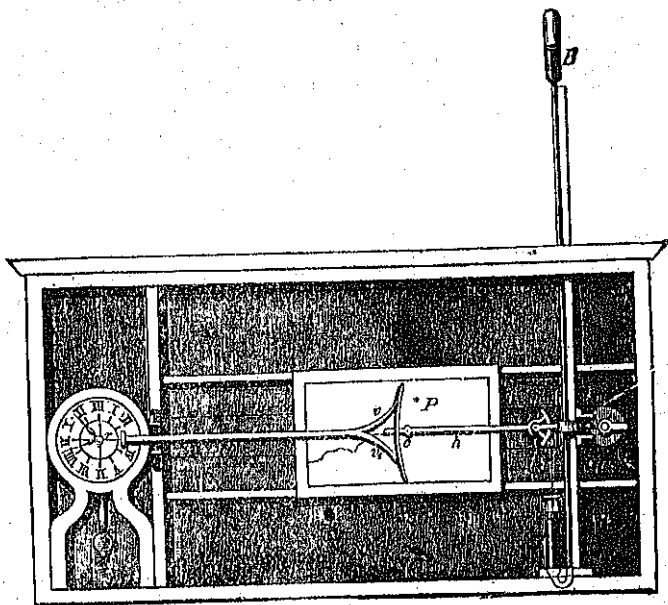
Tlakoměr dvouramenný sestrojil nejprvó *Boyle* 1694. Od té doby byl ovšem tlakoměr ten značně opraven.

Aby se mohl tlakoměr dvouramenný na cestách přenášeti, bývá opatřen pružnou zátkou, která do kratšího ramene tak hluboko se zastrčí, až delší rameno jest rtutí zcela vyplněno. — *Gay-Lussac* uzavřel též kratší rameno na konci a opatřil je malým postranným otvorem, kterým vzduch do vnitř vniká, ale rtuť vytékati nemůže. — *Capeller* uzavírá otevřené rameno svých tlakoměrů porovratou zátkou dřevěnou a obvazuje je jirchou. — *Bunten* vytáhl hořejší trubici v trubičku úzkou, a spojil pak obě trubice dohromady. Otvorem úzké trubičky nemůže vzduch do prázna *Toricellova* vniknouti a nashromáždí se vedlé ní, odkudž dá se vypuditi, když tlakoměr obrátíme. — *Lefranc* spojuje obě trubice pomocí zátky korkové.

Daniellův tlakoměr vodný.

Tlakoměru dvouramenného užívá se též co *barometrografu* (tlakoměru zapisovacího), který, jednoduchým přístrojem opatřen, tlak vzduchu každou dobu zaznamenává.

Obr. 158.



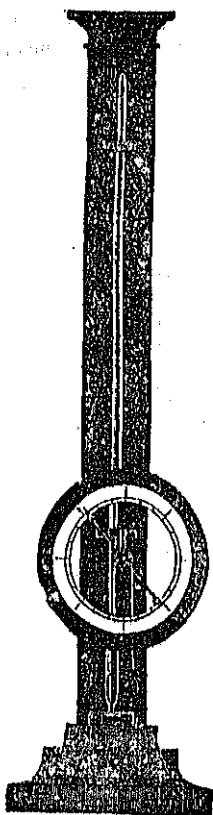
Ve kratším otevřeném rameni (obr. 158.) plove na rtuti ocelový, dolo platinou obložený válec *a*, který jest šňůrou *f* na kratším obloukovém raménku páky *h* zavěšen. V delším raménku páky jest u *c* tužka, dotýkající se papíru *P*, který hodinovým strojem *U* v levo se pohybuje. Podlé toho jak rtuť ve tlakoměru stoupá neb padá, dělá tužka na papíře výše neb níže čáru. Papír má ve stejných vzdálenostech vodorovné čárky, jichž poloha značí vždy určitou výšku rtutového sloupce. Za 24 hodiny nahradí se pak papír jiným. Hodinovým strojem naznačuje se na papíře též začátek každé hodiny neb čtvrt hodiny. Dole i nahoře u *B* má trubice větší průměr, aby molekulární síly nemohly na rtuť tak značně působiti.

Barometrograf sestrojil nejprvé *Changeuz* (1780). — Tlakoměr s kruhem a ručičkou (obr. 159.). Veliké takové tlakoměry s průsvitným číselníkem v přístavech.

171. Používání tlakoměru. a) *Vlastnosti tlakoměru.* Má-li tlakoměr účeli svému dokonale vyhověti, jest nutně potřebí:

1. Aby průměr světlosti trubice byl nejméně $1\frac{1}{2}$ ''; neboť vo trubcích vláskových (str. 158) rtuť se stlačuje a proto níže stojí, než toho tlak vzduchu vyžaduje.

Obr. 159.



Porovnámo-li výšku sloupce rtuťového v nějakém tlakoměru s nádobkou s výškou sloupce v tak zvaném *tlakoměru normalném*, jehož průměr světlosti nejméně 6''' obnáší a který i v každém jiném ohledu jest dokonalý, tu shledámo, o mnoho-li stojí rtuť v tlakoměru našem níže, a rozdíl tento musíme pak ku pozorované výšce vždy *připočítati*, aneb, je-li možno, začátečný bod stupnice o tolik *níže* posouvnouti. Mají-li obě ramena tlakoměru dvouramenného též průměr, měl by i tlak, vláskovitosti trubice spůsobený, býti v obou ramenech stejný, pročež nebylo by žádné opravy potřebí. Zkušenost učí však, že v rameni otevřeném, kde rtuť s vlhkým vzduchem se stýká, jest tlak větší, než v rameni zavřeném. Rozdíl obou tlaků nutno pak od pozorované výšky *odečísti* aneb, možno-li, začátečný bod měřítka o tolik výše posouvnouti.

2. Rtuť musí býti *dokonale čistá* a *vzduchu prostá*.

Než se rtuť do trubice dává, musí se dokonale vyčistiti, což děje se spůsobem rozličným podle toho, jakými příměsky jest znečištěna. Vzduch vypuzuje se ze rtuťi *vyvřetením*.

3. V Torricellově práznu nesmí býti ani vzduch ani vodní páry, jichž rozpňavost by tlak vzduchu vnějšího z části se rušil.

Poněvadž rtuť během času se *okysličuje* a vzduch *pohlcuje*, který pak až do Torricellova práznu postupuje, musí se rtuť vždy po uplynutí jisté doby *znovu vyvřeti*.

4. Stupnice musí býti *dokonale rozdělena* a začátečný bod její musí býti na místě náležitém, o čemž již výše bylo pojednáno.

b) *Pozorování tlakoměru.* Při pozorování výšky rtuťového sloupce ve tlakoměru třeba šetřiti pravidel následujících:

1. Tlakoměr budiž po celý čas, pokud jej pozorujeme, *svisně zavěšen*.

2. Oko pozorovatele budiž ve stejné výšce s nejvyšším bodem vrcholku sloupce.

K tomu cíli slouží často dvě žíně v též výšce rovnoběžně za sebou v rámečku napnuté. Rámeček posouvá se tak dlouho, až žíně, nejvyšší bod vrcholku a začátečný bod nonia, který, jsa s rámečkem spojen, s ním se posouvá, v též vodorovné rovině se nalézají. Před žíněmi bývá i *lupa*, aby bylo pozorování usnadněno.

3. Před pozorováním musíme na trubici zaklepati, aby rtuť na stěnách lpějící od ní se oddělila.

4. Poněvadž rtuť teplem *se roztahuje* a tudíž sloupec rtuťový účinkem tepla *vyšší* bývá, než by byl pouhým působením tlaku vzduchu, musíme, porovnávajíc výšku sloupcův v tlakoměrech, hleděti i ku teplotě.

Z té příčiny bývá s tlakoměrem spojen teploměr, abychom seznali teplotu a tudíž i prodloužení sloupce účinkem jejím. Poněvadž jest normálníou teplotou 0°C., musíme výšku pozorovanou převésti na onu, kterou by měl sloupec v teplotě 0°C., o čemž v nauce o teple pojednáno. Teplem roztahuje se též stupnice, na změnu délky její účinkem tepla není však nutno hleděti.

c) *Užívání tlakoměru.* Tlakoměr slouží:

1. Silozpytečům ku mnohým *veledůležitým* pozorováním a pokusům.

2. Ku *pozorování povětrnosti*. Padání rtuti ve tlakoměru považuje se co znak povětrnosti nepříznivé, vlhké, stoupání co znak povětrnosti pěkné suché, ač mnohé bývají v té příčině výjimky. Náhlé padání rtuti oznamuje brzkou bouřku.

Změny výšky sloupce rtuťového jsou *pravidelné* a *nepravidelné*. U nás převládají změny nepravidelné tak velice, že pravidelných nesnadno pozorovati. V horkém pásmu, kde pozorují se pouze změny *pravidelné*, bylo shledáno: a) *Největší* bývá tlak vzduchu v 10 hod. ráno a 11 hod. v noci, *nejmenší* ve 4 hod. ráno a ve 4 hod. odpoledne. Rozdíl výšky sloupce obnáší 2mm. b) *Největší* bývá tlak vzduchu v lednu, *nejmenší* v červenci, rozdíl mezi největším a nejmenším tlakem obnáší 2—4mm. Za výšku normalnou běže se výška sloupce 760mm, (28·851") při teplotě 0°.

Poněvadž důkladným pozorováním bylo shledáno, že tlaku vzduchu od nového měsíce až ke druhé čtvrti přibývá a pak zase ubývá, zdá se, že též měsíc působí v rozličné vzdálenosti rozličně na hustotu a tudíž i na tlak vzduchu.

Změny nepravidelné způsobují u nás změny teploty a jimi vznikající proudění vzduchu. Jižní a jihozápadní větry jsou teplé a vlhké, ochlazují se u nás, rtuť padá — příš. Větry severní a severovýchodní jsou studené a suché, rtuť stoupá — povětrnost jest suchá, pěkná.

3. Z výšky sloupce rtuťového ve tlakoměru možno vypočísti tlak vzduchu v určitém místě na plochu určité velikosti.

Je-li výška rtuťového sloupce 28", bude tlak na 1□" obnášeti asi 12¹/₂ lib. a tlak na 1□' 1788 lib. 21 lotů. Z toho lze vypočísti tlak, který působí na povrch těla našeho a kterého necítíme, poněvadž i uvnitř v těle jsou vzdušiny téhož napnutí, jímž tlak vzduchu se ruší. Na vysokých horách cítíme unavení, poněvadž rovnováha obou tlakův se ruší. Tlakem vzduchu udržují se kosti ramenní a stehenní v dutinách lopatek a pánvice, což dokázali bratři *Webrové* důmyslným přístrojem.

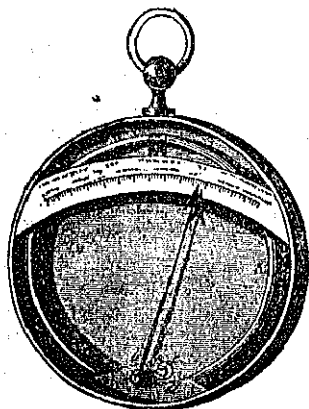
4. Tlakoměr slouží vhodně *ku měření výšky hor*, o čemž pojednáno v odst. 176.

172. Tlakoměry kovové č. aneroidy liší se podstatně od tlakoměrův výše popsaných. Důležitější jsou :

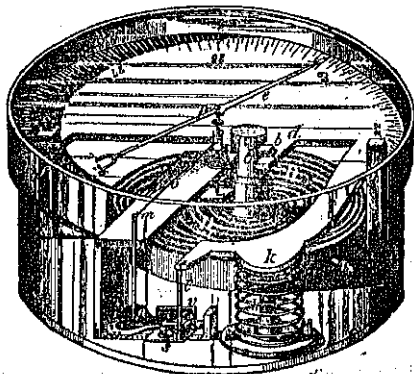
a) *Aneroid Bourdonův* (1858) záležíci v trubici z tenkého plechu zhotovené a na obou koncích neprodyšně uzavřené (obr. 160.). Trubice jest v kruhu stočena a u prostřed své délky kroužkem v pouzdru připevněna, tak že oba konce její jsou volné. Na koncích těch jsou tyčinky *a* a *b*, které otáčejí pomocí jednoduchého pákového přístroje a svinuté pruhy ocelové ručičku, jež na stupnici zkusmo zhotovené tlak vzduchu určuje.

Je-li tlak vnějšího vzduchu větší, než tlak vzduchu ve trubici uzavřené, stlačí se volné konce trubice k sobě, je-li tlak vzduchu vnějšího menší, nabývá tlak vzduchu ve trubici převahy a volné konce vzdalují se od sebe, čímž nastává pohyb ručičky ve směru protivném dřívějšímu.

Obr. 160.



Obr. 161.



b) *Aneroid Naudetův*, jinak *baromètre hororéologique* zvaný a původně od *Vidiho* (1847) sestrojený, skládá se z bubínku DD_1 (obr. 161), asi $\frac{1}{4}$ " vysokého, jehož hořejší víčko jest velmi tenké, pružné a v soustředných kruzích vlnitě zprohybané. Bubínek jest dolejším dnem svým na sloupku v pouzdře připevněn. Z bubínku vyčerpá se vzduch pokud možno, načež se otvor jeho i neprodyšně uzavře. Větším neb menším tlakem vzduchu vnějšího bude pak víčko *D* více neb méně do vnitř bubínku se prohýbatí a pohyb ten převádí se citlivým ústrojím velmi značně (asi 800krát) zvětšen na ručičku *e*, která na stupnici zkusmo určené velikost tlaku vzduchu ukazuje. Za stejné teploty ukazuje tlakoměr tento rozdíl v tlaku ještě $\frac{1}{14}$ ". Někteří dokládají, že změnou teploty vzduchu vznikají nepravidelné pohyby ručičky, jiní tvrdí, že změny teploty v pravidelnost pohybu toho nepůsobí.

Vysvětlení, kterak působí pákové ústrojí, převádějící pohyb bubínku na ručičku.

Aneroidy slouží zvláště vhodně vzduchoplavcům a mohou upravit se tak, že rozdíl výšky 50 centimetrův patrně naznačují. Někdy sestavují se ve tvaru hodinek kapesných. Velikých aneroidův se stupnicí průsvitnou (v noci osvětlenou) užívá se ve přístavech. — Aneroid může se též upravit co barometrograf (srovnej str. 171.).

173. Zákon Mariottův (1683). *Za stejné teploty ubývá objemu vzdušiny tou měrou, kterou přibývá tlaku, jímž objem se zmenšuje, a taktéž přibývá objemu tou měrou, kterou ubývá tlaku. Značí-li P, p tlak a V, v objem, bude tudíž $P:p = V:v$.*

a) Nalijeme-li rtuti do zahnuté, na kratším konci M (obr. 162) kohoutkem opatřené trubice a otevřeme-li kohoutek, postaví se rtuť v obou ramenech do též výšky (dle 144). Zavřeme-li pak kohoutek M , bude tlačiti na vzduch ve prostoru Mm uzavřený tlak P vzduchu vnějšího, který na povrch rtuti v rameně otevřeném působí a rtuť až ke vzduchu v prostoru Mm se rozvádí. Tlak P možno pak tlakoměrem určit. Přilejeme-li do delší trubice rtuti, vystoupí rtuť též v kratším rameně, a prostor Mm se zmenší, což na stupnici patrně budeme pozorovati. Přiléváme-li rtuti do otevřené trubice tak dlouho, až objem vzduchu v Mm uzavřeného V^1, V^{11}, V^{111} obnáší $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4} \dots$ původního objemu V , a změříme-li pokaždé, o mnoho-li stojí rtuť v otevřeném rameně výše než v rameně zavřeném, tož můžeme tlak $P^1, P^{11}, P^{111} \dots$ na vzduch v Mm působící snadně vypočísti. Bude-li objem $V^1 = \frac{V}{2}$, stojí rtuť v otevřeném rameně o tolik výše, kolik obnáší výška sloupce rtuťového ve tlakoměru. Nezměnil-li se tlak vnějšího vzduchu, bude tudíž tlak rtuťového sloupce $= P$ a tlak, který na vzduch v objemu V^1 působí, bude $P^1 = 2P$, t. j. tlak vzduchu vnějšího a tlak rtuťového sloupce. Poněvadž pak $P:P^1 = 1:2$ a $V:V^1 = 1:\frac{1}{2}$, bude $P:P^1 = V^1:V$. Bude-li objem vzduchu $V^{11} = \frac{V}{3}$, bude tlak sloupce rtuťového od povrchu rtuti v zavřeném rameně změřeného $= 2P$ a tudíž tlak $P^{11} = P + 2P = 3P$, pročež $P:P^{11} = 1:3$ a poněvadž $V:V^{11} = 1:\frac{1}{3}$, bude opět $P:P^{11} = V^{11}:V$. Taktéž shledáme dalším pokusem $P:P^{111} = V^{111}:V \dots$, tak že vůbec $P:p = v:V$ (I.). Poněvadž jsou hustoty v převráceném poměru s objemy, bude, pak-li značí H, h hustoty vzduchu v objemech V, v , taktéž $H:h = v:V$, pročež $P:p = H:h$ (II), t. j. hustoty vzdušiny mají se k sobě tak jako tlaky, které na ně působí.

Jak z předcházejících pokusův patrně, ruší se tlak vnější, na vzduch v Mm působící, expansí tohoto vzduchu, musí tudíž přibývatí expanse v tom poměru, ve kterém přibývá tlaku, a značí-li

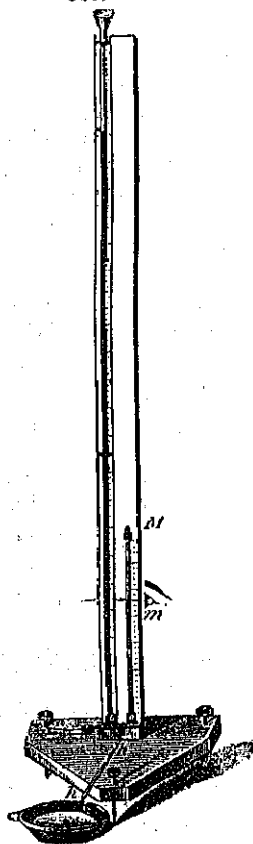
E, e expanse, bude $P:p = E:e$ (III.) a poněvadž ve srovnalosti II.

$$\frac{P:p = E:e}{P:p = H:h}$$

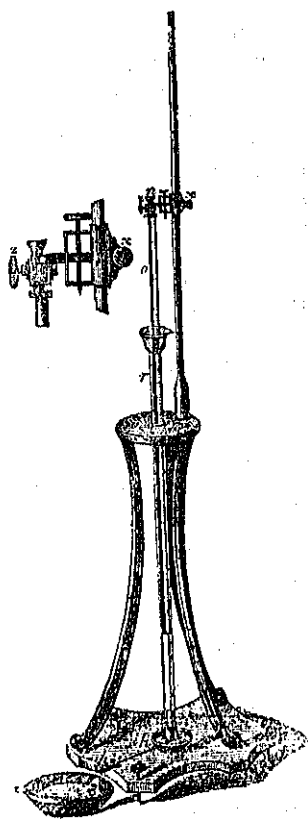
musí též $E:e = H:h$ (IV.) t. j. *expanse vzduchu jsou v témž poměru jako hustoty.*

b) Otevřeme-li kohoutek z (obr. 163.) trubice on , bude povrch rtuť v této trubici jakož i v širší nádobě r v stejné výšce.

Obr. 162.



Obr. 163.



Zavřeme-li pak kohoutek z , bude vzduch v objemu r uzavřený mítí tutéž hustotu i expanzí jako vzduch vnější, který na rtuť v nádobě r tlačí a jehož tlak rtuť až ke vzduchu uzavřenému se rozvádí. Vytáhneme-li trubici on výše, bude *objem* vzduchu v ní uzavřeného *větší* a tudíž *hustota* i *expanse* jeho *menší*, tak že expanzí tou zruší se pouze jí rovná část tlaku vzduchu vnějšího; pročež zbývající částí tlaku toho rtuť do trubice vystoupí. Výška sloupce

rtuťového do trubice stoupajícího měří se od povrchu rtuti v nádobě r a bude tím větší, čím výše trubice se vytahuje a vzduch v ní uzavřený se zředuje. Hydrostatickým tlakem sloupce toho a tlakem vzduchu uzavřeného udržuje se v rovnováze tlak vzduchu vnějšího. Je-li q hydrostatický tlak sloupce, p^1 tlak vzduchu uzavřeného a P tlak vzduchu vnějšího, bude $q + p^1 = P$, tudíž $p^1 = P - q$. Bude-li pak objem uzavřeného vzduchu 2., 3., 4.,... nkrát větší, bude, vložíme-li dotýčné hodnoty hydrostatického tlaku sloupce q do rovnice $p^1 = P - q$, obnáseti p^1 pouze $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots, \frac{1}{n}$ tlaku původního. Poněvadž tlak p^1 jest tak veliký jako část tlaku vzduchu vnějšího, která na vzduch uzavřený tlačí, bude tudíž, když objem vzduchu uzavřeného jest 2., 3., 4.,... nkrát větší, tlak vzduchu vnějšího pouze $\frac{1}{2}P, \frac{1}{3}P, \frac{1}{4}P, \dots, \frac{1}{n}P$. Značí-li pak P, p tlaky na vzduch uzavřený v objemech V, v , bude patrně $P:p = v:V$, z čehož i srovnalosti II., III. a IV., v předcházejícím odstavci (a) vylknuté, odvoditi možno.

Arago a DuRong stlačili zvláštním přístrojem vzduch až na $\frac{1}{27}$ objemu původního a shledali, že zákon Mariottův při zhustování vzduchu zcela se potvrzuje. Taktéž osvědčena pravost zákona toho při zředování vzduchu až k objemu 127krát většímu, než byl objem původní.

Zákon Mariottův platí u všech plynů až ku jistým mezím, jež řídí se povahou plynů a teplotou jejich; za mezemi těmi noubývá objemu tou měrou, kterou přibývá tlaku (což dokázali zkouškami *Natterer* a *Redtenbacher*). Někteří plyny tlakem kapalné a pro takové byly sestaveny vzhledem ku zákonu Mariottovu zvláštní tabulky.

174. Manometry. Ku měření větších tlaků než jest tlak vzduchu užívá se *manometrův*. Nejčastěji naskytuje se potřeba, ustanoviti tlak páry vodní, v párním kotli se vyvinující, odkudž manometry i *pároměry* slovou.

Nejjednodušší manometry mají tvar tlakoměrů dvouramenných (170). Do otevřeného ramene vniká pára, v rameni uzavřeném jest pak nade rtuť vzduch. Je-li tlak páry rovný tlaku uzavřeného vzduchu, bude státi rtuť v obou ramenech v též výšce, bude-li pak tlak páry 2., 3., 4.,... nkrát větší než tlak uzavřeného vzduchu, bude dle zákona Mariottova objem vzduchu 2., 3., 4.,... nkrát menší a rtuť vzstoupá v rameni uzavřeném. Na stupnici možno pak objem vzduchu určití a z toho velikost tlaku páry vypočísti.

Ne-li nade rtuť v uzavřeném rameni žádného vzduchu, měří se tlak páry přímo výškou rtuťového sloupce v uzavřeném rameni vystupujícího. Takovými manometry možno ovšem jen menší tlaky měřiti.

Jsou-li obě ramena otevřena, tlačí na rtuť v kratším rameni pára, v delším vzduch vnější; tlak páry rovná se pak tlaku vzduchu a tlaku rtuťového sloupce, vystupujícího v delším rameni nad povrch rtuti v druhém rameni. Přibude-li tlaku páry o tolik, co obnáší tlak vzduchu,

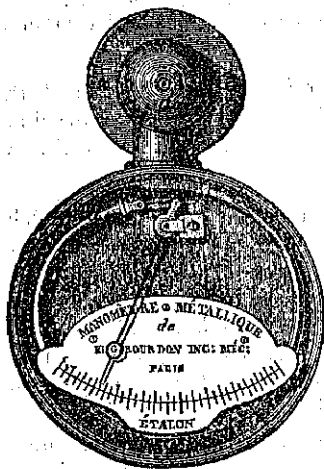
t. j. jedna atmosféra, vystoupí rtuť vždy asi o 28" výše, proto musí býti trubice značně dlouhá. Z té příčiny užívá se těchto manometrů pouze při párných strojích s tlakem nejvýše pěti atmosfér.

Pro tlak větší bývají trubice z kovaného železa zhotoveny a výška sloupce rtuťového ustanovuje se pomocí závažíčka na rtuťi plovoucího tak jako u tlakoměru s kruhem (obr. 159.).

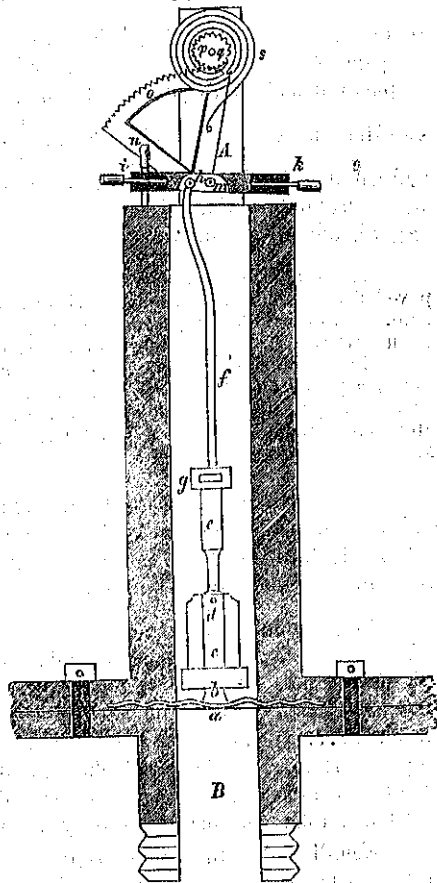
Manometr s trubicí na obou koncích otevřenou jest výhodný zvláště proto, že působí při párném kotli co *zátkopka pojišťovací*. Dosáhne-li totiž tlak páry nejvyššího stupně, tak že dalšího zvýšení tlaku kotel by snést nemohl, vyhodí rtuť ze trubice a pára uniká pak trubicí do vzduchu.

V době novější užívá se manometru *Bourdonova* (obr. 164.), který se podobá aneroidu Bourdonovu. Dutá trubice plechová *bed* ústí otevřeným koncem *b* do širší trubice *a*, která s párným kotlem neb plynem jest spojena. Druhý uzavřený konec *d* působí v kratší rameno páky, jejíž delší rameno co ručička na stupnici velikost tlaku vyznačuje. Čím větší tlak páry, tím více se

Obr. 164.



Obr. 165.



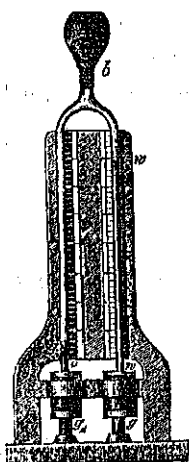
trubice rozevřívá a tím dále posouvá se ručička od levé strany ku pravé.

Zhusta užívá se *perového manometru Schöffnerova a Budenbergova* (obr. 165.). Trubice *B* jest s párným kotlem spojena a pružnou, vlnitě

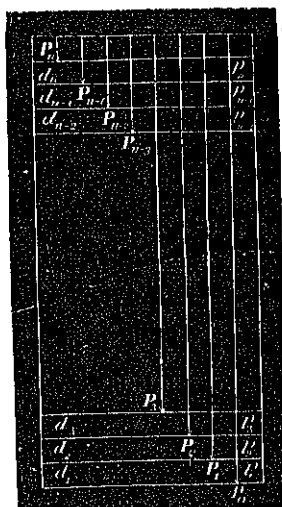
zprohybanou deskou kovovou neb kaučukovou a uzavřena. Na desku přiléhá pákové přístroj dgf , v bodu h na plátek ik připevněné. S plátkem tím, který okolo osy m se otáčí, spojen jest ozubený oblouk o , který sáhá zuby svými do zubův kolečka p , na jehož ose q jest nasazena ručička, která na stupnici velikost tlaku ukazuje.

V zákonu Mariottově zakládá se *Hammrův* návod k určování hustoty kapalin. Stlačíme-li kaučukový měchýř b (obr. 166.), vypudí se část vzduchu z obou ramen spojitě nádoby bow a tlakem vzduchu vnějšího vystoupí z nádob g a g_1 sloupce kapaliny do trubic. Výšky kapalin budou pak v převráceném poměru měrných vah aneb hustota jejich, tak že značí-li V, v výšky, S, s měrné váhy a H, h hustoty kapalin, bude $V : v :: S : s = h : H$. Na místě měchýře b bývá někdy nahore trubice s kohoutkem, který se uzavírá, když část vzduchu z bow vyssána neb jinak vyčerpána byla.

Obr. 166.



Obr. 167.



175. Ubývání hustoty vzduchu do výšky. Mysleme si sloupec vzduchu (obr. 167.), sahající od povrchu zemského až ku pokraji ovzduší a rozdělený ve vrstvy *vodorovné a stejně vysoké*, ale výšky tak malé, abychom mohli hustotu vzduchu v celé vrstvě pokládati za *jednotejnou*. Taktéž můžeme si mysliti, že $d_1, d_2, d_3 \dots d_{n-2}, d_{n-1}, d_n$ jsou hustoty, $p_1, p_2, p_3 \dots p_{n-2}, p_{n-1}, p_n$ prosté váhy vrstev: 1., 2., 3., ... $n-2$, $n-1$, *nté*, konečně $P_1, P_2, P_3 \dots P_{n-2}, P_{n-1}, P_n$ tlak sloupce vzduchu spočívajícího na vrstvě 1., 2., 3., ... $n-2$, $n-1$, *nté*.

Nehledíme-li k tomu, že teplota a vzdálenost jednotlivých vrstev od země jest rozličná, bude dle zákona Mariottova $P_1 : P_n = d_1 : d_n$. Poněvadž pak hustoty mají se při stejném objemu k sobě jako váhy,

bude $d_1 : d_n = p_1 : p_n$ a tudíž také $P_1 : P_n = p_1 : p_n$ aneb $P_1 : p_1 = P_n : p_n$, z čehož vyplývá $P_1 + p_1 : P_1 = P_n + p_n : P_n$. Jak z obrazce patrné, jest $P_1 + p_1 = P_0$ a $P_n + p_n = P_{n-1}$, pročež $P_0 : P_1 = P_{n-1} : P_n$ a tudíž $P_n = \frac{P_1}{P_0} \cdot P_{n-1}$. Poněvadž jest $P_0 > P_1$, bude $\frac{P_1}{P_0}$ pravý zlomek a tudíž $\frac{P_1}{P_0} = \frac{1}{k}$, což když vložíme do předcházející rovnice, bude $P_n = \frac{P_{n-1}}{k}$.

Staví-li se v té rovnici postupně $n = 1, 2, 3 \dots$ bude $P_1 = \frac{P_0}{k}$; $P_2 = \frac{P_1}{k} = \frac{P_0}{k^2}$; $P_3 = \frac{P_2}{k} = \frac{P_0}{k^3} \dots P_n = \frac{P_0}{k^n}$.

Poněvadž jest k celé číslo, patrné, že tlaku č. *expansé* a tudíž i hustoty vzduchu ubývá do výšky v řadě geometrické, když přibývá výšky v řadě aritmetické.

176. Barometrické měření výšky. Značí-li B_0 sloupec tlakoměrný na úpatí a B_n na vrcholi hory, jejíž výška $= V$, bude dle zákona předcházejícího $B_n = \frac{B_0}{k^n}$, pročež $k^n = \frac{B_0}{B_n}$ aneb $n \log k = \log B_0 - \log B_n$. Znásobíme-li rovnici tuto *u* kráté, bude $n \cdot v \cdot \log k = v (\log B_0 - \log B_n)$ (1)

Je-li výška sloupce vzduchu V od úpatí až ku vrcholi hory rozdělena v n vodorovných vrstev, jejichž výška v tak jest malá, že možno hustotu vzduchu v celé vrstvě pokládati za jednotejnou, bude patrné $n \cdot v = V$, pročež $V \cdot \log k = v (\log B_0 - \log B_n)$, tudíž $V = \frac{v}{\log k} (\log B_0 - \log B_n) = A (\log B_0 - \log B_n)$ (2)

Z toho vyplývá $A = \frac{v}{\log k} = \frac{V}{\log B_0 - \log B_n}$. Změříme-li trigonometricky zevrubně výšku V nějaké hory a pozorujeme-li sloupec tlakoměrný B_0 na úpatí a sloupec B_n na vrcholi jejím, tož vypočteme pak *barometrický koeficient* A jednou pro vždy, a je-li ten znám, bude možno z rovnice 2. výšku hory snadně vypočísti.

Koeficient $A = 57942$ víd. stop aneb $= 18382$ metrův.

Při měření výšky nutno hleděti též ku teplotě vzduchu v rozličných vrstvách a ku zeměpisné šířce místa, neboť jest váha rtuťi v rozličných místech rozličná.

Je-li T teplota na úpatí a t teplota na vrcholi hory na teploměrech Reaumurových *současně* pozorovaná, je-li φ zeměpisná šířka místa a jsou-li B_0 a B_n sloupce tlakoměrné, na délku, kterou by měly při teplotě 0° převedené a *současně* na úpatí a vrcholi pozorované, tož jest pak dle *Gausse* výška hory v metrech určená

$$V = 18382m(1 + 0.0026 \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{1}{399} [T + t] \right) (\log B_0 - \log B_n).$$

Nepřesahuje-li výška 1000 metrův, může se vypočísti v metrech dle rovnice

$$\text{Babinetovy: } V = 16000m \left(\frac{B_0 - B_n}{B_0 + B_n} \right) \left[1 + \frac{2(T + t)}{1000} \right].$$

Přenášení, zavěšování a současně pozorování tlakoměru na úpatí a vrcholi hory. — Měření výšky pomocí *jediného* tlakoměru. — Doba ku pozorováním tlakoměru přiměřená. — Výška nad hladinou mořskou. — Přehledná tabulky ku snadnému vypočítávání výšky.

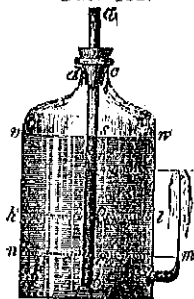
177. Stroje, přístroje a náčiní, mající původ v tlaku vzduchu, jsou velmi rozmanité a k rozličným účelům potřebné.

a) Použijeme-li ku pokusu Torricellovu (obr. 153.) trubice kratší, ku př. pouze 25" dlouhé, zůstane rtuť zcela naplněna, taktéž bude zcela naplněna vodou, má-li délku menší než 32". Vnikne-li nad sloupec rtuť neb vody něco vzduchu, klesá kapalina tak hluboko, až hydrostatický tlak sloupce kapaliny a expanse vzduchu ve trubici uzavřeného a zředěného rovná se tlaku vzduchu vnějšího.

V tom zakládají se plynojemy, jež na mostek pneumatické vany stavíme a vodou neb jinou kapalinou naplňujeme. — Pipetta. — Láhev vymývací. — Pravidelný přítok oleje ku knotům. — Čarovný kalamář. — Zdroj občasný. —

Rovnoměrný výtok kapaliny z láhve převrácené. — Kouzelná nálevka, konvice, láhev atd. — Čarovné síto. — Plynojem Pepyho. — Plynojemy v plynárnách.

Obr. 168.



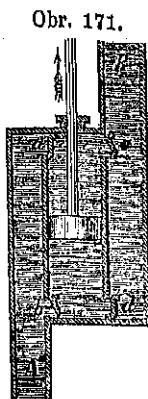
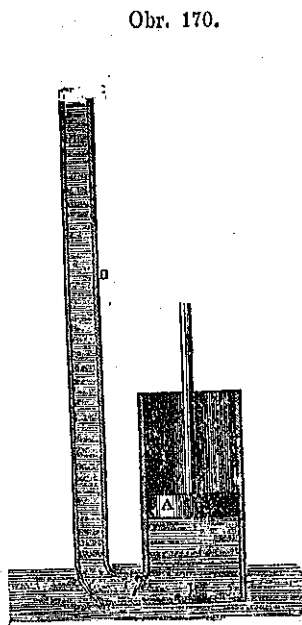
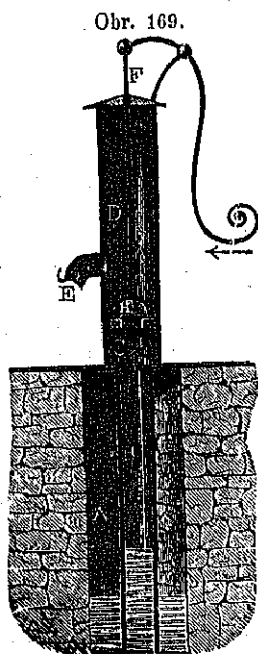
V láhvi *Mariottově* jest trubice *ab* (obr. 168.) otvorem zátky *neprodyšně* prostrčena, a může se nahoru i dolů posouvat. Je-li otvor trubice *b* níže, než postranný otvor *m* a je-li tento otvor *m* uzavřen, bude státi kapalina ve trubici i v láhvi stejně vysoko. Otevřeme-li otvor *m*, vytéká jím kapalina z láhve a klesá ve trubici rychle až k *mn*, načež výtok z otvoru *m* přestane. V láhvi klesá voda nepatrně a jen potud, až expanse vzduchu v *dvou* uzavřeného poněkud zředěného a hydrostatický tlak kapaliny nad vrstvou *mn* rovnají se tlaku vzduchu vnějšího otvorem *m* a trubici *ab* působícího. Vytáhneme-li trubici, aby dolejší otvor její byl u *o*, počne kapalina otvorem *m* opět vytékati, vytéká *rychlostí rovnoměrnou* tak dlouho, až klesne v láhvi ku *kl*. Od toho okamžiku ubývá pak rychlostí

tak dlouho, až klesne kapalina ku dolejšímu pokraji otvoru *m*, načež vytékati přestane. Že jest rychlost výtoku rovnoměrná, vysvětlujeme si tím, že hydrostatický tlak kapaliny nad vrstvou *kl* a expanse vzduchu nad kapalinou uzavřeného a zředěného rovnají se tlaku vzduchu vnějšího, trubici *ab* na kapalinu působícího. Z otvoru *m* vytéká tudíž voda pouze tlakem sloupce *kmkl*, jehož výška zůstává stejná, pokud neklesne kapalina pod otvor trubice v *o*. Výtokem ubývá sice kapaliny nad *kl*, trubici vnikají však do prostoru nad kapalinou bubliny vzduchové, tak že ustavičně jest tlak vzduchu vnějšího v rovnováze s tlakem kapaliny nad *kl* (které ubývá) a expanse vzduchu nad kapalinou uzavřeného (kterého přibývá). Láhve *Mariottovy* možno užití vhodné ku zkouškám hydrodynamickým.

b) Postavíme-li skleněnou trubici, ve které píst, neprodyšně ku stěnám přiléhající, až ku dolejšímu konci byl stlačen, do rtuť a vytáhneme-li píst vzhůru, tu vniká tlakem vzduchu vnějšího rtuť do prostoru vzduchoprázdného pod pístem a vystoupí ve trubici do též výšky, kterou má právě sloupec tlakoměrný. Zůstává-li však něco vzduchu ve trubici, *zředuje se* vytážením pístu vzduch pod pístem a expanse jeho *ubývá*, proto vystupuje tlakem vzduchu vnějšího opět rtuť do trubice, ale jen tak dlouho, až hydrostatický tlak sloupce rtuťového a expanse

vzduchu ve trubici zředěného rovnají se tlaku vzduchu vnějšího. Týmž výjev budeme pozorovati, dáme-li trubici do jiné kapaliny, budeť pouze výška sloupce do trubice vystupujícího rozličná. Vzduch ve trubici můžeme i jinak zřediti, tlak vzduchu vnějšího bude pak jeviti se vždy týmž způsobem.

V tom zakládá se stříkačka ruční, pumpa na zdviž (obr. 169.), pumpa na tlak (obr. 170.), pumpa dvoučinná (obr. 171.), násoska rovná (obr. 172.), baňky lékařské (Schröpfköpfe).



Obr. 172.



c) Naplníme-li ohnutou trubici *bsa* (obr. 172.) vodou a obrátíme-li ji tak, aby otvor *a* delšího ramene *hlouběji* se octnul, než druhý otvor *b*, tu vytéká voda *pouze z ramene delšího*. Dáme-li kratší rameno do vody, bude tato v něm vystupovati a vytéká z nádoby s ostatní vodou otvorem *b* bez přestávky tak dlouho, až klesne v nádobě pod otvor *b*.

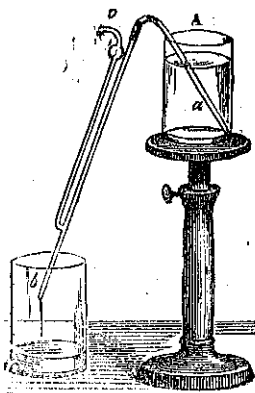
Tlak vzduchu vnějšího, působící na povrch vody v nádobě, rozšiřuje se vodou až k otvoru *b* a tlačí na sloupec vody v rameni *bs*, na sloupec *as* tlačí taktéž vzduch vnější a poněvadž jsou otvory *a* a *b* téměř ve stejné výšce, bude tlak vzduchu s obou stran stejný. Od tlaku vzduchu, působícího v *b*, musíme pak odečísti hydrostatický tlak sloupce, jehož výška jest vzdálenost nejvyšší části trubice od povrchu vody v nádobě, od tlaku vzduchu působícího v *a* musí pak se odečísti hydrostatický tlak sloupce, jehož výška jest vzdálenost nejvyšší části trubice od otvoru *a*. Zbývající část tlaku vzduchu

jest tudíž v rameni *bs* větší, proto bude voda otvorem *a* vytékati a vytékajíc zanechává za sebou práznotu, kterou vyplňuje hned voda ramenem *bs* z nádoby přítékající. Ramena mohou býti stejně dlouhá aneb může býti i delší rameno do vody ponořeno; voda bude vytékati tak dlouho, pokud jest otvor, jímž vytéká, pod povrchem vody v nádobě. Poněvadž se trubice naplňuje kapalinou tím způsobem, že jedno rameno její do kapaliny se ponoří a otvorem ramene druhého vzduch se vyssává, slove trubice taková *násoskou ohnutou*. — Vyssáváním vzduchu vniká i kapalina do úst, což bylo by nebezpečno při kyselínách, žravinách a jedovatých kapalinách. Ku převádění kapalin takových z jedné nádoby po druhé slouží pak násoska rovná s ohnutou spojená (obr. 174.). — Pohár Tantalův. — Stoupání a padání vody v jezeře Cirknickém. — Prameny občasně. — Násosky na obou koncích uzavřené nhlím, jímž kapaliny se procezují. — Násoska ohnutá byla známa již *Heronovi* (210 př. Kr.).

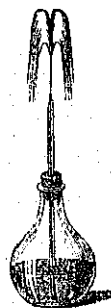
Obr. 173.



Obr. 174.



Obr. 175.



d) Má-li vzdušina v nějakém prostoru *větší expanzi* než vzduch vnější, od něhož jest kapalinou oddělena, bude vzdušina kapalinu vypuzovati tak dlouho, až budou expanse v rovnováze.

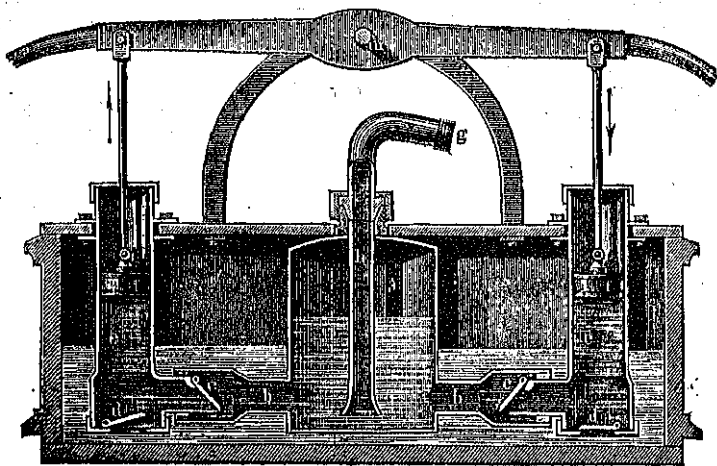
V tom zakládá se *Heronova báh* (obr. 176.), *Heronovo zřídlo* a *stříkačka* vozní (obr. 176.).

178. Vývěva. Přístroje, sloužící ke zředování neb zhustování vzduchu v jistém uzavřeném prostoru slovou *vývěvy* (Luftpumpen).

a) *Vývěva Guerickeova*. První vývěva, kterou *Otto z Guericke* r. 1650 sestrojil a která posud v Berlínské knihovně se chová, záležela v dutém válci mosazném, tak zvané *botě* (obr. 177.), v níž se pohyboval táhlem *píst* ku stěnám neprodyšně přiléhající. Bota měla dole kohoutek *k*, jímž otevíral i zavíral se otvor, opatřený na konci šroubovou maticí, do níž přišroubovala se nádoba, ve které vzduch měl býti zředěn. Jiný postranný otvor boty byl čípkem uzavřen.

Je-li kohoutek otevřen a postranný otvor čípkem uzavřen a vytáhneme-li píst, rozšíří se vzduch dříve pouze v nádobě obsažený, nyní i v botě, čímž se zředí. Otočíme-li kohoutek tak, aby vzduch nemohl z boty do nádoby napřát uniknouti, a vytáhneme-li čípek, unikne vzduch, když píst až na dno boty stlačíme, postranným otvorem do vzduchu vnějšího, načež čípkem postranný

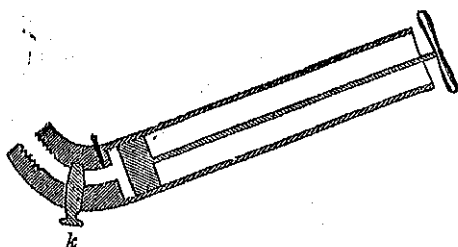
Obr. 176.



otvor se uzavře, kohoutek do první polohy otočí a vše jako dříve znovu opakuje.

První tato vývěva byla velmi nedokonalá, tak že již vynálezce její Guericke uznal za potřebné ji poněkud opravit. Od roku 1660 doznala vývěva od mnohých učenců oprav vcelodůležitých a byla v mnohém ohledu zdokonalena.

Obr. 177.

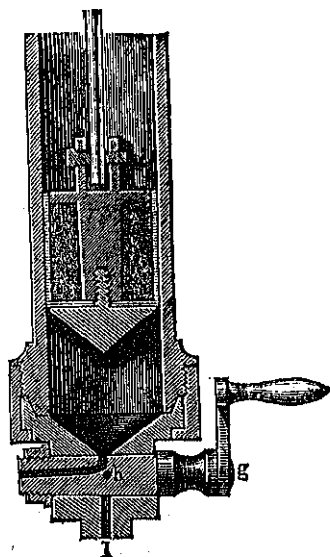


b) *Kohoutek Senguerdův.* Obtížné vytahování a zastrkování čípku stalo se zbytečným, když opatřil Senguerd (1685) botu kohoutkem provrtaným jednou příčně naskrz u *h* (obr. 178.) a podruhé příčně jen asi do polou a odtud pak podélně.

Je-li kohoutek v té poloze jako na obr. 178., spojuje se bota podélným průvrtem se vzduchem *vnějším* a vzduch pod pístem *dolů* se pohybuje uniká z boty do vzduchu *vnějšího*. Otočíme-li kohoutek o čtvrtinu, přijde průvrt *h* do polohy kolmé a spojí botu s nádobou, ze které vzduch se čerpá, kdežto otvor druhý přilehne ku stěně trubice, v níž kohoutek se otáčí, tak že *vnějšmu* vzduchu přístupu nedopouští. Kohoutek otáčel se klikou *g* a byl později zvláštním přístrojem spojen s táhlem pístu tak, že při pohybu pístu vždy do polohy *náležitě* se otáčel.

c) *Vývěva o dvou botách se zámyčkami.* Hawksbee opatřil (1709) vývěvu dvěma botami. Táhla pístův jsou zoubkována (obr. 179) a do zubův jejich zasáhají zuby kola, které dvouramennou pákou se otáčí, tak že současně jeden píst se vytahuje a druhý stlačuje, čímž práce se usnadňuje a zrychluje. Na místě kohoutkův zavedl Hawksbee *zámyšky* (ventily), t. j. plátky, kterými otvor na dně boty a otvor v pístu se otevíral a uzavíral. Z obou bot vedou otvory do společné vodorovné trubice, kteráž ústí v desce, čili tak zvaném *talíři R*, od *Papina* (1674) nejprve užívaném. Na talíř staví se skleněná zvonovitá nádoba, která ku ploše talíře těsně přiléhá a z níž se vzduch čerpá.

Obr. 178.



d) *Vývěva se záklopkami čípkovitými* liší se poněkud od vývěvy Hawksbeeovy. Úpravu její (dle *Fortina*) znázorňuje obr. 180. a 181. *AB* jest bota, *K* píst, *CD* talíř, v jehož středu *b* ústí trubice *u* *c* do boty vstupující. Otvor *o* uzavírá se kuželovitým čípkem, přidělaným na bidélku *ac*, které pístem neprodyšně prochází a otvorem ve víku boty poněkud vyniká, majíc zrovna pod víkem čípek *a*.

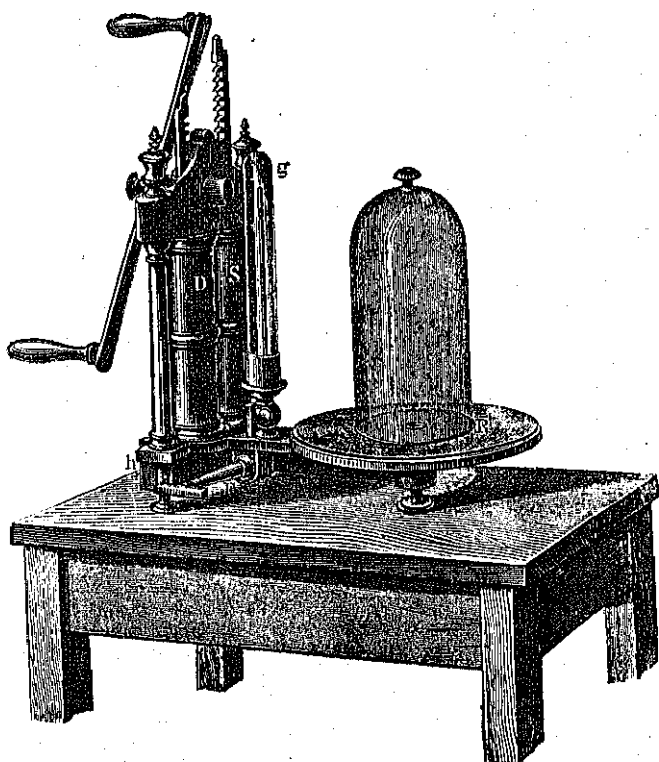
Vytáhno-li se píst vzhůru, zdvihá se s ním též bidélko *ac*, poněvadž však čípek *a* brzy na víko boty narazí, otevře se čípek *o* jen poněkud, což ovšem postačuje, aby vzduch z poklopu do boty vniknul. Tlačí-li se píst dolů, stlačuje se s ním bidélko dolů a čípek *o* uzavře otvor na dně boty, tak že vzduch nemůže nazpět do poklopu se vrátiti. Vzduch pod pístem stlačenou (obr. 181.) a uniká otvorem tím do vzduchu vnějšího. U vývěv dokonalých uzavírá se záklopka *o* dříve ještě než píst dolů se pohne, tak že ani ta nejmenší částka vzduchu zpět navrátiti se nemůže.

e) *Zkouška tlakoměrná.* Aby mohlo pozorovati se, jak vzduch v poklopu byl již zředěn, zavedl Angličan *Cuthbertson* zkoušku tlakoměrnou. S trubicí jdoucí od talíře k botě spojen jest malý příklop, v němž se nalézá skrácený tlakoměr dvouramenný (*g* obr. 179., *d* obr. 180.). V příklopu tom má vzduch tutéž hustotu jako v poklopu na talíři.

S počátku vyplňuje rtuť uzavřené rameno skráceného tlakoměru zcela, po dalším zředění pak v ramené tom padá a v otevřeném stoupá. Čím menší jest pak rozdíl výšky sloupců v obou ramenech, tím více jest vzduch zředěn. Z rozdílu toho možno tlak a tudíž i hustotu vzduchu zředěného u přirovnání k hustotě vzduchu vnějšího snadně vypočítati. — Zkouška *Smeatonova* (1751).

f) *Prostor škodlivý.* V botě každé vývěvy zůstává mezi pístem a kohoutkem neb zámyčkou aneb záklopkou malý prostor, jehož píst, ač byl co možno nejnižše stlačen, vyplniti nemůže. Ve prostoru tom

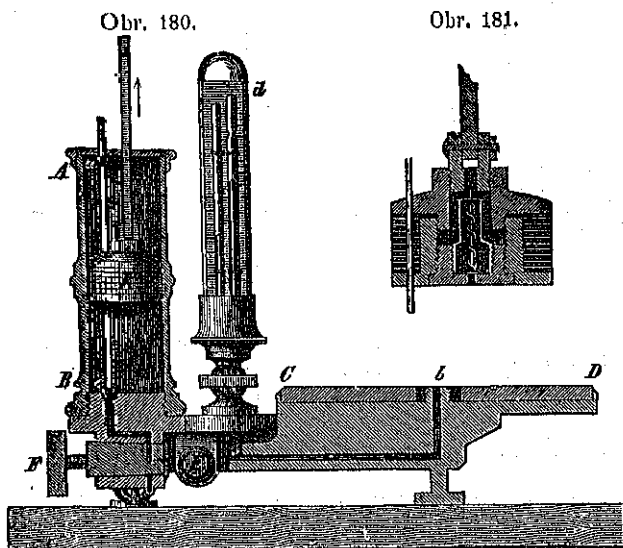
Obr. 179.



zůstává pak část vzduchu, mající hustotu vzduchu vnějšího. Vytáhne-li pak píst vzhůru, vyplní nejprvé tento vzduch celou botu, čímž se ovšem silně zředí. Je-li však hustota jeho potom rovna hustotě vzduchu v poklopu zředěného, nebude vzduch z poklopu do boty vnikati, čímž další zředování jest zamezeno. Prostor ten, jímž zředování vzduchu se omezuje, zove se *prostorem škodlivým* a bývá u vývěv dokonalých z příčin právě vytknutých co možná nejmenší.

Je-li V objem boty a škodlivého prostoru, v objem škodlivého prostoru, bude vzduch, který nejprve škodlivý prostor zaujímal a hustotu H vzduchu vnějšího měl, po rozšíření svém v prostoru škodlivém a v botě mít hustotu $\frac{V}{v}$ -krátě menší. Nejmenší hustota vzduchu v poklopu jest pak $h = \frac{v}{V} \cdot H$

g) *Kohoutek Babinetův*: Ku docílení většího zředění, které meze škodlivým prostorem vytknuté ještě přesahuje, slouží *kohoutek Babinetův*, jež znázorňuje obr. 182.



Má-li kohoutek polohu O (obr. 183), čerpá se jím vzduch z poklopu otvory w z střídavě jednou i druhou botou. Otočí-li pak se o čtvrtinu do polohy B (obr. 184.), tu čerpá pravá bota vzduch z poklopu a levá vzduch ze škodlivého prostoru boty pravé.

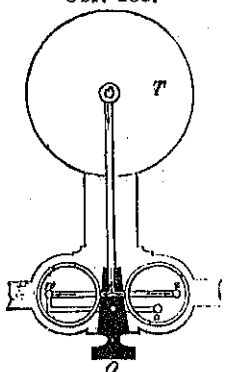
Kohoutkem Babinetovým možno tudíž vzduch, zředěný tak, že hustota jeho $h = \frac{v}{V} \cdot H$, zřediti ještě více, tak že nejmenší hustota jeho bude h_1 . Značí-li opět V_1 objem boty levé i se škodlivým prostorem a v_1 objem škodlivého prostoru, bude, jak výše dovozeno, $h_1 = \frac{v_1}{V_1} \cdot h = \frac{v_1}{V_1} \cdot \frac{v}{V} \cdot H$ a je-li $v = v_1$ a $V = V_1$, bude nejmenší hustota $h_1 = \frac{v}{V^2} \cdot H$. Dá-li se tudíž zřediti vzduch tak, aby $h = \frac{1}{300} \cdot H$, docílíme kohoutkem Babinetovým hustoty $h_1 = \frac{1}{90000} \cdot H$, čehož však ani nejlepší vývěvou se nedosáhne. Ostatně postačuje již zředění na $\frac{1}{600} \cdot H$.

h) *Zředování.* Je-li B objem boty, P objem poklopu a trubice, která také spojuje s botou, H hustota vzduchu vnějšího, a je-li píst na dně boty, bude mít vzduch v P nejprve hustotu H . Vytáhneme-li píst vzhůru, naplní vzduch, který dříve pouze objem P zaujímal, též botu

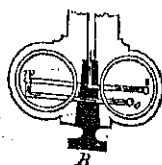
Obr. 182.



Obr. 183.



Obr. 184.



a objem jeho bude pak $P+B$, čímž se vzduch zředí, tak že hustota jeho bude pak h_1 . Po 2., 3... ntém vytážení pístu bude pak hustota $h_2, h_3 \dots h_n$. Jak patrné jest pak $h_1 < H, h_2 < h_1, h_3 < h_2 \dots$

$$\text{Poněvadž } h_1 : H = P : P+B, \text{ bude } h_1 = \frac{P}{P+B} \cdot H,$$

$$\text{taktéž } h_2 : h_1 = P : P+B, \text{ pročez } h_2 = \frac{P}{P+B} \cdot h_1 = \left(\frac{P}{P+B} \right)^2 \cdot H$$

$$h_3 : h_2 = P : P+B, \text{ tudíž } h_3 = \frac{P}{P+B} \cdot h_2 = \left(\frac{P}{P+B} \right)^3 \cdot H.$$

Všude bude tedy $h^n = \left(\frac{P}{P+B} \right)^n \cdot H$, t. j. hustoty vzduchu ubývá čerpáním řadou geometrickou.

i) *Vývěva rtuťová.* Rozšíříme-li tlakoměrnou trubici B (obr. 185.) v bání A , která nahoře opět v trubici vytažena jest a v nádobě b ústí a otočíme-li kohoutek R a r do polohy II., rozšíří se vzduch v nádobě b obsažený též do Toricellova prázna v A , čímž se v b zředí. Pak otočíme kohoutek R do polohy III. a zdvihneme láhev F , která jest kaučukovou trubicí K s B spojena a rtuť naplněna, tak vysoko, aby rtuť dle zákona o nádobách spojených do A stoupala a vzduch vytlačovala. Otočíme-li pak kohoutek r do polohy I., unikne vzduch z A krátkou, rtuť uzavřenou trubicí do vzduchu vnějšího. Potom otočíme kohoutky R a r do polohy III. a položíme láhev F , aby rtuť, která bání A vyplnila, opět do B klesla, čímž vzniká v A prostor vzduchoprázdný, který po otočení kohoutku R do polohy II. vzduchem z b unikajícím znova se naplňuje, načež vše jako dříve se opakuje a vzduch v b postupně vždy více a více se zředuje.

Nádoba *b* jest spojena trubicí s nádobou *G* a trubicí *3* možno spojití taktéž s nádobou, z níž pak můžeme vzduch aneb jakýkoli plyn převáděti do nádoby *b*, z níž byl vzduch vyčerpán. Plyny, které trubicí *3* do *b* se převádějí, musí projítí nádobou *G*, ve kteréž jest kyselina sirková, která vodu lakotně pohlcuje a plyny vysušuje dřívě, než do *b* vniknou. V nádobě *G* usítí též trubice skráceného tlakoměru, aby bylo možno měřiti tlak a tudíž i zředění vzduchu v *b* a *G*.

Láhev *F* zdvihá a spouští se u vývěvy rtuťové, od Jollyho sestavené, tkanicí, která klikou se stáčí a roztáčí.

Vývěvami rtuťovými možno zřediti vzduch tak, že tlak jeho jest pouze 0.1 millimetrů. Aby tento tak nepatrný tlak mohl se ve skráceném tlakoměru pozorovati, bývá v něm na místě rtuťi sirková kyselina. Rtuťovou vývěvou zředuje se vzduch tak velice, že ani elektrického světla nevodí.

Prvé vývěvy rtuťové byly nedokonalé, proto užívalo se jich velmi zřídka. Roku 1858 sestrojil však Geissler rtuťovou vývěvu dokonalou tak, že účinkem všecy až potud známé vývěvy převyšuje.

j) Pokusy, konané vývěvou.

α) Ve prostoru, v němž byl vzduch zředěn, jeví se rozpínavost vzduchu zcela patrně.

Nadýmání se měchýře, sovrklých navlhčených jablek a švestek. Unikání bublin vzduchových z pór těl pevných i kapalných, kyseliny ublížitě z piva atd.

β) Čím více zředíme vzduch pod poklopem uzavřený, tím patrněji jevíti se bude tlak vzduchu vnějšího na poklop.

Poklop přiléhá pevně ku talíři. — Děvinské polokoule. — Blána měchýřová trhá se, deska skleněná rozdrcuje se tlakem vnějšího vzduchu, byl-li pod ní vzduch zředěn. — Rtuť protlačuje se porami dřeva. — Báh Heronova pod poklopem vývěvy. — Padání rtuťi ve skráceném tlakoměru vývěvy jest důkazem, že sloupec rtuťi ve tlakoměru pouze účinkem tlaku vzduchu stoupá a padá.

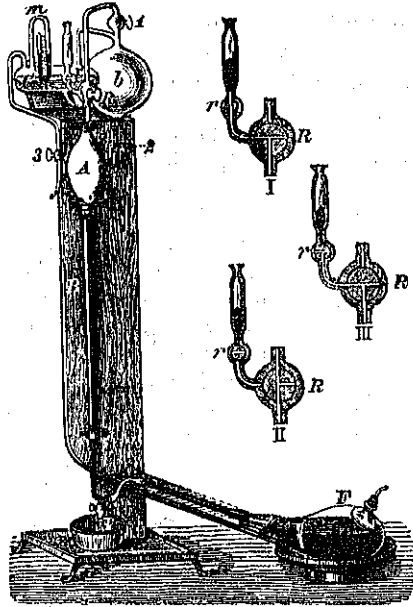
γ) Vývěvou možno přesvědčiti se, že vzduchu k dýchání, hoření a rozvádění zvuku potřebí.

Živočichové hynou pod poklopem, když vzduch byl silně zředěn, světlo zhasíná a zvuku není slyšeti.

δ) Ve prostoru, v němž vzduch byl silně zředěn, padají všechna těla stejně rychle dolů, což důkazem, že jsou stejně těžká.

ε) Ubývá-li tlaku vzduchu na povrch kapaliny, vaří se kapalina menší teplotou.

Obr. 185.



Ether vaří se pod poklopem vývěvy, jak mile byl vzduch jen poněkud zředěn, a vypařuje se tak rychle, že mrzne voda v místičce kovové, do étheru postavené, poněvadž vypařující se ether teplo jí odnímá.

Vývěvy užívá se v cukrovarech, lučobnách, papírnách atd. též ku rychlejšímu napouštění těl barvivem, ku navlhčování papíru ve větších knihtiskárnách, k rychlému vysušování tkanin atd. Železnice atmosférická a pošta pneumatická.

k) *Vývěva zhušťovací* liší se od vývěvy zředovací pouze tím, že při vytahování pístu otevírá se záklopka v pístu a bota vzduchem se naplňuje; při stlačování pístu otevírá se pak záklopka na dně boty,

Obr. 186.



aby do poklopu, který musí býti silný a na talíři připevněný, vzduch se vtlačil a tím se zhuštil. Vývěvy s kohoutkem *Senguerdovým* možno použití též ke zhušťování vzduchu, má-li kohoutek nejprve polohu takovou, aby vzduch vnější při vytahování pístu botu naplnil, pak se otočí kohoutek do polohy druhé a vzduch tlačí se z boty do poklopu aneb jiné nádoby, ve které se zhušťuje. Zhuštění vzduchu naznačuje se manometrem, který na místě skráceného tlakoměru stává.

Nejčastěji zhušťuje se však vzduch vývěvou jednoduchou, již znázorňuje obr. 186. Jst to trubice (bota), která má na dně záklopku *o* a nahore po straně otvor *r*, jímž vzduch do vnitř vniká, když byl píst až nahoru vytažen. Stlačí-li se píst dolů, zhušťuje se pod ním vzduch, otevírá záklopku *o* a vniká do nádoby, která byla ke trubici dole u *ss* přišroubována.

Vývěva zhušťovací má tak jako vývěva zředovací prostor škodlivý, jímž zhušťování vzduchu jest omezeno. Stlačí-li se vzduch, který botu naplnil, pístem do škodlivého prostoru a je-li v něm hustota pak tatáž jako hustota vzduchu v nádobě pod záklopkou *o*, tu neotevře se již více záklopka a zhušťování přestává. Je-li *V* objem boty i se škodlivým prostorem a *v* objem škodlivého prostoru, bude

možno vzduch zhuštití jen potud, aby hustota jeho byla $\frac{V}{v}$ -krát větší než hustota vzduchu vnějšího.

Zhušťování postupuje řadou arithmetickou. Je-li *B* objem boty, ve které má vzduch hustotu *h*, a *N* objem nádoby, ve které bude hustota vzduchu h_1 , bude $h:h_1=N:N+B$. Po druhém stlačení pístu bude $h:h_2=N:N+2B$ a vůbec $h:h_n=N:N+nB$.

Větrovka (Lobsinger 1560). — Používání vývěvy zhušťovací ku zhuštění vzduchu v *báni Heronově* a při *zvonu potápěčím*. — Lážně ve zhuštěném vzduchu. — Zhušťování jiných plynů touto vývěvou.

179. Prostá i měrná váha a hustota vzdušiu. a) Vyčerpáme-li vývěvou vzduch z *báně* (obr. 187.), jejíž objem nejméně 300 *k* obnáší a zvážíme-li *báň*, tu shledáme, že jest lehčí než

když byla vzduchem aneb jiným plynem naplněna. Patrně tudíž, že mají vzdušiny jistou váhu, kterou možno snadně vypočísti. b) Je-li objem báně a tudíž i objem vzdušiny v ní obsažené znám, možno určití též měrnou váhu té vzdušiny. Zvážíme-li vodu, která do báně se vejde, můžeme z váhy vody též objem její a tudíž i objem báně snadně vypočísti. Je-li pak p váha vzdušiny a v objem její, bude (dle odst. 19. rovn. 7.)

$$\text{měrná váha } s = \frac{p}{v}.$$

Poněvadž není možno vývěvou všecken vzduch z báně vyčerpati, musíme při stanovení váhy plynu hleďti též na vzduch, který v bání zůstal. Měrná váha vzduchu určuje se pak takto: Váží-li bání čistým suchým vzduchem naplněná Q a vzduch v ní obsažený sám P , když jest expanse jeho b , — je-li pak q váha báně se vzduchem v ní pozůstalým a zředěným tak, že expanse jeho jest b_1 , bude váha vzduchu z báně vyčerpáného $p = Q - q$ a expanse jeho $b - b_1$. Poněvadž pak $P : p = b : (b - b_1)$ bude $P = \frac{b}{b - b_1} \cdot p = \frac{b}{b - b_1} (Q - q)$. Je-li V objem báně a S měrná váha vzduchu, bude $S = P : V = \frac{b}{b - b_1} (Q - q) : V$.

Tímto způsobem bylo sledáno, že 1^{ku} vzduchu, jehož teplota jest 0° a jehož tlak jest 760 millimetrův, váží 0.326 granů, tudíž 770krát méně než 1^{ku} vody. Má-li vzduch 100°C teploty, jeví se 1052krát lehčí, než voda při teplotě 0°C.

c) Při stanovení hustoty plynův běře se hustota vzduchu za jedničku hustot. Je-li tudíž p váha vzduchu a P váha plynu v též bání obsaženého, bude hustota plynu $h = \frac{P}{p}$ (dle odst. 18. rovn. 5.).

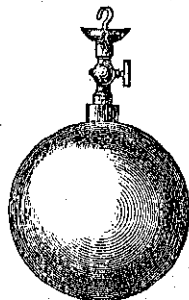
Je-li, jak výše vytknuto, váha vzduchu $p = Q - q$, jest váha plynu za stejných okolností $P = Q' - q'$ a tudíž hustota jeho $h = \frac{Q' - q'}{Q - q}$. Při stejné expansi a teplotě byla sledána hustota kyslíku 1.1056, dusíku 0.969, vodíku 0.0692, kyseliny uhličitě 1.529 atd.

Vypočtená hustota a váha měrná musí převáděti se na onu hustotu a měrnou váhu, kterou by měl plyn při normalné teplotě 0° a normalné expansi 760^{mm}, o čemž pojednáno v nauce o teple na příslušném místě.

180. Plování ve vzduchu. a) Vzduch jakož i každý jiný plyn jest těžkou tekutinou, proto pozbývá tělo dle zákona Archimédova (str. 146.) ve vzduchu i v každém plynu tolik váhy, kolik váží vzdušina tělem tím vytlačena. Čím větší jest objem těla, tím lehčí bude tělo to ve vzduchu.

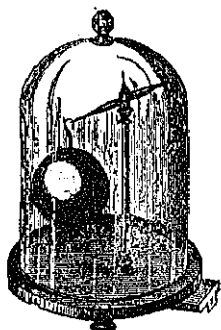
Zavěsíme-li na jedno rameno citlivého vahadla uzavřenou a dutou tenkostěnnou kuli skleněnou (obr. 188.) a na druhé rameno závaží zlaté neb platinové, bude objem závaží značně menší, než objem kule, když jest kule se závažím v rovnováze.

Obr. 187.



Dáme-li vahadlo pod poklop vývěvy a zhustíme-li vzduch ve poklopu, pozbývá kule více váhy než závaží, proto bude kule vystupovati výše; zřídíme-li vzduch, bude, jak patrně, kule klesati níže, majíc převahu nad závažím. Přístroj ten zove se *dasymeter* aneb *baroskop*.

Obr. 188.



b) Váha těla ve vzduchu bude jen tenkrát pravá, když objem jeho a objem závaží jsou stejny. Čím větší jest rozdíl objemův těchto a čím větší hustota a tudíž také měrná váha vzduchu, tím větší bude též rozdíl váhy pravé a váhy ve vzduchu závažím ustanovené.

Je-li V objem a P pravá váha těla, v objem a p pravá váha závaží, tož pozbývá tělo ve vzduchu, jehož měrná váha jest s , váhy Vs a závaží pozbývá váhy vs . Je-li pak $P - Vs = p - vs$, bude $P = p + (V - v)s$. Běrem-li $P = p$, bude $(V - v)s$ chybou, která povstává vážením ve vzduchu.

c) Je-li V objem, S měrná váha těla a s měrná váha vzduchu, bude tělo padati ve vzduchu vahou $Q = VS - Vs = V(S - s)$; je-li pak $S = s$ bude $S - s = 0$ a tudíž také $Q = 0$, t. j. tělo bude ve vzduchu se vznášeti; je-li konečně $S < s$, bude Q negativné, t. j. tělo bude ve vzduchu do výšky stoupati tak dlouho, až dostihne vrstvy, jejíž měrná váha $s = S$.

V tom zakládají se *balóny*, kteréž, jsouce lehčí než vzduch, ve vzduchu do jisté výšky stoupají. Nejprvé dělali balóny r. 1783 bratři *Montgolfierové*, kteří je naplňovali zahřátým vzduchem (při prvním pokusu vodní parou, která ovšem brzy se srazila). Odtud zovou se balóny *zahřátým vzduchem* naplněné *Montgolfièry*. Prof. *Charles* naplnil balón, jehož stoupání (28. srpna 1783) více než 200.000 lidí na poli Marsové v Paříži obdivovalo, poprvé *vodlkem* (odtud *Charlièry*); Angličan *Green*, který (7. listop. 1836) s dvěma společníky v Londýně s balónem vystoupil a za 19 hodin u Weilburku v Nassavsku (90 mil od Londýna) na zemi sestoupil, naplnil balón ten poprvé *sutiíplynem* (*Greenièry*).

Malé balóny dělají se z kolloidia aneb papíru, velké z tafetu, z něhož kulové prouhy se nastřihají, sešijí a kaučukovým pokostem natrou. — Lodka pro větroplavce na stří zavěšená. — Zámýška pro vypouštění plynu. — Kotva. — Naplňování balónu plynem. — Používání balónův. — Prvou větroplavbu podnikli *Pilâtre de Rosier* a markýz *d'Arlande* (21. října 1783). Balón jejich (obr. 189.) byl 70' vysoký a 46' široký. — *Gay Lussac* vystoupil r. 1804 za účelem vědeckým dvakráte s balónem a sice poprvé s *Biotem*, podruhé sám až do výšky 27.000 stop. Ze zkušeností, jichž nabyl, vyplývá, že ve výšce ubývá teploty i expanse vzduchu, že jest ve vzduchu vyšších vrstev totéž množství kyslíku a dusíku jako ve hlubších, že jest magnetická síla zemská ve vyšších vrstvách tatáž, jako na zemi atd. — Největší balón zvaný „*la géant*“

(obr.) zhotovil Nadar (1863). Balón ten měl 90' průměru a byl naplněn 200.000 krychl. stopami plynu.

Je-li V objem balónu, S měrná váha vzduchu, s měrná váha plynu, kterým jest balón naplněn a Q váha balónu se vším náčiním, jest VS váha vzduchu balónem vytlačěného, Vs váha plynu. Nahoru tlačí balón síla VS , dolů táhne jej síla $Vs+Q$, tudíž stoupá balón vzhůru silou výslednou

$$P = VS - (Vs + Q) = V(S - s) - Q.$$

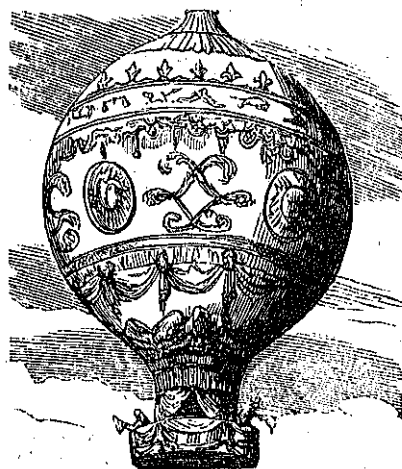
Je-li $VS = Vs + Q$, jest $P = 0$, t. j. balón bude ve vzduchu se vznášeti.

Z rovnice $VS = Vs + Q$ možno objem balónu V vypočísti, bude totiž $V = \frac{Q}{S - s}$

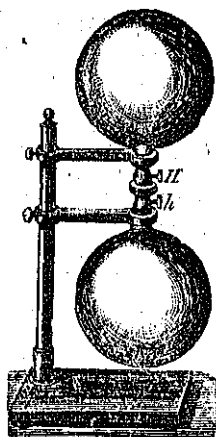
Je-li balón kulovitý a poloměr jeho r , bude $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{Q}{S - s}$, z čehož

$r = \sqrt[3]{\frac{3Q}{4\pi(S - s)}}$. Má-li balón stoupati, musí, jak patrnó, býti V a tudíž i r větší.

Obr. 189.



Obr. 190.



181. Pronikání plynův. a) Spojíme-li dvě bání trubicí tak, aby, když kohoutky H a h (obr. 190.) se otevrou, nádoby ty byly nádobou spojitou, a je-li v hořejší nádobě *vodík* a v dolejší *kyselina uhličitá*, vnikne jeden plyn do druhého a za nějaký čas budou plyny v obou báních *rovnoměrně smíšený*, ač by měl *vodík*, jsa *mnohem řidší*, zůstatí v nádobě hořejší. Úkaz ten, který pozorujeme i na jiných plynech, zoveme *pronikáním* č. *diffusí* plynův.

Plyn rozširuje se tudíž ve prostoru, naplněném jiným plynem, který s plynem druhým chemicky se neslučuje, právě tak, jako by prostor ten byl prázným; ovšem děje se to *volněji*, než kdyby plyn do *prázného* prostoru vnikal, ale tím rychleji, čím větší jest rozdíl hustoty plynův.

Expanse smíšeniny plynův rovná se součtu expansí všech plynův jednotlivých, tak že $E = e_1 + e_2 + e_3 + \dots$ (Dalton 1817).

Sloupec tlakoměrný vyznačuje tudíž tlak kyslíku, dusíku, vodní páry, kyseliny uhličitě a jiných v té době ve vzduchu se nalézajících plynův a par.

b) Jsou-li plyny odděleny od sebe blánou měchýřovou aneb jinou pórovatou stěnou, vniká pórami stěny jeden plyn do druhého tak, že objemy plynův v též době stěnou pronikajících mají se k sobě jako převráceně druhé kořeny z hustot jejich (Graham 1829). Jsou-li V, v objemy a H, h hustoty jest tudíž $V : v = \sqrt{h} : \sqrt{H}$ aneb $V^2 : v^2 = h : H$. Čím jest tedy hustota jednoho z obou plynův menší, tím více ho prochází v též době pórami stěny, která oba plyny od sebe odděluje.

Unikání kyseliny uhličitě ze prostorův, kde dýcháním, hořením a kvašením se tvoří, a vnikání kyslíku do těch prostorů vysvětluje se snadně z difuze plynův. — Prosekávání ledu.

F. Aerodynamika.

182. Výtok vzdušín. Je-li v nádobě uzavřena vzdušina, mající hustotu a tudíž také *expansi* větší než vzduch vnější, bude vytékati otvorem z nádoby do vnějšího vzduchu. Nadbytek *expansie* této vzdušiny lze měřiti manometrem a plyn vytéká do vzduchu vnějšího tak, jako by vytékal do prostoru prázného.

Je-li S výška a H hustota kapaliny v manometru, s výška a h hustota sloupce vytékajícího plynu *rovnoměrně* hustého, jehož vahou udržuje se tlak sloupce kapaliny v manometru v rovnováze, jest $s : S = H : h$, pročež $s = S \frac{H}{h}$.

Rychlost vytékající vzdušiny jest (dle 160.)

$$v = \sqrt{2gs} = \sqrt{2gS \frac{H}{h}}$$

Zůstává-li v vždy stejné a je-li a plocha otvoru, vytéká v každé vteřině množství vzdušiny $m = a.v$ (dle 161.) a je-li k koeficient sevření, jest (dle 163.) skutečné množství vzdušiny za vteřinu vyteklé $m^1 = k.a.v$. Za čas t vytéká tudíž skutečné množství $M = k.a.v.t = k.a.t. \sqrt{2gS \frac{H}{h}}$.

Vytéká-li vzdušina otvorem postranným, bude tlakem zpátečným (dle 146. c.) pohybovati se nádobu ve směru protivném onomu směru, jímž vzdušina vytéká.

Tlakem zpátečným stoupají rakety do výšky, otáčejí se ohnivá kola, couvají děla, z nichž bylo právě vystřeleno atd.

183. Tok vzdušín ve trubiciích. Teče-li vzdušina ve trubici, zmenšuje se rychlost toku přilnavostí vzdušiny ku stěnám trubice. Množství vzdušiny ze trubice vytékající jest v rovném poměru ku tlaku P , který působí na vzdušinu v nádobě, z níž vy-

téká a v *převráceném* poměru ku délce trubice D , tak že množství

$$M = \frac{P}{\sqrt{D}}.$$

Tok v komině. Je-li v výška kominu, b průřez jeho, h_1 hustota vzduchu v komině, h hustota vzduchu vnějšího a s měrná váha vzduchu, má-li hustota $\equiv 1$, bude v komině tlak vzduchu nahoru $T = b \cdot v \cdot h \cdot s$ a tlak vzduchu dolů $T_1 = b \cdot v \cdot h_1 \cdot s$. Tlak, kterým bude kouř v komině stoupat, jest pak

$$t = T - T_1 = b \cdot v \cdot (h - h_1) \cdot s,$$

z čehož patrné, že bude tlak tím větší, čím větší jest v , t. j. výška kominu a čím větší jest rozdíl hustoty h a h_1 . Je-li průřez kominu b větší, než potřebí, proudí současně kominem studený vzduch dolů, čímž teplý vzduch v komině se ochlazuje a kouř dolů se sráží. Proto nesmí se průřez kominu dělati větší, než nevyhnutelně potřebí.

184. Ráz vzdušin. Rázu proudu vzdušiny na nějakou plochu přibývá tou měrou, kterou přibývá velikosti plochy, hustoty vzdušiny a čtverce rychlosti (dle 164.)

Proud větru rozkládá se ve složky způsobem v odstavci 81. vytknutým.

Je-li vzdušina v klidu a pohybuje-li se plocha proti ní, bude výsledek týž, jako když plocha jest v klidu a vzdušina proudem na ni naráží.

Mlýny větrné. — Lodi plachtové. — Papirový drak. — Korouhvičky větrné. — Větroměry.

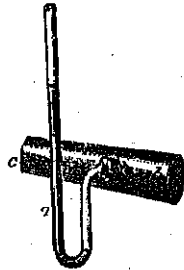
Aerodynamické paradoxon. Zasadíme-li do otvoru v středu desky skleněné neb leponkové trubici a foukáme-li trubicí tou proti desce jiné na nitkách zavěšené a snadně pohyblivé, neodfoukne se tato deska, nýbrž přiblíží se ku desce, v níž trubice zasazena. Byla-li pohyblivá deska položena, zdvihá se do výšky.

Vzduch ze trubice proudící uniká mezi oběma deskami a unáší s sebou též vzduch mezi deskami se nalézající, tak že jest hustota a tudíž také expanse vzduchu mezi deskami menší, pročež expanse vzduchu vnějšího pohyblivá deska ke druhé se přiblížuje.

Z toho patrné, že pojišťovacími záklopkami, které záležejí v deskách na otvor v párném kotli přiléhajících, právě opak toho se docílí, čeho se docíliti má.

Foukáme-li širším otvorem b (obr. 191.) vzduch do trubice bc , bude unikati otvorem c méně než se ho otvorem b fouká, proto se vzduch v bc zhustí a ve trubicí a , která v bc ústí, vystoupí kapalina v rameni delším do výšky. Foukáme-li vzduch do trubice užším otvorem c , zředí se vzduch ve trubicí a kapalina vystoupí v kratším rameni trubice a .

Obr. 191.



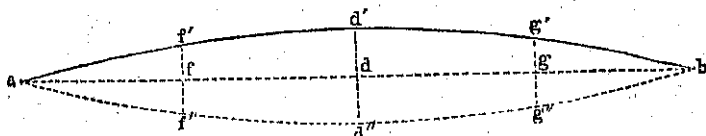
Oddíl pátý.

O pohybu vlnivém.

A. Vlnění těl pevných.

185. Chvění. Vyšíneme-li jistou silou částeečku pružného těla, ku př. částeečku d napnuté struny ab (obr. 192) z rovnovážné polohy její do d' , zpruží se struna a d' vrací se zpružením do původní polohy d nazpět. Poněvadž působí pružnost *nepřetržitě*, bude částice pohybovati se z d' do d *zrychleně*. Zpružení však

Obr. 192.



ubývá tím více, čím více částeečka původní poloze rovnovážné v d se přibližuje, proto bude pohyb z d' do d *nerovnoměrně zrychlený*. V d jest zpružení nullou, pročez měla by částice v d zůstati v klidu. Konečná rychlost její jest však v d největší a účinkem setrvačnosti bude pak d pohybovati se do d'' *nerovnoměrně zpozděně*, poněvadž zpružením rychlosti vždy více ubývá, čím více se částice z d vzdaluje. Je-li $dd' = dd''$, bude v d'' konečná rychlost nullou a částice zůstala by tam v klidu, kdyby zpružením nemusila se pohybovati opět do d a z d setrvačností do d' . Pohyb z d' do d'' a z d'' do d' opakoval by se stále, kdyby nebylo překážek v pohybu.

Pohyb takový zove se *chvěním* a průběh částice z d' do d'' a z d'' do d' nazpět jmenuje se *výchvějí* (Schwingung, Oscillation, Vibration). Čas, jehož ku výchvějí třeba, nazýváme *dobou* neb *trváním výchvěje* (Schwingungszeit, Schwingungsdauer). Vzdálenost částice v určitém okamžiku od rovnovážné polohy její zove se

odchytkou (Elongation), největší odchytko slove *šířkou výchvěje* (Amplitude, Schwingungsweite) a největší rychlost, kterou má částice v d , nazývá se *intenzitou výchvěje* (Schwingungsintensität).

Stav pohybu částice v některém bodu dráhy slove *měnou výchvěje* (Schwingungsphase) v tom místě a určuje se *odchytkou, velikostí a směrem* pohybu. Doba, která uplyne od okamžiku, kdy částice pohybovatí se počala, až k okamžiku, kde do jisté měny se dostala, zove se *dobou té měny* (Phasenzeit).

Za dobu výchvěje má částice vždy tytéž měny. Měny, které jsou od sebe o polovici výchvěje vzdáleny, jsou povahou svou *vespolek sobě protivné*.

Rychlost chvění. Vyšíneme-li částici a (obr. 193.) do b , potáhne ji pružná síla P z b do a nazpět a vykonala-li částice již dráhu bc , bude v c působiti na ni jiná pružná síla p . Poněvadž jsou pružné síly poměrný vzdá-

lenostem, ve kterých působí, bude $P:p=ba:ca$ (1) čili $\frac{P}{ba} = \frac{p}{ca} = k$, v čemž značí k veličinu stálou, neproměnnou potud, pokud hmota sama se nemění; pak jest $P=k \cdot ba$ a $p=k \cdot ca$. Položíme-li $ba=s$ a $bc=x$, jest $P=k \cdot s$ (2) a $p=k(s-x)$ (3).

Vyznačíme-li velikost síly P kolmicí bd a velikost síly p kolmicí ce , jest $P:p=bd:ce$.

Ze srovnalosti 1. $P:p=ba:ca$,

pročež $bd:ce=ba:ca$, z čehož patrné, že body d, e, a jsou v též přímce. Kdybychom vyznačili veškeré síly, které působí ve všech bodech z b až do a , kolmicemi, budou všechny konečné body těch kolmic ve přímce da .

Poněvadž v b působí síla P , která byla zmenšena až do bodu c v sílu p , nebyla dráha bc vykonána ani silou P ani silou p , nýbrž silou průměrnou $S = \frac{P+p}{2}$

a práce účinkem síly S vzniklá jest pak $R = \left(\frac{P+p}{2} \right) x = \frac{1}{2} (k \cdot s + k[s-x])x$

$= \frac{1}{2} kx (2s-x)$. Opíšeme-li poloměrem ba kruh, bude $2s-x=bg-bc=cg$, pročež

$R = \frac{kx}{2} \cdot cg$; sestrojíme-li v c kolmicí ch ,

jest $ch^2=cb \cdot cg=x \cdot cg$, tudíž $R = \frac{k}{2} \cdot ch^2$.

Je-li m hmotnost a v rychlost částice v bodu c , jest (dle 135. b.) práce

$R = \frac{mv^2}{2}$, protože $\frac{mv^2}{2} = \frac{k}{2} \cdot ch^2$, z čehož $v^2 = \frac{k}{m} \cdot ch^2$ a $v=ch \sqrt{\frac{k}{m}}$

(4.). Poněvadž ve $\triangle cha$ $ch=ah \cdot \sin \alpha=s \cdot \sin \alpha$, jest rychlost

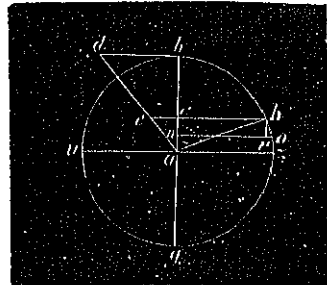
$$v=s \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5).$$

V jiném bodu dráhy jest rychlost $v'=s \cdot \sin \alpha'$ $\sqrt{\frac{k}{m}}$, pročež

$v:v' = \sin \alpha : \sin \alpha'$. V bodu a jest $\angle \alpha=90^\circ$ a $\sin \alpha=1$, proto v a rychlost největší, v b neb g jest $\angle \alpha=0$, pročež $\sin \alpha=0$ a rychlost taktéž nulou.

Doba chvění. Vykoná-li částice za velmi krátkou dobu τ dráhu cn , můžeme pro krátkost doby τ pohyb z c do n pokládati za rovnoměrný. Je-li

Obr. 193.



v konečná rychlost v bodu a , bude dráha $cn = vt$, pročež $\tau = \frac{cn}{v}$. Vložíme-li pak do rovnice této hodnotu v z rovnice 4., jest $\tau = \frac{cn}{ch} \sqrt{\frac{m}{k}}$ (6.).

Sestrojíme-li *no* \perp *ca* a *hr* \perp *no* bude velmi malý oblouk *ho* možno pokládati za přímku a $\triangle hro \sim \triangle cha$; bude tudíž $hr : ch = ho : ha$; poněvadž $hr = cn$, $ha = s$, jest $\frac{cn}{ch} = \frac{ho}{s}$. Vložíme-li to do rovnice 6., jest

$$\tau = \frac{ho}{s} \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\beta}{s} \sqrt{\frac{m}{k}}, \text{ je-li oblouk } ho = \beta.$$

Vykoná-li částice dráhu *bo* za čas t a je-li $t = n\tau$, jest oblouk $bh = b = n\beta$ a $t = \frac{bh}{s} \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{b}{s} \sqrt{\frac{m}{k}}$ (7.). Ku vykonání jiné dráhy je $t_1 = \frac{b_1}{s} \sqrt{\frac{m}{k}}$, z čehož $t : t_1 = b : b_1$, t. j. doby jsou poměrný obloukům, které následují drahám v přímce *bg* v dobách těch vykonaným.

Je-li T doba výchvěje, bude patrně $T = \frac{2\pi r}{s} \sqrt{\frac{m}{k}}$ a poněvadž jest s poloměr kruhu *bagub*, jest $s = r$ a tudíž $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Poněvadž $T : t = 2\pi r : b = 360^\circ : \alpha^\circ$, jest $\alpha^\circ = \frac{t}{T} \cdot 360^\circ$; je-li pak V největší rychlost, kterou má částice v bodu a , bude $v : V = \sin \alpha : 1$, pročež $v = V \cdot \sin \alpha = V \cdot \sin \left(\frac{t}{T} 360^\circ \right)$, z čehož patrné, že největší bude rychlost když $\frac{t}{T} = \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \dots$ a nejmenší, když $\frac{t}{T} = \frac{1}{2}, \frac{2}{2}, \frac{3}{2}, \frac{4}{2}, \dots$

Odhylka *ca* jest pak $s \cdot \cos \alpha = s \cdot \cos \left(360^\circ \frac{t}{T} \right)$.

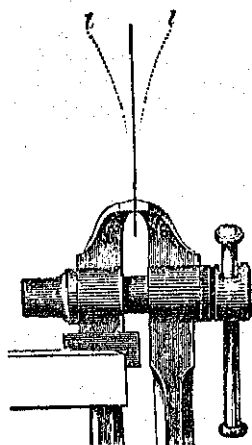
Opíšeme-li tudíž šířkou výchvěje *ba* kruh, bude obvodem kruhu naznačena doba výchvěje a oblouk jeho značí tolikátou část doby celého výchvěje, kolikátou částí kruhu oblouk jest; dráha v té době vykonaná naznačuje se sinusem versusem, rychlost v o sinusem a odchytkou v o cosinusem toho oblouku.

186. Chvění stojaté. Počnají-li veškeré částice chvějícího se těla pohyb současně, jako ku př. částice struny *d*, *f*, *g*... (obr. 192.) aneb tyče jedním koncem ve svěráku upevněné (obr. 194) a z rovnovážné polohy vyšinité, vrací-li se současně do původní své polohy a nalézají-li se současně v největší své vzdálenosti od polohy rovnovážné, tož vykonávají výchvěje své současně a chvění takové zove se *chvěním stojatým*.

Stojaté chvění jest pak *příčné*, chvějí-li se částice *kolmo* na délku těla (obr. 192. a 194.), a *podélné* chvějí-li se částice *rovnoběžně* s délkou těla.

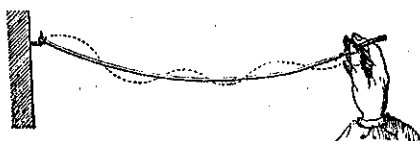
187. Chvění postupné. — **Vlnění.** Zavěsíme-li provazec (obr. 195.) jedním koncem na skobu a pohybuje-li druhý

Obr. 194.



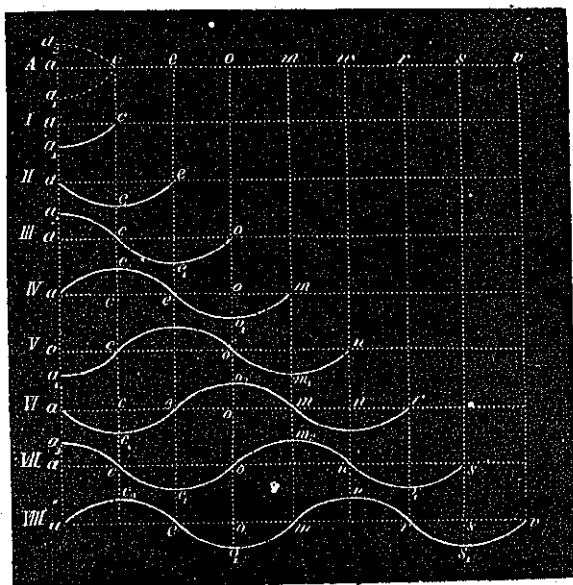
konec jeho rukou tak, aby byla rychlost jeho v a největší, v a_1 a v a_2 pak nullou (obr. 196. A), bude bod a (obr. 196. I.) nalézati se již v a_1 , kdežto bod c v okamžiku tom teprvé pohybovati se počíná; neboť jest potřebí jistého času k tomu, aby pohyb částici c se sdělil. Vráť-li se a do původní polohy, bude c v okamžiku tom v c_1 a e počíná se pohybovati (obr. 196. II). V témž okamžiku, kdy a octne se v a_2 , bude c ve svém původním místě, c v e_1 a o počíná se pohybovati (obr. 196. III.) atd.

Obr. 195.



Rozdělíme-li dobu, které potřebí, aby pohyb z a až do m se rozšířil, ve 4 rovné části, bude na konci 1., 2., 3. a 4. čtvrtiny doby tvar provazce znázorněn obr. 196. I., II., III. a IV. Poněvadž se pohyb z m do v právě tak rozšiřuje jako z a do m , bude obra-

Obr. 196.



zem 196. V., VI., VII., VIII. znázorněn tvar provazce na konci 5., 6., 7. a 8. čtvrtiny doby, ve které pohyb z a do m aneb z m do v se rozšiřuje.

Chvění takovýmto způsobem se rozšiřující zove se chvěním postupným.

Souhrn všech částic z a až do m s rozličnými měnami jejich zove se *vlnou* (Welle), ac_2e jest *vrch vlny* (Wellenberg), eo_1m jest *dol vlny* (Wellenthal), am jest *délka* čili *šířka vlny*, c_2c jest *výška vrchu*, oo_1 pak *hloubka dolu* a $c_2c + oo_1$ zove se *výškou vlny*.

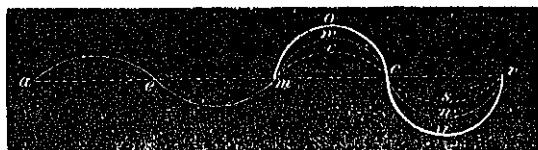
Jak z obr. 196. patrné, rovná se vzdálenost dvou částic, které jsou ve stejných měnách, délce vlny.

Doba, ve které chvění o délku vlny dále se rozšíří, rovná se době výchvěje každé jednotlivé částice.

188. Křížení vln. Šíří-li se vlnění z více bodů zároveň, bude na jednotlivé částice těla působiti více vlnivých pohybů současně, což nazýváme *křížením vln* (Interferenz der Wellen).

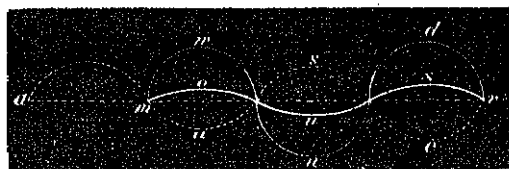
a) Vycházejí-li z bodů a a m (obr. 197.) vlny stejnorodé $aemucv$ a $mrcsv$ týmž směrem a je-li vzdálenost bodů a a m rovna délce vlny, budou míti částice z m do v současně ve všech bodech

Obr. 197.



stejně měny; bude tudíž rychlost chvějících se částic rovna součtu rychlostí obou vln a šířka výchvějův bude rovna součtu šířek výchvějův obou vln, tak že křivkou $mocuv$ bude znázorněn tvar vlny vespolným působením obou výchvějů vznikající. Obnáší-li vzdálenost bodů a a m $1, 2, 3, 4, \dots, n$ délek vlny l , t. j. $1l, 2l, 3l, 4l, \dots, nl$ aneb *sudý* počet polovin délky vlny $2\frac{l}{2}, 4\frac{l}{2}, 6\frac{l}{2}, 8\frac{l}{2}, \dots, 2n\frac{l}{2}$, aneb je-li rozdíl mezi dobami měn $2\frac{t}{2}, 4\frac{t}{2}, 6\frac{t}{2}, \dots, 2n\frac{t}{2}$ t. j. *sudý* počet polovin doby výchvěje, budou se výchvěje *křížením* sesilovati.

Obr. 198.



b) Jsou-li body a a m (obr. 198.) o *polovinu délky vlny* vzdáleny, stýkají se od m počínaje v týchž bodech vždy protivrnné měny vln $amucv$ a $mrcsv$; proto bude rychlost i šířka vý-

chvějív rovna rozdílu rychlostí a šířek a vlna křížením vznikající bude znázorněna křivkou *mouav*. Jsou-li obě vlny sobě zcela rovny, zruší se vlnění po celé délce *mv* úplna, neboť bude výslednice sil stejných, protivným směrem působících, nullou a částice zůstanou v klidu.

Totéž stane se vždy, když vzdálenost míst, z nichž vlnění se rozšiřuje, obnáší $1\frac{l}{2}$, $3\frac{l}{2}$, $5\frac{l}{2}$... $(2n+1)\frac{l}{2}$ t. j. *lichý* počet polovin

dělek vlny aneb když rozdíl mezi dobami měn obnáší $1\frac{t}{2}$, $3\frac{t}{2}$, $5\frac{t}{2}$, $7\frac{t}{2}$... $(2n+1)\frac{t}{2}$ t. j. *lichý* počet polovin doby výchvěje.

c) Je-li vzdálenost obou míst, z nichž vlny se rozšiřují, vůbec $\frac{1}{n}$, la jsou-li vlny *stejny*, budou výslednice intesity výchvějí jednotlivých částic v mezích mezi úplným zrušením pohybu a zdvojnásobněním intesity původní; v prvém případě bude vzdálenost obou míst blížit se $(2n+1)l$, ve druhém bude přibližna $2n\frac{l}{2}$. Že i tu nová vlna může křivkou se znázornit, vyplývá z předcházejícího.

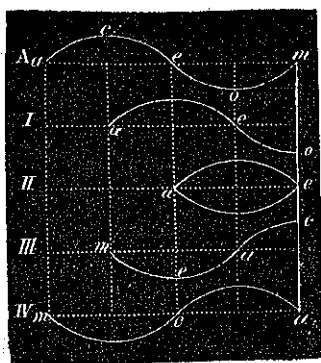
189. Odraz vln. Narazí-li vlna *kolmo* na nehybnou překážku (ku př. na skobu, na níž jest chvějící se provazec zavěšen, obr. 195.) aneb na pevnou stěnu *ma* (obr. 199.), postoupí za čtvrtinu doby výchvěje, t. j. za $\frac{t}{4}$ o $\frac{1}{4}$ délky ku předu (I.), postupující polovice dolu stýká pak se s odraženou polovicí dolu v *eo*, pročež vznikne v *eo* dol dvojnásobně hluboký.

Za dobu $2\frac{t}{4}$ postoupí vlna o $\frac{2}{4}$ délky ku předu (II.) a vrch postupující stýká se s dolem odraženým v *ae*, proto se pohyb v *ae* ruší a část provazce *ae* bude přímočárnou.

Za dobu $3\frac{t}{4}$ postoupí vlna o $\frac{3}{4}$ délky ku předu (III.), a postupující polovice vrchu stýká se s odraženou polovicí vrchu tak že vznikne v *ae* vrch dvojnásobně vysoký a v *ma* odražený dol.

Za dobu $4\frac{t}{4}$, t. j. na konci celé doby výchvěje postoupila

Obr. 199.



vlna o celou délku ku předu (IV.) a *mea* bude celá odražená vlna.

Jak patrně, liší se vlna *kolmo odražená* od vlny postupující tím, že tam, kde má vlna postupující vrch, jest ve vlně odražené dol, a naopak.

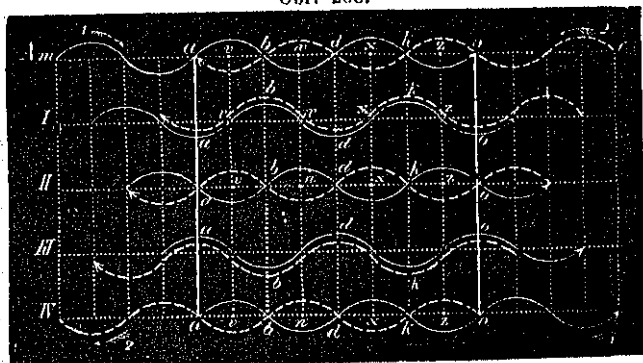
190. Stojaté chvění příčné. — Uzly. a) Postupují-li vlny *mabdko* (obr. 200.) směrem šipky 1 a vlny *rokdba* směrem šipky 2 a křižují-li se vlny tyto v *ao* tak, aby vrch vlny jedné stýkal se s dolem vlny druhé (což stává se i tehdy, když značí *ra* odražení vlny *mo*), tož zůstanou veškeré částice v *ao* (obr. 200. A) v klidu.

Postupují-li vlny *mo* směrem šipky 1 a vlny *ra* směrem šipky 2, tudíž směrem protivným, tu postoupí za čtvrtinu doby výchvěje, t. j. za $\frac{t}{4}$ každá vlna o $\frac{l}{4}$ své délky ku předu (obr. 200. I.) a mezi *ao* stýkají se pak vrchy i doly obou vln, tak že bude intenzita výchvějí částic v *ao* *dvojnásobně veliká*, jsou-li vlny ve všem sobě *rovny*.

Znáznornáme-li vlny *mo* a *ra* dvěma zohybanými dráty rozličné barvy a pošínujeme-li dráty naznačeným směrem vždy o $\frac{l}{4}$ délky vlny, můžeme o tom, což právě řečeno, snadně se přesvědčiti.

Za $2\frac{t}{4}$ postoupí vlny o $2\frac{l}{4}$ ku předu. Jak patrně (II.) stýká se v *ao* každý vrch vlny jedné s dolem vlny druhé, pročež zůstanou v *ao* všechny částice v klidu.

Obr. 200.



Za $3\frac{t}{4}$ postoupí vlny o $3\frac{l}{4}$ ku předu a v *ao* stýkají se vrchy i doly obou vln *vespolek* (III.), bude tudíž intenzita výchvějí částic v *ao* *zdvojnásobněna*.

Za $4 \frac{t}{4}$ postoupily vlny o $4 \frac{l}{4}$, t. j. o celou délku vlny l (IV.), pročež bude vše míti se tak jako v A .

Srovnáme-li obr. II. s obr. A a obr. III. s obr. I., tu shledáme, že výsledek křížení vln jest v obou místech týž, ale poloha vln převrácena, tak že kde v A a I jest vrch vlny, tu v II. a III. jest vždy dol též vlny.

b) Vycházejí-li z A ustavičné vlny m , které z r ustavičně se odrážejí, rozdělí se přímka ao křížením obou vln ve stejné části, jichž délka bude $\frac{l}{2}$, t. j. polovice délky vlny.

Každá z těchto částí chvěje se *stojatě* a *příčně* (186.), a koná výchvěj v době t , za kterou vlna o celou svou délku l postupuje.

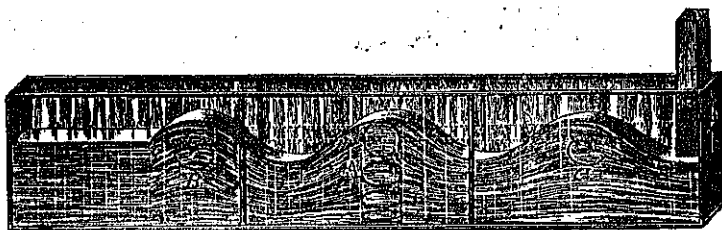
Části sousední mají měny *protivné*, proto zůstávají částice v bodech v , w , x , z vždy v rovnováze a tudíž v klidu. Tyto rovnovážné body zovou se *uzly* (Knotenpunkte) a jsou vždy o polovinu délky vlny od sebe vzdáleny.

Uzly na strunách.

B. Vlnění kapalin.

191. Vlny. Pustíme-li do kapaliny kamének, vznikají okolo místa, do kterého kamének padl, v kruzích soustředných střídavě *zvýšeniny* a *prohlubiny*, které v kruzích vždy větších s rovnoměrnou rychlostí se rozšiřují. Částice kapaliny chvějí se účinkem sly těžné a své setrvačnosti a chvění rozšiřuje se od částice ku částici, tak že vzniká *vlnění* tímž způsobem jako vyloženo v odst. 187.

Obr. 201.



Bratři *Webrové* pozorovali (1825) vlnění kapalin ve žlábkú s dvěma skleněnými stěnami (obr. 201.) asi 5' dlouhém, 1" širokém a 6" hlubokém. Do vody ve žlábkú nasypali prášku jantarového, aby z pohybu prášku seznali pohyb čistě vody. Do vody sáhala trubice, ve které vysátím vzduchu voda vystoupila; spustila-li se pak voda dolů, tu vznikly ve žlábkú vlny.

Bedlivým pozorováním shledáno, že částice vlnící se kapaliny blíže povrchu pohybují se v rovinách kolmých a opisují dráhy téměř kruhové. Částice hlouběji ležící opisují elipsy, jichž kolmý průměr vždy více se zmenšuje, tak že částice pohybují se konečně v přímkách vodorovných (obr. 201. A).

Pohybují-li se částice v křivkách otevřených (obr. 201. B, C), jsou vrchy a doly vln nestejny.

Vlnění rozšiřuje se do hloubky značné, což patrně z toho, že zkalf se voda, vlní-li se na půdě bahnitě.

Značí-li kruhy na obr. 202. dráhy, jež částice na povrchu vlnící se kapaliny v pohybu opisují a jsou-li částice ty tak od sebe vzdáleny, že jedna po druhé vždy po osmině doby výchvěje t. j. po $\frac{t}{8}$ pohybovati se počíná, tož můžeme spojením poloh všech částic po jisté době tvar vlny snadně znázorniti. Za celou dobu výchvěje vykoná částice *a* celou svou dráhu *auda* a bude tudíž v *a*; částice *o*, která o $\frac{1}{8} t$ později pohybovati se počala, vykonala teprv $\frac{1}{8}$ své dráhy t. j. oblouk *euw*, jest tudíž v bodu *w*; částice *e*, *o*, *m*, *n*... vykonaly patrně pouze $\frac{6}{8}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{4}{8}$, $\frac{3}{8}$... své dráhy, t. j. oblouky *euw*, *ouw*, *nuw*, *nww*... Spojením všech bodů *w*, ve kterých se jednotlivé částice v témž okamžiku nalézají, bude pak naznačen tvar vlny *awww*...*w*.

Obr. 202.



Jak patrně, rozšiřuje se ohvění o délku celé vlny za dobu výchvěje každé jednotlivé částice a výška vrchu i hloubka dolu vlny rovná se poloměru kruhu, jež částice pohybem opisuje.

Ku znázornění vln sestavili kromě bratří Webrův též Young, Seebeck, Müller, Eisenlohr a Schulze rozličné přístroje.

Částice vlnící se kapaliny nepohybují se postupně; vlnění mění se pouze tvar kapaliny střídavě ve vrch a dol. Korek na vlnící se vodu položený střídavě stoupá a padá, nehýbá se však s místa. Totéž viděti na obilí, které se vlní, když do něho vítr duje.

192. Křížení vln. Vznikají-li vlny současně ve dvou rozličných místech kapaliny, setkávají se vespolek a kříží se. Křížení vln můžeme pozorovati, padají-li do rtuti ve dvou blíže sebe ležících místech z láhve kapky rtuťové (obr. 203.). Jsou-li vlny stejny, tvoří dva stýkající se vrchy vrch dvojnásobné výšky a dva stýkající se doly dol dvojnásobné hloubky, v místech pak, kde vrch stýká se s dolem, ruší se pohyb a vznikne povrch vodorovný. Nejsou-li vlny stejny, vznikne ze dvou vrchův vyšší vrch a ze dvou dolův hlubší dol, vrch a dol změní se pak setkáním buď ve vrch menší výšky buď v dol menší hloubky.

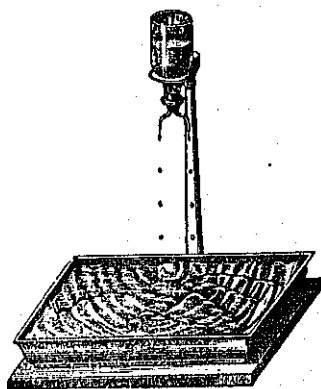
Po křížení postupují obě vlny původní rychlostí dále, jako by se byly vespolek ani nebyly setkaly.

193. Ohybání vln. Vznikají-li v kapalině, ku př. ve rtuti (obr. 204.) vlny v některém místě a postoupí-li až ke průlině v prkénku, kterým jest nádoba přehrazena, tu budou průlinou postupovati dále do druhého oddílu nádoby. Částice rtuti na obou pokrajích průliny způsobí však padáním svým nové vlny, které kolem a pročež i za prkénkem dále se rozšiřují a vespolek jakož i s původní vlnou se křížují.

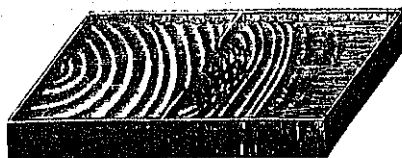
Výjevy tímto křížením vln vznikající zovou se *ohybáním vln* (Beugung der Wellen).

Ponoříme-li do rtuti v tom místě, kde jest průlina, úzké prkénko, vzniknou na hranách jeho vlny tak jako na krajích průliny a způsobí opět *ohybání vln*.

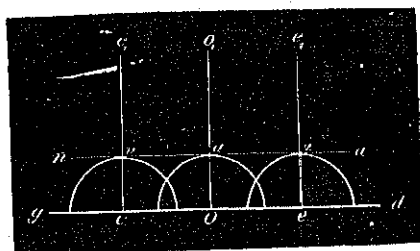
Obr. 203.



Obr. 204.



Obr. 205.



194. Odraz vln. a) Vlna kolmo odražená liší se od vlny postupující jen tím, že má doly v těch místech, ve kterých má vlna postupující vrchy (189.).

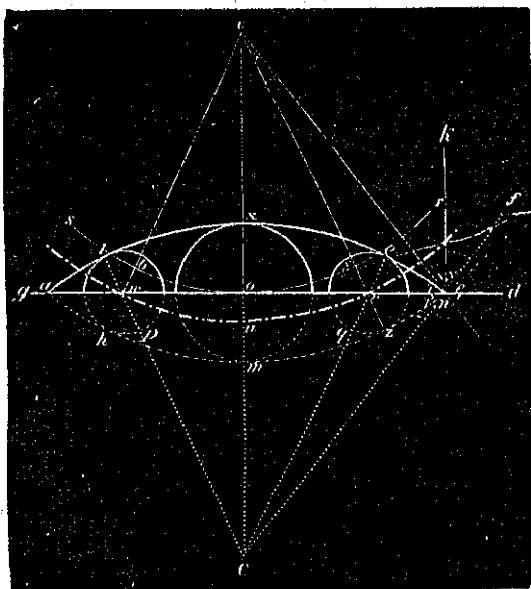
Dostihne-li vrch stěny gd v bodu o (obr. 205.), utvoří padáním svým v o vlnu polokruhovitou, tak jako by v o kapka do kapaliny padla. Bod o bude tudíž střediskem nových vln, což stane se ovšem i tenkrát, když v bodu o dol vlny na stěnu gd narazí, poněvadž stoupáním dolu rovnováha kapaliny v o tak se zruší jako padáním vrchu. Totéž platí o sousedných bodech stěny c a e .

Narazí-li na tyto ve přímce ležící body c , o , e vrch neb dol vlny *současně*, což stane se když vrch neb dol postupující vlny jest se stěnou gd *rovnoběžný*, tož vzniknou v bodech těch nové vlny *stejně veliké*, které budou ode stěny kolmým směrem postupovati

a křížením vln těch vznikne pak vlna na , se stěnou dg rovnoběžná, a ode stěny kolným směrem nazpět postupující.

b) Vycházejí-li vlny z bodu c (obr. 206.) a je-li oblouk so průřezem vlny, bude vlna ta na stěně gd bodu o nejprve se dotýkati, je-li $co \perp gd$. Na body v , w narazí vlna později a sice tím později, čím více jsou body ty vzdáleny od bodu o . Za dobu t postoupila by vlna so a om dále, kdyby stěna postupovati jí nebránila. V době t postoupí však vlna v bodu o odrazem vzniklá o $oa=om$ nazpět, tak že vlna odražená z bodu o dá se znázorniti polokruhem, ježž opíšeme poloměrem oa .

Obr. 206.



Body v , w , ve kterých vlna *později* stěny dostihne, budou středem nových vln *později* než bod o . Kdyby stěny nebylo, postoupila by vlna z bodu v za dobu t_1 , je-li $t_1 < t$ o vz dále. V této době t_1 utvoří se tudíž polokruhová vlna z bodu v odražená, jejíž poloměr $ev=vz$. Poněvadž $vz=um$ a tudíž ev menší jest než oa , bude polokruhová vlna odražená z bodu v menší než z bodu o .

Poněvadž jest $co=cm-om$ a $cv=cz-vz$ bude postupující vlna (dle zákonův geometrických) vln nových v bodech n , z , m , h , a za stěnou gd se dotýkati. Stěnou gd rozdělena pak každá nová vlna ve dva polokruhy a tudíž bude odražená vlna $alwen$, která křížením ze všech odražených vln před stěnou gd vzniká, postupující vlně $nzmha$, vyjma pouze polohu, zcela rovna. Je-li tudíž Cx polo-

měr vlny *alosen*, musí $Cx = cm$ a poněvadž $ox = om$, bude též $Cx - ox = Cm - om$, pročež $Co = co$, t. j. vlna odráží se od plochy *gd* tak, jako by přicházela ze středu, za stěnou tak vzdáleného, jak jest vzdálen před stěnou střed vlny původní.

Je-li kruh z bodu *v* opsaný velmi blízko bodu *n*, tož můžeme oblouky *nz* a *ne* považovati co přímky a $\triangle nev \cong \triangle nvz$, pročež $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \varphi_2$. Poněvadž $\sphericalangle \varphi_2 = \sphericalangle \varphi_1$, jest též $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \varphi_1$.

Kolmice vedená na obvod vlny z bodu, z něhož vlna ta vychází, zove se *paprskem vlny* (Wellenstrahl). Tak jest ku př. *cn* paprsek vlny dopadající *nmb* a *Cn* paprsek vlny odražené *nva*. Poněvadž jest $\triangle cno \cong \triangle Cno$, jest $\sphericalangle cno = \sphericalangle Cno$ a tudíž $\sphericalangle cno = \sphericalangle dnf$. Je-li pak $kn \perp gd$ jest $\sphericalangle onk = \sphericalangle dnk$, pročež také $\sphericalangle onk - \sphericalangle cno = \sphericalangle dnk - \sphericalangle dnf$ čili $\sphericalangle x = \sphericalangle y$, t. j. úhel odrazu rovná se úhlu dopadu a oba úhly jsou v též rovině.

Je-li *co*, *cv*, *cn* nesmírně veliké čili $\sphericalangle a$ nesmírně malý, tu můžeme pokládati paprsky za rovnoběžné a dopadající část vlny kruhové za *přímku*. Že i tu platí zákony o odrazu vln právě vyzkoušené, vyplývá z věci samé.

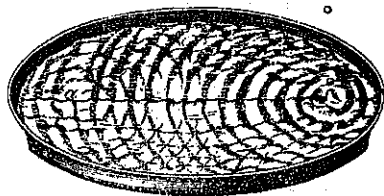
Obr. 207.

α) Vlny, vycházející ze středu nádoby obrouhlé se stěnami svisnými, vracejí se po odrazu ode stěn opět do středu.

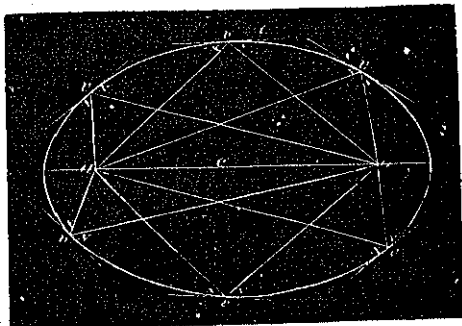
β) Vznikají-li vlny v jednom ohnisku elipsovité nádoby, která má stěny kolmé, odrážejí se ode stěn do ohniska druhého (obr. 207.). Tečná vedená ku některému bodu elipsy, skládá s paprsky *ov* a *av* (obr. 208.) vždy stejné úhly x a *y*; postupuje-li vlna z ohniska *o* směrem paprsku *ov*, odráží se tudíž do ohniska druhého směrem paprsku *va*.

γ) Tečna kteréhokoliv bodu paraboly skládá s paprskem *av* (obr. 209.) a přímkou, rovnoběžnou s osou bodem tím vedenou, rovné úhly x a *y*. Vznikají-li tudíž v ohnisku paraboly, t. j. v bodu *a* vlny, budou se od kolmé stěny její odrážeti rovnoběžně s osou. — Jsou-li pak *mv*, *nv*, *ra*, *sv*, *ov* směry, kterými vlny ku stěně paraboly postupují, budou veškeré vlny tyto po odrazu v ohnisku *a* se stýkati.

— Vlny vznikající *současně* v ohnisku *o* (obr. 210.) parabolické nádoby jedné budou po odrazu svém ode stěn druhé parabolické nádoby stýkati se *současně* v ohnisku *a* této druhé nádoby, *mají-li obě paraboly tutéž osu ao*.

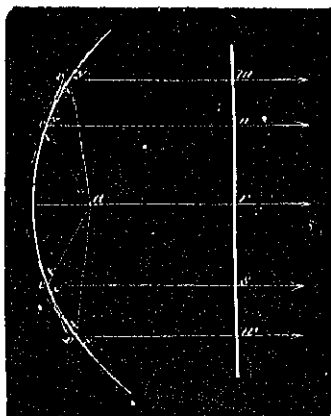


Obr. 208.

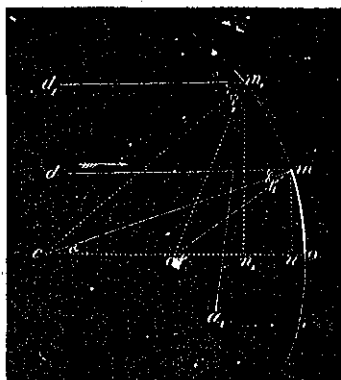


δ) Rozpůlíme-li poloměr co (obr. 211.) v a , a je-li mo malý oblouk kruhu, jemuž poloměr co přináleží, bude možno přímkou am pokládati za rovnou přímce ao , tudíž také $am=ao$. Ve $\triangle cam$ jest pak $\sphericalangle a=\sphericalangle \varphi_1$, a je-li $dm \parallel ca$, jest $\sphericalangle a=\sphericalangle \varphi$, pročež $\sphericalangle \varphi=\sphericalangle \varphi_1$. Vlny postupující směrem rovnoběžným s osou oblouku mo budou tudíž po odrazu všechny současně se stýkati ve středu poloměru co , t. j. v bodu a , který slove ohniskem (Breunpunkt). — Je-li oblouk m, o větší (obr. 211.), tu není pak možno přímkou am_1 pokládati za rovnou přímce ao aneb přímce ac , není tudíž $\sphericalangle am_1c=\sphericalangle m_1ca$, proto nemá odražená

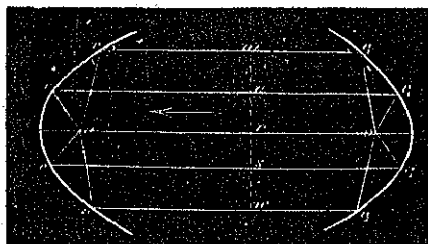
Obr. 209.



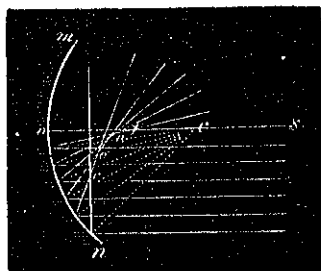
Obr. 211.



Obr. 210.



Obr. 212.



vlna směru m, a ; vlna směrem d, m , postupující bude tudíž se odrazeti směrem m, a , je-li $\sphericalangle \varphi_1=\sphericalangle \varphi$. Odrážejí-li se paprsky vln, postupujících rovnoběžně s osou v též rovině ku předu, od většího oblouku kruhového, nestýkají se po odrazu svém v jediném bodu (v ohnisku), nýbrž v bodech rozličných $r, e, v \dots$ (obr. 212.) jež skládají pak křivku *rev*, tak zvanou křivku kaustickou č. zápalnicí (Brennlinie, kaustische Linie). Otáčením křivky *rev* okolo osy co vzniká pak plocha zápalná č. kaustická (Brennfläche, kaustische Fläche).

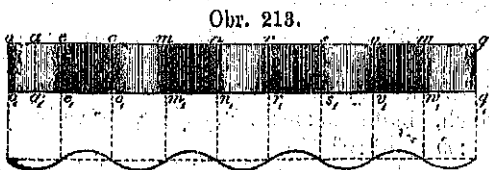
C. Vlnění vzdušin.

195. Vlnění postupné ve trubici. a) Budiž oo_1 (obr. 213.) trubice vzduchem rovnoměrně hustým naplněná a pístem oo_1 na jednom konci neprodyšně uzavřená. Píst ten se pohybuje z oo_1 do aa_1 nerovnoměrně zrychleně, nabývá v aa_1 rychlosti největší, načež postupuje z aa_1 nerovnoměrně zpzděně do ee_1 , kdež rychlost jeho jest nullou. Pak vrací se píst do původní polohy v oo_1 zpět a sice z ee_1 do aa_1 nerovnoměrně zrychleně, z aa_1 do oo_1 nerovnoměrně zpzděně. Pohyb pístu opakuje se pak způsobem právě vytknutým.

Postupuje-li píst z o do e nardží na přiléhající částice vzduchu a tlačí je ku předu. Tyto částice narážejí pak opět na částice sousední, sdělí jim tak jako při rázu kulí pružných (dle 131. c) rychlost svou a přicházejí v klid. Tím způsobem rozšiřuje se pohyb od částice ku částici *ponenáhlu* směrem oq .

Vrací-li se píst z e do o vzniká za ním prázdný prostor, pročež budou první, již v klidu se nalézající částice prostor ten vyplňovati a taktéž směrem eo se pohybovati *právě tak*, jak píst se pohybuje, tak že přicházejí s ním v klid. Týmž způsobem budou se pohybovati ostatní částice ve trubici oq_1 , ovšem tím *později*, čím jsou od pístu vzdálenější.

b) Jak patrně *koná každá částice též pohyb jako píst sám*. Je-li sloupec vzduchový rozdělen ve stejné vrstvy $oe = eo = cm = mn \dots$, kteréž mají před pohybem vesměs rovnoměrnou hustotu, bude vzduch, pístem nejprvé v pohyb uvedený, *silačen* a tudíž *zhustěn*, neboť částice ještě v klidu se nalézající pohybu jeho *nedopouštějí*. *Zhustění bude přibývati a ubýváti toutéž měrou jako rychlosti v pohybu pístu*. V témž okamžiku, kdy píst pohybující se z o do e dosáhne polohy ee_1 , bude tudíž vrstva vzduchu ec uprostřed *nejhustší* a odtud k oběma koncům ee_1 a co_1 *ponenáhlu řidší*, na koncích těch bude pak míti hustotu původní. Týmž způsobem zhustuje se též 2., 3., 4., ... ntá vrstva a *zhustování postupuje od jedné ke druhé směrem oq* .



Vrací-li se píst *hned, jakmile polohy ee dosáhne*, do původní polohy, tož vrací se též přiléhající částice vzduchu do své původní polohy, čímž vzniká ve vrstvě ku pístu přiléhající *zředění* a poněvadž částice vzduchu směrem zpětným *právě tak se pohybují jako píst sám*, bude vrstva tato u prostřed *nejvíce zředěna* a k oběma pokrajům *ponenáhlu hustší*, na pokrajích bude pak míti vzduch hustotu původní.

Poněvadž po každém zhustění následuje zředění, patrně, že bude zředění postupovati též od jedné vrstvy ke druhé jako zhustění.

c) Dvě sousedných vrstev, z nichž jedna zředěna druhá zhustěna, skládá vlnu; tloušťka obou vrstev jest pak délkou té vlny. V každé vlně pohybuje se jedna polovice částic vzduchu ku předu a druhá polovice nazpět.

Naznačíme-li (obr. 218.) vlnu tuto křivkou, jejíž ordinaty jsou úměrny rychlosti částicek vzduchu, bude zhustění souhlasiti s vrchem a zředění s dolem vlny.

d) Při tomto postupném vlnění koná, jak z předcházejícího patrně, částice vzduchu o (obr. 218) dráhu oe a doba výchvěje každé částice jest táž, ve které vlnění o délku celé vlny postupuje.

Postupné vlnění vzdušin právě vyložené možno znázorniti přístrojem, jež *Wheatstone* k tomu cíli sestavil.

Týmž způsobem jako vzduch ve trubici uzavřený chvěje se postupně též každá rovnoměrně hustá a pružná hmota buď podélně, buď příčně.

196. Vlnění vzdušin ve prostoru volném. Mysleme si kouli, která rychle po sobě objem svůj zvětšuje a hned opět původního objemu nabývá, tož patrně, že kolem ní týmž způsobem, jako právě vysvětleno, budou vznikat zhustěné a zředěné vrstvy vzduchové tvaru dutých kulí. Vlnění bude pak jako ve trubici vždy dále postupovati.

Částice ve stejné vzdálenosti ode středu kule, jejímž roztahováním a smršťováním vlnění vzniká, mají stejné měny. Malou část vrstvy kulovité ode středu velmi vzdálené možno pokládati téměř za rovínu.

Je-li hustota prostředí, ve kterém vlnění postupuje, v rozličných směrech rozličná, nebude míti plocha vln tvaru kulovitého, nýbrž bude řídit se hustotou prostředí v tom kterém směru.

197. Intenzita chvění. a) Postupují-li vlny ve prostoru volném, jsou P , p plochy vln, jichž vzdálenost ode středu jest R , r . Je-li pak M , m množství částicek vzduchu v ploše vlny obsažených, bude $M:m = P:p$ a poněvadž $P:p = R^2:r^2$, tudíž také $M:m = R^2:r^2$ (1).

Intenzity chvění I , i jsou však v převráceném poměru s množstvím částic, neboť čím více částic má se toutéž silou pohybovati, tím menší bude intenzita pohybu; bude tudíž $M:m = i:I$, pročež $i:I = R^2:r^2$ (2), t. j. intenzity chvění, postupujícího ve volném prostoru ve tvaru kulovitých vln, mají se k sobě jako převráceně čtverce vzdáleností ode středu, z něhož vlny vycházejí.

b) Ze srovnalosti 2. vyplývá $I = \frac{i r^2}{R^2}$; je-li $i = 1$ a $r = 1$,

jest $I = \frac{1}{R^2}$. Je-li pak $R = \infty$ jest $I = \frac{1}{\infty} = 0$ (3.), t. j. ve vzdálenosti nesmírně veliké jest intensita chvění nesmírně malá, protože částice ode středu vln nesmírně vzdálené v klidu zůstávají.

c) Ve trubici válcovité (obr. 213.) převádí se pohyb vždy na stejné množství hmotných částic, protože zůstala by intensita chvění všech částic v celé trubici, byť i velmi dlouhá, stejná, kdyby překážkami v pohybu se nezměňovala a konečně se nerušila.

Je-li trubice na konci otevřeném užší, jest intensita částic na konci tom větší a je-li trubice širší, ubývá intensity tou měrou, kterou přibývá průměru světlosti trubice.

198. Odraz vln. a) Pokud postupuje vlna v pružném prostředí stejnorodém, přechází pohyb s jedné částice na druhou a každá částice přichází hned v klid, jakmile pohyb jiné částice sdělila. V prostředí stejnorodém nevrací se tudíž vlny zpět. Postoupí-li však vlna až ku rozhraní dvou rozličných prostředí, nemohou chvější se částice zůstat v klidu, protože vznikají na rozhraní dvou rozličných prostředí dvě vlny, z nichž jedna do prvního prostředí nazpět se vrací č. obrátí se, druhá pak do druhého prostředí dále postupuje.

Zákony odrazu vln jsou tytéž, které byly vytknuty v odst. 194.

199. Lom vln.

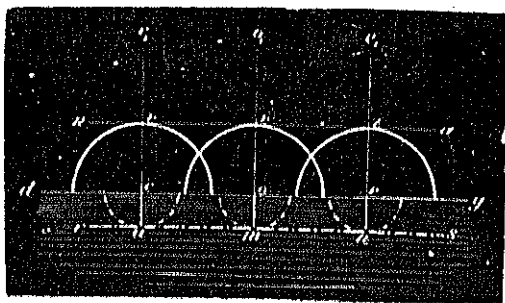
a) Je-li dy (obr. 214.) rozhraní dvou nesterajně pružných prostředí a dostihne-li postupující vlna veškerých bodů toho rozhraní současně, t. j. je-li vlna rovinou (dle 196.), s rozhraním

dy rovnoběžnou, a postupuje-li směrem kolmým na rozhraní dy , bude na vlna odražená (dle 194. a), od rozhraní nazpět do předešlého prostředí se vracující.

Je-li pružnost ve druhém prostředí menší než v předešlém, tak že značí cv pružnost v prostředí prvém a cu pružnost v prostředí druhém a $cu < cv$, tož vzniknou ve druhém prostředí v též době menší polokruhovitě vlny než v prostředí prvém. Je-li pak $cu = om = en \dots$ vznikne křížením všech polokruhovitých vln jediná vlna rs , která jest s rozhraním dy rovnoběžná a tudíž směrem na dy kolmým v druhém prostředí postupuje, ovšem rychlostí menší než v prostředí předešlém.

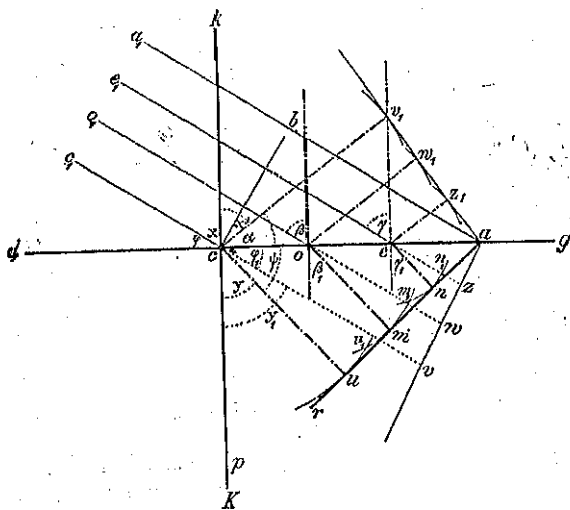
Vlny kolmo dopadající postupují ve druhém prostředí též směrem ale jinou rychlostí.

Obr. 214.



b) Dopadá-li vlna cb (obr. 215.), kterou pokládáme pro velkou vzdálenost její ode středu za rovinu, *šikmo* na rozhraní dvou prostředí, tu dostihne nejprve bodu c a bod ten bude tudíž nejprve středem nových vln. Ostatních bodův na rozhraní dostihne vlna tím *později*, čím jsou od bodu c vzdálenější. Kdyby byla ve druhém prostředí pružnost tatáž jako v prvním, zůstaly by *rychlost* i *směr* postupující vlny stejny, bylo by totiž $cv = ba = cv_1$, t. j. dráha, kterou koná vlna postupující v druhém prostředí, byla by rovna dráze, již koná postupující aneb odrazena byvši v prostředí předcházejícím. Je-li pak pružnost ve druhém prostředí *menší*, bude vlna v tomto prostředí *postupovati rychlostí menší* a vykoná tudíž v tom čase, ve kterém by měla postoupiti až do v , dráhu menší než cv , t. j. dráhu $cu_1 = cu$. Taktéž postoupí na místě do w pouze do m_1 , takže dráha $om_1 = om$ bude menší, než ow aneb ow_1 a tolikéž $en_1 = en$ menší, než ez neb ez_1 . Znázorníme-li veškeré vlny, jež vznikají z bodův mezi c a a ležících polokruhy, které opíšeme poloměry cu_1, om_1, en_1, \dots , bude rovinou ar , dotýkající se povrchu všech těchto vln, znázorněna vlna výsledná, postoupivší v novém prostředí za *týž čas*, ve kterém vlna v prostředí před-

Obr. 215.



cházejícím postoupila z b do a . Vedeme-li na ar kolmice cu, om a en , jest kolmicemi těmito vytknut směr, kterým vlnění ve druhém prostředí se rozšiřuje.

Je-li kk kolmice na rozhraní dg sestrojená, tož odchyluje se paprsek vlny z původního přímočarého směru svého c_1v a přiblížuje se ve druhém prostředí ku kolmici, neboť jest $\angle y_1 = \angle x$

a $\angle y < \angle y_1$, pročež $\angle y < \angle x$. Tato změna směru ve druhém prostředí nazývá se *lomem vlny ke kolmici* (Brechung zum Lothe). Kdyby pak byla pružnost ve druhém prostředí větší než v prvním, byl by $\angle y > \angle x$ a tu by se odchýlil paprsek od kolmice, což slove *lomem vlny od kolmice* (Brechung vom Lothe).

Značí-li c a c_1 rychlosti postupu vlny v prostředí prvním a druhém, jest $cv : cu = c : c_1$ (1).

V $\triangle acv$ jest $cv = ca \cdot \cos \varphi_1 = ca \cdot \cos \varphi = ca \cdot \sin \alpha$ (2).

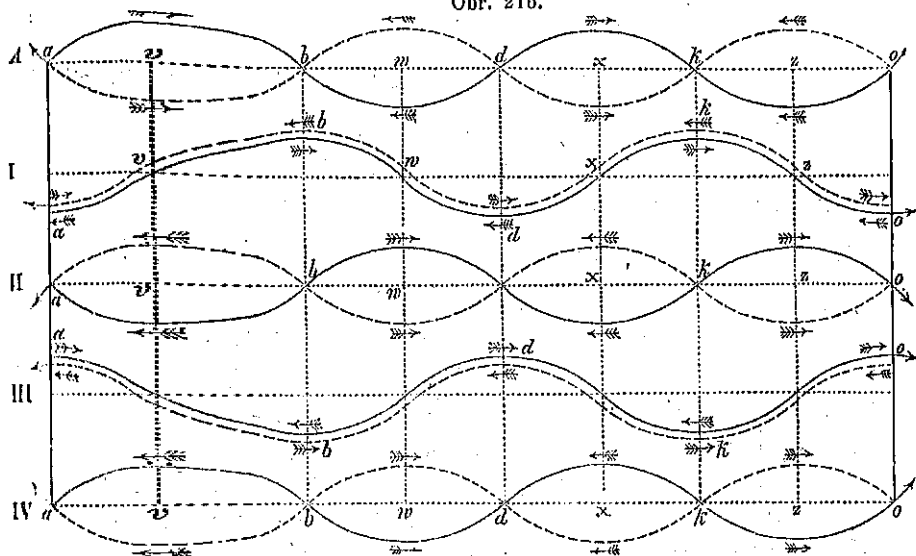
Ve $\triangle acu$ jest pak $cu = ca \cdot \cos \psi = ca \cdot \sin y$ (3). Z rovn. 2. a 3. plyne... $cv : cu = \sin \alpha : \sin y$ (4) a ze srovnalosti 1. 4. následuje

$\sin \alpha : \sin y = c : c_1$, pročež $\frac{\sin \alpha}{\sin y} = \frac{c}{c_1}$. Pokud zůstane pružnost obou prostředí nezměněna, zůstanou i rychlosti c a c_1 nezměněny a bude tudíž $\frac{c}{c_1} = n$, v čemž značí pak n veličinu neproměnnou, která slove *poměr č. exponent* aneb *index lomu*.

Z předcházejícího vyplývá pak vůbec:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin y} = \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \gamma}{\sin \gamma_1} = \dots = n$$

Obr. 216.



200. Stojaté chvění podélné. Značí-li *zhustění vrch* a *zředění dol vlny*, můžeme zákony o příčném chvění stojatém v odst. 190. vytknuté rozšířiti též na stojaté chvění podélné. Ve vrstvách *zhustěných chvějí* se částice (dle 195.) *týmně směrem*, kterým vlnění postupuje, *ve vrstvách zředěných chvějí* se však *směrem protivným*.

Stýkají-li se tudíž *vlny směrem protivravným postupující*, chvějí se částice ve vrstvách zhustěných jedné vlny a částice ve vrstvách zředěných druhé vlny *týmž směrem*, z čehož patrné, že tam, kde stýká se *vrch* jedné vlny s *dolem* druhé stejné vlny chvějí se částice *rychlostí dvojnásobnou a týmž směrem*. Největší rychlosti budou tudíž chvějí se částice *v, w, x a z* (obr. 216. A.); částice *a, b, d, k, o* zůstávají však v klidu. Poněvadž se stýká všude měna zhustění se stejně velikou měnou zředění, bude v *ao* hustota všude stejná.

Na obr. 216. I., II., III. a IV. jsou znázorněny měny částic po $1 \frac{t}{4}$, $2 \frac{t}{4}$, $3 \frac{t}{4}$, $4 \frac{t}{4}$ (srovnej obr. 200.).

Po uplynutí doby $1 \frac{t}{4}$ jsou, jak z obr. I. patrné, veškeré částice *v klidu*, *v a, d a o* jest *největší zředění*, *v b a k* jest *největší zhustění* a ve *v, w, x a z* hustota původní. Ve všech ostatních místech jest zředění i zhustění *dvojnásobně větší* (jsou-li vlny stejné), než by tam vzniklo postupem pouze jediné vlny.

Po uplynutí doby $3 \frac{t}{4}$ jsou, jak z obr. III. patrné, opět veškeré částice *v klidu*, kde však na konci doby $1 \frac{t}{4}$ bylo zředění, tam jest na konci doby $3 \frac{t}{4}$ stejně silné zhustění a naopak na místě každého zhustění jest stejně veliké zředění.

Po uplynutí doby $2 \frac{t}{4}$ má se vše tak jako *v A*, pouze měny částic jsou oněm u *A* protivné.

Na konci doby $4 \frac{t}{4}$ jest vše zcela takové jako u *A*.

Z předcházejícího vyplývá:

a) Částice *v a, b, d, k, o* zůstávají vždy *v klidu*, jsou tudíž *uzly* (srovnej odst. 190. b). Jak patrné, jsou uzly *ode stěny*, od které se odrážejí, vzdáleny o $0 \frac{l}{4}$, $2 \frac{l}{4}$, $4 \frac{l}{4}$, $6 \frac{l}{4}$ $2n \frac{l}{4}$, v čemž značí *l* *délku vlny*. Mezi dvěma uzly chvějí se částice *podélně stojatě* a sice *současně* jedním a pak opět *současně* druhým směrem.

b) V uzlech střídá se vždy po uplynutí polovice doby výchvěje ($\frac{t}{2}$) největší zhustění a největší zředění (obr. 216. I., III.) a hustota dvou sousedních uzlů má po uplynutí lichého počtu čtvrtin doby výchvěje stav protivný (ku př. I. *v a a b, v b a d* atd.; po uplynutí sudého počtu čtvrtin doby výchvěje jest v uzlech hustota původní (ku př. II. *v a a b, v b a d* atd.).

c) V bodech v , w , x a z jest vždy hustota původní. Body tyto jsou ode stěny, od které se vlna odráží, vzdáleny $1\frac{l}{4}$, $3\frac{l}{4}$, $5\frac{l}{4}$... $(2n+1)\frac{l}{4}$, v čemž značí l délku vlny, a mají největší intenzitu výchvěje.

Při stojatém chvění podélném jest tudíž *původní hustota* v těch místech, kde částice nejrychleji se chvějí a v *uzlech* střídá se největší zhustění s největším zředěním. Při stojatém chvění postupném jest to právě naopak (srovn. odst. 195. a obr. 213.).

Oddíl šestý.

Akustika čili nauka o zvuku.

A. Vznikání zvuku.

1. O tónech vůbec.

201. Zvuk. — Znění. — Tón. Vše co slyšíme, nazývá se *zvuk*.

Zvuk vzniká každým dosti rychlým rázem, který až k uchu se rozšiřuje. Potřebí tudíž, abychom slyšeli, těla *zvučícího*, které ráz způsobilo, a *prostředí*, kterým ráz až do ucha se převádí.

Jednotlivý ráz způsobuje též jen jednotlivý *okamžitý dojem*; následuje-li více rázův rychle za sebou, tu splývají dohromady a způsobují dojem *déle trvající*. Následují-li rázy nepravidelně za sebou, způsobují dojem, který zoveme podlé rozličné povahy též rozličně, jako ku př. rachocení, hluk, vrzání, ryk, třesk, hrčení, praskání, hřmot atd. Seřadují-li se pak rázy v celek pravidelný, zoveme zvuk takový *zněním* (Klang).

Aby hmota zněla, musí též pohyb déle opětovati, proto způsobuje se znění nejpříměřeněji chvěním těl pružných, tvaru pokud možno pravidelného.

Že i rázy, jsou-li v pravidelný celek seřaděny, znění způsobují, ukazuje *thermofon Trevelyanův* (1829), jehož znění spoluzněním jiných hmot (viz odst. 223.) dosti patrně jest slyšeti. Thermofon jest tyč kovová žlábkovitého tvaru (obr. 217.) mající na vypuklé straně rýhu *an*, která sáhá téměř až ku drátu *aa*, jenž jest se žlábkem spojen a na volném konci kuličkou opatřen. Položíme-li žlábek rýhou na olověný hranol *uv* a stlačíme-li jej poněkud k jedné straně, kolébá se na hranolu s jedné strany na druhou volně, tak že možno každý jednotlivý ráz rozeznati. Byl-li však thermofon dříve *velmi silně zahřát*, následují tyto rázy tak rychle a pravidelně za sebou, že splývají v jediný celek a pak slyšíme znění. Hranou rýhovou, která se hranolu nejprve dotkla, zahřívá a roztahuje se hranol olověný, tak že padá thermofon druhou rýhovou hranou dolů a dotýká se hranolu v jiném místě, které opět se zahřívá, tak že padá thermofon na předešlé vychladlé místo, které opět se zahřívá, tak že padání thermofonu s jedné strany rýhy na druhou ustavičně a rychle za sebou se opětuje, čímž znění povstává.

Hledíme-li u znění též ku výšce, zove se znění *tónem*.

U tónu sluší rozeznávati:

a) *Výšku* neb *hloubku*, kteráž se řídí *větším* neb *menším* počtem rázů neb výchvějí v určité době.

b) *Sílu* č. *intensitu*, která jest tím větší, čím větší jest šířka výchvějí hmotných částic, které chvěním tón vydávají.

c) *Ráz* tónu, t. j. onu zvláštní vlastnost jeho, kterou tóny stejně vysoké a stejně silné od sebe se rozeznávají (ku př. tón fléty, od stejně vysokého a stejně silného tónu houslí) a kterouž *rozličným tvarem* vln vysvětlujeme.



Obr. 217.

202. Výška tónů. Počet výchvějí v jedné vteřině vykonaných a určitému tónu přináležejících zove se *prostou* (*absolutnou*) *výškou* toho tónu.

Porovnáním výšky č. počtu výchvějí dvou tónův nabýváme *poměrné* (*relativné*) *výšky* těch tónův.

Tón, který co měřítko jiných tónů slouží a jehož počet výchvějův jedničkou se značí, zove *tónem základným* (*Grundton*, *tonica*). Tónem základným bývá vždy tón nejhlubší těch, které vespolek porovnáváme.

Je-li počet výchvějí jednoho tónu n a jiného *vyššího* tónu N , tu značí pak $\frac{n}{N} = 1$ *poměrnou výšku* tónu základného a $\frac{N}{n}$ *poměrnou výšku* tónu vyššího.

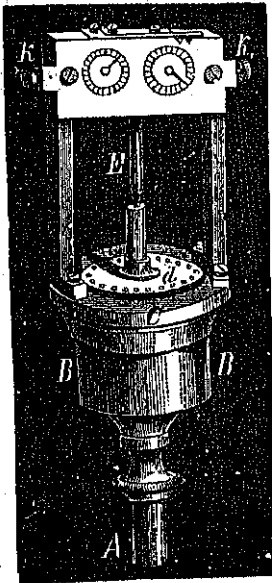
Poměrná výška tónu jest tudíž vyznačena podílem z prosté výšky jeho, dělené prostou výškou příslušného tónu základného.

Prostou výšku, t. j. počet výchvějí tónu možno určití rozličným způsobem. Cagniard de la Tour sestrojil (1827) k tomu cíli tak zvanou syrenu (obr. 218.). Trubicí A puští se z měchu do mosazného bubínku B proud vzduchu, který možno sesilovati neb zeslabovati aneb po nějaký čas stejný udržovati. Bubínek má v hořejší stěně C na pokraji více otvorův v kruhu sestavených, stejně od sebe vzdálených a šikmo vyvrtaňch. Nade stěnou C jest kotouč d , který ku stěně co nejvíce přiblížen, přece nikde se jí nedotýká a okolo osy E velmi snadně se otáčí. V kotouči jest tolik otvorů, kolik jich ve stěně C a otvory kotouče jsou vrhány taktéž šikmo, ale směrem protivným onomu, jež mají otvory ve stěně. V určité poloze kotouče splývá dokonale každý otvor stěny s každým otvorem kotouče a sklonky otvorů svírají vespolek úhel 90 stupňů (obr. 219.). Stojí-li otvory nad otvory a zhuští-li se proudem vzduchu z měchu vycházejícího vzduch v bubínku, bude z něho unikati. Vycházejí však šikmými otvory $bduw$ ve stěně C (obr. 219.) narazí směrem ar kolmo na stěnu otvoru $wace$ v kotouči d . Rozložíme-li pak ar ve složky an a am , bude patrně účinkem složky an vzduch z otvoru kotouče unikati a působením složky am kotouč se otáčeti, tak že střídavě budou otvory kotouče a plné části mezi otvory jeho nalézati se nad otvory hořejší stěny bubínku. Proud vzduchu, prchajícího z bubínku, bude otáčením kotouče ustavičně pravidelně přerušován, čímž vznikají rázy pravidelné za sebou následující, které působují tón tím vyšší čím rychleji za sebou následují, t. j. čím rychleji kotouč

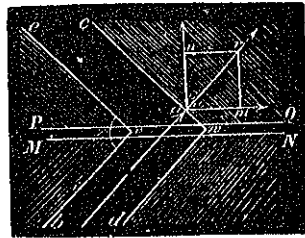
se otáčí a otvory nad otvory přicházejí. Pokud kotouč stejně rychle se otáčí, zůstává i výška tónu stejná, ať proudí otvory vzduch aneb jiný plyn aneb i voda, kteráž se přiměřeným tlakem ze značnější výšky do syreny ve vodě ponožené puď (odkudž i název „syrena“). Patrně tudíž, že výška tónu mění se pouze, když počet rázův se mění, že však nespravuje se hmotou, která se chvěje.

Počet výchvějí určitého tónu se určuje syrenou takto: Osa E má na hořejším konci šroub bezkonečný g (obr. 220.), který zasahuje do kolečka h se 100 zuby. Při každém otočení kotouče postoupí kolečko o jeden zub, pročež otočí se jednou, když kotouč stokrát se otočil. Ručička na ose kolečka nastrčená ukazuje na číselníku, o kolik zubů kolečko se otočilo. Na ose kolečka h jest kolmo připevněna proužka i , která do druhého obyčejně 30 zuby opatřeného kolečka l sáhá a o jeden zub dále je posouvá, když kolečko h jednou se otočilo, tak že otáčí se kolečko l jednou, když kolečko h se otočilo 30krát. Obě kolečka jsou postavena na desce, která kotoučky k a k_1 se posouvá, tak že zuby kolečka buď do závitů šroubových sáhají, buď z nich se vyšinouti mohou. Dává-li syrena tón, jehož prostou výšku máme ustanoviti, tu posouváme v určitém okamžiku desku s oběma kolečky a spojíme kolečko h se šroubem g . Po uplynutí jistého počtu vteřin, který kyvadlem vteřinovým aneb chronometrem se určí, výšine se v určitém okamžiku kolečko ze šroubu a ručičky koleček ukazují pak, kolikrát se kotouč otočil a kolik výchvějí tón, jehož výška po celou dobu nezměněna zůstala, v době té vykonal.

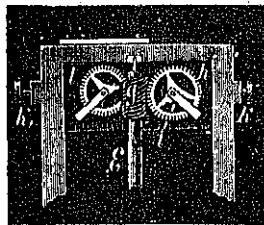
Obr. 218.



Obr. 219.



Obr. 220.



Má-li ku př. kotouč 24 otvorů, tu vzniklo každým otočením jeho 24 výchvějí, jedním otočením kolečka h povstalo tudíž $24 \times 100 = 2400$ a jedním otočením kolečka l $2400 \times 30 = 72000$ výchvějí. Je-li n počet výchvějí v t vteřinách, jest prostá výška dotýčeného tónu $v = \frac{n}{t}$.

Syrena *Seebachova* (1841) jest těžký olověný kotouč 7" průměru, na němž jest soustředně připevněn kotouč z tenké hladké lepenky 12" průměru. Blíže obvodu jest v lepenkovém kotouči ve stejných vzdálenostech jistý počet otvorů v kruhu sestavených. Otáčeli se kotouč okolo své osy dosti rychle a foukáme-li trubici na konci poněkud zúženou do provrtaného kruhu vzduch, tu vzniká tón, jehož prostou výšku možno stanoviti podobným způsobem jako syrenou svrchu popsanou. Někdy bývají v lepenkovém kotouči v soustředných kruzích otvory v počtu rozličném, aby bylo možno dvě neb více tónů vespolek porovnávat.

Syrena *Savartova* (1830) jest ozubené kolečko, které, rychle se otáčejíc, zuby svými do kartu neb tenké dřevěné proužky naráží a tón způsobuje, jehož prostou výšku z počtu oběhův a zubův kolečka snadně lze vypočísti.

203. Stupnice diatonická. Mezi dvěma tóny rozličné výšky možno si mysliti nesčíslný počet jiných tónův; ucho uspokojuje však nejvíce jen jisté určité pořadí osmi tónův, z nichž poslední dvakráté tolik výchvějů koná, co tón prvý, s kterým jaksí v jediný tón splývá.

Prvý tón toho pořadí jest tónem základným, a zove se *prima*; 2., 3., 4., 5., 6., 7. a 8. tón jmenují se *sekunda*, *terce*, *quarta*, *quinta*, *sexta*, *septima*, *oktáva*. Celé toto pořadí zove se *stupnicí diatonickou*. Každá oktáva může býti zase tónem základným pro řadu tónů vyšších, pročež nazývá se soujem k sobě náležitých osmi tónův též *oktavou*. Proto užívá se ku naznačení tónův pouze sedmi písmen, které v nižších a vyšších oktávách čárkami se naznačují. Znaky tónův a prostou výšku jejich seznati lze z následující přehledné tabulky, ve kteréž deset oktáv vyznačeno.

V hudbě nazývá se I. oktáva *hlubokou* neb *subkontra*-oktavou, II. slove *kontra*-oktavou, III. *velikou*, IV. *malou*, V., VI., VII. . . . jmenují se 1., 2., 3. . . *čárkovanou* oktávou. Tak označují se též i jednotlivé tóny těch oktáv.

Francouzové a Italijani nazývají tóny silabami: *ut, re, mi, fa, sol, la, si*; Angličané a Holanďané označují tón *H* písmenem *B*, ostatní jmenují tak jako my.

Volmi přiměřené označení tónův rozličných oktáv jest ono, jež navrhl *Sondhaus* (1860), totiž c^{-3} , c^{-2} , c^{-1} , c , c^2 , c^3 , c^4 . . . neboť možno vypočísti snadně prostou výšku kteréhokoliv tónu, myslíme-li si při každém mocnitéli základ 2 a vložíme-li na místo jména tónu jeho prostou výšku z malé oktavy.

Ku př. $c^{-2} = c \times 2^{-2} = 132 \times \frac{1}{2^2} = \frac{132}{4} = 33$, taktéž $g^4 = g \times 2^4 = 198 \times 16 = 3168$
a t. d.

V hudbě užívá se pouze tónův ležících mezi *C* a *a*. Řada tónův, jež nástroj hudební zplozue, slove *objemem* jeho; podobně mluví se též o objemu hlasu zpěváka. Největší objem tónův mají varhany a fortepiana.

Abý ucho mohlo tón pojmouti, nesmí býti počet výchvějů ve vteřině menší než 16 a nesmí přesahovati 8000 (dle Savarta musí býti počet výchvějů za vteřinu nejméně 7, nejvíce 24000).

Cislo	Prima	Sekunda	Terce	Quarta	Quinta	Sexta	Septima	Oktava
I.	C <u>16·5</u>	D <u>18·6</u>	E <u>20·6</u>	F <u>22</u>	G <u>24·75</u>	A <u>27·5</u>	H <u>30·9</u>	C <u>33</u>
II.	C <u>33</u>	D <u>37·2</u>	E <u>41·2</u>	F <u>44</u>	G <u>49·5</u>	A <u>55</u>	H <u>61·8</u>	C <u>66</u>
III.	C <u>66</u>	D <u>74·4</u>	E <u>82·4</u>	F <u>88</u>	G <u>99</u>	A <u>110</u>	H <u>123·6</u>	c <u>132</u>
IV.	c <u>132</u>	d <u>148·8</u>	e <u>164·8</u>	f <u>176</u>	g <u>198</u>	a <u>220</u>	h <u>247·2</u>	c <u>264</u>
V.	c <u>264</u>	d <u>297·6</u>	e <u>329·6</u>	f <u>352</u>	g <u>396</u>	a <u>440</u>	h <u>494·4</u>	c <u>528</u>
VI.	c <u>528</u>	d <u>595·2</u>	e <u>659·2</u>	f <u>704</u>	g <u>792</u>	a <u>880</u>	h <u>988·8</u>	c <u>1056</u>
VII.	c <u>1056</u>	d <u>1190·4</u>	e <u>1318·4</u>	f <u>1408</u>	g <u>1584</u>	a <u>1760</u>	h <u>1977·6</u>	c <u>2112</u>
VIII.	c <u>2112</u>	d <u>2380·8</u>	e <u>2636·8</u>	f <u>2816</u>	g <u>3168</u>	a <u>3520</u>	h <u>3955·2</u>	c <u>4224</u>
IX.	c <u>4224</u>	d <u>4761·6</u>	e <u>5273·6</u>	f <u>5632</u>	g <u>6336</u>	a <u>7040</u>	h <u>7910·4</u>	c <u>8448</u>
X.	c <u>8448</u>	d <u>9523·2</u>	e <u>10547·2</u>	f <u>11264</u>	g <u>12672</u>	a <u>14080</u>	h <u>15820·8</u>	c <u>16896</u>

Dělíme-li celou řadu tónův některé oktavy počtem výchvějův primy té oktavy, berouce primu za tón základný, tu značí podíly *poměrnou výšku* těch kterých tónův.

Dělíme-li tudíž čísla první řady 16:5, čísla druhé řady 33, čísla třetí řady 66.... jest

	prima	sekunda	terce	quarta	quinta	sexta	septima	oktava
	C	D	E	F	G	A	H	c
<i>pom. výška:</i>	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Znásobíme-li pak čísla tato prostou výškou tónu základného, nabudeme prosté výšky každého tónu č. počtu výchvějů v jedné vteřině vykonaných.

Vložíme-li do stupnice diatonické na místo terce tón, jehož poměrná výška (vzhledem ku primě) jest $\frac{6}{5}$, tu nazývá se tón tento malou tercí a značí se v I., II., III., IV., V..... oktávě:

Es, Es, Es, es, es atd.; bude pak:

	prima	sekunda	malá	terce	quarta	quinta	sexta	septima	oktava
	C	D	Es	F	G	H	A	c	
<i>pom. výška:</i>	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	

Pořadí toto zove se *stupnicí mělkou* (Mollskala), pořadí výše vytknuté *tvrdou stupnicí diatonickou* (Durskala).

204. Souzvuk a nesouzvuk. Tóny, jež zároveň znějící uchu lahodí, zoveme *souzvukné* (consonirend); činí-li tóny, zároveň znějící, dojem *nepříjemný*, jmenují se *nesouzvukné* (dissonirend).

Prima jest *nesouzvukná* se sekundou a septimou, s ostatními tóny oktavy jest souzvukná.

Tři zároveň znějící souzvukné tóny slovou *akkord*. Nejvíce lahodí uchu akkordy: prima, terce a kvinta a pak prima, quarta a sexta.

Čím jednodušší jsou poměry mezi dvěma tóny, tím jsou tyto souzvuknější. Jednoduché jsou poměry primy s oktávou (1:2) s quintou (2:3), s quartou (3:4), s tercí (4:5), a se sextou (3:5). Složitější poměry primy se sekundou (8:9) a se septimou (8:15) způsobují nesouzvuk.

Akkord c, e a g (4:5:6) zove se *veliký trojzvuk* (akkord c dur), akkord c, es a g (10:12:15) jmenuje se *malý trojzvuk* (akkord c moll). Poněvadž jest poměr prvního jednodušší než druhého, jest veliký souzvuknější než malý.

205. Stupnice chromatická. Dělíme-li číslo, jež značí výšku jednoho tónu, číslem, jež značí výšku druhého hlubšího tónu, tu značí podíl odlehlost čili *mezeru* (Intervall) těch dvou tónův.

Čísla stupnice diatonické jsou tudíž mezery tónův vzhledem k tónu základnému.

Ve stupnici diatonické

	C	D	E	F	G	A	H	c
jsou <i>pom. výšky:</i>	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2,
pročež značí čísla:	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

mezery dvou tónův přímo za sebou následujících. Mezerou malé terce *Es* a veliké terce *E* jest $\frac{5}{4} : \frac{6}{5} = \frac{25}{24} = 1.04$.

Největší mezerou jest $\frac{9}{8}$ a nazývá se *velikým celým tónem*, $\frac{10}{9}$ jest *malý celý tón*, $\frac{16}{15}$ *veliký půltón* a $\frac{25}{24}$ *malý půltón*. Mezera menší než 1.04 slove *komma* a poznává se jen cvičeným uchem, proto možno tóny, jichž mezera menší jest než 1.04, vespolek vyměnit. Tak jest ku př. mezerou velikého a malého celého tónu $\frac{9}{8} : \frac{10}{9} = \frac{81}{80} = 1.0125 < 1.04$. Mezera $\frac{81}{80}$ jest tudíž *komma*, pročez možno *veliký celý tón* s *malým celým tónem* vyměnit, aniž by tím souzvuk patrně ujmy doznal.

Jeli *C D E F G A H c* stupnice chromatická s mezerami: $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{16}{15}$ a učiníme-li postupně *D, E, F, G, A, H, c, d*, aneb: *E, F, G, A, H, c, d, e*, aneb *F, G, A, H, c, d, e, f, ...* a vyhledáme-li mezery v těchto stupnicích, tu shledáme, že nebudou dotýčné mezery stejné, byť i ku rozdílu malých a velikých tónů se nehledělo. Abychom stejných mezer docílili, musíme, kde toho bude potřeba, vyšší z obou tónův o půl tónu snížit aneb nižší o půl tónu zvýšit.

Ve stupnici diatonické jsou mezery dva celé tóny, půltón, pak tři celé tóny a konečně půltón, tak že jeví se postup takto:

$$\begin{array}{cccccccc} C & D & E & F & G & A & H & c \\ 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & \frac{1}{2} \end{array}$$

Je-li základním tónem *D*, budou ve stupnici:

$$D \quad E \quad F \quad G \quad A \quad H \quad c \quad d$$

mezery: $1 \quad \frac{1}{2} \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad \frac{1}{2} \quad 1$.

Má-li v této stupnici býti postup přirozený, musí tóny *F* a *c* o půl tónu se zvýšit, aby opět přicházely dva celé tóny, pak půltón, pak tři celé tóny a konečně půltón.

Vycházejíce postupně ode všech tónův stupnice *co* od základních shledáme potřebu zvyšování a snižování i u ostatních tónův. Zvýšení značí se v hudbě znaménkem \sharp a snížení znaménkem \flat . Zvýšené tóny označují se silabou *is* a snížené silabou *es*, kteráž ku dotýčnému písmeni se přivěsí.

Stupnice se zvýšenými tóny a poměrnými výškami:

<i>C,</i>	<i>Cis,</i>	<i>D,</i>	<i>Dis,</i>	<i>E,</i>	<i>Eis,</i>	<i>F,</i>	<i>Fis,</i>	<i>G,</i>	<i>Gis,</i>	<i>A,</i>	<i>Ais,</i>	<i>H,</i>	<i>His,</i>	<i>c</i>
1	$\frac{25}{24}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{75}{64}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{125}{96}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{25}{18}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{25}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{125}{72}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{125}{64}$	2.

Stupnice se sníženými tóny a poměrnými výškami:

<i>C,</i>	<i>Des,</i>	<i>D,</i>	<i>Es,</i>	<i>E,</i>	<i>Fes,</i>	<i>F,</i>	<i>Ges,</i>	<i>G,</i>	<i>As,</i>	<i>A,</i>	<i>B(Hes),</i>	<i>H,</i>	<i>ces,</i>	<i>c</i>
1	$\frac{27}{25}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{32}{25}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{36}{25}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{48}{25}$	2.

Mezery $\frac{Fes}{E} = \frac{F}{Eis} = \frac{ces}{H} = \frac{o}{His} = 1.024$, jsou tudíž menší než *komma* 1.04, pročez možno *E* klásti za *Fes*, *F* za *Eis*, *H* za *ces* a

c za *H.s.* Taktéž jsou mezery $\frac{Des}{Cis} = \frac{Ges}{Fis} = 1.0368$, tudíž také menší než *komma* 1.04, pročez tónův *Cis* a *Des*, *Fis* a *Ges* nelze rozoznati. Proto vkládají se v hudbě na místo těch tónův takové tóny, jichž poměrná výška jest mezi oběma, tudíž větší než *Cis* a menší než *Des*, větší než *Fis* a menší než *Ges*.

Vložíme-li do stupnice diatonické zvýšené a snížené tóny, hledíce k tomu, což bylo právě řečeno o mezerách $\frac{Fes}{E}$, $\frac{F}{Eis}$, $\frac{ces}{H}$, $\frac{c}{His}$, $\frac{Des}{Cis}$ a $\frac{Ges}{Fis}$, tož vznikne tak zvaná *stupnice chromatické* v půltónech postupující a ze 13 tónův (oktavu v to počítaje) se skládající:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Prima	malá sekunda	veliká sekunda	malá terce	veliká terce	quarta	snížená quinta	quinta	malá sexta	veliká sexta	malá septima	veliká septima	oktava
C	Cis (Des)	D	Dis (Es)	E (Fes)	Eis F	Fis (Ges)	G	Gis (As)	A	Ais (B)	H (ces)	c (His)

Z měkké stupnice diatonické možno taktéž měkkou stupnicí diatonickou odvoditi.

206. Temperatura akustická. Postupujeme-li od C počínaje v *oktavách*, jsou poměrné výšky tónův

$$\frac{C}{1} \quad C \quad c \quad \overset{\equiv}{c} \quad \overset{\equiv}{c} \quad \overset{\equiv}{c} \quad \overset{\equiv}{c} \quad \overset{\equiv}{c} \quad \overset{\equiv}{c} \dots$$

$$2 \quad (4=2^2) \quad (8=2^3) \quad (16=2^4) \quad (32=2^5) \quad (64=2^6) \quad (128=2^7) \dots$$

Postupujeme-li z C počínaje v *quintách*, jsou poměrné výšky:

$$\frac{C}{1} \quad \frac{G}{\frac{3}{2}} \quad \frac{D}{\left(\frac{3}{2}\right)^2} \quad \frac{A}{\left(\frac{3}{2}\right)^3} \quad \frac{e}{\left(\frac{3}{2}\right)^4} \quad \frac{h}{\left(\frac{3}{2}\right)^5} \quad \frac{fis}{\left(\frac{3}{2}\right)^6}$$

$$\frac{cis}{\left(\frac{3}{2}\right)^7} \quad \frac{gis}{\left(\frac{3}{2}\right)^8} \quad \frac{dis}{\left(\frac{3}{2}\right)^9} \quad \frac{ais}{\left(\frac{3}{2}\right)^{10}} \quad \frac{f}{\left(\frac{3}{2}\right)^{11}} \quad \frac{c}{\left(\frac{3}{2}\right)^{12}}$$

Jak patrně splyvá 12. quinta se 7. oktávou u c dohromady; poměrná výška téhož tónu má býti stejná, při postupování v *quintách* jeví se však jinou, než při postupování v *oktavách*, neboť $\left(\frac{3}{2}\right)^{12} > 2^7$. Mezera $\left(\frac{3}{2}\right)^{12} : 2^7$ zove se pak *kommou Pythagorovou*.

Ladíme-li tudíž klavír v *quintách*, nebudou oktavy, a ladíme-li je v *oktavách*, nebudou *quinty* správné.

Ucho hudebníka dojmá však i *pramalá nesouzvuknost* oktáv nepřijemně, proto ladí se oktavy zcela správně a výše vytknutá *odchylka*, totiž *komma Pythagorova* rozděluje se všem ostatním tónům, tudíž všem *quintám*.

Toto vyrovnávání *odchylky* relativních výšek zove se *temperaturou akustickou*. Rozdělíme-li *odchylku* všem tónům (vyjma oktavu) tak, aby poměr dvou ve *chromatické* stupnici za sebou následující

cích tónův byl číslem neproměnným, totiž, aby $\frac{Cis}{C} = \frac{D}{Cis} = \frac{Dis}{D} \dots$
 $= \frac{c}{H} = k$ (1), tu jest temperatura stejná. Přidělíme-li pak od-
 chylku pouze těm tónům, jichž řídčeji v hudbě se užívá, tu jest
 temperatura *nestejná*.

Z rovnice 1. plyne $Cis=k.C(2)$; $D=k.Cis=k^2C(3)$; $Dis=k.D=k^3.C(4)$
 $\dots c=k^{12}.C=2C$, pročež $k^{12} = 2$ a tudíž $k = \sqrt[12]{2} = 1.05946$. Vložíme-li
 tuto hodnotu do rovnice 2., 3., 4. . . nabudeme poměrných výšek tónův vzhle-
 dem ku stejné temperatuře.

207. Stupnice harmonická. Stupnice tónův, jichž po-
 měrné výšky postupují v přirozeném č. harmonickém pořadí čísel,
 slove *stupnicí harmonickou* č. *přirozenou*.

Beřeme-li C za tón základný jest stupnice tato následující:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	\underline{C}	\underline{C}	\underline{G}	\underline{C}	\underline{E}	\underline{G}	$\underline{Ais}+$	\underline{c}	\underline{d}	\underline{e}	$\underline{fis}-$	\underline{g}	$\underline{as}+$	$\underline{ais}+$	\underline{h}
$\frac{16}{o}$	$\frac{17}{des-}$	$\frac{18}{d}$	$\frac{19}{es-}$	$\frac{20}{e}$	$\frac{21}{eis}+$	$\frac{22}{fis-}$	$\frac{23}{ges-}$	$\frac{24}{g}$	atd.						

Znaménko + značí, že jest dotýčný tón stupnice přirozené o něco
 vyšší a - že jest o něco nižší, než tón jmenovaný.

2. Znění těl pevných.

208. Znění strun. Chvěje-li se struna způsobem v odst.
185. obr. 192. vytknutým, je-li t doba výchvěje, l délka, p váha
 struny, p_1 závaží, kterým jest struna napnuta, a g zrychlení tíže
 v dotýčném místě, tož jest pak dle výpočtu *Lagrangeova* doba

výchvěje $t = 2 \sqrt{\frac{lp}{gp_1}}$. Je-li struna válcovitá, r její poloměr

a s měrná váha, tož jest pak váha struny $p = r^2 \pi l . s$, pročež

$t = 2 r l \sqrt{\frac{\pi s}{gp_1}}$. Koná-li struna za vteřinu n výchvějů, tak

že $nt = 1$, pročež $n = \frac{1}{t}$, tož jest pak prostá výška tónů, struny

příčně se chvějící, t. j. počet výchvějů v jedné vteřině vykonaných

$n = \frac{1}{2rl} \sqrt{\frac{gp_1}{\pi s}}$.

Z rovnice této možno pak výšku tónův strun příčně se chvě-
 jících vypočísti.

1. Struny *nestejně dlouhé*, ale stejně tlusté, stejně napnuté, stejně husté a
 v témž místě se chvějící dávají tóny *nestejně výšky* a sice dáva struna 2., 3.,
 4., . . . *nkrátě delší* 2., 3., 4. . . *nkrátě hlubší* tón. Koná-li totiž struna, jejíž
 délka jest l , za jednu vteřinu n výchvějů, a koná-li jiná struna, mající délku

L , jinak ale zcela stejná, za vteřinu N výchvějův, jest $n = \frac{1}{2rl} \sqrt{\frac{gp_1}{\pi s}}$

a $N = \frac{1}{2rL} \sqrt{\frac{gp_1}{\pi s}}$, pročež $n : N = \frac{1}{l} : \frac{1}{L}$ aneb $n : N = L : l$.

Značí-li tudíž čísla:

tónův: $C \ D \ E \ F \ G \ A \ H$ 2 poměrnou výšku c , budou značiti

čísla $1 \ \frac{9}{8} \ \frac{5}{4} \ \frac{4}{3} \ \frac{3}{2} \ \frac{5}{3} \ \frac{16}{9} \ 2$ délky tétož struny, která dává postupně tóny diatonické stupnice.

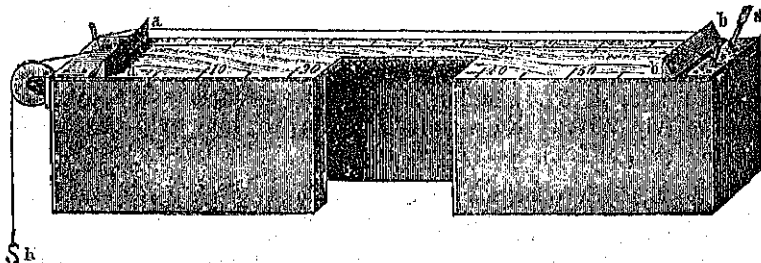
2. Struna, která se liší od jiné pouze tloušťkou, dává tón 2., 3., 4. ... *n*krátě hlubší, je-li 2., 3., 4. ... *n*krátě tlustší. Značí-li r poloměr struny, která se chvěje za vteřinu *n*krátě a R poloměr struny, která se chvěje za vteřinu N krátě, má se prostá výška tónův $n : N = \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$ aneb $n : N = R : r$.

3. Struna 4., 9., 16. ... *n*krátě napnutější než jiná, která se pouze napnutím od ní liší, dává 2., 3., 4. ... *n*krátě vyšší tón. Je-li p napnutí a n počet výchvějův (za vteřinu) jedné, P napnutí a N počet výchvějův (za vteřinu) jiné struny, jest $n : N = \sqrt{p} : \sqrt{P}$.

4. Struna 4., 9., 16. ... *n*krátě hutnější než jiná, která se pouze hutností od ní liší, dává tón 2., 3., 4. ... *n*krátě hlubší. Jsou-li n a N počty výchvějův strun, s a S jich měrné váhy, vyplývá z předešlého $n : N = \frac{1}{\sqrt{s}} : \frac{1}{\sqrt{S}}$ aneb $n : N = \sqrt{S} : \sqrt{s}$.

Zákony právě vytknuté možno dokázati samostrunem (Monochord), který jinak též zvukoměr (Sonometer) neb tónoměr (Tonometer) slove a tak upraven jest, aby táž struna mohla posouvým podstavkem *aa* neb *bb* (obr. 221.) se skrácovati neb prodlužovati a závažím na háček *h* zavěšeným více neb méně

Obr. 221.



*n*aplnati. Vymění-li se struna ta za jinou tlustší neb hutnější, možno tón zákonem v 2. a 4. odstavci vytknuté samostrunem dovésti. Samostrunu možno použiti též ku stanovení prosté výšky tónův, vložíme-li do rovnice $n = \frac{1}{2rl} \sqrt{\frac{gp_1}{\pi s}}$ příslušné hodnoty. Abychom mohli tón s jiným tónem porovnat, bývají na samostrunu dvě struny, z nichž jedna dává tón základný. — Tetrachord (čtverostrun) Pierreův.

Přiložíme-li na strunu v *m*té části délky její lehounce prst a uvedeme-li kratší část její v pohyb (obr. 222.), tu rozdělí se struna v *m* rovných částí, z nichž každá sama o sobě se chvěje.

Sousední části chvějí se sice *současně*, ale směrem *protivným*, proto zůstávají body na rozhraní částí těch ležící K_2 a K_3 v *klidu* a zovoly se *uzly* (Schwingungsknoten). Struna dává pak tón o mnoho vyšší než kdyby volně se chvěla.

O nehybnosti bodů K_2 a K_3 možno se přesvědčiti, navěsíme-li na strunu po celé délce přehnuté papírky (jako jezdece). Chvěje-li se struna, zůstanou papírky pouze v uzlech v klidu.

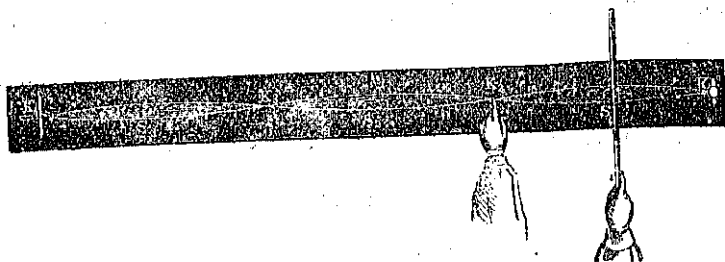
Je-li l délka celé struny a l_1 délka jednoho z oddílů, ve kterých struna se chvěje, a značí-li v a v_1 výšku tónů, n a n_1 počet výchvějův, vyplývá z předcházejícího:

$$n:n_1 = v:v_1 = l_1:l = \frac{l}{m}:l = 1:m, \text{ pročež } v:v_1 = 1:m \text{ a tudíž}$$

$$v_1 = v \cdot m.$$

Beře-li se tón, jež dává struna, chvěje se bez uzlův celá, za tón základný, tak že $v = 1$, tož jest pak $v_1 = m$, t. j. chvěje-li se struna v oddílech, dává tón, jehož výška jest m . Má-li m

Obr. 222.



hodnotu 2, 3, 4, 5..., budou tóny struny s tónem základným *harmonické* (viz 207.). Na strunách zovoly se tóny tyto *flažoletové č. ptačí* (Vogeltöne). — (Pigot 1676).

Na dlouhých volně napnutých strunách může i vítr tóny harmonické vyluzovati (*Aeolova harfa* 1781. — Znění drátů telegrafických).
Podélné chvění strun. — Uzly chvěním tímto vznikající.
Strunové hudební nástroje vzhledem ku zákonům, jimiž spravuje se výška tónu na struně.

209. Znění pružných tyčí. a) *Chvění příčné.* Upevníme-li dlouhou pružnou tyč jedním koncem ve svěráku (obr. 194. na str. 198.) a vyšíneme-li druhý konec její z polohy rovnovážné, chvěje se tyč *příčně*. Skrácujeme-li tyč postupně vždy více a více, tu shledáme, že *počty výchvějů jsou v převráceném poměru se čtvrcí délky tyče*.

Dotkneme-li se tyče v *m*tém dílu délky její, vznikají na tyči *uzly* a tyč chvěje se v m oddílech.
Prostá výška tónu, jež tyč dává, čili počet výchvějů tyče ve

Vteřině $n = a \cdot \frac{t}{l^2}$, v čemž značí l délku, t tloušťku tyče a a veličinu, která řídí se pružností, počtem uzlův a způsobem, kterým jest tyč upevněna.

Tyče se nachvívají v rovině, nýbrž konají v pohybu dráhy odstředivé, o čemž možno se přesvědčiti, opatříme-li volný konec tyče lesklým knoflíkem, který silně se osvětluje (*Wheatstonův kalcidofon*).
 Železná housle. — Skleněná harmonika. — Hrací strojky v hodinách.

— Triangl.

Ku stejnému naladění nástrojů hudebních slouží *vidlice laděcí* (*Stimmgabel*), t. j. ocelová tyčinka ve dvě rovnoběžná ramena ohnutá a na ohybu rukověti opatřená, tak že dvouramenné vidlice se podobá. Udeříme-li jedním ramenem o tvrdý předmět a nasadíme-li rukověť na spolupůňící předmět (223) dává vidlice zřetelně tón a , jemuž přísluší 440 výchvějů ve vteřině. (Dle normalného ladění z Paříže doporučeného a téměř všude přijatého koná vidlice ve vteřině 426 výchvějů.)

Počet výchvějův, jež; znějící tyč v jisté době koná, možno graficky stanoviti. Přístroje, jichž se k tomu užívá, slovou *fonografy* neb *vibrografy*. *Fonograf Dukamelův* od *Königa* opravený skládá se z válce povlečeného papírem, který koptem aneb jinou jemnou látkou se popráší a klikou netoliko okolo své osy se otáčí, nýbrž i šroubovitě ku předu postupuje. Opatříme-li chvějící se tyč tonkou pružnou špičkou a dotýká-li se špička papíru, aniž by se chvěla, opisá na něm rovnou spirální čáru, když válec hodinovým aneb jiným strojem pravidelně se otáčí a současně i ku předu postupuje. Chví-li se tyč rovnoběžně s osou válce vznikne na papíře spirální čára vlnitá (-----). Z počtu vln v určité době opsaných možno pak počet výchvějů ve vteřině a tudíž také prostou výšku tónu ustanoviti. Pro porovnání slouží laděcí vidlice, jejíž počet výchvějův ve vteřině jest znám. Opisuje-li laděcí vidlice s tyčí vedle sebe *současně* na válci vlnitou spirální čáru, potřeby jen počty vln za týž čas opsaných porovnáti.

Je-li n počet výchvějů vidlice a N počet výchvějů tyče v témž čase opsaných, p počet výchvějů vidlice za jednu vteřinu a a počet výchvějů tyče za jednu vteřinu, tož jest pak $n : N = p : a$, z čehož $a = \frac{N}{n} \cdot p$.

b) *Chvění podélné*. Upevníme-li tyč u prostředek neb na jednom aneb na obou koncích a třeme-li ji po délce, tu chvěje se tyč podélně.

Jednotlivé vrstvy její zhušťují a zředňují se střídavě, čímž vzniká chvění stojaté, tak že dává pak tyč určitý tón, čím vyšší, čím jest kratší a čím rychleji a silněji se tře. Ostatně řídí se výška tónu též hmotou tyče. Tloušťka tyče noční ve výšce žádného rozdílu.

Ze stejných okolností dává tyč podélně se chvějící vyšší tón než když se chvěje příčně, proto musí býti tyč delší, má-li dávatí tón týž, který dává, chvějí se příčně.

Chvěním podélným vznikají uzly tak jako chvěním příčným.

Kovová neb dřevěná tyče trou se kalafunou neb jinou pryskyřičnou látkou, tyče skleněné vlhkým sukem. Dotýká-li se třená tyč kulo hlouvné na niti volně zavěšené, můžeme z pohybu kulo té chvění tyče zřetelně pozorovati.

Tyčková harfa *Martoyceova*.

c) Trou-li se tyče točivě, vzniká *chvění točivé*. Základný tón jejich jest pak téměř o quintu hlubší než když se chvějí podélně.

210. Znění desky. Upevníme-li *skleněnou* neb *kovovou* desku pravidelného tvaru ve vodorovné poloze do svěráku a třeme-li přibroušený okraj její smyčcem, chvěje se a dává jistý tón. Křížením vln postupujících a od krajů zpět odražených rozděluje se pak deska ve více oddílův, z nichž sousedné chvějí se současně *směrem protivrtným*, tak že části desky mezi dvěma sousednými oddíly v klidu zůstávají a tak zvané uzlové čáry (Knotenlinien) tvoří.

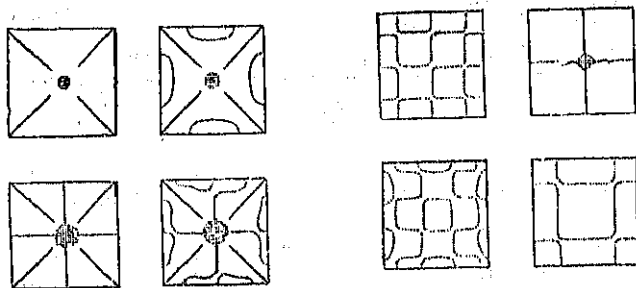
Posypeme-li desku jemným suchým pískem, nahromadí se tento na uzlových čarách, čímž vznikají tak zvané *zvukové obrazce Chladného* (1787).

Tvar obrazcův (obr. 223) mění se *výškou* tónu, *tvarem*, *hmotou* a *velikostí* desky jakož i *místem*, kde deska jest *upevněna* a kde se *tře*. Čím *vyšší* jest tón, tím složitější jest obrazec, v tím více oddílech chvěje se deska.

Přiložíme-li prst volně ku desce, bude tvar obrazce jiný, než když deska volně se chvěje. Poněvadž možno desku v kterémkoli místě upevniti, ji na pokraji kdekoliv tříti a kdekoliv prstem jí se dotýkati, může býti též tvar obrazcův velmi rozličný. V místech, kde deska jest upevněna a kde se jí prstem dotýkáme, vznikají vždy uzly.

Nasypeme-li na desku spolu s pískem výtrusův plavuňových, nahromadí se výtrusy na desce v těch místech, která konají nejširší výchvěje. Ve prostoru vzduchoprázdném nelze však tohoto výjvu pozorovati. Dle domněnky

Obr. 223.



fysikův odpuzuje ta část desky, která nejširší výchvěje koná, vzduch nejdále. Když pak tato část desky opět *dolů* se chvěje, zanechává za sebou prostor se vzduchem *zředěným*, do kterého vzduch se všech stran a tudíž také z uzlových čar proudí a lehoučké výtrusy, které mu v pohybu překážejí, s sebou unáší a je na těch místech, která nejširší výchvěje konají, osazuje.

Nalijeme-li na desku něco *vodý* vznikají chvěním desky pěkné vlny, kteréž jsou tím menší, čím jest tón vyšší.

Čínský *tamtam*. — *Talířka* (finkačky).

Zvony, jež možno pokládati za desky *zkrivené*, chvějí se v oddílech tak jako desky rovné. Naplní-li se *převrácený skleněný zvon* asi do polou vodou, jejíž povrch posypán výtrusným práškem

plavuňovým, a tře-li se na pokraji smyčcem, tu naznačuje prášek uzlové čáry zcela patrně. Čáry tyto sbíhají se ve vrcholi zvonu v úhlech 90° , 60° , $45^\circ \dots \frac{360^\circ}{2n}$, dotýkáme-li se lehounce pokraje v místech 90° , 60° , $45^\circ \dots \frac{360^\circ}{2n}$ od sebe vzdálených a třeme-li pokraj právě u prostřed těch míst silně smyčcem.

Zavěsíme-li lehounké kuličky z bezové duše aneb korku na nitech tak, aby pokraje zvonu ve vzdálenostech 90° , $60^\circ \dots$ se dotýkaly, zůstanou kuličky v klidu na místech, kde vznikají čáry uzlové, na místech ostatních pak se pohybují, pokud zvon se chvěje.

Ladění zvonů. — Hravé zvonky.

Napnuté blány okrouhlé, jakéž máme na bubnech, chvějí se buď v celku, buď v oddílech; chvějí-li se v oddílech, jsou uzlové čáry kruhy *soustředné*.

3. Znění vzdušin a kapalin.

211. Hudební nástroje dechové. V dechových nástrojích hudebních jest znějším tělem *vzduch*, pročez řídí se *výška* tónu pouze sloupcem vzduchu, nikoliv pak hmotou neb tloušťkou stěn nástroje, který chvějící se sloupec vzduchu omezuje.

Hmotou mění se pouze *ráz* a *síla* tónu, o čemž možno přesvědčiti se píšťalami stejného rozměru a stejného tvaru ale nestejné hmoty. Jsou-li píšťaly příliš *tenké* a *ohébné*, ku př. papírové neb pergamenové, dává píšťala taková *hlubší* tón než jiná zcela stejná dřevěná neb kovová. Navlhlí-li se papírová píšťala, jest tón její ještě *hlubší*.

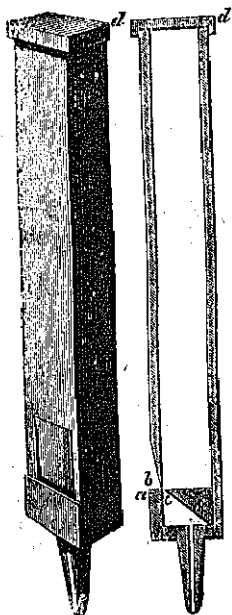
212. Píšťaly retné. Obr. 224. znázorňuje *píšťalu retnou* č. *slétnovou* (Labialpfeife), do které proudí vzduch úzkou trubicí, tak zvanou *nožkou*; hranol, který *jádrem* slove a trubici *bd* od nožky odděluje, nedopouští pak vzduchu jinudy z nožky unikati leč *úzkou štěrbinou* u *c*, kdež naráží proud vzduchový na ostrou hranu tak zvaný *hořejší ret* *b*, pod nímž jest otvor *ab*, který *ústím* se nazývá a kterým vzduch z nožky do vzduchu vnějšího unikati může. Píšťala, jejíž délka měří se teprv od *b*, jest na konci *zavřena* deskou *d* aneb jest *otevřena*.

A) *Píšťala zavřená.* Proudí-li vzduch z úst neb z měchu (u varhan), nožkou do píšťaly zavřené, rozráží se na ostří hořejšího rtu *b*, jedna část jeho vniká do píšťaly a naráží na nejbližší vrstvu sloupce vzduchového v píšťale, tak že vrstva tato se zhustí. *Zhustění* postupuje pak celým sloupcem vzduchovým ve způsobu *vlny* až ku desce *d*, která píšťalu uzavírá, odráží se od desky nazpět až k ústí, kdež pak část vzduchu z píšťaly uniká. Do zředěné vrstvy proudí pak vzduch z nejbližší vrstvy, což pak ve všech vrstvách se opakuje, tak že též *zředění* ku *d* ve způsobu vlny postupuje.

Aby pak byla v hustotě vrstev rovnováha, nastane pohyb vzduchu směrem protivravným, čímž vrstva vzduchu při ústí se zředí a ústím část vzduchu vnějšího do píšťaly vnikne.

Proudí-li vzduch nožkou stále do píšťaly vznikne křížením postupujících a odražených vln *podélné chvění stojaté*, které působuje znění.

Obr. 224.



V odst. 200. c) dovozeno, že při stojatém chvění podélném *převodní hustota* ale *největší intenzita* výchvěje mají vždy místa, která jsou ode stěny, od níž vlna se odráží, vzdálena $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$

... $\frac{(2n+1)}{4}$ délky vlny. Při ústí píšťaly, kdež vzduch v píšťale obsažený stýká se ustavičně se vzduchem vnějším, jest hustota vzduchu v píšťale vždy stejná, pročež intenzita výchvěje vždy největší. Na desce, kterou jest píšťala uzavřena, vzniká vždy uzel, proto střídá se tam (dle 200. c) ustavičně největší zředění s největším zhustěním.

a) Je-li tudíž v píšťale pouze *jeden* uzel na konci, t. j. na desce d , musí býti ústí od něho vzdáleno $\frac{1}{4} l_1$, v čemž značí l_1 délku vlny. Délka píšťaly L jest pak též vzdálenost ústí od desky, pročež $L = \frac{1}{4} l_1$, z čehož $l_1 = 4L$. V případě tom dává píšťala tón *nejhlubší*.

b) Při tónu *nejblíže vyšším* vznikají *dva* uzly. Jeden jest na desce, druhý musí býti od prvního $\frac{1}{2} l_2$ (dle 200) vzdálen, v čemž l_2 značí opět délku vlny. Ústí jest pak od uzlu druhého vzdáleno $\frac{1}{4} l_2$,

tak že délka píšťaly $L = \frac{1}{2} l_2 + \frac{1}{4} l_2 = \frac{3}{4} l_2$, pročež délka vlny $l_2 = \frac{4}{3} L$.

c) Povstávají-li v píšťale *tři* uzly, jest jeden na desce, druhý ve vzdálenosti $\frac{1}{2} l_3$ od prvního, třetí ve vzdálenosti $\frac{1}{2} l_3$ od druhého a ústí ve vzdálenosti $\frac{1}{4} l_3$ od třetího uzlu; jestiž pak délka píšťaly

$$L = \frac{1}{2} l_3 + \frac{1}{2} l_3 + \frac{1}{4} l_3 = \frac{5}{4} l_3,$$

z čehož délka vlny $l_3 = \frac{4}{5} L$.

Poněvadž zůstává délka píšťaly L vždy stejná, jest patrné

$$L = \frac{1}{4} l_1 = \frac{3}{4} l_2 = \frac{5}{4} l_3 \dots \text{čili } l_1 = 3l_2 = 5l_3 \dots,$$

pročež $l_1 : l_2 : l_3 \dots = 1 : \frac{1}{3} : \frac{1}{5} \dots$. Výšky tónů jsou však v převráceném poměru s délkami výchvějův, pročež jsou výšky tónův v též píšťale *silnějším* *fouknutím* postupně vznikajících v poměru lichých čísel $1 : 3 : 5 : 7 : 9 \dots 2n-1$.

B) *Píšťala otevřená.* Je-li píšťala na konci *otevřena*, vychází *zhustěný* vzduch otvorem u *d* (obr. 224.) do vzduchu vnějšího. Setrvačností uniká však z píšťaly více vzduchu než jest potřeba, aby byla v rovnováze hustota vzduchu v píšťale a hustota vzduchu vnějšího. Na konci píšťaly bude tudíž vzduch *zředěn*, protože proudí tam vzduch z vrstvy sousední tak dlouho až jest tam hustota též jako hustota vzduchu vnějšího. Tím bude opět druhá vrstva vzduchu zředěna a zředění postupuje od konce píšťaly až k ústí, kterým vniká do zředěné vrstvy vzduch vnější, tak že jest v píšťale při ústí tak jako na otevřeném konci hustota vzduchu též jako vzduchu vnějšího.

Kdyby se na otevřeném konci octnula vrstva *zředěná*, opakoval by se postup právě vytknutý způsobem opáčeným. I v tomto případě měl by však vzduch na obou koncích píšťaly hustotu vzduchu vnějšího.

Proudí-li vzduch nožkou stále do píšťaly, vznikne křížením vln opět *stojaté chvění podélné*, protože i *znění*.

a) V píšťalo otevřené mají vrstvy vzduchu na obou koncích *převodit hustotu*, protože *největší intenzitu* výchvěje, tudíž vznikne nejhlubší tón píšťaly, když jest jen *jeden uzel* u prostřed. Každý konec jest pak od uzlu vzdálen $\frac{1}{4} l_1$, značí-li l_1 délkou vlny. Délka píšťaly $L_1 = \frac{1}{4} l_1 + \frac{1}{4} l_1 = \frac{1}{2} l_1$, protože délka vlny $l_1 = 2L_1$.

b) Pro tón *nejblíže vyšší* s *dvěma* uzly jest pak každý uzel od druhého vzdálen $\frac{1}{2} l_2$ a každý konec od sousedního uzlu $\frac{1}{4} l_2$, jest tudíž délka píšťaly $L_2 = \frac{1}{4} l_2 + \frac{1}{2} l_2 + \frac{1}{4} l_2 = \frac{3}{4} l_2$, protože délka vlny $l_2 = \frac{4}{3} L_2$.

c) Při *trech* uzlech bude z přičin *výše* vytknutých délka píšťaly $L_3 = \frac{1}{4} l_3 + \frac{1}{2} l_3 + \frac{1}{4} l_3 = \frac{3}{4} l_3$, protože délka vlny $l_3 = \frac{4}{3} L_3$.

Poněvadž zůstává délka píšťaly L_1 nezměněna, jest

$$L_1 = \frac{1}{2} l_1 = \frac{3}{4} l_2 = \frac{3}{4} l_3 = \frac{4}{2} l_4 \text{ čili } l_1 : 3l_2 = 3l_3 = 4l_4 \dots$$

pročez $l_1 : l_2 : l_3 : l_4 \dots = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} \dots$

Poměrné výšky tónů v otevřené píšťale postupným silnějším foukáním vznikajících jsou v pořadí stupnice přirozené čili harmonické: 1, 2, 3, 4, ... n (207.).

V píšťalách *zavřených* i *otevřených* jsou výšky tónů v *převráceném poměru* ku délkám píšťaly.

Ladění píšťal posouváním pístiti, kterým jest píšťala uzavřena aneb rozšířením neb zúžením otvoru na konci. *Píšťala pastýřská.* — *Fletna.* Postranné otvory píšťaly pastýřské a fletny. — *Fletna Panova.* — *Flageolet.* — *Piccola.*

Délka vlny základného tónu píšťaly *zavřené* jest $l_1 = 4L_1$, délka vlny základného tónu píšťaly *otevřené* $l_1 = 2L_1$. Má se tudíž výška základného tónu píšťaly *zavřené* ku výšce základného tónu

píšťaly otevřené jako $2L_1 : 4L$ a jsou-li délky píšťal stejny ($L=L_1$), jako 1:2, t. j. píšťala otevřená dává základný tón dvakrát vyšší než zavřená též délky, proto jest tón otevřené píšťaly vyšší okta-ovou tónu píšťaly zavřené, stejně dlouhé. Mají-li dávatí obě píšťaly týž základný tón, musí býti otevřená dvakrát tak dlouhá jako zavřená.

Príměřenými přístroji možno znázorniti, že v uzlech, které chvěním vzduchového sloupce v píšťalách vznikají, zhustění a zředění se střídá a v určitých místech, kde má vzduch největší intenzitu výchvěje, hustota vzduchu v píšťale rovná se hustotě vzduchu vnějšího.

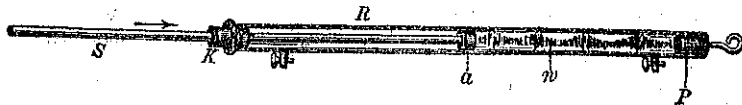
a) Posouváme-li píšť, ku stěnám píšťaly těsně přiléhající, ve trubici k místům, kde jest 1., 2., 3., 4.... uzel, vzniká tón základný aneb dotýčný harmonický tón 3, 5, 7....

b) Je-li píšťala v místech, kde jest největší intenzita výchvějův, opatřena otvory, které se mohou *otevřítí* a *zavřítí*, zůstane výška tónu taťáž, když jsou otvory zavřeny i když jsou otevřeny, z čehož patrno, že má vzduch v místech těch v píšťale hustota vzduchu vnějšího.

c) Ku znázornění uzlův použil *Hopkins* skleněné trubice asi $1\frac{1}{2}$ " široké a 2' dlouhé, která se spojí s nožkou píšťaly retné a ve které kroužek s nappnutou blanou měchýřovou se posouvá. Nasypeme-li na blánu drobný písek, zůstane v uzlech v klidu, v místech největší intenzity výchvěje pak se nejrychleji pohybuje. *König* přidělal ku píšťale v určitých místech schránky, které byly od vnitřku píšťaly tenkou blanou odděleny. Do schránek těch ústí dvě trubice, jednou do nich svtliplyn uniká, na konci druhé trubice pak se zapaluje. Foukáme-li do píšťaly, pohybuje se, aneb zhasíná plyn schránek těch, které přiléhají k trubici v místech, kde největší zhustění a zředění se střídá, v místech pak, kde hustota se nemění, hoří plamen tiše.

d) *Kundt* znázornil (1866) podélné stojaté chvění sloupce vzduchového jemným práškem (ku př. výtrusy plavuňovými) ve trubici asi $1\frac{1}{2}$ centimetru

Obr. 226.



široké, na jednom konci posouvnou zátkou *P* (obr. 226.) uzavřené. Druhý konec jest uzavřen provrtanou zátkou korkovou *K*, jejímž otvorem zastrčena do trubice skleněná tyčinka *S*, mající na konci korkový kotouč a málo menšího průměru než jest světlost trubice *R*. Třeme-li část tyčinky ze trubice vyčnívající vlhkým sukнем, chvěje se tyčinka stojatě podélně a korkem *a* převádí se chvění její na vzduch ve trubici obsažený, který taktéž *stojatě podélně* se chvěje. Prášek ve trubici chvěje se spolu s vzduchem a osazuje se na stěnách trubice ve tvaru dotýčných vlny. Když se vše v klid vrátilo, možno délku via vzduchových vlnami práškem znázorněnými měřiti.

213. Píšťala jazýčková (Zungenpfeife) skládá se ze tří částí, totiž: a) ze trubice *mn* (obr. 226.), dole u *m* uzavřené, nahoře u *n* otevřená a po jedné straně opatřené šterbinou, ku které přiléhá pružná proužka kovová, tak zvaný *jazýček* *z*; b) z trubice *ou*, dole nožkou *o* opatřené, kterou vzduch z měchu se proudí; c) z nálevkovité trubice *R*, která do otvoru jazýčkové píšťaly se nasazuje. Vzduch proudící nožkou *o* do trubice *ou* uniká šterbi-

nou píšťaly *mn* a násadou *R* do vzduchu vnějšího, čímž přivádí se jazýček ve chvění, tak že střídavě štěrbinu uzavírá a otevírá, čímž vzbuzuje se v píšťale *mn* tón tímž způsobem, jako u syreny (202.). Příjemnější tóny vznikají, je-li jazýček *poněkud* užší, než štěrbinu, aby mohl i do vnitř píšťaly se chvěti (obr. 227.).

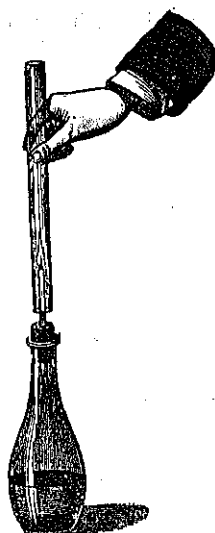
Výška tónu jest tím větší, čím rychleji jazýček se chvěje. Drátěnou ručičkou posouvnu *K* možno chvějící se část jazýčku skrátkiti neb prodloužiti a tím tón zvýšiti neb snížiti. Násadou *R* stává se tón obyčejně poněkud *hlubší* než onen, jež dává píšťala jazýčková sama o sobě.

Harmonika ústná. — Harmonika tahací. — Fisharmonika. — Oboe. — Klarinet. — Fagot. — Dětské trubky. — Drnkadka.
Kovové nástroje hudební: trouby, rohy atd.

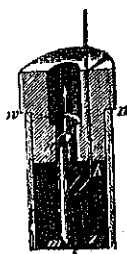
Obr. 226.



Obr. 228.



Obr. 227.



214. Hlasové ústrojí lidské podobá se takřka píšťale jazýčkové. Nejdůležitější části jeho jsou: *chvítán* (Kehlkopf), t. j. hořejší rozšířený díl *průdušnice* (Luftröhre), jehož blánovitá stěna vychází nahoře ve dvě pružných *svazků*, které zůstávají mezi sebou toliko úzkou *štěrbinu hlasovou*. Nad štěrbinou jest chrupavkový *příklop* č. *jazýček*, jednou stranou přirostlý, jinak hybný, který štěrbinu otevírá, když vzduch z plic proudí. Jsou-li svazy *popuštěny*, jako ku př. při dýchání, tu nevzniká hlas; jsou-li pak svazy *napnuty*, *chvějí se* silným a stejnoměrným proudem vzduchu z plic unikajícího, čímž vzniká *tón*, který jest tím vyšší, čím více jsou svazy napnuty a čím užší jest štěrbinu hlasová.

215. Chemická harmonika. Přiklopíme-li na plamen vodíkový zvolna skleněnou neb plechovou trubici (obr. 228.), vzniká v jistém místě trubice *znění*, kteréž spravuje se (dle pozorování od Chladného r. 1794 konaných) zákony týmiž jako znění vzduchu v píšťalách.

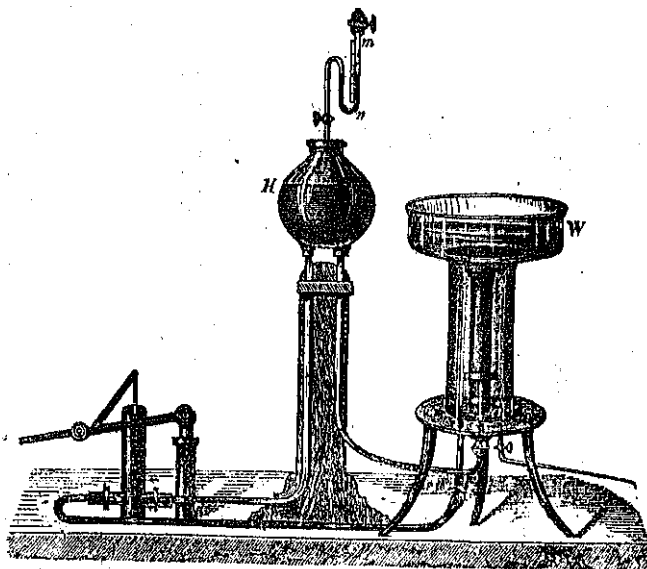
Na místě plamene vodíkového může ku pokusům použití se též plamene svítiplynu, par líhových atd. a místo trubice též nádob baňkovitých neb láhví buď na konci otevřených buď uzavřených.

Přístroj, kterým plameny ve znění se uvádějí, slove *chemickou harmonikou*.

Znění plamene pozoroval nejprvé *Higgins* r. 1777.

216. Znění kapalin. *Kapalina* dává *tón*, puď-li se ze stlačeného kaučukového vaku do píšťaly v též kapalině ponořené (*Cagniard de la Tour* 1832).

Obr. 229.



Rtut dává *tón* hlubší než voda. Mastné oleje a kyselina sirková dávají *tóny* teprv při zvýšené teplotě.

Wertheim sestrojil r. 1849 *vodní píšťalu* (obr. 229.), která od varhanové píšťaly; retně jen tím se liší, že jest *mosazná* a že rty její mohou se posouvat, aby ústí dle potřeby se rozšířilo neb zmenšilo. Nasazením jiných trubic může píšťala se prodloužit a připevněním desky na otevřeném konci v píšťalu zavřenou proměnit. Voda tlačí se pumpou na tlak do Heronovy bání *H*, odtud pak tlakem vzduchu, jež možno manometrem *m* ustanoviti, do píšťaly ve vodě ponořené. Při nejmenším tlaku vzniká *tón* nejhlubší.

B. Rozvádění a slyšení zvuku.

217. Rozvádění zvuku. Z těla zvučícího rozvádí se zvuk až do ucha lidského nejčastěji *vzduchem*. Každé *dosti pružné* tělo může však býti zvukovodičem, tudíž mohou zvuk rozváděti těla *vzdušná, kapalná i pevná*, jsou-li jen dostatečně pružná.

Ve prostoru vzduchoprázdném zvuk se nerozvádí. Budíček pod přiklopem vývěvy. — Příklady o vodivosti zvuku těl kapalných a pevných.

Je-li zvučící tělo kule, vzniká ve vzduchu *chvění postupné* způsobem v odst. 196. vytknutým, kteréž až do ucha se rozvádí a dojem zvuku působuje.

Není-li tělo kulovité, vznikají v jisté vzdálenosti od něho *zvukové vlny kulovité*, které vždy dále až k uchu postupují a na ústroj sluchový působí (obr. 230.).

Každý bod zvučícího těla stává se středem vlny kulovité a veškeré vlny tyto, ze všech bodů zvučícího těla vycházející, splývají křížením v jedinou vlnu, která postupuje až do ucha a jejíž střed jest některý bod ve prostoru, v němž zvuk se vzbuzuje.

Poloměr kulovité, zvukové vlny zove se paprskem zvukovým (Schallstrahl).

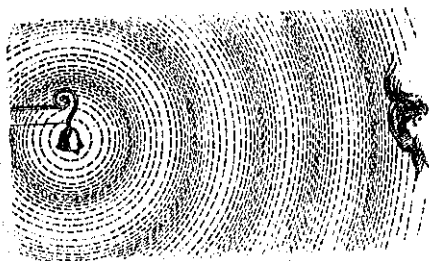
218. Ústrojí sluchové. Ústrojí sluchové, jímž zvuk ku vědomí našemu dochází, záleží ve dvou hlavních částích, totiž části *zevnější* a *vnitřní*.

Vlny ze zvukobudiče vycházející pojímá *boltec a* (obr. 231. A), který se zúžuje ve *zvukovod b*, uzavřený na konci pružnou blanou, tak zvaným *bubínkem c*, který nárazem vln ve chvění se přivádí. V tak zvané *dutině bubínkové* za bubínkem jsou pak

kůstky sluchové, jež mají dle tvaru svého zvláštní jména, a sice: *kladívko m* (obr. 231. B), které jedním koncem dotýká se bubínku *c*, druhým pak *kovačlínky o*, která *čočkovitou kůstkou l* spojena jest se *třmánkem t*. Třmánek přiléhá pak ke *bludišti* (obr. 231. C), jež skládá se ze tří dutin, totiž z *předstěň*, *zdvítu* a *obloukovitých chodeb*.

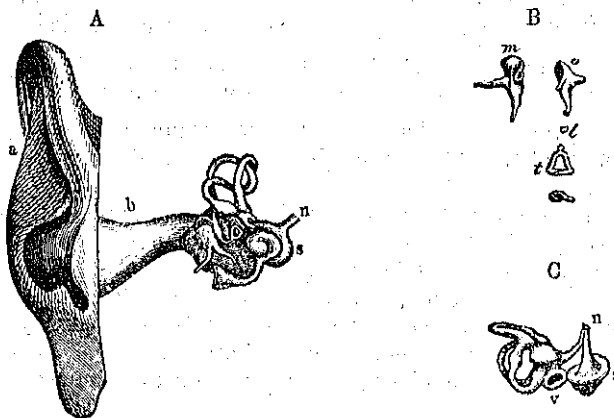
Předstěň jest malá vejčitá dutina, která se závitem, chodbami a pomocí *blány podélné* v též s bubínkem souvisí. *Zdvít* s podobá se skořápcí hlemýžďe a jest trubice pohnáhu se úžící, $2\frac{1}{2}$ kráté za-

Obr. 230.



vinutá; s bubínkem souvisí tak zvanou *blánou okrouhlou*. Chodby jsou tři úzké polokruhovitě trubice, jichž roviny stojí na sobě téměř kolmo. Ve všech třech částích bludiště jest jasná bílkovitá

Obr. 231.



kapalina, ve které se rozestírá *sluchový nerv n*, který z mozku do závitů a předně vchází.

Chvění bubínku převádí se kůstkami sluchovými až ku bláně podélné, kteráž, chvěje se, způsobuje chvění kapaliny ve bludišti uzavřené. Kapalinou rozvádí se pak chvění až ku nervu v ní splývajícímu a nervem sdělují se pak dojmy sluchové mozku.

Dutina bubínková jest spojena tak zvanou *trubicí Eustachovou* s ústy, aby vzduch v dutině měl tutéž hustotu, jako vzduch vnější. Tím vysvětleno spole, proč lidé přihluchlí ústa otvírají, chtějíce lépe slyšeti.

219. Rychlost zvuku. Poněvadž vlna jen postupně se rozšiřuje, patrné, že i zvuk jen postupně, t. j. v určitém čase s místa k místu se rozvádí. Rychlost, kterou zvuk v prostředcích postupuje, řídí se hustotou a pružností prostředí a jest tudíž v rozličných prostředcích rozličná.

a) Ve vzduchu postupuje zvuk při teplotě 0° rychlostí asi $1050'$, což dovozeno theoreticky i prakticky četnými zkouškami.

Pařížská akademie věd dala r. 1788 rychlost zvuku od několika učenců zkouškami vyšetřiti. Na dvou místech, 29000 metrův od sebe vzdálených byla v noci vypalována střídavě děla a měřena doba, jež uplynula od okamžiku, kde spatřili pozorovatelé zablesknutí ohně až k okamžiku, kde zaslechli ránu. Rychlost světla jest tak veliká, že ve vzdálenosti svrchu vytknuté možno pokládati za to, že na jedné stanici bylo zablesknutí viděti v *témž okamžiku*, ve kterém na druhé stanici dělo se vypálilo; ránu bylo však slyšeti *později*.

Poněvadž zablesknutí a rána vznikají *současně*, patrné, že zvuk potřeboval jistého času, aby s jednoho staniště až ke druhému 29000m vzdálenému

postoupil. Doba t , které potřeboval zvuk, aby dráhu $s=2900\text{m}$ vykonal, byla chronometry určena a rychlost zvuku vypočtena pak (dle 108. a) z rovnice

$$c = \frac{s}{t} = 332\text{m} (1043').$$

Podobné zkoušky opakovaly se od r. 1738 od rozličných učencův vícekrát i shledáno, že

1. zvuk rozšiřuje se ve vzduchu *rovnoměrně*, konaje postupně ve stejných dobách stejné dráhy.

2. rychlostí zvuku přibývá, přibývá-li teploty a vlhkosti vzduchu, a sice přibývá při každém 1°C rychlosti $2'$.

3. rychlost nemění se expanzí vzduchu, zůstávajíce při rozličné expanzi tatáž.

4. rozšiřuje-li se zvuk směrem větru, nutno ku rychlosti zvuku rychlost větru připočísti, rozšiřuje-li se zvuk směrem protivným směru větru, stává se rychlost zvuku o rychlost větru menší. Věje-li vítr směrem kolmým na směr, jímž zvuk se rozvádí, nemění se rychlost zvuku, věje-li vítr šikmo na směr zvuku, možno směr větru ve dvě složky rozložití, z nichž jedna kolmo na směr zvuku působí a druhá se směrem zvuku v tutéž přímku splývá a rychlost zvuku buď zvětšuje, buď zmenšuje.

5. Vysoké i nízké, slabé i silné tóny rozličného rázu rozšiřují se ve vzduchu *toutéž rychlostí*, z čehož patrné, že rychlost zvuku nemění se ani dobou výchvěje, ani délkou, ani tvarem vlny. Z té příčiny neruší se souzvuk hudební skladby vzdáleností.

Z počtu vteřin uplynulých od okamžiku, kdy spatřeno zablesknutí, až k okamžiku, kde slyšán výstřel, možno vzdálenost děla určití, taktéž možno ustanoviti vzdálenost mraku, počítáme-li vteřiny od zablesknutí až ku rachocení hromu a znásobíme-li počet vteřin 1050'.

Hloubka studní a šachet může se taktéž vypočísti, hodíme-li do studně neb šachty kámen a určíme-li dobu t , která uplyne od okamžiku, kdy kámen padati počíná, až k okamžiku, kdy dopadnutí jeho jest slyšeti. Doba t skládá se ze dvou částí t_1 a t_2 . V době t_1 padá kámen dolů, v době t_2 přichází zvuk z dola nahoru. Je-li x hloubka studně, tož jest pak $t_1 = \sqrt{\frac{2x}{g}}$ a $t_2 = \frac{x}{c}$,

pročež $t = t_1 + t_2 = \frac{x}{c} + \sqrt{\frac{2x}{g}}$, z čehož x vypočísti možno.

Ku měření rychlosti zvuku ve vzduchu i v menších vzdálenostech použil *Boscha* (1854) dvou zvukobudičů, kteří *současně* ve stejných přestávkách dávají zvuky dosti silné, okamžité. Jeden ze zvukobudičův zůstává u pozorovatele, druhý vzdaluje se od pozorovatele tak dlouho, až splývají zvuky obou v jedno. Jsou-li zvukobudiči 33.8m od sebe vzdáleny a dávají-li zvuk v přestávkách 0.1 vteřiny, tož koná zvuk dráhu 33.8m za 0.1 vteřiny, pročež jest rychlost jeho $c = \frac{s}{t} = 33.8 : 0.1 = 338$ metrův.

Rychlost zvuku ve vzduchu a jiných plynech dá se vypočísti též z délky sloupce vzduchového neb plynového v píšťale otevřené neb zavřené se chvějícího a z počtu výchvějí tónu, který píšťala dává. Je-li L délka píšťaly, l délka vlny a n počet výchvějí základného tónu, tož jest v píšťale zavřené $l = 4L$ (212. A, a) a tudíž rychlost zvuku $c = nl = 4nL$; v píšťale otevřené jest pak $l = 2L$ (212. B, a), pročež $c = nl = 2nL$.

Beřeme-li rychlost zvuku při teplotě 0° za 1, tož jest pak dle výpočtu *Dulongova* rychlost zvuku ve vodíku 3.812 , v kyslíčniku uhelnatém 1.013 , v kyslíku 0.952 , v dusíku 0.787 , v kyselině uhličité 0.786 .

b) Ve vodě jest rychlost zvuku 4.3krát větší než ve vzduchu, totiž 1435m ($4535'$).

Colladon a *Sturm* určili rychlost zvuku ve vodě zkouškami, v jezere Ženevském r. 1826 konanými. Na jednom staništi byl na zakotveném korábu připevněn a do vody ponořen zvon, na který kladivem tlouci se mohlo. V okamžiku, kdy kladivo na zvon udeřilo, vzňal se na korábu stříelný prach, aby pozorovatel na druhém staništi od zablesknutí mohl počítati dobu, již zvuk ku vykonání dráhy potřeboval. Na druhém staništi bylo s korábu spuštěno do vody naslouchátko (222.), jehož širší otvor byl uzavřen blanou, na kterou vlny zvukové kolmým směrem narážely, k užšímu z vody vyčnívajícimu otvoru naslouchátko přidržel pak pozorovatel ucho. Oba koráby byly od sebe vzdáleny 13487 metrův a dráhu tuto vykonal zvuk za 9.4 vteřin, pročež jest rychlost zvuku ve vodě $c = \frac{s}{t} = \frac{13487}{9.4} = 1435$ metrův. Teplota vody byla při zkouškách 8°C.

Pudí-li se do pístaly na místě vzduchu kapalina, možno z délky pístaly a výšky tónu určití rychlost zvuku týmž způsobem, jako ve vzduchu a plynech. Při teplotě 10°C jest rychlost zvuku v étheru 1039^m, v alkoholu 1157^m, v terpentínové silici 1276^m, ve vodě 1435^m, ve rtuti 1484^m, v kyselíně dusičné 1585^m, ve čpavku vodnatém 1842^m.

c) V tělech pevných jest rychlost zvuku mnohem větší, než ve vzduchu, proto bylo by potřebí ku měření rychlosti zvuku v tělech pevných sloupcův velmi dlouhých.

Až posud seznána zkouškami rychlost zvuku pouze v litém železe. *Biot* použil k tomu cíli vodovodu 951.25 metrův dlouhého, složeného z trubek, z litiny zhotovených. Na jednom konci vodovodu připevněn zvon, na který kladivem se naráželo. Zvuk zvonu šfil se ke druhému konci vodovodu stěnama trubice i vzduchem v ní obsaženým, a proto bylo každý ráz na druhém konci trubice dvakráte slyšeti, dříve kovem a pak vzduchem. Z rovnice $c = \frac{s}{t}$ vypočtena pak rychlost v litém železe téměř 10.5krátě větší než ve vzduchu.

Držíme-li u *prostřed* tyč, jejíž délka jest L , a přivádíme-li ji třením ve stojaté chvění podélné, tu chvěje se tyč tak, jako vzduch v pístale otevřeně, jest tudíž délka vlny $t=2L$ a je-li n počet výchvějí tónu, jejíž tyč dává, tož jest rychlost zvuku $c=nt=2nL$. Výška tónu, jejíž tyč dává, určí se přirovnáním ku výšce tónu pístaly neb tónu struny na samostruny.

Tímto způsobem zkoušel *Ohladný* rychlost zvuku v rozličných pevných tělech a shledal, že jest v cínu 7½krátě, ve stříbre 9krátě, v mědi 12krátě, ve skle 17krátě a v rozličných druzích dřeva 11—16krátě větší než ve vzduchu.

220. Odraz zvuku. Postupuje-li zvuková vlna ze vzduchu ku *skalám*, *stromům*, *mrakům*, z *hustší* vrstvy vzduchu do *řidší* neb naopak, tož rozděluje se na rozhraní dvou nestejně hustých neb nestejně pružných prostředí ve dvě části, z nichž jedna do nového prostředí vniká, druhá pak do předešlého prostředí (vzduchu) nazpět se *odráží* (srovnej odst. 194. a 198.).

Odražená vlna zvuková způsobuje v ústrojí sluchovém dojem, jehož původ (t. j. zvučící tělo) tam zdá se býti, odkud zvuk se odráží.

Dá-li se zvuk *odražený* od *původního*, přímým směrem do ucha vnikajícího zvuku *dokonale* rozeznati, tu slove *odražený zvuk ozvěnou* zvuku původního (*Widerhall*, *Echo*).

Ozvěna může tudíž vzniknouti, přichází-li *odražený zvuk* do ucha teprv tehdy, když *původní zvuk* byl již slyšán a ucho *novému*

dojmu jest přístupné. Za vteřinu může ucho pojmuti jen asi 9 rozličných zvuků, pročez trvá dojem jednoho zvuku $\frac{1}{9}$ vteřiny. V tomto čase nemůže tudíž ucho dvou zvukův od sebe rozeznati. Má-li býti odražený zvuk od původního *dokonale* rozeznán, t. j. má-li *ozvěna* povstati, musí odražený zvuk dosáhnouti ucha o $\frac{1}{9}$ vteřiny *později*, než zvuk původní. Vzbuzuje-li *posluchač sám* nějaký zvuk (ku př. vystřelí-li z bambičky) musí býti místo, ode kterého zvuk se *odráží*, nejméně tak vzdáleno, aby zvuk *postupující* a *odražený* potřeboval ku vykonání dráhy *ku předu* a *na zpět* $\frac{1}{9}$ vteřiny. Za $\frac{1}{9}$ vteřiny koná pak zvuk dráhu $1050' : 9 = 116'$.

Aby ozvěna povstala, musí zvuk od zvukobudiče k tělu, ode kterého zvuk se odráží, a od těla toho nazpět dráhu $116'$ vykonati, musí tudíž tělo, od něhož se zvuk odráží, býti od posluchače $116' : 2 = 58'$ vzdáleno.

Je-li stěna, ode které zvuk se odráží, pouze $58'$ od posluchače vzdálena, vzniká ozvěna *jednoslabičná*, t. j. ozvěnou bude opakovati se pouze poslední slabika slova. Je-li stěna 2., 3., 4., ... krátě $58'$ vzdálena, vzniká ozvěna *dvé-, tří-, čtyř-, ... n-slabičná*.

Opakuje-li se poslední slabka vícekrátě, jest ozvěna *vícenásobná*, což děje se tehdy, odráží-li se zvuk od několika stěn tak položených, že přichází od nich do ucha postupně nejméně po $\frac{1}{9}$, $\frac{2}{9}$, $\frac{3}{9}$... vteřiny, aneb jsou-li *dvě* stěny spolu *rovnoběžny*, aneb stýká-li se *více* stěn spolu v *úhlech*.

Nejznamenitější ozvěny jsou v *Abrespachu* blíž Trutnova, kdež sedmislabičné slovo skrátě se opakuje, v zámku *Simonetta* u Milána, kdež výstřel z okna hlavního stavení od obou křidel pobočných tak se odráží, že jest ho 66 krátě slyšeti atd.

Klenby příčinou ozvěny (srovnej obr. 207—211 na str. 207. a 208.). — V chrámech, divadlech a jiných podobných budovách musí stěny upravit se tak, aby nemohli zvuk od nich pravidelně se odrážeti a aby nemohla ozvěna povstati. — Ucho Dionysiovo.

Je-li stěna od zvukobudiče méně než $58'$ vzdálena, tu přichází zvuk odražený *dříve* než za $\frac{1}{9}$ vteřiny do ucha posluchače v splývá se zvukem *přímým* dohromady, čímž tento se *sesiluje*. Výjev tento jmenuje se *ozvuk* (Nachhall).

Ozvuk můžeme pozorovati v každé větší světnici, není-li v ní nábytku, obrazův atd., na kterých zvuk se rozlišuje, tak že pravidelně odraziti se nemůže. — Síň koncertní. — Rachocení hromu.

221. Lom zvuku. Přichází-li zvuková vlna šikmo na rozhraní dvou prostředí, *láma se* v novém prostředí dle zákonův v odst. 199. b. vytknutých buď ke kolmici, buď od kolmice.

Že vlny zvukové skutečně se lámou, dokázal důmyslnými zkouškami *Hajeck* (1856). Použil k tomu cíli trubice skleněné, mající 78^{mm} průměru, kteráž byla skrze stěnu dvou síní postrčena a na obou koncích blanami (z kolloidia, kaučuku, guttaperdy, papíru) uzavřena. Trubice byla jedním koncem zastrčena do *jiné* trubice, ve kteréž se nalézal u prostřed budíček. Pokud byl mezi blanami ve trubici uza-

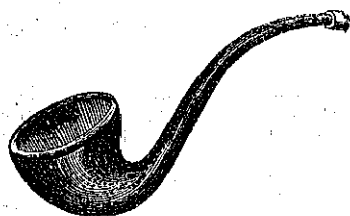
vřen vzduch, bylo slyšeti zvuk budíčku při každé poloze obou blan směrem osy *nejsilněji*. Naplnila-li se trubice jiným plynem, bylo slyšeti zvuk směrem osy *nejsilněji*, když byly obě blány kolmo na osu napnuty; byla-li však jedna z blan aneb byly-li obě k ose nakloněny, bylo slyšeti zvuk budíčku *nejsilněji* na jiném místě, *mimo osu* ležícím. Z pokusu toho jest tudíž patrné, že zvukové vlny v prostředí jiné hustoty se lámou, t. j. od původního směru se uchylují.

Z pokusův Hajeckových vyplývá, že vlny tónů nesterajně vysokých lámou se stejně a že též tón láme se v *rozličných* prostředích *rozličně*.

Sondhaus sestrojil (1852) ku pokusům o lomu vln zvukových veliké *čočky* zvukové z blan kolodiových, kyselinou uhličitou naplněných, ve kterých zvuk tak se láme, jako světlo v čočkách skleněných (o čemž v optice pojednáno).

222. Síla zvuku. a) Za okolností jinak stejných *ubývá* (dle 197.) *síly zvuku vzdáleností čtverečně*, tak že ve vzdálenosti příliš veliké jest síla zvuku nullou. Rozšiřuje-li se však zvuk pouze jedním směrem, nebude tak zeslabován, jako když se rozvádí ve všech směrech.

Zvěstné trouby (Communicationsröhren). — Hlásné trouby (Morland 1670). — Naslouchátko (Kircher 1619, obr. 232.).



Obr. 232.

b) Čím *větší* hmota zvučícího těla a čím *širší* výchvěje jeho, tím *silnější* jest zvuk.

c) Síla zvuku jest v tom směru, kterým byl vzbuzen, a ve směru větru *rejvětší*.

d) Čím *hustší* zvukovodič, tím *silnější* jest zvuk.

Budíček pod přiklopem vývěvy. — Výstřely na vrcholi vysokých hor.

e) Přejedem z jednoho prostředí do druhého se zvuk *seslabuje*, poněvadž část zvuku do předešlého prostředí zpět se odráží, tudíž jen část do druhého prostředí postupuje.

Osamotiči zvuku (Schallisolatoren). — Dvojité dvéře a okna atd.

223. Spoluznění. Znějící tělo může v jiném *pružném* těle *bezprostředně* aneb vlnami vzduchovými vzbuditi *chvění stojaté* a tudíž *spoluznění (resonanci)*, kterým tón původní se *sesiluje* a *rdz* jeho často se *mění*.

Za stejných okolností vzniká spoluznění tím snáze, čím jednodušší jest poměr tónů, jež dávají zvukovodič a spoluznějící tělo samy o sobě.

Spoluznění vzniká snáze u těl *stejného* skupenství a tím lépe, čím *pružnější* jest tělo spoluznějící.

Velikostí, tvarem a polohou těla spoluznějícího, vzdáleností zvukobudiče od něho a spojením obou těl mění se též sesilování tónu, spoluzněním *pořádávají*.

Jsou-li dvě pevná těla spolu spojena v poloze vespolek kolmé, vzbuzuje se *podélným chvěním* jednoho *příčné chvění* druhého. Jsou-li těla v poloze rovnoběžné spolu spojena, jest chvění ve spoluznějícím těle totéž jako ve zvukobudiči původním.

Upevníme-li tenkou dřevěnou desku jedním koncem na podstavci a připevníme-li na druhý konec její strunu, která kolkem se napne a tón dává, chvěje se též deska a sice tak jako struna buď podélně buď příčně. Posype-li se deska drobným písekem, vznikají na ní obrazce Chladného, jichž tvar se změní, změnila-li se napnutím struny výška tónu. — Znění laděcí vidlice ve vzduchu a na pevné pružné podložce. — Resonanční desky strunových nástrojů. — Savartův přístroj resonanční (kovový zvon s trubici, která ku chvějícímu se zvonu přiblíží neb od něho se vzdálí a libovolně k němu nakloní se může). — Spoluznění desky a tyčinek spolu spojených. — Spoluznění kapalin. — Savartovy resonanční obrazce. — Resonance stěn u dechových nástrojů hudebních a ráz tónu v resonanci té se zakládající.

V době novější byly vysvětleny spoluzněním mnohé akustické výjevy a sestaveny mnohé důležité přístroje akustické ve spoluznění se zakládající.

a) *Ráz tónu. Ráz čili tak řečená barvitost tónu* (Klangfarbe) vzniká *rozlíčeným tvarem vln* zvukových (201.). V novější době teprv podáno vysvětlení tohoto zajímavého výjevu akustického.

Oo *Ohm* již dříve (1834) vyslovil, dokázal v novější době *Helmholtz* (1859), totiž:

1) Každý tón jest obyčejně *složený* z tónův, jichž poměrné výšky mají se k sobě jako: 1:2:3:4:5.... *Nejsilnější* jest tón, kterému přísluší poměrné číslo 1. Tón ten jest *tónem základným*, který zdá se nám býti jediným a jednoduchým tónem, jež slyšíme, a který jedině při ladění pozorujeme. Prvé z následujících tónův s ním spojených jsou sice samy o sobě dosti silné, splývají však přece tak jako následující slabší tóny s tónem základným v jediný celek, t. j. v *znění*, v němž jednotlivé tóny jen napnutou pozorností aneb zvláštními přístroji rozeznati možno. Tyto v přirozené č. harmonické stupnici (207.) seřazené tóny zovou se *harmonickými vyššími tóny* základného tónu. Znění složeného tónu jest tudíž *akcord* tónu základného a jeho vyšších tónů harmonických. Každý z tónův, znění skládajících, jest pak *částečným tónem* (Partialton) znění. Prvý částečný tón znění jest základný tón jeho, 1., 2., 3., 4., ntý vyšší tón jest pak 2., 3., 4., 5., ($n+1$) tón částečný.

2. *Ráz č. barvitost tónu* řídí se počtem a poměrnou silou vyšších tónův, které s tónem základným současně znějí. Sestrojíme-li výslednou vlnu ze všech jednotlivých, částečných tónům příslušných vln, tu shledáme, že tónům rozličného rázu přísluší též vlny rozličného tvaru. Že tvar vlny výsledné řídí se tvarem složek, z nichž vzniká, vyplývá z věci samé. Zkušeností ověřeno pak, že ráz složených tónů hudebních nerídí se *měnou tónů částečných*, ač měnou spravuje se tvar vln jejich.

Pouhý tón základný bez vyšších tónů částečných dává laděcí vidlice před otvorem trubice na druhém konci uzavřené, má-li trubice rozměr takový, že výška vlastního tónu jejího jest tatáž jako výška tónu vidlice. Baňatě láhve, ve kterých foukáním do otvoru tóny vzbuzujeme, dávají též tón jednoduchý.

Složené tóny *neharmonické* dávají laděcí vidlice na rezonanční trubici podepřená, skleněná harmonika, desky kovové, zvony a napnuté blány, proto užívá se jich v hudbě jen zřídka a vždy hledí se k tomu, aby základný tón jejich měl značnou převahu nad ostatními tóny částečnými.

Obr. 233.



Poněvadž jest tón širší píšťaly varhanové slabý, spojují se s klavísem jejím píšťaly, které dávají následující čtyry harmonické tóny, čímž tón zvláštního rázu nabývá.

b) *Resonatorj Helmholtzovy*. Aby bylo možno ve znění jednotlivé tóny částečné od sebe rozeznati a je z celku vyloučiti, sestrojil *Helmholtz* (1859) tak zvané *resonatorj* t. j. duté téměř kulovité nádoby skleněné neb plechové. Širším otvorem *A*, (obr. 233) jest resonator ve spojení se vzduchem, užší nálevkovitý otvor *a* dá se do ucha, druhé ucho pak se zape. Zaznívá-li ve složeném tónu částečný tón, jehož výška jest tatáž, jako výška základného tónu resonatoru, sesílí se spolu- zněním vzduchu v resonatoru onen částečný tón tak značně, že jej rozeznáme ode všech ostatních tónů částečných, s kterými současně zaznívá a v jediném složeném znění splývá.

Použijeme-li postupně rozličných resonatorů, rozeznáme postupně ve složeném znění všechny jednotlivé tóny částečné.

Pomocí resonatorů může též ucho hudby *neznalé* ano i ucho, jež *těže* doslychá, harmonické tóny ve složeném znění rozeznati.

Zvuky, jež slycháme v ulitech hlomýžďů a ve trubicích k uchu přiložených, jsou zvuky těmito resonatorj sesílené a ze zvukův ve vzduchu se ozývajících vyloučené.

Zdvihneme-li *dusítčko* (*Dämpfer*), kterým chvění struny na forte pianě se ruší, ku př. se struny *C* a udeříme-li klavísem na strunu *c*, tu bude dávatí struna *C* oktavu základného tónu svého, totiž tón *a*. Jak patrně, vzniká tón tento spoluzněním struny *C*, neboť struna *c* jejíž chvění dusítkem bylo zrušeno, nemůže tónu toho dávatí. Udeříme-li postupně na struny *g*, *c*, *e*, atd., vzbudí se spoluzněním ve struně *C* postupně též ostatní vyšší harmonické tóny. (*Helmholtz* 1862.)

Chvění struny *C*, která spoluzněním tón dává, možno přehnutými na strunu tu zavěšenými proužkami papírovými znázorniti.

c) Z pokusův, kterými částečné tóny jediný celek, t. j. znění skládající, postupně z celku toho byly vyloučeny, vyplývá:

1) Síly harmonických vyšších tónův ubývá tou měrou, kterou jsou od tónu základného odlehle, t. j. tóny ty jsou tím slabší, čím jsou základného tónu vzdálenější.

2) *Samohlásky* řeči jsou jednoduché hudebné tóny, *souhlásky* počínají neb končí zvuky nehudebnými, nepravidelnými. Znění samohlásek

liší se ode znění jiných hudebných tónův tím, že ve směsi tónův každé samohlásky jeden tón ostatní silou svou převládá, necht' jest výška tónu základného, kterým se mluví neb zpívá, jakákoliv. Zapěje-li zpěvák tón určitě výšky samohláskou *a*, zaznívají zvláštěm uspořádáním dutiny ústní současně některé harmonické tóny, které způsobují, že slyšeti jest samohlásku *a*. Vyslovuje-li se při též výšce tónu *e*, *i*, *o* neb *u*, zaznívají zcela jiné harmonické tóny.

Poněvadž vznikají souhlásky zvucením nepravidelným, nehudebným, dá se vysvětliti snadně, proč řečí, ve kterých mnoho souhlásek za sebou následuje, méně se hodí ku zpěvu.

d) Aby dokázal, že samohlásky *sloučením* několika *jednoduchých tónův* vznikají, upravil *Helmholtz* (1859) tak zvaný *přístroj samohláskový* (Vocal-Apparat), který se skládá z osmi laděcích vidlic, z nichž prvá naladěna jest na nějaký tón základný ku př. na *B* a ostatních sedm naladěno na vyšší harmonické tóny tohoto základného tónu, totiž na tóny *b*, *f*, *b*, *d*, *f*, *as*, *b*. Každá vidlice jest zasazena na podstavku mezi póly podkovového elektromagnetu, tak že proudem elektrickým ustavičně *přerušovaným* vidlice *současně* ve chvění se *přivádějí*. Před každou vidlicí jest *příslušná* trubice rezonančná, která zvláštěm příklopem více neb méně uzavíráti a otevíráti se může. Jsou-li rezonančné trubice uzavřeny, jest tón vidlic slabý, tak že sotva ho slyšeti, otevrou-li se trubice, zesiluje se tón velmi značně. Zní-li pak tón *b* silně, tón *B* přítlumeně a tóny *b*, *f* a *d* slabě, jest slyšeti zřetelně samohlásku *o*; zní-li *B* silně a ostatní slabě, jest slyšeti zřetelně samohlásku *u* atd. Podobným způsobem lze docíliti též tónův jiného rázu a sice tím rozmanitějších, čím více vidlic ve přístroji se nalézá.

Při starších přístrojích samohláskových (*Kempeln* 1794, *Faber* „*vox humana*“ 1848) užíválo se na místě laděcích vidlic *píšťal jazýčkových*, jichž tón taktéž trubicemi rezonančnými byl zesilován.

e) Zdvihneme-li na otevřeném fortepianě *dustíka* všech strun a voláme-li hlasitě do strun samohláskou *a*, *e*, *i*, *o* neb *u*, ozývají se z fortepiana tak jako ozvěnou tytéž samohlásky, které jsme vyslovili.

Hudebními tóny každé samohlásky přivádějí se totiž spoluzněním ku chvění struny stejně naladěné, jakož i struny, jimž přísluší stejné vyšší harmonické tóny (*Helmholtz* 1862).

f) *Resonance vláken Cortiových*. Dle náhledu *Helmholtzova* jest každé vlákno nervu sluchového naladěno ku dojmu tónu určité výšky. Jedna část nervů sluchových končí (dle novějších bádání) v *závitě* (218.) zvláštěm přemalým ústrojím, které po objeviteli svém *ústrojím Cortiovým* č. *vláčky Cortiovými* slove. Druhá část nervů sluchových vblíhá do předšíně a do obloukovitých chodeb.

Při *hudebním* znění, t. j. při znění tónů harmonických *chvějí* se ona vlákna Cortiova, jichž vlastní tóny jsou *téměř též výšky* jako částečné tóny znění. Napnutou pozorností a delším cvikem možno pak dojmý částečných tónů z celistvého dojmu znění vyloučiti. Nejčastěji

splývají však veškeré jednotlivé dojmy v celistvý dojem jediný a dle dojmu toho poznáváme pak určitý ráz téhož tónu houslí, flétny, varhan atd.

Vyšší vedlejší tóny, jež se ozývají ve znění nehupebním a ve zvucích nepravidelných vůbec, pojímají snad nervová vlákna v předstíni a v chodbách polokruhovitých ukončená, kteráž dotýčné nervy ve chvění přivádí.

g) *Tyče Terquemovy*. Má-li nějaká tyč takový rozměr, aby podélným i příčným chvěním téměř též tón dávala, tu chvějí se, jak *Seebek* nejprve (1849) shledal a *Terquem* později (1858) pokusy dosvědčil, částice tyče, necht' ji v chvění podélné neb příčné uvedeme, vždy tak, jako by tyč současně podélně i příčně se chvěla, a konají tudíž výchvěje výsledné z obého druhu chvění. *Není tudíž ani možno uvésti tyč v chvění pouze podélné neb pouze příčné.*

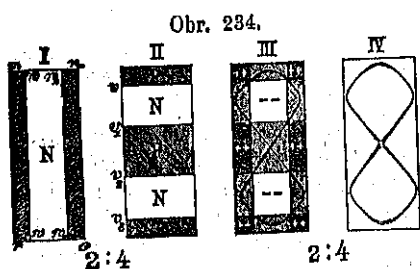
Týž výjev můžeme pozorovati, dává-li tyč, chvějíc se podélně, vyšší oktávu onoho tónu, jež dává chvěním příčným. Nejčastěji jest slyšeti při chvění tyče jedním neb druhým způsobem oba tóny.

Příčinou výjevu tohoto jest spoluznění též tyče, což tím snáze nahledneme, uvážimo-li že vzniká spoluznění i v tělech jiných prostředím (vzduchem) od sebe oddělených.

Současným vznikáním výchvějí podélných, příčných a točících uvádějí se molekuly těla v pohyb v křivkách výšce tónu a měnám dotýčených druhů chvění příslušných, jak možno viděti to na *kaleidofonu* (o čemž pojednáno v optice).

h) *Zvukové obrazce Chladného na deskách pravouhelných*. Jako na tyčích *Terquemových* tón podélný s tónem příčným zaznívá současně

i na deskách *Chladného dvě* neb *více* tónův stejnohlasných. Tóny tyto vznikají příčným chvěním ve směrech rozličných tak, že by každý tón, kdyby vznikl *samojedíný*, způsobil na desce uzlové čáry rovnoběžné (obr. 234, I.) které by s uzlovými čarami jiného, taktéž příčným chvěním desky vznikajícího tónu stejnohlasného (obr. 234, II.), v určitých



úhlech se stýkaly, ku př. v úhlech pravých (srovnej I. a II. na obr. 234.).

Položíme-li zvukový obrazec I. na obrazec II., t. j. složíme-li v úhlech 90° se protínající směry výchvějí tónů souhlasných, současně vznikajících dohromady, tož vznikne obrazec III. (obr. 234 III.). V místech ++ aneb -- nemůže býti žádných uzlových čar, neboť ne-vznikají v těch místech měny protivné. Výše vytknuté čáry uzlové budou pak se protínati v bodech, které v klidu zůstanou a z nichž výsledné čáry uzlové se utvoří (obr. 234. IV.). Výsledné tyto obrazce

vznikly skutečně na mosazných deskách pravoúhelných, obdélných, které *König* v Paříži tak naladil, aby dávaly současně tóny téměř stejnohlavné.

Části desky znaménkem *P* neb $+$ naznačené chvějí se *kladně*, části označené znaménkem *N* neb $-$ chvějí se u přirovnání ku prvým *záporně*. Číslice 2 : 4 značí, že na desce vznikají 2 podélné a 4 příčné čáry uzlové.

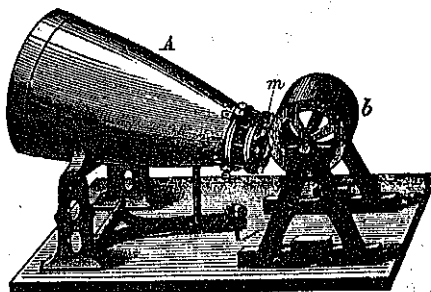
Vznikání výsledných obrazcův na pravoúhelných deskách, jak právě vytknuto, vysvětlil nejprve *Wheatstone* (1833).

Čtvercovaná deska dřevěná, tak přířiznutá, že jsou podélná vlákna její s jednou stranou rovnoběžna, má ve směrech, jež pravý úhel spolu svírají, *pružnost rozličnou*. Deska taková dává chvěním molekul v každém z těchto dvou kolmo na sobě stojících směrův vždy *jiný tón*, ač jsou v obou případech chvějí se *části desky velikostí i tvarem sobě zcela rovný*. Na takové desce nemohou tudíž křížením vzniknouti obrazce výše vysvětlené. Je-li však deska *obdélná*, jehož strany jsou v přeráceném poměru s velikostmi pružnosti v dotýčeném směru, tu mohou na ní povstati obrazce jako výše vyloženo.

i) *Fonautograf blanový*. Vzniká-li před širokým otvorem dutého paraboloidu *A* (obr. 235.) nějaký tón, uvádí se jím ve chvění nejprve vzduch v paraboloidu obsažený a vzduchem přivádí se ku chvění *blána*, která, jsouc v ohnisku paraboloidu napnutá, užší otvor jeho uzavírá. Na bláně jest připevněno lehoučké ohebné písátko, které rysuje, pohybující se rovnoběžně s osou válce *b*, vychvěje blány na válci jenž okolo osy se otáčí a spolu i šroubovitě ku předu postupuje.

Poněvadž se chvěje blána jen tehdy, když vznikají před ní tóny téměř též výšky, jaké sama dává, může se tímto fonautografem znázorniti pouze chvění dvou neb tří tónův, vlastnímu tónu blány nejbližších.

Tento fonautograf byl od *Scotta* (1869) sestrojen a od *Königa* (1860) opraven.



Obr. 235.

224. Křížení zvuku. a) Stýkají-li se zvukové vlny *stejně délky*, vzniká z nich vlna výsledná, jejíž tvar řídí se rozdělem měn, ve kterých vlny se stýkají, jak o tom pojednáno při chvění *stojatém*, které křížením vln povstává.

Křížení zvukových vln možno pozorovati přímo zkouškami pomocí rozličných přístrojů, z nichž nejrozšířenější buďtež zde vytknuty :

1. Držíme-li trubici, na jednom konci blanou nebo tenkým napnutým papírem *m* (obr. 236.) opatřenou a dole ve dvě trubice rozvětvenou velmi blízko nad chvějící se deskou tak, aby stály trubice nad částmi, které se

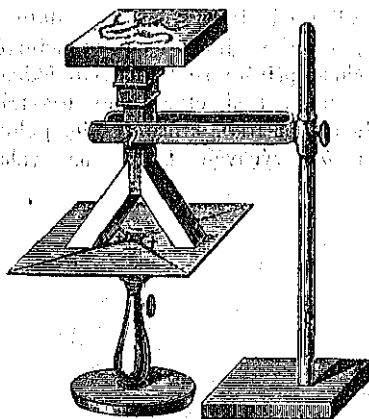
chvějí *týmž směrem* (+ + aneb - -), tu zesiluje se tón desky a písek na bláně *m* utvoří obrazec zvukový, což důkazem, že také blána *m* v částech se chvěje. Přiblížíme-li se pak jednou trubicí k části + a druhou k části -, tudíž k místům, která se chvějí *směrem protivravným*, tu ani tón se nesesiluje ani nevyzniká obrazec zvukový na bláně *m* (Hopkins 1838).

2. Přidržíme-li jen jedno rameno trubice, aneb blánu aneb trubici, která jest napnutou blánou uzavřena, nad čáru uzlovou tak, aby čarou tou rozdělila se blána ve dvě zcela stejné části, nebudeme taktéž sesloni tónu pozorovati. Přiblížíme-li se uchem (vlastně bubínkem ucha) takovým způsobem k čáře uzlové, nebudeme žádného zvuku slyšet.

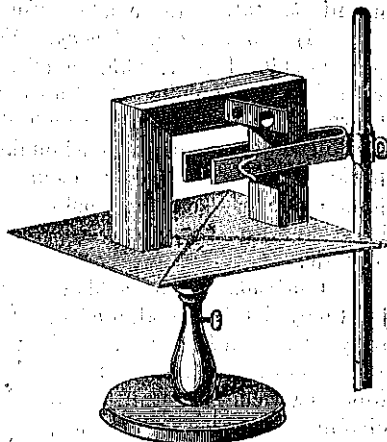
3. Má-li každé z ramen trubice na obr. 237. znázorněné délku $\frac{1}{4}\lambda$, v čemž značí λ délku vlny, která způsobem z obr. 237. patrným do trubice se vede, a nalézá-li se jedno rameno nad částí desky + a druhé nad částí -, tu *nemáže se tón sesilovati*; přepažíme-li však trubici u prostřed tak, aby rozdělila se ve dvě trubice, bude slyšení ihned tón sesloný.

Přidržíme-li obě ramena trubice nad částmi desky stejně se ohvějícími (+ + neb - -) vzniká tón sesloný, necht jest neb není sloupec vzduchový u prostřed přepažen a tak ve dva sloupce rozdělen. Rozdělení sloupce

Obr. 236.



Obr. 237.



vzduchového ve dvě části a spojení částí těch v jediný celek možno docíliti posouvnou deskou tak, aby buď plný prostor mezi oběma otvory buď jeden z otvorů jeho ve trubici se nalézal.

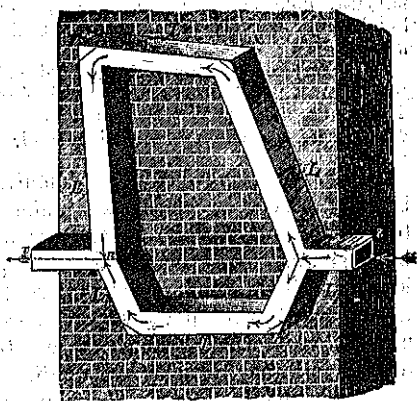
4. Je-li trubice rozdělena ve dvě ramena nestejně délky (obr. 238.), kteráž opět ve společné trubici ústí a způsobíme-li před otvorem z znění, rozvětví se vlnivý pohyb jím povstávající do obou ramen *xx* a *zc* a sejdě se opět ve trubici *v*. Zí tónův, které by dávala každá trubice sama o sobě a které současně před otvorem z se vyluzují, *nebude u v slyšení těch, jichž polovičná délka vlny rovná se lichému počtu rozdílných délek obou ramen; tónův, jichž polovičná délka vlny obnáší sudý počet rozdílných délek obou ramen, bude u v silněji slyšení.*

Pokus tento byl od Herschela (1838) navržen a později od Kana (1835) a Nöremberga pomocí zazděných trubic proveden. Zoch určil (1866) na tomto základě rychlost zvuku některých plynů. König sestavil (1867) k pokusu tomuto přístroj z trubic mosazných, jichž ramena možno prodlužovati a skrácovati.

5. Foukáme-li do dvou *sousedných* v témž kruhu ležících otvorů *Seebeckovy* syreny (str. 219.) rourkami *současně* se dvou *protivných* stran, *není* slyšeti *žádného* tónu, nýbrž vzniká pouhé bzučení; fouká-li se s *protivných* stran *střídavě*, jest slyšeti tón *sesílený*.

b) *Křížení vln délky nestejně*. Zaznívají-li *současně* dva tóny, jichž počet výchvějů *jen málo* od sebe se liší, vzniká *střídavě* *povzvolné* a *pravidelné sesilování* a *seslabování* znění obou tónů, kteréž *kolísáním síly tónů* aneb krátce *kolísáním tónů* (Schweben, Schwebung der Töne) slove. Největší sesílení tónů jeví se *co náraz* (Stoss, Schlag).

Obr. 238.



Tónů, jichž počet výchvějů málo od sebe se liší, možno *docílit*, přileptáme-li na jednu z vidlic, které dávají tentýž tón, kousek vosku, napneme-li jednu ze dvou strun, týž tón dávajících, *jen poněkud více* neb méně, aneb *postrčíme-li píšť v jedné* ze zavřených píšťal, zcela stejné tóny dávajících, o něco hlouběji do píšťaly.

Četnými pokusy dokázal Scheibler (1834), že počet nárazů rovná se rozdílu počtů výchvějů v témž čase vykonaných. Koná-li tudíž jeden z tónů za vteřinu o *osm výchvějů více*, než jiný tón, *současně* s ním znějící, uslyšíme za vteřinu *osm nárazů*. Čím větší jest pak rozdíl prosté výšky tónů, tím více nárazů následuje v témž čase za sebou a tím kratší doba uplyne mezi dvěma jednotlivými za sebou následujícími nárazy.

Nárazy možno vysvětliti *křížením vln nestejně délky*. Stýká-li se vrch jedné zvukové vlny s vrchem druhé vlny, aneb dol jedné vlny s dolem druhé vlny, vzniká *sesílení vrchu* neb *sesílení dolu* a tím i *sesílení znění*; stýká-li se pak vrch zvukové vlny jedné s dolem vlny druhé, vzniká *menší vrch* neb *menší dol*, čímž znění se *seslabuje*.

1. *Tóny kombinačné*. Vzniká-li *současným* zněním dvou *nestejně vysokých* stejnorodých tónů ve vteřině *dvakráte* tolik nárazů, co potřebí výchvějů, aby tón byl slyšán (tudíž *nejméně 33* nárazů ve vteřině), tu nemáže ucho (dle pozorování *Youngových*, *Hallströmových* a *Röberových*) jednotlivých nárazů od sebe rozeznati, nýbrž slyší na místě nárazů obou tónů *jiný třetí tón*, který tónem *kombinačným* č. *Tartinským* slove a hlubší jest, než každý z obou tónů. Poněvadž *výška tohoto nového tónu rovná se rozdílu z počtu výchvějů obou*

jednotlivých tónův, nazval *Helmholtz* tón kombinačný jinak tónem rozdílovým (*Differenzton*).

Zní-li ku př. současně tóny c a g , z nichž prvý 264, druhý 396 výchvějí ve vteřině koná, tak že jsou čísla ta v poměru 2:3, tu splyvá každá druhá vlna tónu c s každou třetí vlnou tónu g dohromady, tak že vzniká ve vteřině 132 nárazův, jichž uchu nelze od sebe rozeznati. Kombinačný č. rozdílový tón koná pak $396 - 264 = 132$ výchvějí a tónem tím jest tudíž c , t. j. hlubší oktáva tónu c , což patrno i z toho, že vždy dva výchvěje tónu c skládají dohromady jeden výchvěj tónu kombinačného c . Nejlépe jest tón kombinačný slyšeti, zní-li současně dva tóny též oktavy *docí sílně a docí dlouho*.

Tóny kombinačné pozoroval nejprvé Němec *Sorge* (1740), bedlivěji skoumal je Italian *Tartini* (1754), po němž i tóny *Tartinskými* jsou nazvány. Angličan *Young* seznal teprv (1801) souvislost tónů těch s nárazy, současným zněním dvou tónův rozličné výšky vznikajícími.

Až do nejnovější doby domnívali se učenci, že vzniká tón kombinačný v uchu rychlejším kolísáním tónův; proto pokládán kombinačný tón za tón *subjektivný*. *Helmholtz* dokázal však (1856), že jsou kombinačné tóny *objektivně* a že mají původ svůj ve vzniku nové vlny, která vedlé vln tónů původných se tvoří. Nárazy nevzniká tudíž tón kombinačný, nýbrž povstává jimi *nesouzvuk* (*dissonance*), je-li 6—132 nárazův ve vteřině. Nesouzvuk jest tudíž přetržitý a souzvuk nepřetržitý dojem, jež tóny v uchu způsobují.

2. *Tóny součtové*. Skoumaje rozličné tóny kombinačné, shledal *Helmholtz*, že současným zněním dvou tónův povstávají netoliko nižší, rozdílové tóny, nýbrž i tóny *vyšší*. Ucho pojímá totiž nárazy vln obou tónův tak, jako kdyby měly vlny též původ, proto dochází do ucha ve vteřině tolik nárazův, co obnáší součet výchvějí obou tónů a ucho pojímá tudíž výchvěje ty co tón vyšší, jež *Helmholtz* nazval tónem *součtovým* (*Summationston*). Tóny součtové jsou však mnohem slabší než rozdílové, proto bývá slyšeti součtový tón jen u fisharmoniky aneb přiložíme-li ucho k ústí dvou sousedných píšťal varhanových.

Zní-li ku př. tón C , který koná 66 výchvějí a tón G s 99 výchvějí, vznikne součtový tón o 165 výchvějích t. j. tón e .

Tóny rozdílové a součtové možno pozorovati též pomocí *syreny*, která *současně více tónův* dává. *Dove* upravil (1861) syrenu *de la Touroyu* k tomu cíli tím způsobem, že udělal v hybném kotouči i v bořejší stěně bubínku otvory ve čtyřech kruzích a sice v prvém největším kruhu 16, ve druhém 12, ve třetím 10 a ve čtvrtém 8 otvorův tak šikmo vrtaných, jako u syreny *Cagniard de la Tourovy*. Pod svrchní stěnou syreny jsou pak vedlé sebe čtyry kruhy, které mají tolik otvorův, kolik jich jest nad každým kruhem ve stěně bubínku. Kruhy mohou se otáčeti tak, že buď otvor, buď plná část jest pod otvorom stěny. Jsou-li otvory kruhu pod otvory stěny, proudí z bubínku vzduch, jinak jest proud nemožným. Otočí-li se jeden, dva, tři neb všechny čtyry kruhy do příslušné polohy, vzniká jeden neb vznikají současně dva, tři neb všechny čtyry tóny a způsobují nárazy jakož i dotýčný tón *rozdílový* neb *součtový*.

3. *Ladění dle nárazův.* Mysleme si pro každý tón stupnice chromatické dvě laděcí vidlice, z nichž jedna dává poněkud *vyšší*, druhá poněkud *hlubší* tón než jest onen, pro který jest vidlice určena. Každá vidlice jest však naladěna tak, aby tón její s tónem dotýčným zcela čistým spůsobil v určitém čase určitý počet nárazův, ku př. čtyry nárazy ve vteřině. Chceme-li pomocí vidlice strunu neb píšťalu *správně* naladiti, musí tón struny neb píšťaly s tónem příslušné vidlice spůsobiti čtyry nárazy ve vteřině. Návodem tímto, od *Scheiblera* (1833) navrženým zjednodušeno ladění hudebních nástrojův tak, že *zdělel v pouhém poslouchání určitého počtu nárazův v určitém čase.*

Při ladění dle *Scheiblerova* návodu, jehož užívají někteří varhanáři Pařížští, jest potřebi toliko počítati nárazy a pozorovati metronom neb chronometr. Návod tento jest ze všech jiných návodů nejjednodušší a nejlepší, neboť může spůsobem tímto hudební nástroj naladiti kdokoliv, byť byl třeba hudby neznalý.

4. *Zvukoměr Scheiblerův.* Ku správnému výpočtu výchvějův, jež tón *a* ve vteřině koná, použil *Scheibler* 56 laděcích vidlic, od tónu *a* až ku tónu *a* tak postupujících, že tón každé předcházející s tónem každé následující spůsobil čtyry nárazy ve vteřině. Součet všech těchto nárazův rovná se rozdílu počtů výchvějův tónu *a* a tónu *a* a jest spolu počtem výchvějův tónu *a*, poněvadž koná tón tento ve vteřině polovici výchvějův tónu *a*.

Jak patrné bylo mezi tóny vidlic *Scheiblerových* 56 mezer (intervallů), z nichž měla každá 4 nárazy; všech nárazův z *a* až k *a* bylo tudíž $55 \times 4 = 220$. Tímto číslem vytknut pak počet výchvějův tónu *a* a rozdíl prostě výšky tónu *a* a *a*.

Zvukoměr Königův obsahuje 838 tónův od $\underline{0}$ až do $\underline{\underline{c}}$ postupujících.

5. *Změna výšky tónu zvukobudiče pohybujícího se.* Přibližuje-li se znějící tělo rychle k uchu aneb vzdaluje-li se rychle od něho, mění se výška tónu, jež zvučící tělo dává. V prvním případě přichází do ucha ve vteřině více, ve druhém případě méně výchvějův, než když jest zvukobudič v klidu, proto pojímá ucho subjektivně v případě prvním tón vyšší, v případě druhém tón hlubší.

Na výjev tento upozornil nejprve *Christian Doppler* (1842). Dle návodu *Königova* (1863) možno pomocí nárazův o změně výšky tónu zkouškami následovně se přesvědčiti:

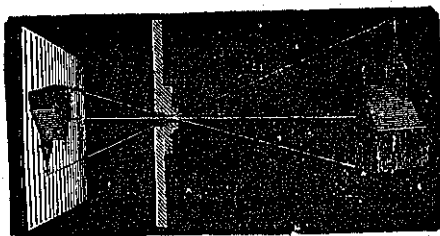
Zní-li na dvou od sebe oddělených deskách resonančných dvě laděcí vidlice, dávajíce současně silné tóny, výškou málo od sebe rozdílné, tak že tóny tyto spůsobují ku př. čtyry nárazy ve vteřině, když jsou obě vidlice v klidu, a přibližujeme-li se asi o 60 cm tou vidlicí, která dává tón hlubší rychle k uchu, tož uslyšíme v pohybu jen tři nárazy ve vteřině. Vidlice koná tudíž, pohybující se k uchu, zdánlivě o jeden výchvěj ve vteřině více.

Mach sestavil (1861) k tomu cili jiný přístroj. Trubice, asi 8' dlouhá a na konci malou píšťalou retnou opatřená, otáčí se rychle okolo vodorovné *duté osy*. Odštědivostí uniká ze trubice na koncích vzduch, dutou osou proudí pak do trubice opět vzduch jiný, tak že dává píšťala jistý tón. Tón tento zdá se býti uchu posluchače *kolísavým*, neboť bude *vyšší*, když se píšťala k uchu *přiblížuje* a *hlubší*, když se od ucha *vzdaluje*. Kolísání tónů zakládá se tudíž v *rozdílu výšky* tónů. Přiložíme-li ucho k duté ose, slyšíme tón píšťaly bez proměny a tudíž i bez kolísání, poněvadž jest ucho od píšťaly vždy stejnů vzdáleno.

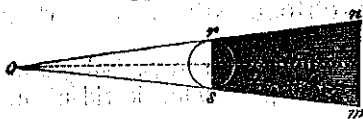
6. *Tóny skřížené*. Otáčejí-li se laděcí vidlice, zvony neb desky atd., mění se občasně síla tónu, jež dávají. Při otáčení velmi rychlém rozkládá se takový tón, jehož síla pravidelně kolísá, ve *dva tóny*, z nichž *vyšší* jest silnějším a *hlubší* slabším. Proto zove se takový tón, ze dvou tónův nestejné výšky se skládající, *tónem skříženým* (Interferenztón), aneb, poněvadž síla toho tónu ustavičně se mění, *tónem proměnlivým* (Variationstón).

Temnice. Malým otvorem v uzavřené okenici ponechaným vnikají do *temné světnice* paprsky z každého jednotlivého bodu osvětleného předmětu, kterýž jest před oknem, tak že na stěně protější celý předmět *obráceně* se zobrazí (obr. 239.).

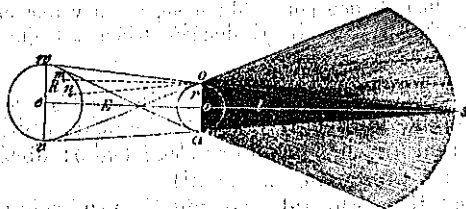
Obr. 239.



Obr. 240.



Obr. 241.



Tvar stínu spravuje se tvarem a polohou těla neprohledného, jakož i polohou té plochy, na které stín vzniká. Tvar stínu možno geometricky sestrojiti, vedeme-li ze světlicího bodu tečny ku krajním těla neprohledného.

b) Přichází-li na tělo *neprohledné* *ao* (obr. 241.) světlo z *těla* *vw*, složeného z *mnohých světlicích bodův*, vzniká za tělem neprohledným *plný stín* *aos*, do prostoru sousedných však přichází světlo z některých bodův světlicího těla, z některých však tam přijíti nemůže. Tyto částečně osvětlené prostory slovou *polostín* (Halbschatten) č. *neúplný stín* a přecházejí poněmáhlu v prostor zcela osvětlený.

Délku plného stínu možno vypočísti, neboť $ew:co = es:os$, aneb $R:r = ec + os:os$, pročež $R-r:r = (E+os) - os:os$ aneb $R-r:r = E:l$, tudíž délka stínu $l = \frac{Er}{R-r}$. Je-li *vw* slunce, *oa* země, bude $R = 112 r$, $r = 860$ mil,

Učiníme-li více otvorů vedle sebe, vznikne tolik obrazův, kolik bude otvorův; jsou-li otvory blízko sebe, pokryjí se částečně obrazy a nebudou dosti jasny. Je-li otvorův *velmi mnoho* velmi blízko u sebe aneb, což jest totéž, vniká-li světlo do světnice *velikým otvorem* (oknem), nevzniká na protější stěně žádný obraz.

227. *Stín.* a) Poněvadž se rozšiřuje světlo přímočárně, nemůže do prostoru, který jest za tělem *neprohledným* *rs* (obr. 240.) ze světlicího bodu *o* žádný paprsek vniknouti. Prostor ten zůstává tudíž, nemá-li světla od jinud, zcela tmavým a jmenuje se *plný stín* (Kernschatten).

$$E-23984r, \text{ pročež délka plného stínu země } l = \frac{23984r \cdot r}{112r - r} = \frac{23984r}{111} \\ = 216r = 216 \times 860 = 186760 \text{ mil.}$$

Zatmění slunce (země) a měsíce. Stín jest příčinou zatmění slunce a měsíce.

V čas nového měsíce jest měsíc mezi sluncem a zemí; kdyby dráha zemská a měsíční spolu splyvaly v jedinou plochu, by'o by každý měsíc zatmění slunce (země). Poněvadž jest však dráha měsíční nakloněna ku dráze zemské, může býti zatmění slunce (země) jen tenkrát, když za nového měsíce se nalézá měsíc v uzlině, ve které se sbíhá dráha zemská s drahou měsíční.

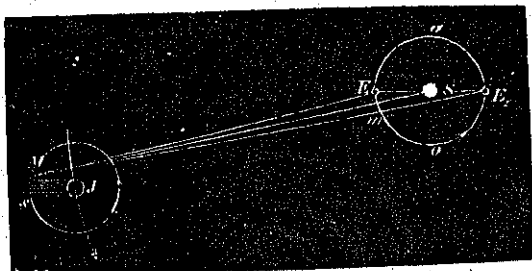
Délka plného stínu měsíčního dosahuje země jen tehdy, když jest měsíc blíže zemi než obnáší průměrná jeho vzdálenost. Na místech země, která jsou v plném stínu měsíčním, jest pak *úplné zatmění slunce (země)*; nedosahuje-li konec plného stínu měsíčního země, vzniká *zatmění střechné č. kruhovitá*, poněvadž průměr slunečný přesahuje průměr měsíční. Na místech země, která jsou v polostínu měsíčním, jest pak *částečné zatmění slunce (země)*. Úplné zatmění slunce trvá 4—5'.

Šířka plného stínu země ve vzdálenosti měsíce obnáší asi $3\frac{2}{3}$ průměru měsíčního. Kdyby dráha měsíční s drahou zemskou spadala v jedinou plochu, měli bychom každý měsíc *úplné zatmění měsíce*, t. j. celý měsíc by se nalézal v plném stínu zemském. Takovému úplné zatmění měsíce může však z příčin výše uvedených jen tehdy vzniknouti, když přichází měsíc v úplňku do uzliny, kterou tvoří dráha jeho s ekliptikou. Jindy bývá měsíc buď nad, buď pod plným stínem zemským, aneb se nalézá v polostínu zemském a pouze částečně ve stínu plném, čímž vzniká *částečné zatmění měsíce*. Zatmění měsíce pozorují na všech místech, odkud v ten čas měsíc viděti. Zatmění měsíce trvá nejdéle 4 h. 88'.

Tak zvané obrazy stínové a hry stínové zakládají se ve tvaru stínu. Stín v kreslení a malbě.

228. Rychlost světla. Rychlost, kterou světlo se rozšiřuje, zdá se téměř nekonečně velikou; domnívámeť se, že vidíme světlo v témž okamžiku, ve kterém vzniklo. Z příčin, které budou později vyloženy, nutno však domnívati se, že světlo ku vykonání jisté

Obr. 242.



dráhy potřebuje jistého času. Je-li čas ten pro určitou dráhu znám, můžeme *rychlost*, t. j. dráhu za vteřinu vykonanou, snadně vy-počísti.

a) *Měření Römerovo.* Největší oběžnice naší slunečné soustavy, totiž *Jupiter* (Královoc) má čtyry měsíce, kteří obíhají okolo něho téměř v té ploše, ve které on sám okolo slunce se otáčí. Každý z těchto měsícův musí tudíž nutně jednou v čase oběhu svého do stínu Jupiterova přijít a se *zatměti*. Je-li země zrovna mezi sluncem *S* a Jupiterem v E (obr. 242.) nastupuje okamžik zatmění měsíce *M* o 16 minut 26 vteřin *dříve*, než když jest slunce zrovna mezi zemí a Jupiterem v E_1 . V prvém případě jest země Jupiteru nejbliže, v druhém jest od něho nejdále. *Cassini* vysvětlil úkaz ten nejprvé r. 1675, dovozuje, že světlo přicházející na zemi z měsíce Jupiterova potřebuje ku vykonání té dráhy jistého času, jest tudíž na cestě déle, je-li země od měsíce vzdálenější, pročež také měsíc déle viděti, ač se již ve stínu Jupiterově nalézá. Poněvadž se počet, který *Cassini* učinil, neshodoval se skutečností, vzdal se *Cassini* později té myšlénky. Dánský hvězdář *Römer* určil však ještě během téhož roku (1675) v tom základě rychlost světla. Rozdíl mezi největší a nejmenší vzdáleností země od Jupitera obnáší 41,364.000 mil. Je-li země o tolik dále od Jupitera, vidíme zatmění měsíce o 16 minut 26 vteřin, čili o 986 vteřin později, t. j. tolik času potřebuje světlo naposledy z měsíce Jupiterova vycházející ku vykonání dráhy $mE_1 = EE_1 = 41,364.000$ mil, koná tudíž za 1 vteřinu $41,364.000 : 986 = 41.951$ č. bez mála 42.000 mil.

Oím blíže stojí země Jupiterovi, tím dříve vykonává světlo měsíce dráhu svou, jak výpočty se zkouškami se shodující potvrzují, světlo se pohybuje tudíž *rovnoměrně*.

Průměrná vzdálenost země od slunce jest asi 20,500.000 mil. Tuto dráhu koná světlo dle mnohých zkoušek za 8 minut 13 vteřin č. za 493 vteřin; připadá tudíž na 1 vteřinu $20,500.000 : 493 = 41.582$ č. téměř 42.000 mil jako výše.

b) *Aberrace.* Každá hvězda proměňuje zcela pravidelně a každoročně, ovšem pak zdánlivě místo své na nebi. Proměna tato má původ v pohybu země okolo slunce a v rozšiřování se světla a nazývá se *aberrace* (*úchylka*). Nejprvé ji pozoroval slavný anglický hvězdář *Bradley* r. 1727.

Myslíme-li sobě kuli vystřelenou z děla *a* na loď *s* (obr. 243.), tu prorazí kulo loď, bude-li tato v klidu, směrem *es*, tudíž v *e* a *r*. Pohybuje-li se však loď *velmi rychle a rovnoměrně* směrem *az*, prorazí ji loď v *e* a *o*, tak že loďníci budou si mysliti dělo ve směru *oa*.

Právě tak má se věc při pozorování stálic. Oko, dívající se na stálicí, pohybuje se se zemí dále a posíne z týchž příčin (jako loďník dělo) hvězdu ze skutečného místa jejího *a* do *a_1*, tak že se zdá, jako by byla vykonala hvězda dráhu *aa_1*. Vykoná-li země v témž čase τ dráhu *es*, můžeme si též mysliti zemi v klidu a světlo v pohybu opačným směrem $ev=es$.

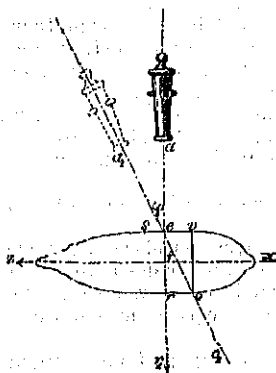
V témž čase τ vykoná však světlo skutečně dráhu *er* a sestrojíme-li rovnoběžník rychlostí *evro*, bude výslednice *eo*, t. j. oku zdá se, že přichází světlo z *a_1*. Je-li v $\triangle ero$ známa strana $ro=ev=es$ a $\sphericalangle \varphi$, můžeme vypočísti *er*, t. j. *rychlost světla*. Je-li ku př. $\sphericalangle \varphi = 20''$ a $ro=ev=es = 4\frac{1}{2}$ míle (rychlost země) a bereme-li *ro* (poněvadž jest $\sphericalangle \varphi$ velmi malý) za oblouk kruhový, bude poloměrem jeho *er* vytknuta dráha světla za 1". Je-li pak oblouk

kruhový úhlu $20'' \frac{4}{7}$ míle dlouhý, bude obvod celého kruhu, jehož částí oblouk ten jest, totiž $2\pi r = \frac{360^\circ \times 60' \times 60'' \times \frac{4}{7} \text{ m.}}{20''} = 268457 \text{ mil.}$, z čehož

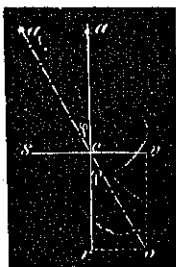
$$r = \frac{268457}{2\pi} \text{ mil} = \frac{268457}{2 \times 3.14} = \text{téměř } 42.000 \text{ mil.}$$

Účinkem aberrace opisuje každá hvězda za rok na nebi ve směru pohybu země zdánlivě okolo bodu a elipsu, s drahou zemskou rovnoběžnou.

Obr. 243.



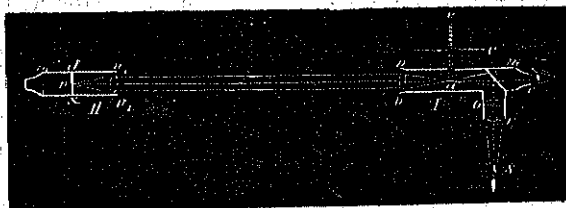
Obr. 244.



c) *Fizeauovo měření rychlosti světla.* Rychlost světla, t. j. dráha, kterou světlo za $1''$ koná, obnáší dle předešlého asi 42.000 mil, tudíž více, než 9krát tolik, co měří obvod naší země. Zdálo se tudíž nemožno, měřiti rychlost světla na zemi, neboť nebylo na zemi dráhy dostatečně veliké. Přece však ustanovil Francouz *Fizeau* (1849) rychlost světla přímým měřením.

Přístroj, jehož *Fizeau* použil, záležel ve dvou dalekohledech m a n , (obr. 245.), jejichž osy byly v též přímce, pročež měly oba dalekohledy vláskové kříže, jejichž středy pro oba pozorovatele musily dohromady splývati a se krýti.

Obr. 245.



Dalekohled mn byl opatřen postranným otvorem or , před kterým byla lampa, vydávající silné světlo s , kteréž otvorem do trubice vcházelo a od skloněné desky z , k ose v úhlu 45° nakloněné, z části se odráželo a ke druhému dalekohledu m_1n_1 postupovalo. V tom bylo kolmé zrcadlo ax , od něhož paprsek

odraziv se zpět se vracel a nakloněnou deskou skleněnou z části procházející do oka pozorovatele vstupoval. Před deskou z ješ v dalekohledu řez, kterým vstupuje do něho zzubené kolo ea , u kterého mají zuby a mezery tutéž šířku. Kolo se postaví tak, aby mezery paprsek z a do w postupující aneb z w do a se vracející propouštěly, zuby pak jej zadržovaly. Otáčeli-li se kolo jistou rychlostí a vrátili se paprsek, který z a vyšel a mezerou kola až ku w , se pohyboval z w do a v tom okamžiku, kde se nalézá na místě mezery zub, zastaví jej tento, tak že pozorovatel nebude žádného světla viděti. Otáčeli-li se však kolo rychlostí dvojnásobnou, bude na místě zubu druhá mezera a pozorovatel uvidí světlo. Při trojnásobné rychlosti bude v a opět tma, neboť bude na místě mezery zub, při čtver násobné rychlosti bude světlo atd.

Fizeau postavil dalekohledy od sebe ve vzdálenosti 8633 metrův č. 27.310'. Kolo mělo 720 zubů, tak že každý zub a každá mezera měly šířku $\frac{1}{1440}$ obvodu kola. Otočilo-li se kolo za vteřinu $12\frac{3}{4}$ krát, zmizelo světlo, otočilo-li se za vteřinu $25\frac{1}{2}$ krát, t. j. při rychlosti dvojnásobné, bylo viděti světlo úplně jasné. Při zmizení světla přišel sousední zub na místo mezery za $12\frac{3}{4} \times 1440$ ť díl vteřiny, t. j. za 18144ť díl vteřiny a světlo vykonalo v tom čase dráhu $2 \times 27.310' = 54.620'$. Za celou vteřinu vykonalo by tudíž $54.620' \times 18144$ krát, což obnáší 991.025.280' čili:

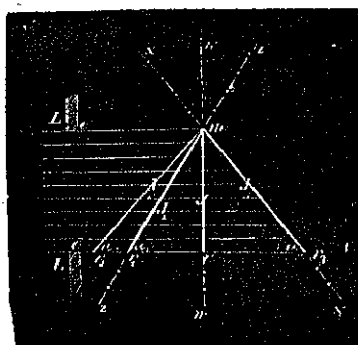
991.025.280:24.000 = 41.317 mil. Z 28 zkoušek obdržel Fizeau průměrnou rychlost 41.674 mil.

Později měřil Fizeau s Breguetem podobným způsobem též rychlost světla ve vodě a sledal, že se má rychlost ve vodě ku rychlosti ve vzduchu jako 3:4, t. j. že se pohybuje světlo ve vodě volněji než ve vzduchu, čímž rozhodnuto vítězství theorie vlnění nad teorií výronu, o čemž níže bude pojednáno.

229. Světlost. a) Ze svítícího bodu šíří se světlo přímočárně ve všech směrech. Myslíme-li sobě tento bod co střed dutých kulí soustředných, budou všechny osvětleny *týmž množstvím světla*, ale světlost jejich bude ovšem tím *slabší*, čím *větší* bude povrch jejich, t. j. *čím vzdálenější* budou od svítícího bodu; bude tudíž světlosti S ubývatí v *témž* poměru, ve kterém *přibývá* ploch dutým kulím, tak že $S:s = 4\pi r^2:4\pi R^2$, čili $S:s = r^2:R^2$. Je-li $r=1$, jest $S:s = 1:R^2$ a $S = \frac{s}{R^2}$. *Světlosti ubývá tudíž ve čtvercárném poměru vzdálenosti od zdroje světla* (Kepler 1604).

b) Světlosti ubývá nejen vzdáleností od zdroje světla, nýbrž světlost řídí se též úhlem, ve kterém světlo na tělo padá. Padá-li

Obr. 246.

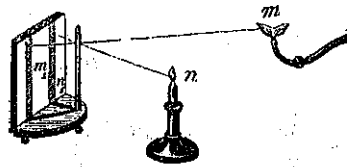


na plochu mr (obr. 246.) svazek rovnoběžných paprskův *kolmo*, bude též svazek osvětlovati též plochu mr_1 a tolikráte bude světlost její S_1 slabší, tak že $S_1:s = mr:mr_1 = \sin \alpha_1:1$, pročež $S_1 = S \cdot \sin \alpha_1$. Za stejných okolností bude taktéž $S_2 = S \cdot \sin \alpha_2$ a $S_3 = S \cdot \sin \alpha_3$ a t. d., t. j. *světlosti ploch šikmými paprsky osvětlených mají se k sobě jako sinusy úhlů, ve kterých paprsky ploch těch dostihují* (Lambert 1670).

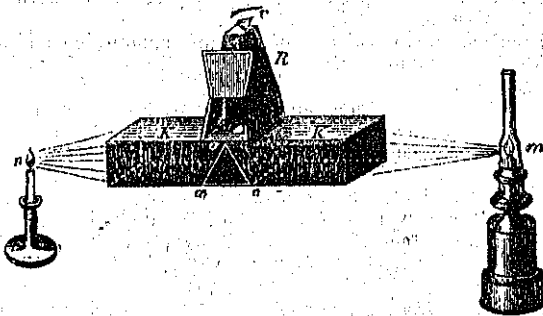
230. Světlo měřství (Fotometrie). Zákona, že světlosti ubývá ve čtverečném poměru vzdálenosti, užívá se s prospěchem ku měření *síly* č. *intensity* rozličných zdrojů světla, k čemuž slouží rozmanité přístroje, tak zvané *světlo měř* č. *fotometry*. Důležitější z nich jsou:

a) *Světlo měř Rumfordův* č. vlastně *Lambertův* (neboť *Lambert* měřil způsobem podobným *intensity* světla dříve [1760], než *Rumford*). Dřevěná tyčinka postaví se před tenký papír, napnutý v rámečku (obr. 247.) a obě světla *m* a *n*, jichž sflu chceme porovnávat, nalézají se před tyčinkou a vrhají na papír stín její. Vzdálenost světel se zřídí tak, aby byly oba stíny m_1 a n_1 stejně tmavé, což nejlépe posouditi možno, když jsou stíny blízko sebe, světla stejnobarevná, v stejné výšce a dosti vzdálena, aby polostín určování temnosti plných stínů nepřekážel. *Pernot* použil papíru průsvitného, kterýž pak s druhé strany osvětlil. Stíny sejně temné zmizely v témž okamžiku oba; nebyly-li stejny, zůstal jeden z nich patrný. Světlo měř Rumfordův zakládá se v tom, že na ploše jasněji osvětlené jest stín temnější. Jsou-li oba stíny stejně temné; jsou též plochy stejně osvětleny a světlosti jsou pak v tom poměru jako čtverce vzdáleností, tak že $S : S_1 = R^2 : R_1^2$.

Obr. 247.



Obr. 248.



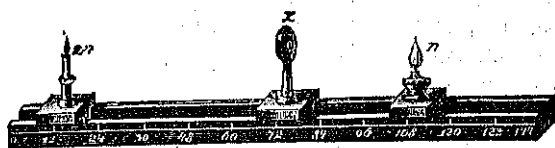
b) *Světlo měř Ritchieův* skládá se ze dvou papírem polopených desk *ao* a *oc* (obr. 248.) v úhlu 90° spolu spojených a střechovitě skloněných, které se vloží do podlouhlé, vně i vnitř černé skřínky *KK*, mající na obou koncích polokruhové otvory, kterými světlo ze zdrojův *m* a *n*, jichž světlost porovnáváme, na papírové plochy padá. Světla pošinoují se tak dlouho, až jsou obě plochy stejně osvětleny, což jest viděti trubicí *R* zasazenou nahoře v otvoru skřínky, právě u prostřed

nade hranou, ve které plochy se sbíhají. Světlo *silnější* osvětluje plochu ze vzdálenosti *větší* právě tak jako světlo *slabší* druhou plochu ze vzdálenosti *menší*; má se tudíž opět $S:S_1 = R^2:R_1^2$.

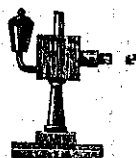
Podobný světloměr sestrojil v základě již *Bouguer* r. 1760.

c). *Světloměr Bunsenův* jest papír, napnutý v rámečku z (obr. 249.) a mající v středu okrouhlou skvrnu stearinovou *v*, kterou nejsnáze uděláme, když položíme do prostřed papíru kousek steariinu a papír nad kovovou deskou, pode kterou hoří kahan, tak dlouho zahříváme, až stearin se roztaví. Rámeček postaví se mezi obě světla *m* a *n* a po-

Obr. 249.



Obr. 250.



souvá se mezi nimi tak dlouho, až nelze skvrny na papíru rozeznati. Pokud není osvětlení s obou stran stejné, vidíme se strany světla *slabšího* skvrnu *jasnou* na půdě *temnější*, poněvadž se strany druhé průsvitnou skvrnou *více* světla prochází.

Jednodušší světloměr Bunsenův jest tyč neb papírová proužka v stejné díly rozdělená, na které rámeček s papírem snadně posouvati se může. Světla jsou pak na koncích tyče neb proužky a v též výšce jako skvrna stearinová. I při tomto světloměru má se $S:S_1 = R^2:R_1^2$.

Na tyči možno, jak to *Steinheil* učinil, při jednotlivých oddílech napsati přímo čísla, kterými vytknuta světlost. Jinou úpravu Bunsenova světloměru viděti na obr. 250.

Poznámka. Sílu dvou světél můžeme seznati též přirovnáním jich ku světlu třetímu; neboť známe-li poměr světlostí obou světél ku světlu třetímu, můžeme poměr světlostí jejich vespolek snadně určití. Tím způsobem bylo porovnáno světlo slunečné s měsítným, kteréz poslední shledal *Bouguer* 250.000, *Wollaston* 800.000krátě slabší. Sluneční světlo rovná se dle *Bouguera* 6025, dle *Wollastona* 5986 voskovým svíčkám, hořícím ve vzdálenosti 1'. Světlo *Drummondské* jest dle měření *Fizeauova* a *Poucaultova* 146krátě, světlo hořícího drátu hořčíkového 526krátě slabší světla slunečného.

231. Původ světla. O původu světla máme až posud pouhé domněnky, neboť pravých příčin rozličných úkazův světla smyslím našim nemožno vypátrati.

1) Učenec *Descartes*, shledav, že paprsky světla od hladké plochy se odrážejí tak jako pevná těla pružná, dokládal (asi r. 1640), že se skládá světlový paprsek z malinkých částecek hmotných, které ze hmotného těla viditelného se vyroňují, a tak položen základ ku *teorii výronu č. emanaci světla* (*Emissions-, Emanations-Theorie*).

Theorii tuto vyvinul nejlépe *Newton* a vydal (r. 1704) veliký spis o světle. Dle theorie výronu odpuzují *těla svítící* od sebe velmi jemné, pružné, hmotné ale netěžké částičky světelné velikou rychlostí v přímých směrech, kteréžto částičky, narážejce na sítnici (nerv zrakový), pocit *vidění* vzbuzují. Těla, která svítících částiček nevypouštějí, jsou *temná* a viditelná teprv když od svítících jsou *osvětlena*. Těla, kterými svítící látka prochází, jsou *prohledná* a prochází-li jimi světlo jen částečně, jsou *prosvitavá*; těla, která průchodu svítících částiček zabraňují, jsou *neprohledná*. Čím více látky světelné na plochu padá, tím *jasněji* jest osvětlena. Veškeré posud jmenované výjevy světla možno snadně z theorie výronu vyložiti. Padá-li však světlo na nějaké tělo, *odrážel se* část jeho nazpět, druhá část však vniká do těla a mění svůj směr, t. j. *láme se*. Aby i tento výjev vysvětlil, dokládal *Newton*, že částičky světelné přicházejí po sobě ve střídavý stav, který je nutí, buď k tělu přilnouti a do něho vniknouti, buď od něho se odrazeti. Částičky vniknuvší do těla přicházejí pak zase po chvíli do druhého stavu a odrazejí se uvnitř v těle, t. j. *lámou se*. Ku bližšímu vysvětlení lomu bylo však nutno mysliti si, že v těle hustějším pohybují se částičky rychleji než v řidším. Aby se vyložil rozklad světla v barevné součásti, bylo nutno mysliti si, že jsou světelné částičky rozličné; mnohých jiných výjevů světla nebylo však naprosto možno výronem vyložiti a když v době novější *Fizeau* a *Breguet* zkouškami dokázali, že ve vodě (hustší) světlo volněji se pohybuje, než ve vzduchu (řidším), tudíž právě opak toho, což tvrdili zastavatelé theorie *emanačné*, uznán jest náhled o *výronu světla za nepravý*. Zastavatelé theorie výronu byli *Biot* (1816) a *Laplace* (1809).

2) Na základě názoru *Aristotelova*, že vidění způsobuje se pohybem prohledného prostředí mezi okem a viditelným tělem, vyvinul Holanďan *Huyghens* (* 1629 † 1695), novou theorii světla, kteráž slove *theorie vlnění* č. *undulace* (Undulations-, Wellen-, Vibrations-, Schwingungstheorie). Dle této theorie jest původem světla č. světlo samo *vlnivý pohyb* zvláštní hmoty, *velmi pružné a roztahitelné, nad míru jemné, nevažitelné*, která se jmenuje *ether*. Hmota tato jest v celém prostoru světovém rozšířena a lne ku nejmenším hmotným částičkám těl tak, že *vyplňuje prostor mezi těmito jednotlivými částičkami*, pročez může vlnivý pohyb, od vnějších částic etheru sdělený, též v tělech dále postupovati. Vejdou-li vlny světlové do oka, působí na sítnici dojem, kterému říkáme *vidění*.

Svítící těla jsou ona, jejichž nejmenší částičky (molekuly) velmi rychle se pohybují a tak i ether ku pohybu vlnivému pobádají: Částice etheru chvějí se *příčně*, t. j. kolmo na směr, ve kterém chvění dále se rozšiřuje. Chvějí se ovšem částičky etheru též *podélně*, t. j. směrem, ve kterém chvění postupuje; toto podélné chvění jest však velmi nepatrné. Těla *osvětlená* jsou dle této theorie ona, která přivádějí ether v pohyb tehdy, když vlny etherové, z těl svítících vycházející, na ně

dorážejt. *Prohledná těla* dopouštějí vlnění étheru v nich obsaženého, tak že chvění étheru může skrze ně dále se rozšiřovati; děje-li se to nepatrně, jsou těla *prosvitavá*. V tělech *neprohledných* nemůže éther se chvěti, protože nerozšiřuje se skrze ně pohyb étheru. Směr, kterým chvění étheru postupuje, jest *paprsek světla*. Je-li éther na všech stranách bodu, z něhož popud pohybu jeho vychází, stejnoměrně hustý a stejně pružný, postupují vlny všemi směry toutéž rychlostí a hlavní vlna tvoří okolo svítícího bodu dutou kuli, jejíž poloměry jsou do-
týčné *paprsky*.

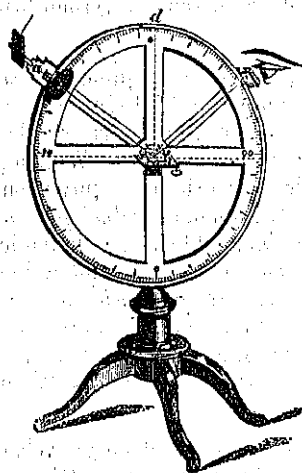
Theorii vlnění možno vyložiti i všechny ostatní výjevy světla velmi snadně; přece však měla theorie ta s počátku velmi málo příznivců; v XVIII. věku ji zastával jediný matematik *Euler*. V době nejnovější vyvinuli theorii tuto nejvíce *Young* (1800—1803), *Fresnel* (1815—1822), *Cauchy* (1836) a j., odůvodnivše náhledy své důvody matematickými a četnými zkouškami tak, že theorie tato všeobecně uznána za jedinou pravou.

Enke domnívá se, že vlasatice, která po něm byla pojmenována, proto z dráhy počtem určené se odchyluje, poněvadž odpor étheru v pohybu jí překáží.

B. Odraz světla č. katoptrika.

232. Odraz světla. Světlo se rozšiřuje *přímočárně* pouze v prostředí naskrze *stejnorodém*. Přečází-li do jiného prostředí, mění se *směr* i *síla* světla. Na rozhraní dvou prostředí vrací se vždy jedna část světla do předešlého prostředí nazpět, t. j. *odráží se*, druhá část pak vniká do druhého prostředí a *láme se*.

Obr. 251.



Padá-li *paprsek šikmo*, v jiném úhlu než 90° , na rozhraní dvou prostředí, mění se odrazem i lomem *původní směr paprsku*.

Bez odrazu světla neviděli bychom nic jiného než těla svítící, neboť těla osvětlená objevují se zraku teprv tím, že světlo od nich odražené do oka vniká a pocit vidění vzbuzuje.

Zákony odrazu světla, jež možno znázorniti přístrojem (obr. 251.) od *Cauchyho* sestaveným, jsou:

1. *Paprsek dopadající ao , kolmice do, a paprsek odražený oc jsou v též rovině.*

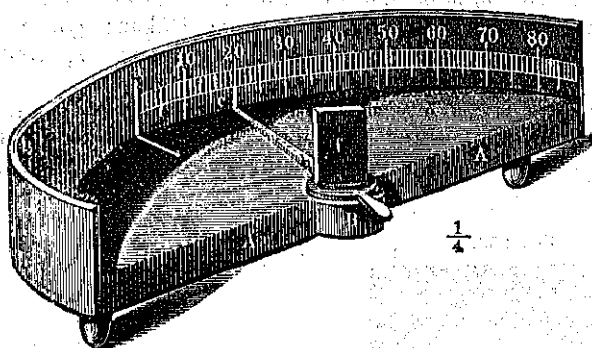
2. *Úhel dopadu x rovná se úhlu odrazu y ; taktéž jest*

$\angle \varphi = \angle \varphi_1$.

233. Zrcadla. Čím *hladší* plocha, tím *dokonaleji* se odráží od ní světlo. Od ploch *zcela hladkých* odráží se světlo *zcela pravidelně*.

dobře tak že přišedší do oka právě též dojem činí, jako kdyby přímo z těla svítícího přicházelo. Plochy, které světlo pravidelně odrážejí, jmenujeme *zrcadla*. Neú-li plocha, od které se odráží světlo, hladká, odrážejí se paprsky od zvýšenin a prohlubin na

Obr. 252.



všecky strany a světlo se *rozptyluje*, způsobuje, že vidíme pak plochu, která světlo na všechny strany rozptyluje, tak jako svítící tělo.

Má-li zrcadlo plochu rovnou, zove se zrcadlem *rovným* (Plan-spiegel, ebener Spiegel).

Poněvadž není ani jediná plocha zcela dokonale hladká, nemáme tudíž ani jediného dokonalého zrcadla. Dokonalé zrcadlo musilo by býti z příčin výše uvedených zcela černé; čím zrcadlo temněji, tím jest dokonalejší. Dokonalému zrcadlu přibližují se hladina rtuti a jiných v klidu stojících kapalin, bílé uhlazené kovové desky, broušené sklo na jedné straně aneb zcela černé, které však dává obrazy temné. Domácí zrcadla jsou skleněné desky na jedné straně čirou amalgamou pokryté. Jsou to však vlastně zrcadla kovová, neboť obrazy tvoří pouze kovový povlak.

Přichází-li světlo průřezem *a* (obr. 252) na střed zrcadla *f*, které se může otáčeti, a otočíme-li je do polohy, kterou obrazec znázorňuje, tu bude paprsek na zrcadlo dopadající s kolmicí *cb* svrátí úhel 20° , v téměř úhlu bude pak světlo od zrcadla se odrážeti, tak že odraženým světlem bude osvětlena rozdělovací čára úhlu 40° . Změní-li se postupně úhel dopadu, změní se též úhel odrazu, proto možno přístroje toho použítí ku dokladu zákonů odrazu světla.

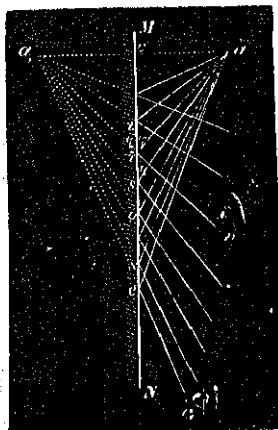
Dle theorie vlnění možno vyložiti zákony odrazu světla ze zákonů, kterými řídí se odraz vln a které byly vytknuty v odst. 194. na str. 207. Dle theorie výronu světla vykládá se odraz světla tak; jako odraz pružných kulí ode stěny (viz odst. 132. na str. 133.).

234. Odraz světla v zrcadle rovném. a) *Obraz svítícího bodu.* Ze svítícího bodu *a* padá na zrcadlo rovné *MN* (obr. 253.) nesčíslné množství paprskův, kteréž dle zákona výše vytknutého se odrážejí, jako ku př. paprsky *az*, *ar*, *as*, jež do oka pozorovatele

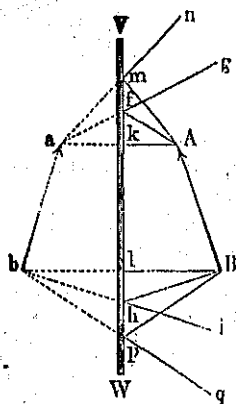
u v přicházejí, byvše od zrcadla odraženy. Poněvadž jsme zvyklí, hleděti jen zpřímá, bude oku, do kterého přicházejí odražené paprsky az , ar , as atd., zdáti se, že přicházejí z nějakého bodu a_1 za zrcadlem, a ten zdánlivě svítící bod, z něhož všechny odražené paprsky přicházejí se zdájí, jest obrazem skutečně svítícího bodu a a jest na konci kolmice, kterou vedeme ze svítícího bodu na rovinu zrcadla a kterou prodloužíme tak daleko za zrcadlo, jak daleko jest svítící bod před zrcadlem, tak že $a_1c = ac$. Důkaz: $\triangle arc \cong \triangle a_1rc$, neboť $\sphericalangle r = \sphericalangle r_1$, $\sphericalangle acr = \sphericalangle a_1cr = 90^\circ$ a $cr = cr$, pročež také $a_1c = ac$.

b) *Obraz svítícího předmětu.* Nalézá-li se před rovným zrcadlem VW (obr. 254) svítící tělo AB , vyhledáme obraz jeho snadně, vedeme-li ze všech jednotlivých bodů na zrcadlo kolmice a pro-

Obr. 253.



Obr. 254.



dloužíme-li je za zrcadlo stejně daleko, jako jsou před zrcadlem, tak že $AK = ka$, $Bl = lb$ atd. Sestrojíme-li takto obraz ab , shledáme, že jest *přímý a stejně velikosti s předmětem*. Části, které jsou u předmětu v *pravo*, objeví se na obraze v *levo* a naopak.

a) Ku vytvoření obrazu potřebí pouze části zrcadla a sice části tím menší, čím blíže jest oko před zrcadlem. Tuto obraz vytvářející část zrcadla vyhledáme, vedeme-li z oka přímkou ku pomezným bodům obrazu. Neprotíná-li některá z přímek pomezných zrcadla, nemůžeme dotýčeného bodu viděti.

V zrcadle kolmo stojícím může při určené výšce zrcadla člověk viděti se celý, když jest i dvakrát tak veliký jako zrcadlo.

Značí-li ab (obr. 255) člověka, stojícího před zrcadlem, bude obraz jeho za zrcadlem a_1b_1 ; je-li oko v o , bude potřeba ku vytvoření obrazu pouze části zrcadla mn , aneb jen zrcadla $mn = \frac{ab}{2}$, což možno odvoditi takto:

$mn \parallel a_1b_1$, $mc \parallel ao$;

$$\text{v } \triangle a_1 o b_1 \quad a_1 b_1 : mn = a_1 o : m o,$$

$$\text{v } \triangle a_1 a o \quad a_1 a : ca = a_1 o : m o,$$

$$\text{pročež } a_1 b_1 : mn = a_1 a : ca = 2 : 1, \text{ z čehož}$$

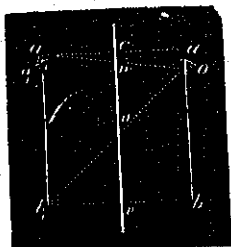
$$mn = \frac{a_1 b_1}{2} = \frac{ab}{2}. \text{ Výška } m \text{ zrcadla od podlahy}$$

může se pak snadně vypočísti.

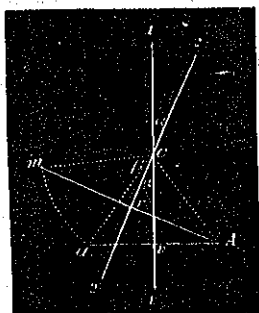
b) Pohybuje-li se zrcadlo v rovnoběžném směru s původní polohou svou blíže ku předmětu aneb předmět ku zrcadlu, postupuje obraz rychlostí dvojnásobnou a koná tudíž dráhu dvojnásobně velikou. Byla-li ku př. vzdálenost předmětu od zrcadla $2a$, tu byl též obraz od zrcadla vzdálen $2a$, pročež obraz od předmětu vzdálen $4a$. Zmenší-li se vzdálenost předmětu od zrcadla, tak že obnáší pouze a , tu bude patrně obraz vzdálen od předmětu $2a$. Zrcadlo vykonaló dráhu a , obraz dráhu drakráté větší $2a$.

c) Otočíme-li zrcadlo okolo osy o (obr. 256.), v ploše zrcadla ležící, z polohy 1 do polohy 2, opisuje obraz a svítilého bodu A , před zrcadlem se

Obr. 255.



Obr. 256.



nacházejícího, kruhový oblouk am , jehož poloměr se rovná vzdálenosti svítilého bodu od osy, a úhlová rychlost obrazu jest dvakráté tak veliká jako úhlová rychlost zrcadla, tak že $\sphericalangle\beta = 2 \sphericalangle\alpha$. Jestli $\sphericalangle m A a$ úhel obvodový a $\sphericalangle\beta$ úhel středový, pročež $\sphericalangle\beta = 2 \sphericalangle m A a$ a poněvadž $\sphericalangle m A a = \sphericalangle\alpha$, jest též $\sphericalangle\beta = 2 \sphericalangle\alpha$. Dokázati možno to přístrojem na obr. 252. znázorněným.

d) Svítilcí předmět (hořící svíčka) mezi dvěma rovnoběžnými zrcadly má nesčíslné množství obrazův, poněvadž každý obraz zrcadla jednoho jest předmětem pro zrcadlo druhé a tvoří v něm opět obraz, který jest zase předmětem pro zrcadlo první, což nekonečně se opětuje. Při každém odrazu jest však světlo méně jasné a proto můžeme ve skutečnosti jen obmezený (ač dosti značný) počet obrazův viděti a dokonale rozeznati.

e) Jsou-li zrcadla v jistém úhlu k sobě skloněna, dává předmět, mezi nimi se nalézající obrazův $\frac{360}{n} - 1$, v čemž n značí počet stupňů úhlu sklonu, a obrazy jsou okolo přímky, ve které se obě zrcadla protínají, v kruhu souměrně rozestaveny.

Jsou-li ku př. zrcadla I. a II. (obr. 257.) skloněna k sobě v úhlu $\phi = 45^\circ$, dává předmět a v zrcadle I. obraz 1, 1 v zrc. II. obr. 2, 2 v zrc. I. obr. 3, 3 v zrc. II. obr. 4, 4 v zrc. II. obr. 5, 5 v zrc. I. obr. 6, 6 v zrc. II. obr. 7, 7 v zrc. I. obr. 8. Obraz 8 splývá však s obr. 4 v obraz jediný, tak že jest

počet obrazův 7, tudíž skutečně $\frac{360}{45} - 1$. Že jsou obrazy souměrně v kruhu

rozestaveny, o tom můžeme se přesvědčiti, spojíme-li obrazy s bodem c ; bude pak přímka $ca = c1 = c2 = c3$ atd., což vyplývá z nauky o odrazu světla v rovných zrcadlech.

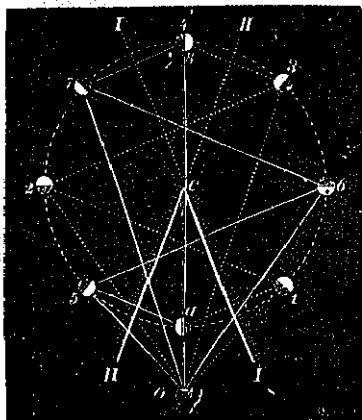
f) Obrazy vznikající za zrcadlem jsou pouze *zdánlivé* č. *geometrické*. Padají-li však na rovné zrcadlo paprsky *sblíhavé* (obr. 258.), vzniká *před zrcadlem skutečný obraz* ab , jež můžeme na bílém plátně aneb na papíře zachytiti a pozorovati. Obraz jest od zrcadla vzdálen tak jako bod a_1 , ležící za zrcadlem, ve kterém by sblíhavé paprsky z předmětu a vycházející byly všechny *skutečně* se stýkaly, kdyby nebylo v cestě zrcadla. Jestli $\angle \varphi = \angle \varphi_1$, taktéž $\angle \varphi = \angle \alpha$, protože $\angle \varphi_1 = \angle \alpha$, $\angle c = 90^\circ$ a $wc = wc$, tudíž $\triangle wca \cong \triangle wca_1$, protož $ca = ca_1$.

g) Obyčejná zrcadla skleněná dávají více obrazův, poněvadž odráží se světlo na předním i zadním povrchu desky skleněné, jakož i na povrchu amalgamu. Proto nehodí se taková zrcadla k důkladnějším zkouškám optickým, při kterých používá se zrcadel kovových.

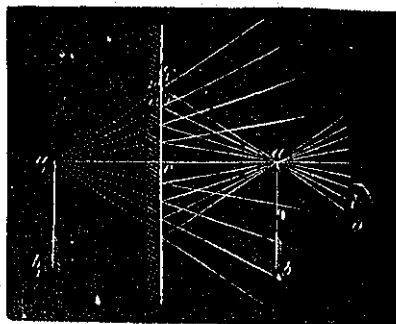
Používání zrcadel rovných. 1. Zrcadel rovných užívá se v domácnosti; rytci a kamenopisci jich užívají ku převrácení předmětu s levé strany na pravou. Podstatnou částí *dalekohledu kouzelného* a *zrcadelného dalekohledu divadelního* jsou taktéž rovná zrcadla. V době novější užívá se zrcadel při *objevení se duhou na divadlech* atd.

2. *Kaleidoskop (krasohled)* r. 1817 od Angličana *Brewstera* sestrojený jest trubice asi 10" dlouhá, do které se zastrčí 2—3 zrcadelné plochy obvykle v úhlu 60° k sobě skloněné, též délky jako trubice. Na jednom konci jest trubice uzavřena dvěma skleněnými kotoučky, z nichž pokrajný jest ze skla

Obr. 257.



Obr. 258.



mdle broušeného (prosvítavého). Mezi kotoučky jsou kaménky, střípky skla a jiné pestrobarevné věci, které při každém pohnutí trubice jiné polohy nabývají a oku do trubice hledícímu rozmanité, hvězdovité obrázky ukazují. Čím menší úhel zrcadel, tím více obrázkův se javí (viz předcházející odst. e). Zrcadla mohou se též šrouby sestavovati v rozličné úhly. Kaleidoskopy, mající místo zrcadel skleněných postříbřené desky kovové, slovou po nálezi svém *Debuskopy*. Místo předmětů, obrázky poskytujících nalézají se v kaleidoskopech též čočky, které z předmětů, na něž kaleidoskopem jako dalekohledem se díváme poskytují obrazův, jež, padající mezi zrcadla, dávají pak určitý počet obrazů jiných v kruhu seřazených.

3. *Zrcadelné měřítko geometrické* ku vytýčení úhlů 90° sloužící (obr. 259) jest trubice s deskou mn na polo zrcadelnou na polo prohlednou. Hledí-li oko o trubici, spatří *prohlednou* polovici mr předmět a a pomocí druhé zrc.

delné polovice předmět c současně a v též místě s předmětem a , je-li $\angle ora = 90^\circ$, neboť $\angle \alpha = 45^\circ = \varphi_1 = \varphi_2$, pročež $\angle \alpha + \angle \varphi = 90^\circ$ a tudíž také $\angle ora = 90^\circ$.

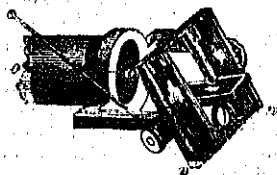
4. *Helioštat* jest přístroj, kterým slunečné světlo odrazem od rovného zrcadla určitým směrem se vodí. Poněvadž však slunce otáčením země polohu svou ustavičně mění, otáčí se zrcadlo, před otvorem v okénici se nalézající, na všechny strany, aby paprsky otvorem do světlice vždy jen v určitém směru přicházely. Aby se nemusil otáčeti helioštat rukou, zřízeny jsou helioštaty se strojem hodinovým, tak že plocha zrcadelná vždy přichází do polohy takové, aby paprsky odražené padaly ustavičně na totéž místo. Nejlepší takový helioštat jest *Silbermannův helioštat hodinový*.

5. Mají-li paprsky sluneční do veliké vzdálenosti určitým směrem se odrážeti, používá se tak zvaného *heliotropu* (světloobratu), jež sestrojil *Gauss*. Ukázalo se, že zrcadélko třeba jen 1" veliké jest viděti ve vzdálenosti několik mil, odrážejí-li se od něho k oku paprsky sluneční. Ve zkušenosti té zákládá se heliotrop *Gaussův*, který se skládá ze dvou v úhlu 90° se protínajících zrcadélek před dalekohledem upravených (obr. 260.), kteráž se otáčejí okolo osy vodorovné a kolmé na osu dalekohledu.

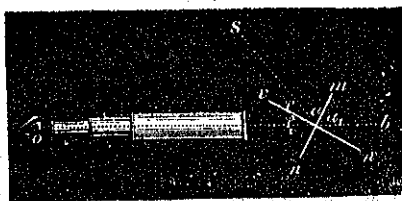
Díváme-li se dalekohledem na pozorovatele v b (obr. 261.) 2–3 milo vzdáleného a otočíme-li pak zrcadélka až se slunečné paprsky od zrcadélka mn odrážejí směrem ao do oka, budou se pak od druhého zrcadélka vw odrážeti paprsky směrem ab a pozorovatel v b se nalézající uží pak v a obraz sluneční. Jestliž $\angle \varphi = \angle \varphi_1$, a taktéž $\angle \alpha = \angle \alpha_1$, pročež $\angle \varphi + \angle \alpha = \angle \varphi_1 + \alpha_1$; poněvadž pak $\angle \varphi + \alpha = 90^\circ$, jest $\angle \varphi + \alpha + \angle \varphi_1 + \alpha_1 = 180^\circ$ t. j. paprsky odrážejí se od zrcadla vw směrem ab .

6. *Secant zrcadelný*, jež dle Newtonova principu *Hadley* r. 1731 nejprve sestrojil, slouží k určování úhlu, jež svírají paprsky vedené k oku ze dvou předmětů, ku př. dvou hvězd. Takovéto určování polohy dvou hvězd jest

Obr. 260.



Obr. 261.



zvláště pro námořníky důležité, mají-li stanoviti místo, kde právě loď se nachází. Jméno *secant* má přístroj odtud, že jest oblouk kruhový MN (obr. 262) šestina kruhu. Obnáší-li oblouk $\frac{1}{6}$ kruhu, zove se nástroj *kvadrant*. Oblouk kruhový MN má střed svůj v c . Okolo středu toho otáčí se rameno cw , tak zvaná *alhidada*, která má na konci průlom a obloukový *nonius* příslušný k rozdělení oblouku MN . U c jest na alhidadě zrcadlo ax , kolmo na ploše oblouku stojící a s alhidadou se otáčející. Druhé nepohyblivé zrcadlo rs jest kolmo na ploše oblouku připevněno. Hořejší polovice zrcadla rs není, však staniolem pokryta a jest tudíž prohledná (jak viděti u r_1s_1), tak že dalekohledem viděti předmět b , který hořejší prohlednou polovicí světlo do dalekohledu vysílá; z polovice dolejší, zrcadelné, přichází do dalekohledu týmž směrem světlo

jiného předmětu a , od zrcadla oo k zrcadlu rs a odtud do dalekohledu odražené. Úhel β jest dvakrát tak veliký jako úhel φ , o který jsme musili posunouti alhidadu z 0° , kde byla obě zrcadla $||$; připadá tudíž každá $\frac{1}{2}^\circ$ na oblouku na jeden celý stupeň onoho úhlu, jež chceme měřiti. Oblouk MN jest tudíž na $\frac{1}{2}^\circ$ rozdělen, které však za celé stupně se počítají.

Ve $\triangle \triangle mun$ a cvo jest $\sphericalangle \gamma_1 = \gamma$, pročež $\sphericalangle \varphi + \sphericalangle \alpha = \sphericalangle \psi + \sphericalangle \beta$. Ve $\triangle cmn$ jest $\sphericalangle \alpha_1 = \sphericalangle \varphi + \sphericalangle \psi_2 = \varphi + \psi$. Odečteme-li od rovnice

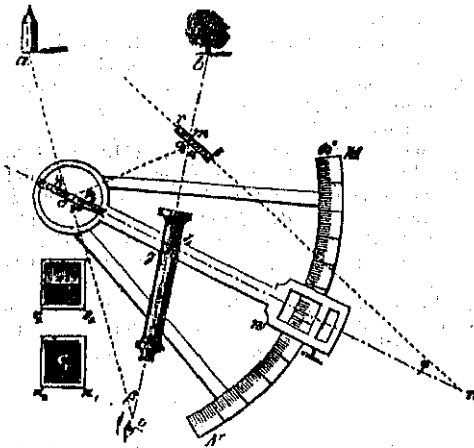
$$\begin{array}{r} \varphi + \alpha = \psi + \beta \\ \text{rovnici } \alpha_1 = \varphi + \psi \\ \hline \text{zbude } \psi = \beta - \varphi \end{array}$$

aneb $\beta = 2\varphi$, z čehož patrno, že na každý půl stupně úhlu φ připadá jeden celý stupeň úhlu β , který měříme.

Sextant jest velmi výhodný zvláště při plavbě na moři proto, že možno dotýčný úhel měřiti bezpečně i tenkrát, když sextant se pohybuje. Kolísání

lodi nepřekáží tudíž dokonalému měření úhlu β . Plavci měří sextantem obyčejně výšku některé hvězdy nad obzorem. K tomu cíli zirájí na nějaký předmět na pomezím kruhu obzorem a otáčejí alhidadu až hvězda s předmětem tím splyne v jedno. V prostoru obmezeném můžeme si udělati obzor strojěný (künstlicher Horizont), pozorujeme-li dotýčný předmět a obraz jeho ve rtuti neb jiné kapalině, jejíž povrch působí co zrcadlo. Z úhlu β běře pak se jen polovice, poněvadž jest obraz tak daleko za zrcadlem, jak daleko jest předmět před zrcadlem. Učiníme-li $\sphericalangle \varphi = 45^\circ$, můžeme pomocí sextantu vytyčovati přímky v úhlu 90° se sbíhající.

Obr. 262.



7. Optický úhloměr (Reflexionsgoniometer) Wollastonův slouží ku měření úhlů hran nerostných hrání a skládá se z kotouče kolmého na obvodu stupňovaného, který má vodorovnou osu, okolo níž se otáčí zvláštní přístroj s plátkem, na který se hrán voskem přilepí tak, aby hrana, jejíž úhel (velikost) chceme měřiti, nalézala se v ose kotouče aneb byla aspoň s ní rovnoběžná. K důkladnějšímu určení úhlu slouží nonius. Vidíme-li pak obraz nějaké vodorovné čáry, ku př. ležatého rámce v okně při nepohnuté poloze oka na jedné ploše dotýčnou hrana tvořící a pak, když jsme úhloměr okolo osy otočili, na druhé ploše, avšak na témž místě, bude otočení na kotouči (noniu) pozorované značiti tolik stupňů, kolik jich schází úhlu hrany do 180° , tak že když se otočil úhloměr o 80° , bude hrana měřiti $180 - 80 = 100^\circ$.

235. Odraz světla v zrcadle kulovém dutém. Zrcadla s plochami křivými jsou *dutá* (Concavspiegel, Hohlspiegel) neb *vypuklá* (Convexspiegel, erhabener Spiegel), poněvadž může býti plochou zrcadelnou buď dutý, buď vypuklý povrch jejich. Poněvadž jsou plochy křivé velmi rozličné, ku př. kulové, válcové, kuželové, parabolické atd. máme tudíž rozličná zrcadla křivá, z nichž však

jsou důležitější pouze kulová dutá i vypuklá a parabolická dutá.

Zrcadla kulová jsou část povrchu duté kule a slovou dutá, je-li zrcadelnou plochou povrch vnitřní dutý, a vypuklá, je-li plochou zrcadelnou povrch vnější, vypuklý. V průřezu jeví se každé kulové zrcadlo co oblouk kruhový.

U zrcadla kulového dutého *mn* rozeznáváme:

1. *Střed okrouhlosti o* (obr. 263.) t. j. střed duté kule, jejíž částí jest zrcadlo.

2. *Osou*, t. j. přímku *co*, která *optický střed o*, t. j. bod právě u prostřed zrcadla ležící, spojuje se středem okrouhlosti.

3. *Šířku č. otvor zrcadla*, t. j. velikost oblouku *mn* aneb úhlu *mcn*. Tetiva oblouku *mn* zove se *průměrem zrcadla*, od něhož liší se tudíž *průměr okrouhlosti*.

Od dutého zrcadla odráží se světlo dle všeobecných zákonův odrazu, neboť místo, na které paprsek padá, můžeme si mysliti co nekonečně malou rovinu, ku kteréž vedeme ze středu okrouhlosti poloměry t. j. kolmice.

a) *Obraz svítícího bodu*. Je-li v ose zrcadla svítící bod *s* (obr. 263.) padá jeden z jeho paprskův *so* s osou v tutéž přímku, a poněvadž jest osa kolmicí k bodu *o*, má paprsek *so* úhel dopadu = 0, pročež úhel odrazu též = 0, t. j. *paprsek odráží se týmž směrem, kterým na zrcadlo padá, odráží se tudíž v ose a následovně v sebe sama nazpět. Paprsek takový slove paprskem hlavním*. Jiný paprsek *se* odráží se směrem *ef*, je-li $\sphericalangle y = \sphericalangle \omega$. Otočíme-li zrcadlo *mn* okolo osy *so*, budou všechny paprsky, které svírají s osou $\sphericalangle \varphi = \sphericalangle \varphi_1$ na povrchu kužele a budou všechny po odrazu protínati osu v bodu *f*. V tomto bodu *f* budou se stýkati též veškeré paprsky, které v úhlech rozličných, ale velmi malých, t. j. blízko osy na zrcadlo padají. Oko pozorovatele uzří tudíž v bodu *f* skutečný obraz svítícího bodu *s*.

Poloha bodu *f* může se určití ze $\triangle sef$, ve kterém $\sphericalangle \omega = \sphericalangle y$, pročež $es : ef = cs : cf$ (1) aneb (je-li $se = so = a$, $ef = of = \alpha$ a $co = r$) $a : \alpha = a - r : r - \alpha$, pročež $ra - \alpha a = a\alpha - r\alpha$. Dělíme-li tuto rovnici veličinou $ra\alpha$, jest $\frac{1}{\alpha} = \frac{2}{r} - \frac{1}{a}$ a je-li $r = 2p$, jest pak $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$.

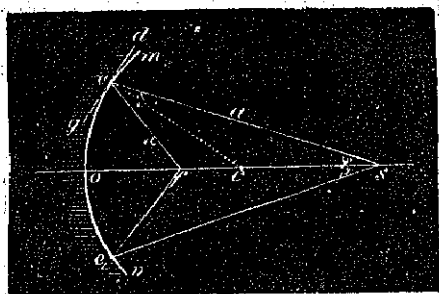
V rovnici této značí $\alpha = ef$ vzdálenost obrazu, $a = so$ vzdálenost svítícího bodu od zrcadla. Rovnice odvozena však s podmínkou, že $se = so$ a $ef = of$, což jen tehdy možno, jsou-li úhly φ a φ_1 velmi malé aneb má-li zrcadlo šířku jen asi 6° .

V rovnici $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ mění se α , jakmile se mění *a*, neboť poloměr tétož zrcadla *r* zůstává vždy tentýž. Vzdálenost svítícího bodu od zrcadla může pak míti rozličné hodnoty, pročež bude též vzdálenost obrazu rozličná a sice:

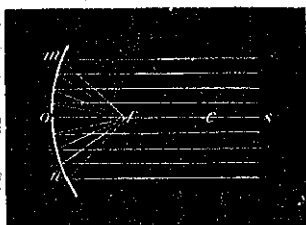
1. Je-li $a = \infty$, t. j. nalézá-li se svítící bod ve vzdálenosti ne-

konečně veliké před zrcadlem, budou paprsky ze světelného bodu s na zrcadlo padající spolu téměř rovnoběžny (obr. 264.) a $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{\infty}$.
 $\frac{1}{\infty} = 0$, pročež $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p}$ a $\alpha = p = \frac{r}{2}$, t. j. po odrazu stýkají se veškeré rovnoběžné s osou na zrcadlo padající paprsky v bodu, který jest v ose zrcadla a jehož vzdálenost od zrcadla obnáší polovici polo-

Obr. 263.



Obr. 264.



měru okrouhlosti. Bod ten zove se ohniskem zrcadla (Brennpunkt) a vzdálenost jeho slove *délka ohniska* (Brennweite) a značí se písmenem p .

Necháme-li na duté zrcadlo padati rovnoběžné sluneční paprsky, můžeme vyhledati jeho *ohnisko*. Dutá zrcadla slovou též *sbírací* neb *spojná* (Sammelspiegel), poněvadž rovnoběžné paprsky odrazem v jednom bodu soustřeďují.

2. Je-li světelný bod s před středem okrouhlosti, není-li však ve vzdálenosti nekonečné (obr. 263.) bude $a < \infty$ avšak $a > 2p$. Je-li

$a < \infty$, jest pak $\frac{1}{a} > \frac{1}{\infty} > 0$. Odečtemo-li tuto nerovnost od rovnice $\frac{1}{p} = \frac{1}{p}$ zbude: $\frac{1}{p} - \frac{1}{a} < \frac{1}{p}$; $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, pročež $\frac{1}{a} < \frac{1}{p}$, tudíž: $a > p$.

Poněvadž jest $a > 2p$, bude $\frac{1}{a} < \frac{1}{2p}$, odečtemo-li tu nerovnost od rovnice $\frac{1}{p} = \frac{1}{p}$, zbude $\frac{1}{p} - \frac{1}{a} > \frac{1}{2p}$, pročež $a < 2p$, t. j. obraz světelného bodu jest mezi ohniskem a středem okrouhlosti, neboť jest $a > p$ ale $a < 2p$.

3. Je-li světelný bod s v středu okrouhlosti c , jest obraz též v středu okrouhlosti. Je-li totiž $a = 2p$, jest $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{2p} = \frac{2-1}{2p} = \frac{1}{2p}$, pročež $a = 2p$, což vysvítá již z toho, že všechny ze středu okrou-

hlosti na zrcadlo padající paprsky jsou na zrcadle kolmé a tudíž samy v sebe nazpět se odrážejí.

4. Přiblíží-li se svítící bod ještě více k zrcadlu, totiž mezi ohnisko a střed okrouhlosti, takže $a < 2p$ ale $a > p$, jest obraz před středem okrouhlosti, tudíž dále od zrcadla než svítící bod, není však ve vzdálenosti nekonečné; neboť je-li $a < 2p$, jest $\frac{1}{a} > \frac{1}{2p}$ a odečteme-li tuto

nerovnost od rovnice $\frac{1}{p} = \frac{1}{p}$, zbývá $\frac{1}{p} - \frac{1}{a} < \frac{1}{p} - \frac{1}{2p}$, pročež $\frac{1}{a} < \frac{1}{2p}$ a tudíž $a > 2p$; poněvadž jest $a > p$ jest $\frac{1}{a} < \frac{1}{p}$. Ode-

čteme-li tu nerovnost od rovnice $\frac{1}{p} = \frac{1}{p}$, zbývá $\frac{1}{p} - \frac{1}{a} > 0$, pročež $\frac{1}{a} > \frac{1}{\infty}$ a tudíž $a < \infty$. Je-li na obr. 263 svítící bod v f , jest obraz jeho v s , t. j. před středem okrouhlosti,

5. Je-li svítící bod v ohnisku, tak že $a = p$, pak jest $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p} = 0$, tudíž $a = \frac{1}{0} = \infty$, t. j. paprsky padající na zrcadlo z ohniska po odrazu svém nikde se nestýkají, jsou rovnoběžny a netvoří žádného obrazu (jak to můžeme viděti na obr. 264., myslíme-li si svítící bod v ohnisku f).

Padají-li paprsky takové na jiné zrcadlo, které má s prvním společnou osu, odrazí se do ohniska druhého zrcadla (viz obr. 210. na str. 208.).

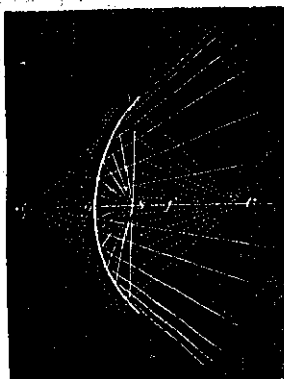
6. Přiblíží-li se svítící bod s ještě více k zrcadlu, tak že octne se mezi ohniskem a zrcadlem, je-li totiž $a < p$, bude v rovnici $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ zlomek $\frac{1}{a}$ číslem negativním, obraz bude tudíž zdánlivý č. geometrický, bude za zrcadlem a paprsky budou se odrážeti tak jako kdyby vycházely z bodu s_1 za zrcadlem (obr. 265.). Znásobíme-li (-1) rovnicí $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, bude $\frac{1}{a} = \frac{1}{a} - \frac{1}{p}$, pročež $\frac{1}{a} < \frac{1}{a}$ a tudíž $a > a$, t. j. obraz bude dále za zrcadlem než jest svítící bod před zrcadlem. Čím menší bude a , tím menší bude α , což vysvitá z rovnice $\frac{1}{a} = \frac{1}{a} - \frac{1}{p}$, t. j. obraz se přibližuje k bodu svítícímu, blíží-li se bod k zrcadlu.

Padají-li na duté zrcadlo paprsky sbíhavé, kterých se zdají tudíž vycházeti z bodu za zrcadlem, ve kterém by se všechny stýkaly, kdyby zrcadlo jim toho dopustilo, jest a negativné, pročež $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a}$, a jest tudíž pozitivné a obraz bude před zrcadlem. Poněvadž $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a}$, tudíž $\frac{1}{a} > \frac{1}{a}$, jest $a < a$,

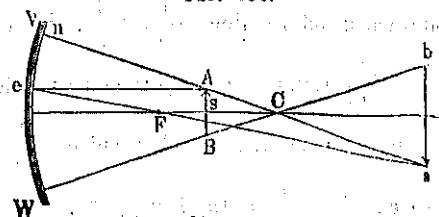
t. j. vzdálenost obrazu jest vždy *menší* než vzdálenost bodu svítícího. Čím jest α větší, tím větší α .

Je-li $2p = \infty$, t. j. je-li poloměr zrcadla *nekonečně veliký*, je-li tudíž zrcadlo *rovné*, bude $\frac{1}{\alpha} = \frac{2}{2p} - \frac{1}{a} = \frac{2}{\infty} - \frac{1}{a} = -\frac{1}{a}$, pročež $\alpha = -a$, obraz jest *za zrcadlem* v též vzdálenosti jako svítící bod *před zrcadlem*.

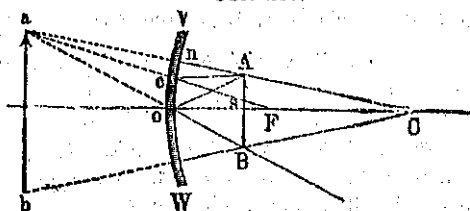
Obr. 265.



Obr. 266.



Obr. 267.



b) *Obraz svítícího předmětu.* Obraz předmětu stanoví se týmž způsobem jako obraz bodu, neboť předmět můžeme si mysliti složený z jistého množství bodů; určíme-li obrazy bodův, vznikne z obrazův těch obraz předmětu. I pro vzdálenost obrazu předmětu svítícího platí tudíž zákon: $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$.

1. *Je-li předmět v nesmírné vzdálenosti*, jsou všechny paprsky se všech bodů na zrcadlo padající rovnoběžny, pročež $\alpha = p$, t. j. obraz vznikne v ohnisku; poněvadž rovnoběžné paprsky všechny v jediném bodu (ohnisku) se stýkají, bude obraz silně zmenšený a převrácený.

2. *Je-li předmět před středem okrouhlosti*, není-li však ve vzdálenosti nekonečné, jest $\alpha > p$ ale $\alpha < 2p$, t. j. obraz jest mezi ohniskem a středem okrouhlosti, jest zmenšený a převrácený.

Je-li *ab* (obr. 266.) svítící předmět, jest *AB* jeho obraz; $ab:AB = a-r:r-\alpha$. Dříve bylo na str. 267. dokázáno, že $a:\alpha = a-r:r-\alpha$, pročež $ab:AB = a:\alpha$ a poněvadž jest $\alpha < a$ bude též *AB* menší než *ab*.

3. *Je-li předmět v středu okrouhlosti*, jest obraz též ve středu okrouhlosti, neboť je-li $a = 2p$, jest též $\alpha = 2p$. Obraz bude převrácený a poněvadž $a = \alpha$, jest též $ab = AB$, t. j. obraz je tak veliký jako předmět.

4. Je-li předmět mezi středem okrouhlosti a mezi ohniskem, jest $\alpha > 2p$ ale $\alpha < \infty$ t. j. obraz jest před středem okrouhlosti převrácený a zvětšený, neboť jest $\alpha > a$. Je-li na obr. 266. AB předmět, jest ab jeho obraz.

5. Je-li předmět v ohnisku, takže $a = p$, pak jest $\alpha = \infty$, t. j. paprsky se odrážejí rovnoběžně a následovně není žádného obrazu.

6. Je-li předmět AB mezi ohniskem a zrcadlem, takže $a < p$ (obr. 267.), jest $\alpha > a$ a α jest negativné, t. j. obraz ab vzniká za zrcadlem, jest přímý a (poněvadž $\alpha > a$) zvětšený a sice tím větší, čím větší jest α , t. j. čím blíže bude předmět ohnisku. Obraz takový jest geometrický a není tudíž možno ho uchytili jako ostatních obrazů skutečných.

Dutých zrcadel kulových užívá se ku zapalování předmětů zápalných, kteréž, dají-li se do ohniska, paprsky slunečními, po odrazu v ohnisku soustředěnými se vzejmou. Dutá zrcadla slouží též k osvětlování předmětů při *drobnohledech*, u některých *dalekohledech* u *svítilen* atd. Na *majátech* odrážejí se paprsky *silného světla* v ohnisku zrcadla se nalézajícího směrem *rovnoběžným* do *značné* *dálky*. Druhdy užívali dutých zrcadel též *čarodějové*, zachycující obrazy, jichž zrcadla ta poskytují, kouřem, který pohyblivostí svou diváka dojímal jako by i obraz (duch) se pohyboval.

236. Odraz světla v zrcadle kulovém vypuklém. Zrcadlo kulové *vypuklé* liší se od dutého tím, že jest *vypuklý* *povrch* *zrcadelný*, *pročež* *střed* *okrouhlosti* *za* *plochou* *zrcadelnou*, tak že jest p (*dálka* *ohniska*) *negativné*. Je-li ve všeobecné rovnici $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ p negativným, vznikne rovnice: $\frac{1}{\alpha} = -\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a}\right)$.

Je-li $a = \infty$, jest $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\infty} = 0$, pročež $\frac{1}{\alpha} = -\frac{1}{p}$, tudíž $\alpha = -p$, t. j. *obraz* *svítilceho* *bodu* *jest* *v* *ohnisku*. Vycházejí-li paprsky ze *svítilceho* *předmětu*, bude obraz *velmi* *zmenšený*, neboť jest α *mnohem* *menší* než a .

Čím *menší* bude a , tím *větší* bude $-\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a}\right)$, tím *větší* tudíž také $\frac{1}{\alpha}$ a tím *menší* α . Čím více se přibližuje zrcadlu *svítilce* *bod* *neb* *předmět*, tím více se blíží zrcadlu též *zdaňlivý* *č.* *geometrický* *obraz* a poněvadž bude α *menší*, bude též obraz *menší*, bude však *přímý*.

Je-li *ab* *svítilce* *předmět* (obr. 268.), jest $a_1 b_1$ jeho *zdaňlivý* *obraz*.

Je-li $a = 0$, jest $\frac{1}{\alpha} = -\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a}\right) = -\left(\frac{1}{p} + \infty\right) = \infty = \frac{1}{0}$, pročež $\alpha = 0$; t. j. *je-li* *svítilce* *bod* *neb* *předmět* *přimo* *na* *zrcadle*, *stýká* *se* *geometrický* *obraz* *s* *bodem* *neb* *předmětem* *u* *sa-*

mého zrcadla a poněvadž $\alpha = a$, má obraz tutěž velikost jako předmět.

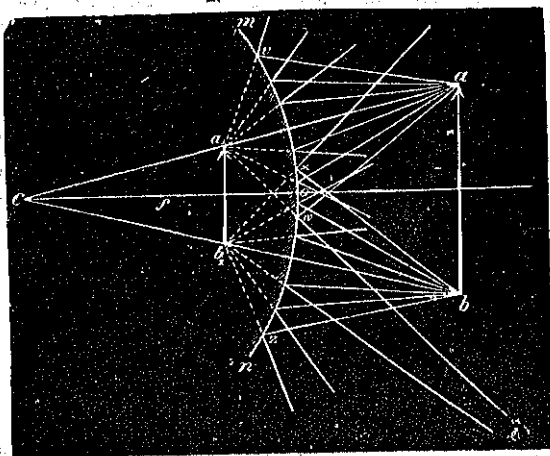
Padají-li na vypuklé zrcadlo paprsky *sblhavé*, takže by všechny spojily se v bodu nějakém za zrcadlem, pak jest α negativné, pročž

$$\frac{1}{\alpha} = - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{a} \right) = \frac{1}{a} - \frac{1}{p}.$$

Je-li $a = p$, bude $\frac{1}{\alpha} = 0$, tudíž $\alpha = \infty$ t. j. paprsky se odrážejí od zrcadla *rovnoběžně* a nevzniká žádný obraz.

Jest-li $a > p$, jest $\frac{1}{\alpha} < \frac{1}{p}$, tudíž $\frac{1}{\alpha}$ a také α *negativné*. Čím větší jest a , tím menší bude $-\frac{1}{\alpha}$, tím menší tudíž α , t. j. čím menší úhel, ve kte-

▲ Obr. 268.



rém paprsky *řse* sbíhají, tím blíže bude obraz u zrcadla. Jest-li konečné $a < p$, tudíž $\frac{1}{\alpha} > \frac{1}{p}$, pak jest $\frac{1}{\alpha}$ a pročž i α *pozitivné*, t. j. obraz jest před zrcadlem a jest obrazem skutečným a poněvadž jest $\frac{1}{\alpha} < \frac{1}{a}$ bude $\alpha > a$, t. j. obraz jest dále před zrcadlem než bod, ve kterém by se paprsky sbíhaly za zrcadlem.

Je-li zrcadlo rovné, tak že $2p = \infty$ a $\frac{1}{\alpha} = - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{a} \right) = - \left(\frac{2}{2p} + \frac{1}{a} \right) = - \frac{1}{a}$, t. j. $-\alpha = a$, tu vzniká obraz za zrcadlem tak daleko jako bod (předmět) před zrcadlem.

Zrcadel vypuklých (*rozptylovacích*) užívá se co malých zrcádek kapsených aneb co okrasy zahrad, zvláště na vyvýšených místech, kdež bývají veliké kule skleněné uvnitř počerněné nebo postříbřené, aneb cínovou amalgamou pokryté, kteréž dávají zmenšené obrazy celé okolní krajiny. Proto slouží též zrcadla vypuklá při krajinomalbě.

Jiných zrcadel křivých užívá se velmi zřídka, vyjma dutá zrcadla *eliptická* a *paraboličká*, která slouží k osvětlování jako kulovitá dutá. Zrcadla *válcovitá* a *kuželovitá* dávají obraz *zpřivořený*, proto nemají žádného účele praktického.

237. Vada zrcadel kulových. Padá-li na zrcadlo více paprskův, každý v jiném úhlu, stýká se každý po odrazu s paprskem hlavním v *jiném* bodu a vznikne tudíž *více* obrazův. Čím větší úhel svírá paprsek s osou, tím jest obraz zrcadlu blíže. Jak patrně, doznává tím však jasnost obrazu valné ujmy a vada ta slove *úchytkou sférickou* č. *úchytkou pro kulatost zrcadla*. Chceme-li míti obrazy *jasné*, musí býti zrcadelná plocha co možná *malá*; nesmí totiž přesahovati šířka zrcadla 6° , neboť v tom případě jest dotčená vada nejmenší.

Z týchž příčin nemohou též *rovnoběžné* paprsky po odrazu stýkati se všechny v ohnisku *jediném*, nýbrž čím budou osy *vzdálenější*, tím *blíže* zrcadla bude ohnisko jejich.

Po odrazu od zrcadla protínají paprsky dále od osy ležící ty odražené, které blíže osy na zrcadlo padaly. Body, ve kterých paprsky se protínají, budou tudíž jasnější a utvoří tak zvanou *křivku kaustickou* č. *zápalnici* (viz obr. 212. na str. 208.).

C. Lom a rozklad světla č. dioptrika.

238. Lom světla. Přechází-li paprsek světla z jednoho prostředí do druhého, ve kterémž má éther jinou hustotu, mění se na rozhraní obou prostředí rychlost světla, čímž paprsek od původního směru svého se uchyluje č. se láme. Proto zove se výjev ten *lomem světla* (Brechung).

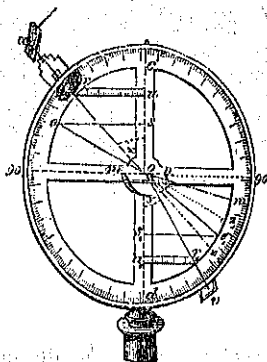
O lomu světla možno se přesvědčiti přístrojem od *Cauchoise* sestaveným (obr. 269.). Paprsek *ao* uchyluje se přechodem ze vzduchu do vody v nádobce *mn* se nalézající od původního směru svého a nabývá směru *ov*. Úhel α , jež svírá paprsek *dopadající* s kolmicí *co*, slove *úhlem dopadu* (Einfallswinkel), úhel γ , jež svírá s kolmicí *cd* paprsek zlomený *ov*, zove se *úhlem lomu* (Brechungswinkel).

Zákonny lomu jsou:

1. Paprsek dopadající *ao*, paprsek zlomený *ov*, jakož i kolmice jsou v též rovině.

2. Paprsek dopadající *kolmo* na rozhraní dvou prostředí směrem *cd* neláme se, nýbrž postupuje i ve druhém prostředí směrem *původním*.

Obr. 269.



3. Paprsek dopadající šikmo na rozhraní dvou prohledných prostředí láme se. Čím silněji paprsek na rozhraní dopadá, tím více se láme.

Je-li eo paprsek dopadající, láme se buď tak, že přibližuje se ku kolmici a má ku př. směr oe_1 , buď tak, že vzdaluje se od kolmice a má ku př. směr ow . V případě prvém láme se světlo ku kolmici, v případě druhém od kolmice.

4. Značí-li ao směr paprsku dopadajícího, ov směr paprsku zlomeného, zůstává poměr sinusů úhlu dopadu k sinusům úhlu lomu vždy tentýž, pokud prostředí se nezmění. Je-li tudíž α úhel dopadu a γ úhel lomu, jest
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2} \dots = n,$$
 v čemž jest n veličinou neproměnnou, která slove poměrem, exponentem neb indexem lomu (Brechungsexponent, Brechungsindex).

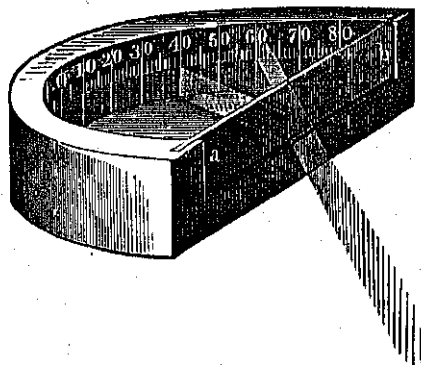
Theorii vlnění vykládá se lom světla jako lom vln, o kterém pojednáno v odst. 199., obr. 215.

Theorie výronu vykládá lom ku kolmici tím, že molekuly druhého prostředí částičky světelné větší silou přitahují; je-li v druhém prostředí přitažlivost molekul menší, láme se světlo od kolmice.

a) Je-li na obr. 269. $\frac{ru}{r_1 u_1} = \frac{1}{3}$, jest též $\frac{es}{e_1 s_1} = \frac{1}{3}$, pročež exponent lomu $n = \frac{1}{3}$.

b) Naplníme-li polookrouhlou nádobu (obr. 270.) do polou vodou a vpustíme-li úzkou průlinou prohlednou, ve stěně ab ponechanou, do nádoby světlo vzdálené svíčky neb světlo sluneční, otvorem okenice do světnice vnikající, bude protější stěna na dvou rozličných místech osvětlena a sice nad vodou světlem, které postupuje ve vzduchu směrem přímým a se neláme, ve vodě světlem, které, přecházejíc ze vzduchu do vody, se láme a tudíž ode směru původního uchyluje. Změříme-li úhel dopadu α a úhel lomu (ve vodě) γ , shledáme i tu, že vždy
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$$

Obr. 270.



5. Přechází-li světlo z prostředí řídkého do hustšího a je-li hmota obou prostředí stejnorodá, láme se ku kolmici, jakož i přechází-li ze prostoru prázdného do jakékoliv hmoty prohledné. Přechází-li světlo z prostředí hustšího do řídkého a je-li hmota obou prostředí stejnorodá, láme se od kolmice. O prostředí, ve kterém se láme světlo ku kolmici, pravíme, že láme světlo silněji.

6. Přechází-li světlo z prostředí řídkého do hustšího nestejno-

rodého, láme se nejčastěji též ku kolmici a tudíž i naopak: přechází-li z prostředí hustšího do řídkšího nestejnorodého, láme se od kolmice. Některé látky hořlavé lámou však světlo ku kolmici, ač jest hustota jejich menší než hustota prostředí, ze kterého světlo do nich přechází.

a) Ve skle, prohledni (křišťálu) a v tvrdokamech, jichž se k optickým přístrojům užívá, láme se světlo, přechází-li do nich ze vzduchu, vždy ku kolmici.

b) *Newton* domníval se již před 200 lety, že diamant shoří proto, poněvadž se láme v něm světlo silně ku kolmici.

Platí-li při přechodu světla z prostředí *A* do prostředí *B* rovnice $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$, platí patrně při přechodu světla z *B* do *A* rovnice $\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{1}{n}$.

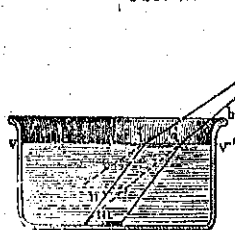
Pozorováním lomu světla zabýval se již hvězdář *Ptolemaeus* ve II. století. Že jest index lomu číslem neproměnným pozoroval *Snell* 1615 a uveřejnil nejprve *Descartes* 1637.

Lomem světla povstávají rozličné výjevy, jako ku př.:

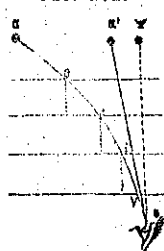
a) Je-li na dně nádoby (obr. 271.) peníz aneb jiný lesklý předmět *m*, nebude ho oko v *o* se nalézající viděti, poněvadž mu stěny nádoby překážejí. Naplní-li se však nádoba až po *vv'* vodou, uzerá oko lomem světla od kolmice (na rozhraní *ii*) peníz v místě *n*, tudíž výše než skutečně jest. Taktéž zdá se býti každá nádoba, kapalinou naplněná, mělčí, poněvadž dno lomem světla zdánlivě výše vystupuje. Tyč do vody ponořená zdá se býti zlomena. — Střílení ryb.

b) Paprsek světla hvězdy *a* (obr. 272.) přechází ze prázného prostoru do vzduchu *u e* a láme se ku kolmici. Poněvadž postupuje paprsek do vrstev vzduchu vždy hustších, láme se ustavičně ku kolmici, tak že přichází do oka

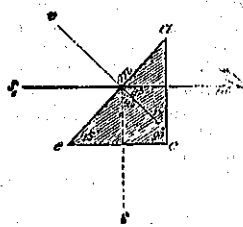
Obr. 271.



Obr. 272.



Obr. 273.



drahou *aeciv*. Poněvadž oko zvyklé jest hleděti jen zpráma, zdá se mu, že přichází světlo směrem *a'o*, pročez uzerá hvězdu v *a'*, tudíž výše, než skutečně jest. Tento výjev zove se *hvězdářským lomem světla*, poněvadž hvězdáři k němu přihlížeti musí, chtějí-li polohu hvězdy správně stanoviti.

7. Přicházejí-li paprsky světla na rozhraní dvou prostředí, rozdělují se ve dvě části, z nichž jedna do předešlého prostředí se odráží a druhá do nového prostředí vniká a v něm dále po-

stupuje (viz odst. 198.). Nové prostředí pohlcuje část světla, tak že jen část paprskův, které do něho vnikly, z něho opět vychází.

Odrazem jakož i rozptylováním, které s ním bývá spojeno (viz odst. 233.), lomem a pohlcováním zeslabuje se tudíž světlo.

8. Čím větší jest úhel dopadu *coe* (obr. 269.), tím větší jest též úhel lomu *doe*. Láme-li se světlo od kolmice, přibližuje se zlomený paprsek *ow* tím více ku rozhraní obou prostředí *mn*, čím větší jest úhel dopadu. Je-li $\sin \alpha = n$, t. j. rovná-li se úhel dopadu indexu lomu, tož vyplývá z rovnice $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n, \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n}$ a je-li $\sin \alpha = n, \sin \gamma = 1$, pročež $\sphericalangle \gamma = 90^\circ$, t. j. paprsek zlomený zůstává na povrchu nového prostředí. V tom případě zove se úhel dopadu *mezným úhlem* (Grenzwinkel).

Je-li úhel dopadu větší než index lomu, tu světlo se naprosto ani neláme, nýbrž zcela odráží, proto zoveme výjev ten *úplným odrazem* (totale Reflexion). Je-li totiž v rovnici $\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n}$ $\sin \alpha > n$, musí býti též $\sin \gamma > 1$, což však není možno, pročež jest také lom světla nemožný.

Úplný odraz světla pozoroval nejprve Kepler (1604).

a) Držíme-li reagenčnou lahvičku šikmo do vody, leskne se jako rtuť, o čemž můžeme se přesvědčiti, přirovnáme-li ji k jiné lahvičce, ve které rtuť skutečně jest.

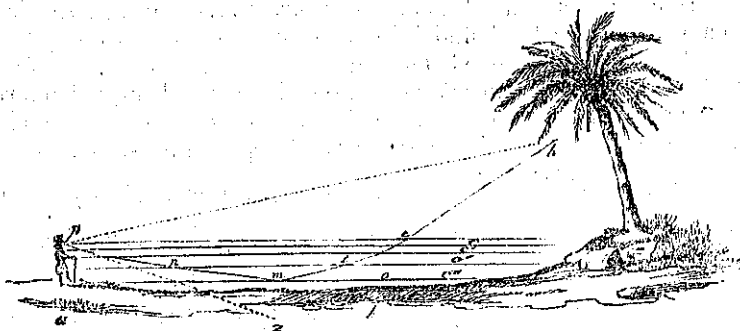
b) Vedeme-li příslušným směrem sluneční paprsky do skleněné nádoby, naplněné vodou, do níž jsme namíchali křídly, na drobný prášek rozmělněný, uvidíme směr paprskův ve vodě postupujících na prášku křídlovém. Vznikne-li ve vodě odraz úplný, nebude žádný z paprskův do vzduchu nad vodou vnikati.

c) Padá-li paprsek *sm* (obr. 273.) kolmo na odvěsnu *pravoúhelného* a *stejnoramenného* hranolu skleněného *ace*, postupuje nezlomen až ku přepóně *ae*, kdež svírá s kolmicí *av* úhel 45° . Poněvadž světlo, vycházející ze skla do vzduchu láme se od kolmice a *mezný úhel* lomu menší jest než 45° , odráží se z *m* veškeré světlo do oka pozorovatele v *o*, který uží obraz svítícího bodu *s* v bodu *s*. Obraz tento jest jasnější než kdyby vznikl odrazem světla od zrcadla kovového. Poněvadž skleněný hranol snáze může se ciditi než kovové zrcadlo, užívá se hranolů takových co zrcadel při jomnějších přístrojích optických a mathematických přístrojích měřických. Na světelných složena jsou zrcadla, od nichž světlo do veliké vzdálenosti se odráží, taktéž z podobných hranolů skleněných.

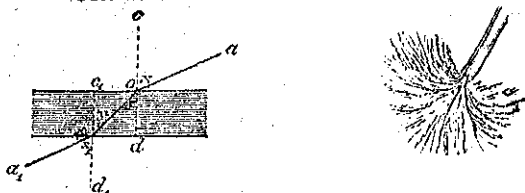
d) Je-li země sluncem silně zahřáta, zahřívají se vyzařováním tepla od země dolejší vrstvy vzduchu, čímž stávají se řídkší než vrstvy hořejší. Za tichého počasí může pak se státi, že seřadí se nad sebou do veliké dálky pravidelné vrstvy vzduchu, jejich hustoty ubývá z dola nahoru. Paprsky vycházející ze stromu *h* (obr. 274.) směrem *hp*, přicházejí do oka pozorovatele *p* tak, že spatří strom směrem přímým *ph*. Jiné paprsky, jako ku př. paprsek *pi*, které dopadají k zemi šikmo, lámou se nejprve od kolmice, tak, že stávají se ještě šikmější, až konečně u *m* úplně se odrážejí, načež lámou se, přicházejíce do vrstev čím dále tím hustších, ku kolmici, tak že, vnikajíce do oka pozorovatele, vzbuzují takový dojem, jako by byly přišly směrem *zp*, proto vidí pozorovatel ve směru *pz* převrácený obraz stromu *h* a bude se mu zdáti, že vidí hladinu vody, ve které obrazy předmětův (stromů, domů atd.)

taktéž převrácené spatřujeme. Výjevy takové zoveme *zrcadlením vzduchu* (*Luftspiegelung, fata morgana*). Nejčastěji naskytují se v rovinách horkých krajín, jmenovitě v dolním Egyptě.

Obr. 274.



Obr. 275.



239. Lom světla v těle, omezeném plochami rovnoběžnými. Přechází-li paprsek ao (obr. 275.) ze vzduchu do těla rovnoběžnými plochami omezeného (ku př. do desky skleněné v okně), láme se v desce ku kolmici od , tak že má v těle směr om . U m vychází paprsek z těla opět do vzduchu a láme se od kolmice c_1d_1 . Poněvadž $\frac{\sin \alpha}{\sin y} = n$ a $\frac{\sin y_1}{\sin \alpha_1} = \frac{1}{n}$, jest $\frac{\sin \alpha}{\sin y} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin y_1}$ a ješto $\sphericalangle y = \sphericalangle y_1$ jest též $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \alpha_1$. Oko pozorovatele v a_1 uží svítilci bod a směrem a_1m , který jest rovnoběžný se směrem ao , jímž paprsek na tělo dopadá. Je-li tloušťka těla nepatrná, spatříme tudíž svítilci bod neb předmět téměř v témž místě, kde skutečně jest.

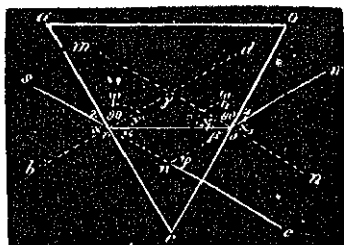
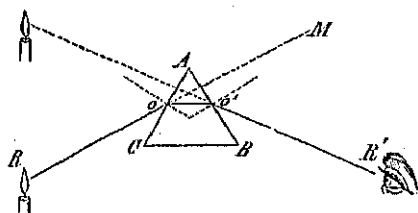
240. Lom světla ve hranolu trojstěnném. Značí-li ABC (obr. 276.) průřez skleněného hranolu trojstěnného a dopadá-li na plochu AC paprsek Ro , láme se ku kolmici směrem oo_1 , u o' opouští paprsek hranol a láme se na rozhraní AB od kolmice směrem $o'R'$. Pozorovatel v R' spatří tudíž zřídlo světla R v prodlouženém směru $R'o'$. Jak patrné, odchylí se značně lomem světla ve hranolu obraz od svítilcího předmětu. Velikost odchytky této řídí se:

- a) velikostí lámacího úhlu CAB , jež svírají plochy hranolu CA a BA , kterými světlo prochází;
 b) lámavostí hmoty hranolu a
 c) směrem, kterým světlo na plochu hranolu dopadá.

Dopadá-li u na hranol aco (obr. 277.) paprsek sr , láme se na rozhraní ac ku kolmici bd a na rozhraní co u v od kolmice mn , tak že uchyluje se od původního směru v úhlu φ . Úchylka tato čili $\sphericalangle \varphi$ jest nejmenší, když prochází paprsek hranol směrem rv a svírá s oběma meznými plochami jeho ac a co stejné úhly, tak že $\sphericalangle \psi = \psi_1$; neboť je-li $\sphericalangle \psi = \sphericalangle \psi_1$, jest též $\sphericalangle y = \sphericalangle y_1$, tudíž v rovnici $\frac{\sin x}{\sin y} = \frac{\sin x_1}{\sin y_1}$ $\sphericalangle x = \sphericalangle x_1$, pročež také $\sphericalangle y + \sphericalangle x = y_1 + \sphericalangle \beta$ aneb $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta$ a $\sphericalangle \varphi = \alpha + \sphericalangle \beta = 2 \sphericalangle \alpha$.

Obr. 276.

Obr. 277.



Zvětšíme-li neb zmenšíme-li úhel dopadu, jest odchylka $\sphericalangle \varphi$ v obou případech větší, o čemž nákresem snadně lze se přesvědčiti. Nejmenší odchylky doznává tudíž paprsek lomem ve hranolu, je-li $\sphericalangle \psi = \sphericalangle \psi_1$, aneb (poněvadž v tom případě $\sphericalangle x = \sphericalangle x_1$) je-li $\sphericalangle z = z_1$.

Otáčíme-li hranol, jehož lámací hrana c jest v poloze vodorovné a dolů obrácena, zvolna okolo osy jeho tak, že c vzhůru stoupá, přibližuje se paprsek uv pozvolna bodu e , až konečně v jistém okamžiku jest mu nejbliže, načež dalším otáčením hranolu okolo osy opět od bodu e vzdalovati se počíná. V tom okamžiku, kde uv jest bodu e nejbliže a tudíž odchylka paprsku od směru původního jest nejmenší, je $\sphericalangle z = z_1$.

Index lomu n možno lomem světla ve hranolu určití. Jestli ve $\triangle ruv$ (obr. 277.) $\varphi = \alpha + \beta = (x - y) + (x_1 - y_1) = x + x_1 - (y + y_1) = 2x - (2R - \sphericalangle \gamma) = 2x + \gamma - 2R = 2x + (2R - c) - 2R = 2x - c$, pročež $x = \frac{\varphi + c}{2}$. Taktéž jest $y + y_1 + \gamma = 2R$ a $\sphericalangle c + \sphericalangle \gamma = 2R$, pročež

$$y + y_1 = c \text{ aneb } 2y = c \text{ a tudíž } y = \frac{c}{2}.$$

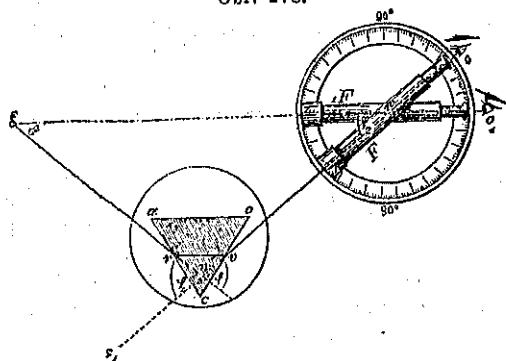
$$\text{Index lomu } n = \frac{\sin x}{\sin y} = \frac{\sin \frac{\varphi + c}{2}}{\sin \frac{c}{2}}.$$

Velikost úhlu ϵ určí se úhломěrem, velikost úhlu φ stanoví se dle návrhu *Fraunhoferova* taktu:

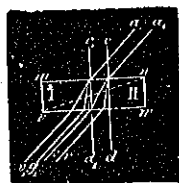
Dalekohled F (obr. 278.) postaví se tak, abychom jím viděli obraz s , svítícího předmětu s , když má hranol aco polohu takovou, že jest odchylka obrazu od předmětu nejmenší. Otočivše pak dalekohled zíráme na předmět s směrem přímým. Jsou-li pak v $\triangle snw$ úhel φ_2 a strany sw a nw známy, můžeme vypočítati velikost úhlu δ , protože také velikost úhlu φ , neboť $\varphi = \varphi_2 + \delta$. Je-li hranol velmi blízko dalekohledu a svítící předmět velmi vzdálen, tu jest pak δ velmi malý, protože rovná se $\delta \approx \varphi$ téměř $\delta \approx \varphi_2$.

Index lomu *kapalin* a *vzdušin* určuje se pomocí dutého hranolu, dotýcnou kapalinou neb vzdušinou naplněného; vnější a vnitřní povrch každé stěny dutého hranolu musí však býti vespolek dokonale rovnoběžny a hranol, jímž určuje se index lomu vzdušin musí míti dosti *tupý* úhel lámací.

Obr. 278.



Obr. 279.



241. Rozklad světla. a) Vedeme-li *malým* otvorem v uzavřené okenici svazek slunečních paprskův do *tmavé* světnice, objeví se na protější *bílé* stěně bílý okrouhlý obraz slunečný. Prochází-li však svazek paprskův dřívě, než stěny dostihne, hranolem, jehož lámací hrana jest v poloze vodorovné *dolů* obrácena, objeví se *výše* na stěně podlouhlý na obou koncích zakrouhlený *obraz barevný*, tak zvané *vidmo hranolové* (Spectrum) též šířky, kterou měl dřívě bílý obraz slunečný. Ve vidmu můžeme pak *z dola vzhůru* rozeznati barvu *červenou*, *pomerančovou*, *žlutou*, *zelenou*, světle a temně *modrou* a *fialovou*. Barvy tyto zovou se *barvami hranolovými* (prismatische Farben) a nejsou ve vidmu přesně od sebe odděleny, nýbrž *splývají* v nekonečných oddílech v sebe.

b) Zachytíme-li vidmo *dutým* zrcadlem aneb sběrací čočkou (viz odst. 248.), *splývají* barevné paprsky v ohnisku jejím opět v bílý okrouhlý obraz, což můžeme na *bílé* desce v ohnisku čočky postavené viděti.

1. Láme-li se světlo v prostředí, rovnoběžnými plochami omezeném, (obr. 279.), rozkládá se taktéž každý paprsek ve své barevné části, kteréž vycházejí z prostředí rovnoběžně mezi sebou, jakož i s paprskem dopadajícím, čímž se stává, že skládají pak veškeré barevné paprsky opět světlo bezbarvé

3. *bílě*. Zachytíme-li tudíž vidmo druhým zcela stejným hranolem, jehož lámací hrana má polohu převrácenou, vychází ze druhého hranolu světlo *bílě*, neboť skládají oba hranoly dohromady tělo s plochami vespolek rovnoběžnými.

2. Rozdělíme-li kotouč v šest výsečí toho rozměru, který pozorujeme při jednotlivých barvách ve vidmu hranolovém (tak že připadá světlu červenému výseč 45° , pomerančovému 27° , žlutému 48° , zelenému 60° , modrému 100° a fialovému 80°), vyznačíme-li na každé výseči příslušnou barvu v příměřených odstínech a otáčimo-li kotouč velmi rychle, aby dojem jednotlivých barev v oku rychle se stíhaly, vznikne v oku dojem světla (kotouče) bílého, ač ne zcela čistého, poněvadž barev vidma nelze dokonale nápodobiti.

3. Kývá-li se hranol, kterým vidmo vzniká, velmi rychle, povstává v oku z příčin snadně pochopitelných taktéž dojem světla bílého.

4. Malými přiměřeně sestavenými zrcátky rovnými možno taktéž z paprskův barevných bílé světlo složit.

c) Z odstavce a) a b) vyplývá: 1. *Světlo slunečné jest složeno z paprskův rozličné barvy, ve kteréž hranolem se rozkládá; rozklad děje pak se vždy v rovinně lomu.*

2. *Paprsky rozličné barvy mají lámavost rozličnou, neboť odchylují se od původního směru svého rozličně a sice lámou se červené nejslaběji, fialové nejsilněji.*

3. *Z barev hranolových možno opět bílé světlo skládati.*

d) Délka vidma řídí se hmotou hranolu. Je-li hmota stejná, jest délka vidma *tím větší, čím větší jest úhel lámací* a čím dále za hranolem bylo vidmo zachyceno.

Je-li lámací úhel *malý* a hranol zhotoven ze skla *flintového* neb *korunového*, vzniká vidmo *nedokonalé, červené, pomerančové, žluté, u prostřed bílé* a pak *modré* a *fialové*.

1. Vidmo jest složeno z nesčíslného množství barevných obrazů slunečných, kteréž částečně se pokrývají, proto jest vidmo po stranách rovnoběžnými přímkami a pouze na hořejším a dolejšším konci kruhovými oblouky omezeno. Kdyby bylo barevných obrazův slunečných jen málo, vznikly by po stranách vidma kruhovitě zářezy. (Jak to možno znázorniti nákresem?) Bílé světlo sluneční skládá se tudíž z nesčíslného množství světél barevných. Má-li hranol malý úhel lámací, splývají u prostřed vidma všechna barevná světla dohromady a skládají tudíž světlo bílé.

2. Díváme-li se hranolem na bílý bod, uztřeme jej co vidmo. Mnoho bílých souvislých bodů čili bílý předmět dává tudíž vidmo, ve kterém jednotlivé barvy spolu dohromady splývají, pročez vidět hranolem takový předmět u prostřed *bílý* a pouze ve směrech na hranách hranolu kolmých krajními barvami obroubený.

e) Vidmo vzniklé hranolem ze skla *flintového* jest delší než vzniklé hranolem ze skla *korunového*. Mají-li míti vidma obou hranolův tutéž délku, musí míti hranol *flintový* menší úhel lámací, tak že, je-li úhel ten u skla *korunového* 25° , musí býti u skla *flintového* pouze $11\frac{1}{2}^\circ$.

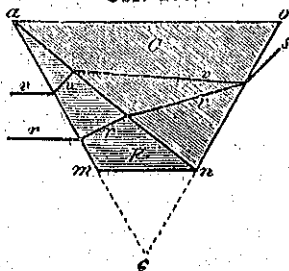
Spojíme-li dva hranoly (obr. 280.) *C* ze skla *korunového* a *F* ze skla *flintového* v převrácené poloze tak, aby rozklad světla ve hranolu *C* rušil se rozkladem ve hranolu *F*, aby totiž rozklad světla byl ve hranolu *F* *stejný* ale *směrem protívnyj* onomu, jež způsobuje hranol *C*, tož bude vycházeti ze hranolu *aco* světlo bílé, Hranolem *aco*,

z obou hranolův složeným; odchylka světla sice se zmenší, ale nezruší. Hranol, kterým světlo z původního směru se odchyluje, ale v barevné části nerozkládá, zove se *achromatickým* (bezbarvým).

Hranolem ze dvou hranolův *stejnorodých* složeným vychází světlo, jak výše řečeno, směrem rovnoběžným onomu směru, kterým na hranol dopadá, poněvadž musí míti hranoly stejné hrany lámáčí, nemá-li světlo v barevné části v nich se rozkládati. Hranolem takovým neodchyluje se tudíž světlo od původní své polohy.

Poněvadž nejsou barevné paprsky v obou hranolech rovnoměrně rozloženy (zelené jsou ku př. ve vidmu hranolu korunového fialovému blíže než ve vidmu hranolu ze skla flintového) nelze hranolem achromatickým úplně bezbarvnosti docílit, až krajné paprsky *vr* (obr. 280.) směrem rovnoběžným ze hranolu vycházejí.

Obr. 280.



Achromatické kapaliny, Blair 1794. — Euler 1747.

f) Rozklad světla v barevné součástky vykládáme právě tak jako vznikání tónů rozličné výšky, neboť má světlo původ ve chvění tak jako zvuk. Čím více výchvějí ve vteřině světlo koná, aneb čím kratší jest doba výchvěje, tím kratší jsou též vlny jeho a tím více přibližuje se barvě fialové. Světlo fialové má tudíž vlny nejkratší a červené vlny nejdelší. Světla, jehož vlny jsou delší než červené, neb kratší než fialové, nemůžeme viděti tak jako neslyšíme tónů příliš hlubokých aneb příliš vysokých. Neviditelné tyto paprsky světla mají však účinky chemické a teplové (o čemž pojednáno na jiném místě). Přejídem do jiného prostředí mění se rychlost světla, které má vlny delší, jinak, než onoho, jemuž přináležejí vlny kratší, tak že i odchylka jest u každého světla jiná.

Barva bílá jakož i každá barva složená vzniká křížením vln barev jednotlivých. Černá barva neb tma vůbec vzniká všude, kde éther se nepohybuje.

Dle theorie výronu děje se rozklad světla tím, že těla světelné částičky barevných paprskův nestejnou měrou přitahují a částičky světelné nestejnou setrvačností jeví. Největší setrvačností mají částičky červené, nejmenší fialové.

242. Barvy hranolové. a) *Barvy jednoduché.* Je-li v neprohledné desce, kterou jsme vidmo hranolové zachytili, malý otvor, kterým mohou pronikat pouze paprsky jedné určité barvy, ku př. žluté a vedeme-li paprsky tyto do druhého hranolu, kterým se zlomí, tož pak od původního směru se odchýlí, avšak barvu svou podržují, dávajíce obraz též barvy, ku př. žlutý. Hranolové barvy nemohou se tudíž více rozkládati, pročež slovou *jednoduché* neb *stejnorodé*.

Stejnorodé světlo žluté dává plamen líhu s vodou smíšeného aneb knot kahanu lihového byl-li dříve kuchyňskou solí natřen.

b) *Barvy složené*. Procházejí-li dvě z barev vidma duhového otvory v příslušném místě desky a spojíme-li obě tyto barvy čočkou sběrací, vznikne v ohnisku jejím obraz barvy jiné. Tak vzniká ku př. z barvy *červené* a *žluté* barva *pomerančová*, *žlutá* a *modrá* dávají barvu *zelenou*, *modrá* a *červená* *fialovou*. Tyto z dvou barev *složené* č. *smíšené* barvy možno hranolem opět v součásti jejich rozložití a tím liší se právě *pomerančová*, *zelená* a *fialová* barva *složená* od *pomerančové*, *zelené* a *fialové* barvy *hranolové*, kteréž rozložití nemožno a která proto *jednoduchou* slove.

Rozklad barev rozličných těl hranolem.

c) *Barvy doplňovací*. Vycházejí-li z otvoru desky veškeré barvy *hranolové*, *kromě jedné*, kterou na desce uchytíme, a spojíme-li barvy tyto čočkou sběrací, vznikne barva *smíšená*. Spojí-li se tato *smíšená* barva s onou *jednoduchou*, která na desce zůstala, vzniká spojením tím barva *bílá*. Takové dvě barvy, které vespolek v *bílou* barvu se doplňují, zoveme barvami *doplňovacími* (complementaere Farben). *Doplňovací* barvy jsou ku př. *červená* a *zelená*, *pomerančová* a *modrá*, *žlutá* a *fialová*.

1. Každá barva má příslušnou barvu doplňovací. — Naznačíme-li na kotouči v šesti stejně velikých výsečích barvy vedlé sebe v tom pořadí, jako ve vidmu hranolovém, jsou vždy dvě barvy v úhlech vrcholových proti sobě ležící barvy doplňovací.

2. *Modrá* skla u lampy, která dává plamen *pomerančový*, způsobují světlo *bílé*. — Parrot 1791.

243. Barevnost těl. Těla nabývají barvy odrazem světla. *Neprohledné* tělo objevuje se ve světle slunečném *bílé*, odráží-li veškeré paprsky slunečné v témž poměru vespolek *smíšené*, ve kterém jsou *smíšené* ve světle slunečném; *černé* jest pak tělo, pohlcuje-li téměř veškeré barevné paprsky všeho druhu tak, že z paprskův slunečných, které na ně dopadají, téměř žádných neodráží. Rozkládají-li se *bílé* paprsky slunečné, které na tělo dopadají, v barevné své součástky tak, že jednu část barevných paprskův tělo *odráží*, druhou část pak *pohlcuje*, tu má pak tělo na povrchu barvu určitou, ku př. *zelenou*, odráží-li nepravidelně na povrchu svém pouze paprsky *zelené* buď *smíšené*, buď *jednoduché*, t. j. odráží-li *všecky paprsky kromě červených* aneb odráží-li *pouze zelené* paprsky.

Barevnost těl *prohledných*, vznikající *odrazem* neb *lomem* světla, vykládáme tímž způsobem.

Poněvadž *zelené* sklo jeví téměř tutéž barvu ve světle odraženém i zlomeném, musíme domnívati se, že *zelené* paprsky odráží toutéž měrou, kterou jim přechodu dopřává.

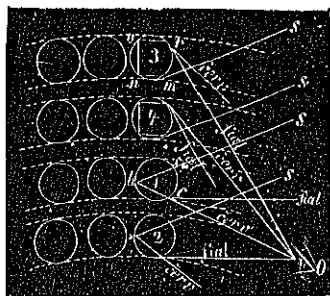
Blankytná barva *oblohy* vzniká odrazem *modrých* paprskův od vrstev *vzduchových* a od *par* ve *vzduchu* obsažených; ve větších výškách, kde méně *modrých* paprskův se odráží, jeví se *obloha tmavou*. — *Červánky*, které při východu a západu slunce na obzoru pozorujeme, mají barvu od *žhoucího zlata* až do *tmavého nachu*. Vznik jejich hledají učenci ve dvojí příčině, předně v tom, že *paprsky slunečné* odrazem od vrstev *vzduchových* mnoho *modré*

barvy pozbývají, čímž z ostatních barev vzniká barva smíšená, a za druhé v tom, že bublinky vodních par, v přechodu ze skupenství kapalného do plynného aneb z plynného do kapalného zvláště červené paprsky propouštějí, pohlcujíce ostatní. — *Soumrak.*

244. Duha, vznikající lomem a rozkladem světla slunečního v kapkách deštových, má tytéž barvy jako vidmo hranolové a jeví se co oblouk šestibarvý, na vnitřní duté straně fialový, na vnější vypuklé straně červený.

a) Značí-li na obr. 281 *sa* svazek slunečných paprskův vnikajících do kapky 1 u *a* nad středem jejím, tož láme se *sa* ku kolmici směrem *ab* a přichází u *b* na zadní stěnu kapky, odkudž pak se odráží směrem *bc*, na přední stěně u *c* láme se od kolmice a rozkládá se v barevné částky, z nichž, nalézá-li se oko pozorovatele v *o*, pouze červené do oka vnikají. Z kapky hlouběji ležící 2 přicházejí do oka, jak z obr. 281. patrnou, pouze paprsky fialové. Z kapek, které jsou mezi kapkami 1 a 2 ve výškách rozličných, dostihují oka ostatní barvy, tak že oko uvidí proužku barev hranolových.

Obr. 281.



Proužka barev hranolových vznikne ve všech kapkách, které mají jako kapky jmenované zcela stejnou polohu ke slunci a k oku pozorovatele, pročez v kapkách těch, které jsou ve kruhu, jehož střed protíná přímka, vedená ze slunce okem pozorovatele. Ze všech barevných proužek vzniká pak šestibarevný kruhový pás, jehož patrnou část obloukovitou spatřujeme co duhu.

Poněvadž paprsek *sa* dvakráte se láme (u *a* a *c* obr. 281 a 282.) a u *b* se odráží, přichází z kapky do oka pozorovatele tak zeslaben, že nemohl by v oku dojmů sám o sobě vzbudití. Jest tudíž potřeba ku způsobení dojmu mnoha rovnoběžných, těsně vedle sebe do oka vblíhajících paprskův. Poněvadž však i rovnoběžné paprsky z kapky rozbíhavě vycházejí, nutno seznati podmínky, za kterých duha oku viditelnou bývá.

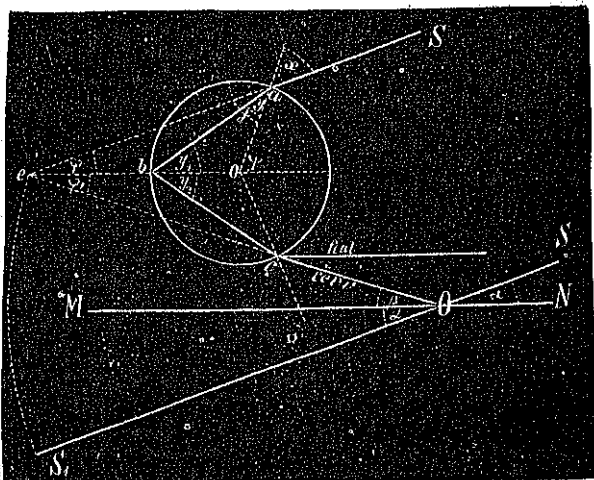
Přicházejí-li z kapky *abc* (obr. 282) do oka pozorovatele v *O* paprsky červené, je-li α úhel dopadu a γ úhel lomu, tož láme se světlo nejprve ku kolmici, u *b* pak se odráží, u *c* láme se od kolmice a rozkládá v barevné části, z nichž pouze červené paprsky do oka v *O* přicházejí. Paprsek červený odchýlí se tudíž od původního směru *sa* v úhlu *seo*. V $\triangle aeo$ jest $\psi = \gamma + \varphi$, pročoz $\varphi = \psi - \gamma = (\gamma + \gamma_1) - \alpha = 2\gamma - \alpha$, tudíž $\varphi + \varphi^1 = 2\varphi = \sphericalangle Seo = 2$

$$(2\gamma - \alpha) = 4\gamma - 2\alpha \quad (I). \quad \text{Z rovnice } \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \text{ vyplývá pak } \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} \quad (II).$$

Zvětšujeme-li úhel dopadu α postupně z 0° až k 90° , vypočteme-li pak $\sin \gamma$, vloživše do rovnice II. dotýžnou hodnotu $\sin \alpha$ a index lomu n , který pro lom světla červeného jest $\frac{108}{81}$, tož shledáme, vloživše hodnoty $\sphericalangle \alpha$ a $\sphericalangle \gamma$ do

rovnice I., že odchylnka č. $\sphericalangle SeO$ jest největší tenkrát, když $\sphericalangle \omega = 59^\circ 23'$, kdežto jest pak $\sphericalangle SeO = 42^\circ 2'$. Přibývá-li velikosti $\sphericalangle \omega$ rovnoměrně z 0° až ku $59^\circ 23'$, přibývá též velikosti úhlu odchylny a však nerovnoměrně, t. postupně vždy o méně, až dosáhne úhel odchylny největší velikosti $42^\circ 2'$. Zvětšuje-li se pak $\sphericalangle \omega$ rovnoměrně z $59^\circ 23'$ až ku 90° , ubývá velikosti úhlu odchylny s počátku jen velmi nepatrně a teprv dalším postupem více.

Obr. 282.



Z toho patrné, že červené paprsky, které dopadají do kapky v úhlu asi 59° vycházejí z kapky téměř rovnoběžně, t. j. téměř všechny v téměř úhlu odchylny. Vnikají-li takovéto rovnoběžné paprsky do oka pozorovatele, působují v něm, poněvadž se vespolek sesilují, dojem barvy červené. Taktéž vnikne do oka světlo červené ze všech kapek, které mají zcela stejnou polohu ke slunci a oku pozorovatele, t. j. z těch, které jsou v kruhu, jehož střed S , protíná příčka vedená ze slunce S okem pozorovatele O . Z tohoto kruhu užití oko část co červený oblouk, jehož zdánlivým poloměrem jest oblouk $42^\circ 2'$; neboť $Se \parallel OS'$, pročež $\sphericalangle SeO = \sphericalangle eOS'$ a tudíž jest oblouk $S'e$ zdánlivým poloměrem dotýčného kruhu. Na místě jednotlivého paprsku Sa přichází však do kapky celý svazek paprskův ze slunce, jehož zdánlivý průměr jest $32'$, spatříme tudíž na místě kruhové červené čáry kruhový červený pás, $32'$ široký.

Mají-li paprsky fialové, z jiné, hlouběji ležící kapky 2 (obr. 281) vycházející, v oku vzbudí dosti silný dojem barvy fialové, musí vycházeti z kapky taktéž rovnoběžně. Poněvadž o paprscích fialových má platnost vše, což bylo právě řečeno o paprscích červených, možno odvoditi podmínky, za kterých fialový obloukovitý pás duhy užitíme, týmž způsobem, vložíme-li do předcházejících rovnic index lomu světla fialového $n = \frac{109}{81}$. Největší odchylna jeví se pak $40^\circ 16'$, když úhel dopadu $\omega = 58^\circ 40'$. Šířka obloukovitého pásu fialového jest pak opět $32'$.

Z kapek mezi kapkami 1 a 2 ležících přicházejí do oka ostatní barevné části světla slunečního, tak že jeví se duha složená ze 6 pásův. Šířka duhy jest pak $42^\circ 2' - 40^\circ 16' = 1^\circ 46'$, k čemuž nutno připočítati ještě zdánlivý průměr slunce $82'$, tak že jest pak šířka duhy $1^\circ 46' + 32' = 2^\circ 18'$.

Výška nejvyšší (červené) části duhy nad obzorem MN , čili $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \text{eOS} - \sphericalangle \alpha = \sphericalangle \text{OeS} - \sphericalangle \alpha = \sphericalangle 42^\circ 2' - \alpha$, z čehož vyplývá:

α) Čím výše nad obzorem jest slunce, tím menší část duhy vidíme.
 β) Vystoupí-li slunce do výšky $42^\circ 2'$ nad obzor, nevidí oko, v rovině obzoru se nalézající, žádné duhy.

γ) Změní-li pozorovatel, slunce, aneb pozorovatel i slunce své místo, změní se též poloha duhy, z čehož patrnó, že každý pozorovatel vidí duhu v jiném místě.

δ) Při východu a západu slunce vidí oko pozorovatele, které jest v rovině obzoru, duhu co půlkruh.

ε) Vidí-li oko pozorovatele kapky, které 42° pod středem oblouku se nalézají, tu spatří pak duhu co kruh úplný, jako ku př. námořník s vysokého stěžně korábu aneb pozorovatel blízko kapek vodních stojící ku př. u vodometů a vodospádu.

ζ) Z předcházejícího vyplývá, že duhu viděti jen tenkráté, máme-li mrak, z něhož prší, před sebou a slunce za sebou.

b) Někdy vidáme dvě duhy; vnější, která má větší poloměr zove pak se *duhou vedlejší* a liší se od duhy hlavní tím, že jsou v ní barvy slabší a převráceně seřaděny, tak že jest na vnitřné duté straně červená a na vnější vypuklé straně fialová.

Paprsek sm , který vniká do kapky 3 (obr. 281.) u m pod středem jejím, láme se ku kolmici směrem mn , z n odráží se do o a z o do r , kdež pak od kolmice se láme a v barevné části rozkládá, z nichž do oka o pouze fialové paprsky přicházejí. Z jiné níže ležící kapky 4 vnikají do oka o pouze červené paprsky; ostatní barvy dostihují oka z kapek, které jsou mezi kapkami 3 a 4. Barvy jsou ve vedlejší duze slabší, poněvadž paprsky *dvakráté* v kapce se odrážejí a tím se více zeslabují, než paprsky v kapkách 1 a 2.

Ku způsobení dojmu určité barvy v oku pozorovatele jest potřebí mnoha rovnoběžných paprskův té barvy.

V pětiúhelníku *mnoru* (obr. 283.) jest $\sphericalangle \varphi + \sphericalangle n + \sphericalangle o + \sphericalangle \varphi_1 + \sphericalangle u = 6R$, pročež $u = 6R - (n+o) - (\varphi+\varphi_1) = 6R - 4y - 2\varphi = 6R - 4y - 2(2R - x + y) = 6R - 4y - 4R + 2x - 2y = 2R + 2x - 6y = 2(R+x-3y)$ (I).

Z předcházejícího jest pak $\sin y = \frac{\sin x}{n}$ (II). Zvětšuje-li se postupně úhel dopadu z 0° až k 90° , vypočteme-li pak $\sin y$, vložíme do rovnice II. dotýčnou hodnotu $\sin x$ a index lomu světla červeného $n = \frac{108}{81}$, vložíme-li pak do rov-

nice I hodnoty x a y , které postupně se mění, tož shledáme, že *nejmenší* odchylku jeví světlo *červené*, když úhel dopadu $x = 71^\circ 52'$, kdež jest pak úhel u (odchylka) $= 50^\circ 58'$, z čehož patrnó, že červené paprsky, dopadající do kapky v úhlu asi 72° , vycházejí z kapky téměř rovnoběžně, tak že, sesilující se vespolek, vzbuzují v oku dojem barvy *červené*.

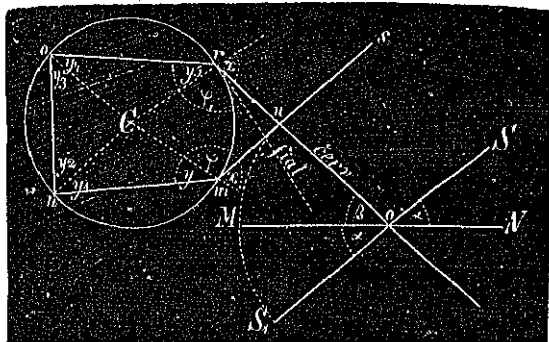
Týmž způsobem vyhledá se nejmenší odchylka světla *fialového*, které má nejmenší úhel $u = 54^\circ 10'$, když $\sphericalangle \alpha = 71^\circ 39'$.

Střika vedlejší duhy jest pak $54^\circ 10' - 50^\circ 58' + 32' = 3^\circ 44'$.
 Výška červené části duhy vedlejší jest $50^\circ 58' - \alpha$, výška červené části hlavní duhy jest pak $42^\circ 2'$, mezi oběma duhami jest tudíž oblouk $8^\circ 56'$ široký, z něhož jen velmi málo světla do oka pozorovatele přichází, pročež temným zůstává.

Slabou *duhu měsíčovou* může způsobiti též světlo měsíčné.

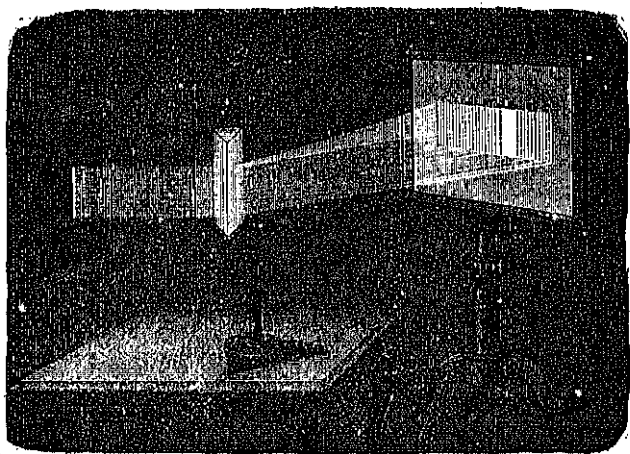
Světélkové barevné kruhy, jež vidati okolo slunce a měsíce, když na obloze jsou světlé mráčky, vykládají se lomem a rozkladem světla v těchto mráčkách, které jsou z ledových jehliček složeny.
Theodorich 1311 a Newton 1666.

Obr. 283.



245. Fraunhoferovy čáry. Vpustíme-li světlo sluneční velmi úzkou průlinou na hranol ze skla flintového, jehož hrany jsou rovnoběžny s průlinou, objeví se na protější stěně vidmo ve tvaru obdélníka (obr. 284.) Je-li vidmo dosti veliké a jsou-li

Obr. 284.



barvy dosti jasné, spatříme ve vidmu velmi mnoho (asi 3000) více neb méně tmavých s průlinou rovnoběžných čar, které po prvním pozorovateli jich čarami *Fraunhoferovými* slovou a z nichž důleži-

tějši, písmeny *A, B, C* atd. naznačené, na obr. 285. (viz příloženou tabulku) spatřujeme.

Rozkládá-li se světlo v hranolech z rozličných průhledných hmot, objeví se čáry v rozličných vzdálenostech, zůstávají však vždy v též barvě.

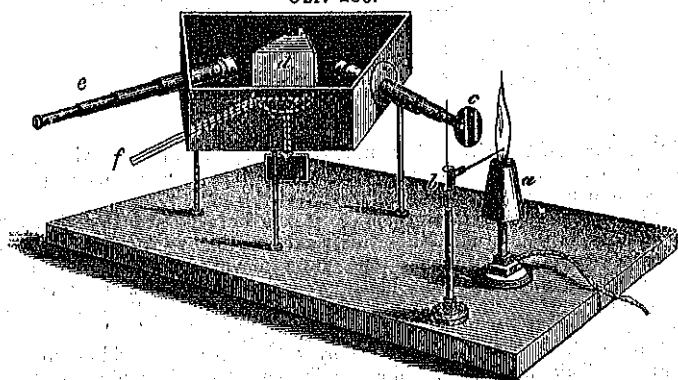
Láme-li se však ve hranolu jiné světlo, změní se čáry podstatně, tak že ku př. některé z nich zmizí aneb na místě tmavých čar jasné se objevují.

Abychom mohli čáry Fraunhoferovy zřetelně pozorovati, postaví se přímo za flintový hranol, z něhož paprsky rozbíhavě vycházejí, čočka achromatická (viz odst. 250. *b*), která má velikou dálku ohniska (4—12'). V přiměřené dálce za čočkou uvidíme pak na bílé stěně vidmo s patrnými čarami Fraunhoferovými. Je-li dálka ohniska čočky p , zdaří se pokus nejlépe, je-li vzdálenost čočky od průlínky a vzdálenost stěny od čočky stejná a je-li vzdálenost $ta = 2p$. Paprsky musí vnikati do hranolu blízko lámací hrany a úhel té hrany budiž 60—75°. Taktéž můžeme čáry Fraunhoferovy ve vidmu zřetelně pozorovati dalekohledem, který jest přímo za hranolem a od průlínky dosti vzdálen. Tak spatříme však vždy jen část vidma, protože nutno dalekohled okolo kolmé osy otáčeti, abychom vidmo část po části přehledli.

Čáry Fraunhoferovy (*A, B, C...*) slouží za základ v určování indexu lomu, který určuje se vždy pro určitou čáru v některé barvě vidma hranolového.

246. Rozbor spektrální. Vypařuje-li se v plamenu kov aneb sloučenina kovu, objevují se ve vidmu plamene jasné čáry, kteréž jako čáry Fraunhoferovy při témž kovu vždy na témž

Obr. 286.



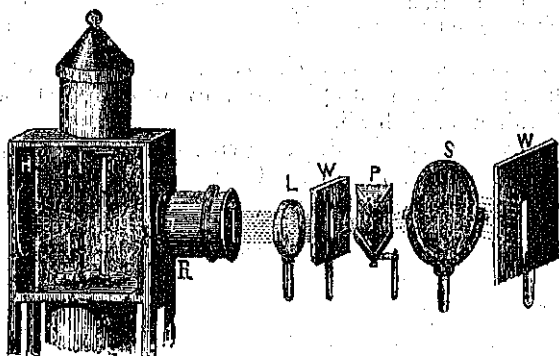
místě ve vidmu se objevují, tak že z přítomnosti jich soudíme, že i dotýčný kov ve plamenu se nalézá. Jsou tudíž čáry tyto *znakem* kovů.

Poněvadž vypařujícím se kovem plamen *určité barvy* nabývá, jeví se vidmo složené pouze z několika *jednotlivých proužek barevných*, které jsou tím jasnější, čím jest plamen *méně světlý* a čím jest *teplejší*.

Kirchhoff a *Bunsen*, kteří (r. 1860 a 1861) v té příčině daly kladné zkoušky s rozličnými kovy a jich sloučeninami konali, nazvali nový tento chemický rozbor *rozbořem spektrálním* (Spektralanalyse).

Ku zkouškám užívají *Kirchhoff* a *Bunsen* tak zvaného *spektroskopu*, jež znázorňuje obr. 286. Do duté trubice plechové a přivádí se kaučukovou rourkou plyn, který se zapálí. Pláštěm, který dá se na rourku sklopiti, přivádí se ku plameni slabší neb silnější proud vzduchu, čímž horkost plamene dá se náležitě upravit. Na podstavku *b* jest připevněn platinový drátek vyběhající v ouško, ve kterém zachytí se látky, jež chceme skoumati. Úzkou štěrbinou *c* vychází světlo do trubice a tou do skřínky uvnitř černé, kdež dopadá na hranol *d*. Vidmo pozoruje se dalekohledem *e*. Hranol otáčí se rukověť *f* a velikost otočení možno na měřtku dole připojeném pozorovati. V dalekohledu jest kromě napnutá nitka, která s místem vidma právě pozorovaným splývati musí, aby poloha čar ve vidmu určití se mohla.

Obr. 287.



Štěrbinu může býti i tak upravena, aby hořejší polovici její světlo jiného druhu do hranolu vcházelo, čímž vznikají pak vidma přímo pod sebou, tak že snadně možno je vespolek porovnávat.

Přístrojem, jež sestavil *Duboseq*, možno barevné proužky vidma mnoha pozorovatelným najednou ukázati. Elektrické světlo, ve kterém dotýčný kov se vypařuje, vychází štěrbinou *s* (obr. 287.) a vniká do čočky *L*, která posouvá se tak dlouho, až jest viděti na desce *W* za čočkou štěrbinu zcela jasně. Hranolem *P* světlo se láme a vidmo odráží se zrcadlem *S* na stěnu *W*, kdež barevné proužky vidma zcela patrně se objevují.

Čáry mají vždy tu barvu, která by v tom místě ve vidmu hranolovém se nalézala. Tak má ku př. vidmo *sodíku* na místě *Fraunhoferovy* čáry *D* proužku velmi jasnou *žlutou* (obr. 288, na příloze); ve vidmu *draslíku* objevuje se v místě tmné čáry *A* čára jasně *červená* a blíže *H* *řalová*; *lithium* dává světlo *červenou* proužku mezi čarami *B* a *C* a slabou *žlutou* mezi *C* a *D*, blíže u *D* atd.

Rozbořem spektrálním objevili *Kirchhoff* a *Bunsen* (1861) dva nové kovy, totiž *rubidium* (rubidus = červený) a *caesium* (caesius = modrý), které ve mnohých solných pramenech se naskytují (vidmo viz na obr. 288, na příloze). *Crookes* objevil (1861) *thallium* (rec. *Dallo*, thallo, zelenám se) a jedinou proužkou *zelenou* (viz obr. 288.). *Reich* u *Richter* našel (1863) *indium* s dvěma *modrými* proužkami.

Vypařuje-li se v plamenu horkém, slabě svítícím, směs více kovů aneb *jich sloučenin*, jeví se vidmo složeno z proužkův všem jednotlivým kovům příslušných.

Žhoucí tělo *pevné* neb *kapalné* má vidmo po celé délce nepřetržité, tak že není v něm ani temných ani jasných čar. Takové vidmo dává ku př. světlo Drummondské, do běla rozpálený drát platinový, do běla rozpálené sklo atd. Prochází-li světlo takové plamenem plynovým, ve kterém sál kuchyňská (chlorid sodnatý) se vypařuje, promění se *žlutá prouha D*, kterou by plamen sám o sobě dával, v tmavou Fraunhoferovu čáru *D* a ostatní část vidma, která by při pouhém plamenu temnou byla zůstala, objeví se jasnou. Taktéž promění se barevné proužky jiných kovů v tmavé čáry Fraunhoferovy, prochází-li plamenem, ve kterém kov se vypařuje, silné světlo žhoucího těla pevného neb kapalného a temná část příslušného vidma toho kovu bude jasnou. Úkaz tento, který vysvětluje se tím, že plamen světlo, které sám dává, pohlcuje, ostatní však propouští, nazval *Kirchhoff převrácením vidma plamene*.

Prochází-li plamenem, ve kterém nějaký kov se vypařuje, jasné světlo sluneční, objeví se taktéž vidmo převrácené.

Z výjevu tohoto soudí *Kirchhoff*, že jest slunce tělo světlé, *žhavé*, buď pevné, buď tekuté, obklopené méně *žhavou* atmosférou, která z par rozličných látek se skládá. Průchodem světla slunečního skrze atmosféru převrací se pak vidmo atmosféry a *jasné* čáry vidma toho objevují se pak co *tmavé* čáry *Fraunhoferovy*. Proto domníváme se, že jsou v atmosféře slunečné obsaženy co páry ony látky, které dávají ve svém vidmu jasné proužky v týchž místech, kde ve vidmu slunečném tmavé čáry Fraunhoferovy se objevují. Dle náhledu toho žhou v atmosféře sluneční páry draslíku, sodíku, vápníku, železa, hořčíku, chrómu, barya, niklu, mědi, cínu atd., není však v ní zlata, stříbra, olova, rtuť, cínu, arsenu, lithia a aluminia.

Barevné plyny pohlcují i při obyčejné teplotě některé paprsky světla, tak že, prochází-li jimi světlo, objevují se ve vidmu tmavé prouhy, čarám Fraunhoferovým podobné; některé barevné plyny a páry netvoří však tmavých proužek ve vidmu, jako ku př. zelenavě žlutý chlór a karmazínové páry indychu.

Ač nebylo pohlcování paprskův plyny bezbarvými posud přímo pozorováno, možno z některých výjevův souditi, že vznikají mnohé čáry Fraunhoferovy tím, že atmosféra dotýčené paprsky světelné pohlcuje.

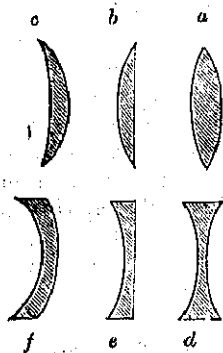
247. Čočky. Prohledné tělo omezené dvěma úseky kulovými aneb úsekem kulovým a rovinou zove se *čočkou kulovitou* č. *sférickou*.

Rozeznáváme šest druhův čoček (obr. 289.), a sice: a) *čočku dvojevypuklou* (biconvex); b) *ploskovvypuklou* (planconvex); c) *dutovypuklou* (concaveconvex), na jedné straně dutou, na druhé vypuklou se silnějším zakřivením; d) *dvojdutou* (biconcav); e) *ploskodutou*

(planconvex) a *f*) vypuklodutou (convexconcav), kteráž má dutou plochu silněji zakřivenou než vypuklou.

Přímka, která středy kulf, jimž povrchy čoček přináležejí, spojuje a je-li jedna z pomeznych ploch rovina na rovině té kolmo stojí a střed okrouhlosti druhé plochy obsahuje, slove *osou* čočky; střed čočky zove pak se středem *optickým*.

Obr. 289.



Čočky dělají se ze skla flintového, křišťálu, tvrdokamů aneb jsou nádoby skleněné naplněné kapalinami (vodou, terpentínovou silicí atd.), ve kterých světlo silně se láme.

248. Čočky vypuklé. a) *Obraz svítícího bodu.* Paprsek *so* (obr. 290.), který, vycházejí ze svítícího bodu *s*, v ose čočky ležícího, optický střed čočky *o* protíná, dopadá na čočku v *m* a *M* kolmo a vychází z čočky *nezlomen*, pročež slove *paprskem hlavním*. Jiný paprsek *se*, který s osou malý úhel φ svírá, láme se u *e* ku kolmici *cd* a vycházejí z čočky u *E* láme se od kol-

mice *CE*, tak že protíná hlavní paprsek v bodu *f*. V tomto bodu setkají se téměř všechny čočkou zlomené paprsky, které u vnitř malého úhlu φ na čočku dopadají, proto uzří oko v bodu *f*, ve kterém všechny tyto paprsky se soustřeďují, *skutečný obraz* svítícího bodu *s*.

Poloha bodu *f* stanoví se následovně:

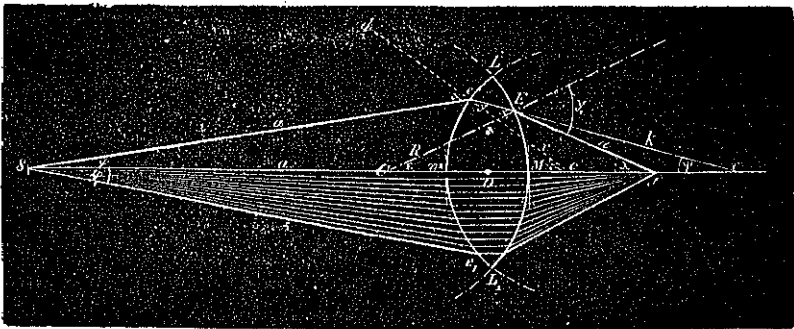
O lomu u *e* má platnost rovnice $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$, aneb, jsou-li úhly tyto malé, $\frac{\alpha}{\gamma} = n$, pročež $\alpha = n\gamma$ aneb $\varphi + \gamma = n(\gamma - \psi)$ a tudíž $\varphi = n(\gamma - \psi) - \gamma$ čili $\varphi = (n-1)\gamma - n\psi$. Jsou-li úhly tyto velmi malé, bude též $\text{tg } \varphi = (n-1)\text{tg } \gamma - n\text{tg } \psi$, pročež $\frac{em}{sm} = (n-1)\frac{em}{cm} - n\frac{em}{mv}$, tudíž také $\frac{1}{sm} = \frac{n-1}{cm} - \frac{n}{mv}$; klademe-li $sm = se = a$, $mv = ev = k$ a $ce = r$, jest pak $\frac{1}{a} = \frac{n-1}{r} - \frac{n}{k}$ (1)

Při lomu u *E* jest $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{1}{n}$ aneb $\frac{\alpha_1}{\gamma_1} = \frac{1}{n}$, pročež $\gamma_1 = n\alpha_1$ aneb $s + \lambda = n(s + \psi)$, tudíž $\lambda = n(s + \psi) - s$, čili $\lambda = (n-1)s + n\psi$. Jsou-li tyto úhly velmi malé, jest též $\text{tg } \lambda = (n-1)\text{tg } s + n\text{tg } \psi$, pročež $\frac{EM}{Mf} = (n-1)\frac{EM}{CM} + n\frac{EM}{Mv}$ tudíž,

také $\frac{1}{Mf} = \frac{n-1}{CM} + \frac{n}{Mv}$; klademe-li $Mf = Ef = \alpha$, $Mv = Ev = k$ a $CM = R$, jest pak $\frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{R} + \frac{n}{k}$ (II)

V rovnici I jest $\frac{n}{k} = \frac{n-1}{r} - \frac{1}{a}$, v rovnici II jest pak $\frac{n}{k} = \frac{1}{\alpha} - \frac{n-1}{R}$, jest tudíž $\frac{n-1}{r} - \frac{1}{a} = \frac{1}{\alpha} - \frac{n-1}{R}$ aneb $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$ (III)

Obr. 290.



Poněvadž ve hmotách, ze kterých čočky se dělají, $n > 1$, jest výsledek počtu *pozitivní*, t. j. paprsky stýkají se *skutečně* v některém bodu osy za čočkou. Položíme-li $(n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) = \frac{1}{p}$, bude $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p}$ a tudíž $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ (IV)

Dopadají-li na čočku paprsky *rovnoběžně*, tak že $a = \infty$, jest $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p}$ tudíž $\alpha = p$, v čemž pak značí p *dálku ohniska*, neboť jest i u čoček *ohniskem* místo, ve kterém *rovnoběžné* paprsky po lomu se *soustřeďují*. Při čočkách *skleněných* bývá $n = \frac{3}{2}$ a je-li při čočce *dvojbypuklé* $R = r$, tož jest pak, vložíme-li do rovnice $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$ *dotýčné hodnoty*, $\frac{1}{p} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{r} = \frac{1}{r}$ a tudíž $p = r$, t. j. *ohnisko čočky jest v středu okrouhlosti*.

Poněvadž rovnice IV. zcela *souhlasí* s rovnicí, kterou *vytknuta* vzdálenost *obrazu* α od *zrcadla dutého*, je-li *vzdálenost* bodu a *rozdílná*, možno *stanoviti* polohu *obrazu* zcela tak, jako u *zrcadla dutého* (viz str. 267—269 odst. 1—6); ovšem jest *obraz za čočkou* vždy v těch případech, kdy *naskytuje se před zrcadlem*, a *na též straně* čočky co *bod svítící* v případech těch, kdy se *objevuje za zrcadlem*.

Při čočce *ploskovypuklé* jest jeden z poloměrův nekonečně veliký; je-li tudíž v rovnici III $r = \infty$, bude $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = \frac{n-1}{R}$; je-li $\frac{n-1}{R} = \frac{1}{p_1}$, bude $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p_1} - \frac{1}{a}$. Poněvadž $n > 1$, jest výsledek počtu opět pozitivní a v čočce ploskovypuklé láme se tudíž světlo jako ve dvojjvypuklé.

Je-li index lomu n v čočce $= \frac{3}{2}$, jest $\frac{1}{p_1} = \frac{\frac{3}{2}-1}{R} = \frac{1}{2R}$, pročež $p_1 = 2R$, t. j. čočka ploskovypuklá má dálku ohniska dvakrát tak velkou, jako čočka dvojjvypuklá téže okrouhlosti.

Při čočce *dutovypuklé* jest jeden z poloměrův negativní. Je-li r př. r negativní, ale $r > R$, jest $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = (n-1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$ aneb $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = (n-1) \left(\frac{r-R}{rR} \right)$; je-li $(n-1) \left(\frac{r-R}{rR} \right) = \frac{1}{p_2}$, bude $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p_2} - \frac{1}{a}$. Poněvadž $r > R$ a $n > 1$, jest výsledek počtu opět pozitivní, tudíž láme se v čočce dutovypuklé světlo jako ve dvojjvypuklé.

Že jest dálka ohniska čočky dutovypuklé větší než dvojjvypuklé, vyplývá z rovnice $\frac{1}{p_2} = (n-1) \left(\frac{r-R}{rR} \right)$, pročež $p_2 = \frac{rR}{(n-1)(r-R)}$. Při čočce dvojjvypuklé jest pak $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$, tudíž $p = \frac{rR}{(n-1)(r+R)}$ a následovně $p_2 > p$.

Čočka ploskovypuklá a dutovypuklá liší se od čočky dvojjvypuklé pouze tím, že mají větší dálku ohniska; ve všech těchto třech čočkách láme se však světlo tak, že paprsky rovnoběžné vycházejí z čočky sbíhavě, paprsky sbíhavé opouštějí čočku ještě sbíhavěji a paprsky rozbíhavé vycházejí z čočky méně rozbíhavě aneb vycházejí z ní rovnoběžně aneb sbíhavě. Poněvadž vypuklé čočky paprsky takřka sbírají č. spojují, zovou se čočkami *sběra- cími* č. *spojnými* (Sammellinsen).

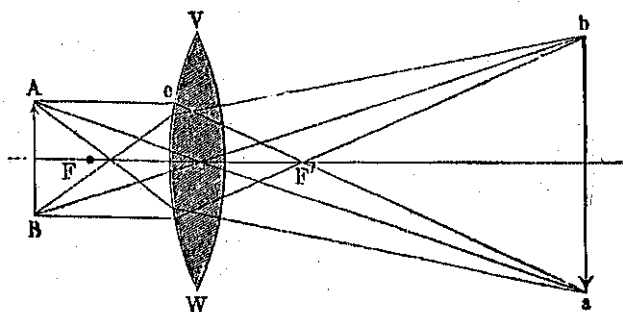
b) *Obraz předmětu.* Obraz předmětu v čočce dvojjvypuklé možno stanoviti, určíme-li obrazy tolika bodův, kolik potřeba, abychom z nich obraz celého předmětu sestrojiti mohli. Paprsek Aa , který protíná optický střed čočky VW (obr. 291), jest *hlavním paprskem* č. tak zvanou *vedlejší osou* a vychází z čočky nezlomen. Jiný paprsek Ae , z bodu A vycházející, jest rovnoběžný s osou, láme se tudíž do ohniska F^1 a protíná paprsek hlavní v bodu a , kdež i jiné z A vycházející paprsky po lomu se soustřeďují; bude tudíž bod a obrazem bodu A . Podobně jest též bod b obrazem bodu B a tudíž ab obrazem předmětu AB .

Velikost, polohu a vzdálenost obrazu možno stanoviti následovně:

1. Je-li předmět ve vzdálenosti nesmírně veliké, vyplývá z rovnice $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, když $a = \infty$, $\alpha = p$, t. j. obraz bude v ohnisku a objeví se co světlý bod.

2. Je-li $a > 2p$, ale $a < \infty$, bude $\alpha > p$, ale $\alpha < 2p$, t. j. obraz bude za čočkou ve vzdálenosti větší než délka ohniska. Je-li tudíž ab (obr. 291.) předmět, bude AB jeho obraz. Jak patrně, jest obraz zmenšený (poněvadž $a > \alpha$) a převrácený.

Obr. 291.



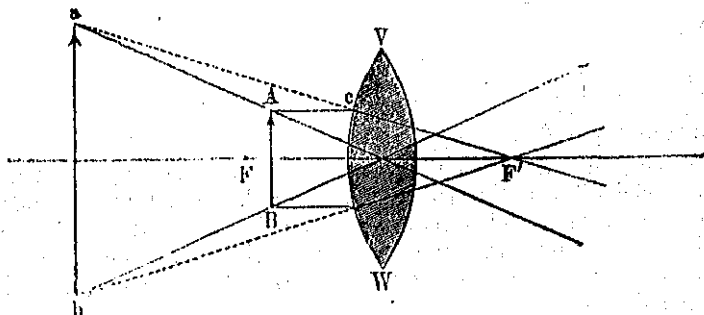
3. Je-li $a = 2p$, jest též $\alpha = 2p$, tudíž $\alpha = a$, t. j. obraz bude tak daleko za čočkou, jako předmět před čočkou, bude převrácený a tak veliký jako předmět (neboť $\alpha = a$).

4. Je-li $a < 2p$ ale $a > p$, bude $\alpha > 2p$, ale $\alpha < \infty$, t. j. obraz vzniká za čočkou v dálce větší než jest dvojnásobná délka ohniska, není však ve vzdálenosti nekonečné, jest převrácený a zvětšený (neboť $a > \alpha$). Je-li AB (obr. 291.) předmět, bude ab obraz.

5. Je-li $a = p$, jest $\alpha = \infty$, t. j. nepovstává obraz žádný.

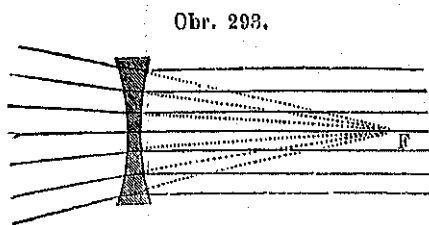
6. Je-li $a < p$, jest $\alpha > a$, ale α negativné, t. j. je-li předmět mezi čočkou a ohniskem, vzniká obraz na též straně čočky, kde jest předmět, obraz jest však pouze geometrický, přímý a zvětšený (neboť $a > \alpha$). Je-li tudíž AB předmět mezi ohniskem F' a čočkou VW , (obr. 292.), vznikne sestrojěním dotýčných paprskův hlavních a jiných, s nimi se stýkajících, geometrický, přímý a zvětšený obraz ab .

Obr. 292.



Kterak se vyhledá ohnisko čočky spojné? — Používání čoček vypuklých v panoramách a v kukátku. — Osvětlovací čočky na světlárnách. — Čočky z kapalin, skleněnými stěnami uzavřených.

240. Čočky duté. a) *Obraz svítícího bodu.* U čočky dvoj-
duté jsou oba poloměry okrouhlosti *negativné*; jest tudíž $\frac{1}{a} + \frac{1}{a}$
 $= (n-1) \left(\frac{1}{-r} + \frac{1}{-R} \right) = - (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) = - \frac{1}{p}$, pročež
 $\frac{1}{a} = - \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a} \right)$. Paprsky dopadající na čočku rovnoběžně



Obr. 293.

(obr. 293.) vycházejí z čočky rozbíhavě a vnikajíce do oka pozorovatele způsobují v něm dojem, jako by vycházely z bodu *F*, před čočkou se nalézajícího. V bodu tom uvidí tudíž pozorovatel *zdánlivý* č. *geometrický* obraz svítícího bodu *s*, nesmírně vzdáleného.

Je-li v rovnici $\frac{1}{a} = - \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a} \right)$ vzdálenost bodu $a = \infty$,
bude $\frac{1}{a} = - \frac{1}{p}$ a tudíž $a = - p$, t. j. *zdánlivý* obraz vznikne
v *ohnisku F*.

Poněvadž jest a vždy *negativné*, bude obraz, lomem světla
v čočce dvojduté vznikající, vždy *geometrický*.

Při čočce *ploskoduté* jest jeden z poloměrův nekonečně ve-
líký; je-li tudíž ku př. $r = \infty$, bude $\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = - \frac{n-1}{R} = - \frac{1}{p_1}$,
pročež $\frac{1}{a} = - \left(\frac{1}{p_1} + \frac{1}{a} \right)$, a jest opět *negativné* a světlo láme
se v čočce ploskoduté jako ve dvojduté.

Při čočce *vypukloduté* jest jeden z poloměrův větší; je-li
tudíž $r > R$, bude $\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = - (n-1) \left(\frac{r-R}{rR} \right) = - \frac{1}{p_2}$, pro-
čež $\frac{1}{a} = - \left(\frac{1}{p_2} + \frac{1}{a} \right)$. Jest tudíž a opět *negativné* a čočka
vypuklodutá liší se od dvojduté pouze dávkou ohniska.

V čočkách dutých láme se tudíž světlo tak, že paprsky rovno-
běžné vycházejí z čočky rozbíhavě, paprsky rozbíhavé opouštějí
čočku ještě rozbíhavěji a paprsky sbíhavé vycházejí z čočky buď
méně sbíhavě, buď rovnoběžně, buď rozbíhavě. Poněvadž duté
čočky paprsky rozptylují, zovou se *čočkami rozptylovacími* (Zer-
streuungslinsen).

Čím více jest plocha čočky *zakřivena* a čím *větší* otvor čočky, tím *větší* jest úchylnka sférická.

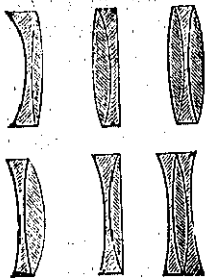
Zvětšíme-li dálku ohniska aneb změňme-li poměr obou poloměrů okrouhlosti aneb spojme-li více čoček dohromady, tož můžeme úchylnku sférickou téměř úplně zameziti. Čočky ploskovypuklé a ploskoduté, zakřivenou plochou ku předmětu obrácené, nemají téměř žádné úchylnky sférické.

Křivka a plocha diakaustická (viz str. 208. a str. 278.).

b) *Vada chromatická*. Poněvadž jest čočka téměř hranolem s plochami kulovitě zakřivenými, *odchyluje i rozkládá* se v ní světlo právě tak jako ve hranolu, *Paprsky fialové* odchylují se od původního směru svého nejvíce a stýkají se s paprskem hlavním blíže čočky v *f* (obr. 290.), *červené*, které nejméně se odchylují, protínají se dále za čočkou v bodu *č*. Z toho vyplývá, že jest obraz *bílý* jen uprostřed, kde stýkají se barevné paprsky všeho druhu, na pokrajích jest však obraz barevně obrouben a sice má obraz za čočkou před *ab*, jak z nákresu patrné, obrubu červenou a žlutou, v *ab* obrubu nachovou, která vzniká smíšením barvy červené a fialové, za *ab* jest pokraj obrazu fialový a modrý.

Barevnost obrazův zove se *vadou č. úchylnkou chromatickou* a může se zameziti podobným způsobem jako u hranolův (viz str. 280. e) spojením dvou neb více čoček v čočku jedinou, kteráž této vady nemá a proto čočkou *achromatickou* (bezbarvou) slove.

Obr. 297.



Čočky achromatické sestavují se z čoček spojných ze skla korunového a čoček rozptylovacích ze skla flintového a naopak. Jsou-li čočky přiměřeně zakřiveny, ruší se rozklad světla, způsobený čočkou jednou, lomem světla v čočce druhé, tak že achromatickou čočkou docílíme obrazův jasných, bez okrajů barevných. Obr. 297. znázorňuje všech šestero druhův čoček achromatických.

Nemá-li čočka ani úchylnky chromatické ani úchylnky sférické, zove se čočkou *aplanatickou*.

Je-li dutá čočka ze skla flintového ve *větší* určité vzdálenosti za vypuklou čočkou ze skla korunového, tak že se jí *nedotýká*, vzniká taktéž z obou dohromady čočka achromatická, která se zove čočkou *dialytickou* (Littrow a Floessel 1832). Čočka ze skla flintového může býti tím *menší*, čím *více* jsou čočky od sebe *vzdáleny*, což jest *výhodné* proto, že *nesnadno* udělají větší čočky ze skla flintového.

Achromatických čoček možno docíliti též spojením dvou čoček z téhož druhu skla a téhož tvaru, jsou-li jen obě čočky v přiměřené vzdálenosti od sebe a mají-li příslušné zakřivení.

D. Oko a nástroje optické.

1. Oko a vidění.

251. Oko skládá se z *bulvy* (Augapfel), která jinak též *zenicí* neb *jablkem očním* slove, a z částí k službě a ochraně bulvy určených (jako jsou: víčka s brvami, obočí, ústroje slzní a svaly, ku pohybu oka sloužící).

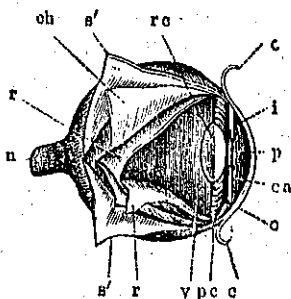
Bulva jest téměř kulovitá a skládá se: a) z *běliny* (bílá neb tvrdé blány, sclerotica, harte Haut) *s'* (obr. 298.), jejíž přední prohledná a více vypuklá část *c* slove *rohovkou* (cornea, Hornhaut); b) z *cevnatky* (žilovice, choroidea, Gefäßhaut, Aderhaut) *ch*, krevními cévami protkaná a na vnitřní straně černým barvivem, které rozptýlené paprsky pohlcuje, pokryté; c) z *duhovky* (iris, Regenbogenhaut) *i*, na předním povrchu u rozličných lidí rozličně zbarvené, na zadním povrchu černé a u prostřed otvorem *p*, tak zvanou *zřenicí* (zornicí, zřetelnicí, panenkou, pupilla, Stern, Sehöffnung) opatřené; za duhovkou jest *kruh řásnatý* *pc*, z cév řásnatých složený; d) ze *sítnice* (retina, Netzhaut) *r*, kteráž jest blánovitým rozšířením *nervu zrakového* *n*, z mozku bělinou a *cevnatkou* do vnitř bulvy vstupujícího; e) z *čočky křišťalové* (lens crystallina, Krystalllinse) *rc*, kteráž jest na přední ploše elipticky, na zadní parabolicky sklenutá a z lupenitých, čím dále do středu tím hutnějších vrstev složená; f) z *moku vodnatého* *ca*, který prostor mezi rohovkou a čočkou vyplňuje a ve kterém duhovka volně plove; g) z *těla sklovitého* *v*, které dutinu mezi sítnicí a čočkou vyplňuje a z prohledné v blánce uzavřené látky rosolovité se skládá.

V rohovce, čočce a těle sklovitém se láme světlo poněkud silněji než ve vodě, v čočce však nejsilněji.

Dle *Listinga* (1845) možno pokládati oko za souhrn prohledných kulovitých prostředí, jichž optické středy protíná osa taková jako osu oční. Poněvadž jest možno poloměr okrouhlosti a index lomu každého z těchto prostředí vypočísti, možno tudíž také sestrojiti *oko schematické* pro paprsky rovnoběžné dopadající. S okem schematickým můžeme pak porovnávatí oko skutečné, které zírá do dálky převeliké, ku př. na některou stálici. — Jednodušší oko schematické záleží pouze v jediné kulovité vypuklé ploše, jejíž poloměr okrouhlosti $5 \cdot 1248^{mm}$ a jejíž index lomu $109/77$ obnáší.

252. Vidění. Rohovka, mok vodnatý, čočka a tělo sklovité působí dohromady jako vypuklá čočka. Padají-li tudíž z před-

Obr. 298.

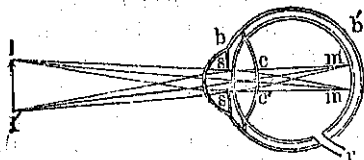


mětu W' (obr. 299.), který není oku příliš blízký, paprsky do oka bb_1 , procházejí rohovkou a zřetelně ss' do čočky cc' a lámou se tak, že vzniká na sítnici zmenšený a převrácený obraz mm' , který působí v nerv r tak, že dojem jeho ku vědomí člověka přichází.

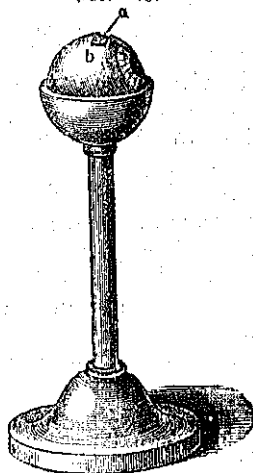
a) Ku vidění jest nutně potřebí, aby obraz vznikl na sítnici, jakož i aby sítnice a nerv byl dosti citlivý (Kepler 1604).

1. Uděláme-li do oka volského otvor b (obr. 300.) a díváme-li se otvorem tím z a do oka, tu spatříme zřetelně na sítnici zmenšený a převrácený obraz toho předmětu, který před rohovkou se nalézá (Scheiner 1652). Taktéž spatříme

Obr. 299.



Obr. 300.



zřetelně obraz na zadní, průsvitné stěně oka králičího. — Oko skleněné (Huyghens 1704.).

2. Zakalí-li se čočka tak, že jest neprohlednou, vzniká nemoc oční, která zákalem č. oblakem šedým (grauer Staar) slove. Čočka buď z oka se vyjme buď v oku rozřízne, buď z osy zorné vytlačí a nahrazuje se pak ostrými brýlemi, které pro rozličné dálky musí býti rozličné.

3. Je-li sítnice nečistá, vzniká zákal č. oblak černý (schwarzer Staar), t. j. úplné oslepení, při kterém světlo v oku naprosto žádného dojmu nečiní. Nemoci této nelze nikterak vyhojiti.

b) Obraz vznikající na sítnici jest sice převrácený, přece však viděti předměty přímé. Oko nechtí obrazu, nýbrž hledá původ dojmu tam, odkud vychází, tudíž směrem hlavního paprsku každého jednotlivého světlicího bodu a vidí tudíž hořejší body obrazu dole a dolejší nahoře. — (Kepler 1604.).

c) Ponděvadž se díváme na předmět oběma očima a v každém oku jeden obraz vzniká, měli bychom, očício dva dojmy, viděti též dva předměty; vznikají-li však obrazy na souměrně položených místech obou sítnic, hledáme původ jejich v téměř jediném místě a vidíme tudíž jen jediný předmět.

Pošíneme-li jedno oko prstem tak, aby vznikly obrazy na místech nesouměrných na sítnicích, spatříme předmět každým okem v jiném směru, tudíž také v jiném místě, pročež vidíme dva předměty. (Alhazen 1100). — Šilhání.

253. Podmínky jasného vidění. K jasnému vidění jest potřebí, aby obraz byl zřetelný, jasný, dosti veliký a aby dojem jeho jistou určitou dobu trval.

1. Má-li býti obraz *zřetelný*, musí vzniknouti na *sítnici*, což dělo by se jen tenkrát, když předmět nalézá se v určité vzdálenosti, neboť působí oko naše právě tak, jako čočka vypuklá, při které určitá vzdálenost obrazu za čočkou vyžaduje též určité vzdálenosti předmětu před čočkou. Zkušenost učí však, že oko spatřuje zcela zřetelně předměty v *rozličných* větších i menších vzdálenostech, z čehož patrně, že může oko rozličné vzdálenosti předmětu jaksi se *přispůsobiti*, tak že vzniká na sítnici zřetelný obraz předmětu bližšího i vzdálenějšího.

a) Z pozorování *Langenbeckových*, *Oramerových* a *Helmholtzových* vyplývá, že čočka může se na obou stranách více neb méně zakříviti a takto rozličným vzdálenostem předmětu přispůsobiti.

b) Nakreslíme-li na skleněnou desku nějaký obraz, můžeme diviti se buď na tento obraz buď na předměty za deskou se nalézající, oběho zároveň neuzříme však nikdy zřetelně, poněvadž oko rozličným vzdálenostem jen *povolna* se přispůsobuje.

Přispůsobení (akkomodace) oka rozličným vzdálenostem jest omezeno. Oko normálně nevidí totiž předmětu dosti zřetelně, je-li mu bližší než 8—10". *Zřetelně* vidí tudíž normálně oko jen ty předměty, které jsou ve vzdálenosti *větší* než 8—10". Vzdálenost 8—10", ve které oko předmět *nejzřetelněji* vidí, zove se *dálkou zraku* (Schweite).

Má-li oko *menší* dálku zraku než 8—10", zove se *krátkozrakým*, je-li pak dálka zraku *větší* než 8—10", jest oko *dalekozraké*.

Krátkozrakost jest přirozená, pochází-li z přílišného zakřivení rohovky neb čočky, aneb navyklá, pochází-li z nazírání na předměty drobné, z přílišného čtení atd. Přirozená krátkozrakost opravuje se ve věku pokročilejším sama, poněvadž ubývá ve stáří zakřivenosti rohovky i čočky; je-li krátkozrakost navyklá, můžeme jí odvyknouti hleděním na předměty vzdálenější. Dalekozrakost dostavuje se ve stáří téměř u každého člověka, poněvadž rohovka i čočka ve věku pokročilejším se *aplošťují*.

V oku *dalekozrakém* lámou se paprsky jako v čočce příliš málo vypuklé, proto vzniká obraz předmětu za *sítnicí* (obr. 301.), v oku *krátkozrakém* lámou se paprsky jako v čočce příliš silně vypuklé, proto vzniká obraz *před sítnicí* (obr. 302.). Obě tyto vady oka možno zameziti *brýlemi*, t. j. přiměřenými *čočkami*, a sice pomalá se oku *dalekozrakému* čočkou *spojnou m* (obr. 303.), kterou paprsky sbíhavými se činí, aby stýkaly se na sítnici; oko krátkozraké potřebuje pak čočky *rozptylovací n* (obr. 304.), aby obraz dále za oční čočkou, tudíž až *na sítnici* vznikl.

Brýle užívá se asi od r. 1370. — Výhody a vady brýlí. — Jakých brýlí máme užívatí a jak? — Brýle z barevného skla. — Brýle pro jedno oko (monocle). Skla *periskopická*.

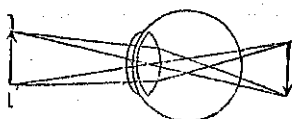
Ve brýlích bývá obyčejně vyryto číslo, které značí dálku ohniska jejich *p*. Číslo brýlí, jichž kdo potřebuje, možno vypočísti následovně: Oko dalekozraké potřebuje brýle *vypuklých*, při kterých $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{\alpha}$, protožež

$\frac{1}{p} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a}$ a poněvadž má vzniknouti obraz před čočkou jest α negativné, tudíž $\frac{1}{p} = \frac{1}{a} - \frac{1}{\alpha}$, pročež $p = \frac{a\alpha}{\alpha - a}$. Oko krátkozraké vyžaduje

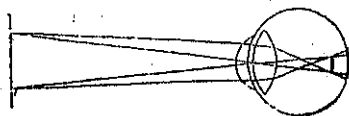
brýlí dutých, při kterých jest délka ohniska *negativná*, pročež $-p = \frac{a\alpha}{\alpha - a}$.

Značí-li α dálku zraku oka krátkozrakého neb dalekozrakého, a dálku normalnou, možno p snadně vypočísti. Oko dalekozraké potřebuje brýlí *vypuklých*, neboť je-li $\alpha > a$ jest p pozitivné; oko krátkozraké musí mít brýle *duté*, neboť je-li $\alpha < a$ jest p negativné.

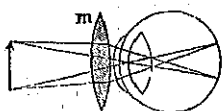
Obr. 301.



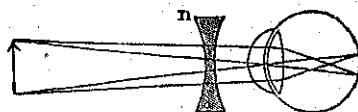
Obr. 302.



Obr. 303.



Obr. 304.



Obraz, vznikající na sítnici, jest *zřetelný*, poněvadž působí oko jako čočka *aplanatická*; zamezují úchylku sférickou tvar čočky a duhovka, která působí co stínidlo, propouštějí zření pouze středně paprsky, úchylka chromatická jest pak zamezena příslušným seřazením prohledných částí oka v jedinou čočku achromatickou.

2. Obraz musí býti *přiměřeně jasný*; ze předmětu svítícího nemá přicházeti do oka ani příliš mnoho ani příliš málo světla. Zření jest upravena tak, že může při slabší jasnosti předmětu se rozšířiti, aby více paprsků do oka vniklo a obraz dosti jasný vytvořilo. Zíráme-li pak na předměty příliš jasné (ku př. na slunce), zmenšuje se zornice a propouští tudíž méně paprskův, čímž brání příliš silnému dojmu světla, kterým sítnice mohla by se otupiti.

Zření nočních dravců. — *Fora* 1558.

3. Obraz musí býti *dostatečně veliký*. Velikost obrazu řídí se *zorným úhlem* (Sehwinkel) aob (obr. 305.), jež svírají paprsky vedené z bodu o v čočce ležícího ku pokrajům předmětu ab . Zorný úhel a tudíž také obraz předmětu na sítnici jest *tím menší*, čím *menší* jest předmět aneb čím jest od oka *vzdálenější*.

Jak patrné, má předmět ab zorný úhel aob a jiný předmět a_1b_1 má zorný úhel a_1ob_1 , bude se nám tudíž zdáti že jest $a_1b_1 > ab$, ačkoliv $ab = a_1b_1$. Předměty ab a a_1b_1 mají též zorný úhel aob , tudíž *zdánlivě* *tudíž* *velikost*, ač jest $ab > a_1b_1$.

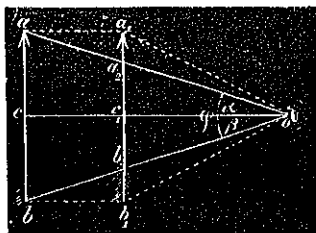
Na obr. 305. jest $ac = oc \operatorname{tg} \alpha$ a $bc = oc \operatorname{tg} \beta$, pročež $ab = ac + bc = oc(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$; jsou-li úhly α a β malé, bude $ab = oc(\alpha + \beta) = oc \varphi$, tudíž

$$\varphi = \frac{ab}{oc}.$$

Stromofaď zdánlivě se sbíhá, dlouhé chodby zdají se býti v dálce užší a nižší, ve velkých místnostech se v dáli strop zdánlivě níží a podlaha zvyšuje atd. — Perspektiva.

Poněvadž úhel zorný, řídí se netoliko velikostí, nýbrž i vzdáleností předmětu, tož můžeme skutečnou velikost předmětu ze zdánlivé velikosti posouditi jen tehdy, když skutečná vzdálenost jeho nám jest známa. Známe-li pak skutečnou velikost předmětu můžeme posouditi ze zdánlivé vzdálenosti též skutečnou vzdálenost jeho. Není-li ani skutečná velikost ani skutečná vzdálenost předmětu známa, posuzujeme obě ze porovnání jich k jiným známým.

Obr. 305.



a) Čím jasnější jest předmět, tím blíže zdá se býti, neboť známo ze zkušenosti, že vzniká obraz tím jasnější, čím jest předmět oku blížší.

b) Předmět, jehož skutečnou velikost známe, zdá se býti tím vzdálenější, čím menší se nám jeví.

c) Ve vzdálenosti příliš veliké zdají se oku všechny předměty stejně vzdáleny, jako ku př. hvězdy.

d) Čím více předmětův mozi okem a nějakým tělem, tím vzdálenější zdá se býti tělo.

e) Zorný úhel slunce jest 32' a měsíce 31' proto jeví se nám velikost jejich téměř stejná.

4. Dojem světla na sítnici musí trvati jistou dobu, aby mohl se vytvořiti obraz dosti určitý a jasný. Čím silnější jest dojem světla, tím kratší doby potřebí ku vytvoření obrazu.

Kule vystřelené nelze v pohybu viděti, elektrickou jiskru pozorujeme však dobře, ač mnohem rychleji se pohybuje než kule.

Tak zvané *kančoudot* (franc. *change* = výměna) zakládá se v rychlém pohybu vržených těl, jichž proto nelze viděti, poněvadž nemohou v pohybu příliš rychlém žádného dojmu způsobiti.

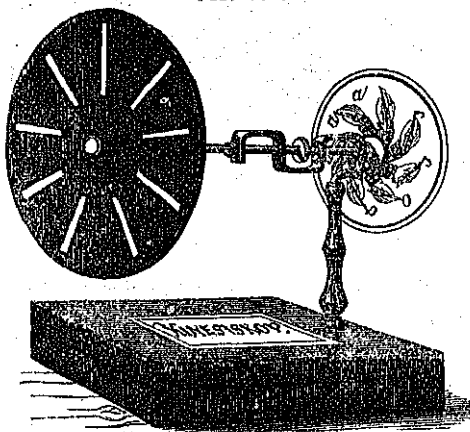
Dojem světla v oku trvá asi o $\frac{1}{3}$ vteřiny déle než co světlo působí. Následuje-li tudíž více dojmův tak rychle za sebou, že dojem předcházejícího ještě trvá, když dojem následujícího počíná, tu splývají všechny dojmy v jediný dojem celistvý.

Žhavý uhel rychle v kruhu otáčený způsobuje dojem ohnivého kruhu. — Na kole rychle se otáčejícím nelze ramen (špic) rozeznati, nýbrž kolo jeví se co celistvý kotouč.

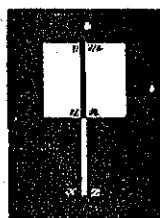
Thaumatroop Wollastonův. Vykreslíme-li na jednu stranu desky z lepenky nějaký předmět, ku př. kléc a na druhou stranu v příslušném místě ptáka a otáčíme-li desku velmi rychle, objeví se pták v kleci. — *Stroboskop Stampferův* (1832) skládá se z kotouče, který má na pokraji několik otvorův a pod každým otvorem obraz téhož předmětu v poloze jiné a síce postupně takové, kterou by měl, konaje jistý pohyb, v jednotlivých dobách rychle za sebou následujících. Otáčíme-li desku dosti rychle před zrcadlem a díváme-li

se skrze otvory na obraz předmětu v zrcadle, vzniká dojem, jako by předmět skutečně se pohyboval. — *Kinesiskop Purkyňův* (obr. 306.) skládá se ze dvou kotoučův na společné ose připevněných. Jeden kotouč má určitý počet, ku př. 9 podélných štěrbin stejně od sebe vzdálených a na druhém kotouči jest naproti každé štěrbině předmět v určité poloze vykreslen, ku př. ruka písaří písmeno *a*. Otáčeji-li se kotouče, spatřuje oko předmět v pohybu, t. j. uží ruku skutečně písaří. Jsou-li štěrbiny příliš široké, bývají obrazy nezřetelné, jsou-li pak štěrbiny příliš úzké, jsou obrazy méně jasné, proto opravil *Purkyň* kinesiskop v době novější tak, že oko zírá přímo na obrazy předmětů, tak že jest potřebí pouze *jediného* kotouče; ten však otáčí se s krátkými přestávkami, čímž pojímá oko obraz chvilku v úplném klidu. — *Anorthoskopem*, jež sestrojil *Plateau* (1836), možno na témž základě z obrazův zpitvořených vytvořiti obrazy dokonalé. — *Chromatrop* skládá se ze dvou kotoučů živými

Obr. 306.



Obr. 307.



barvami pokrytých, sousledných a protivným směrem se otáčejících, jež působují v oku dojmy překvapující. — *Wheatstonův světloměr* záleží v ocelovém kulovitém zrcátku, které velmi rychle se otáčí, tak že obrazy obou zdrojův světla co jasné křivky se jeví. Zrcátko vzdaluje se od silnějšího světla tak dlouho, až jest světlost obou křivek stejná, a ze vzdálenosti světel od zrcátka vypočítává se světlost jejich způsobem v odst. 230. vytknutým.

254. Subjektivné č. osobné úkazy zrění. a) Dívá-li se oko na světlou proužku *uvzn* (obr. 307.) na tmavém podkladu, uží jí *širší* než skutečně jest, patří-li na tmavou proužku *vum* na světlém podkladu, zdá se proužka *užší*. Úkaz tento, nazvaný *irradiace*, vykládá *Plateau* tím, že jasné světlo dojmá netoliko ty nervy sítnice, na které dopadá, nýbrž že působí též v nervy sousedné a sice tím dále do okolí, čím jest silnější.

Wetleber vysvětlil však v době novější (1852) irradiační ze chromatické úchylky čočky, kteráž jest příčinou, že jednoduchý bod dává obraz světlé plochy. *Osvětlená* část měsíce jeví se co díl kule *věšší*, *tmavá* část co díl kule *menší*. — Stálce jeví se co světlo *okrouhlé* plochy, ač zorný úhel jejich jest tak malý, že bychom měli je viděti co pouhého body.

b) Díváme-li se děle na *červenou* prouhu na bílém, silně osvětleném papíře namalovanou a přikryjeme-li náhle prouhu bílým papírem, spatříme na tomto bílém papíře stejně velikou prouhu *zelenou*, což vysvětlujeme tím, že ta část sítnice, na které obraz vznikl, byvši *červenou* barvou děle dojímana a takřka přesycena; pozbývá citlivosti pro dojem té barvy. Vniká-li pak do oka světlo bílé, způsobuje dojem barvy doplňovací, t. j. barvy *zelené*, poněvadž *červené* paprsky jsou z bílého světla takřka vyloučeny, tak že skládají ostatní paprsky barvu doplňovací — *zelenou*.

Výjev tento pozoroval nejprve *Kircher* 1646. — Doplnovací barvy slovou též *harmonickými*, poněvadž oku nejvíce lahodí. Při sestavování barev pestrých předmětů nutno k této harmonii barev přihlížeti.

c) Je-li dřevěná tyčinka osvětlena současně světlem barevným, ku př. *červeným*, a světlem *bílým*, vzniknou na bílé stěně za tyčinkou dva barevné stíny, totiž stín *červený* a stín barvy doplňovací, tudíž *zelené*.

Stín přínaležející světlu bílému jest osvětlen *červeným* světlem, proto jest *červený*. Stín přínaležející světlu *červenému* jest *bílým* světlem osvětlen. Do okolního prostoru vniká pak též světlo *červené*, kterým *červené* paprsky bílého světla značně jsou zesíleny. *Červené* paprsky světla bílého, na stín dopadajícího, jsou tudíž u přirovnání k *červeným* paprskům, sousedné plochy osvětlujícím, velmi slabé, pročež oku, kterému se zdá, že ve stínu *bílým* světlem osvětleném žádných *červených* paprskův není, stín z ostatních barev složený, totiž *zelený* se jeví.

Pomerančové světlo vycházejícího a zapadajícího slunce způsobuje na bílých plochách *modré* stíny.

d) Dojem určitých barev v oku vysvětluje *Young* tím, že skládá se sítnice ze trojího druhu nervů, z nichž jeden dojíma zvláště barva *červená*, druhý *zelená* a třetí *fialová*.

Jednoduchá barva *červená* dojíma nervy *červené* barvě příslušné silněji, ostatní dva druhy nervů pak slaběji, podobně dojíma *zelená* a *fialová* barva nejsilněji nervy té které barvě příslušné. Barvy ostatní působí ve dva druhy nervův silněji než v třetí, barva *bílá* dojíma všechny tři druhy nervův stejně silně. Je-li jeden druh nervův otupen, jest oko *nečitelné* pro ty druhy barev, ku jichž pojmnutí toho druhu nervův nutně potřebí.

e) O pohybu předmětu dovídáme se z pohybu obrazu jeho na sítnici. Obraz pohybuje se však, když buď pouze předmět, buď pouze oko, buď předmět i oko se pohybuje. Poněvadž často nejsme si ani vědomi toho, že se pohybujeme, bývá někdy nesnadno rozhodnouti, zdaž oko neb předmět aneb zdaž oba se pohybují.

Zdánlivý pohyb stálíc. — Zdánlivý pohyb předmětův, při rychlé jízdě a plavbě.

2. Optické nástroje.

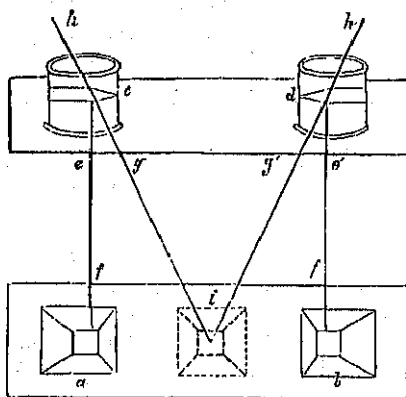
255. Stereoskop. Díváme-li se na předměty *vzdálené*, jsou osy obou očí téměř *rovnoběžny* a tudíž vznikají na sítnicích obou očí *obrazy stejné*. *Vzdálené předměty* vidíme tedy jedním okem právě tak jako oběma očima. *Nákres předmětu a předmět sám* způsobuje pak v oku *tenistý* dojem.

Hledíme-li na předmět *blížeší*, svírají osy oční jistý úhel, proto jest poloha pravého oka ku předmětu jiná než oka levého a v každém oku vzniká tudíž obraz *poněkud jiný*.

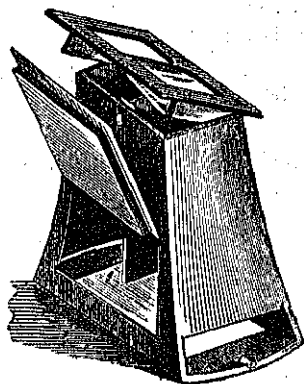
Rozdíl obou obrazův jest tím větší, čím větší jest úhel, který obě osy oční svírají. Skomolený jehlan spatřuje ku př. jedno oko ve tvaru *a* (obr. 308.) a druhé ve tvaru *b*. Poněvadž vznikají obrazy na souměrných místech obou sítnic, způsobují celistvý dojem pouze jediného avšak *tělesného* předmětu.

Hledíme-li tudíž každým okem na nákres jiný, avšak takový, jaký jest obraz, který by z nakresleného předmětu na sítnici oka toho vznikl, a docílíme-li přiměřeným přístrojem toho, aby oba obrazy v jediný obraz splynuly, tož uvidíme v bodu, kde obě osy oční by se stýkaly, nákres co skutečné *tělo*, proto zove se přístroj, jehož se k tomu cíli užívá, *stereoskopem* (tělesohledem).

Obr. 308.



Obr. 309.



Stereoskop sestrojil nejprve *Wheatstone* (1832) ze dvou v úhlu 90° se stýkajících zrcadel, na jejichž společnou hranu přiléhalo těsně prkénko dvěma otvory pro oči. Po stranách byly postaveny stereoskopické výkrovy, tak že z každého přicházel do každého oka jen jediný zrcadelný obraz. Oba obrazy splývaly pak v jediný obraz tělesný. — Stereoskop *Brewsterův* (1849) skládá se ze dvou polovin čočky *c, d* (obr. 308. a 309.), ve kterých paprsky *fe* a *se'* tak se zlomí a do očí přicházejí, jakoby vycházely ze společného místa *i* směry *gh* a *g'h*. V tom místě vidíme pak tělesný jehlan *i*. Oběma polovinami čočky obrazy netoliko se *zvětšují*, nýbrž oku zdánlivě *přibližují*.

Úpravu stereoskopu, kterým možno průsvitné i neprůsvitné obrazy pozorovati, znázorňuje obr. 309. — Fotografie stereoskopické (odst. 264.).

256. Světlice č. komora světla (camera lucida, helle Kammer) zakládá se v úplném odrazu světla a slouží k tomu, aby z nějakého předmětu vytvořil se zřetelný obraz na papíře, kdež možno jej nakreslit.

a) *Wollastone* (1809) použil za světlici skleněného hranolu $abcd$ (obr. 310.), který má strany $ab=ad$, $bc=cd$, $\sphericalangle bcd=135^\circ$, $\sphericalangle a=90^\circ$ a $\sphericalangle b=\sphericalangle d=67\frac{1}{2}^\circ$. Hranol jest na sloupku připevněn a stěnou ab ku předmětu, ježž máme kreslit, obrácen.

Obr. 310.

Padají-li kolmé paprsky na stěnu ab , odrážejí se úplně ode stěny bc a pak opět úplně ode stěny cd . Přicházejí-li pak do oka pozorovatele, užíjí oko obraz předmětu prodlouženým směrem na papíře pod hranolem, kdež obraz snadně se nakreslí, poněvadž možno zírati na papír též přímo podlé hranolu.

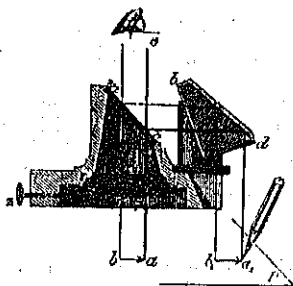
b) *Amici* sestrojil světlici ze hranolu bcd (obr. 311.) a skleněné desky mn , v úhlu 45° nakloněné.

Paprsky vycházející z předmětu a, b , odrážejí se úplně od stěny hranolu i od desky a vnikají do oka o tak, že pozorovatel užíjí v ab na papíře obraz, na který vedlé

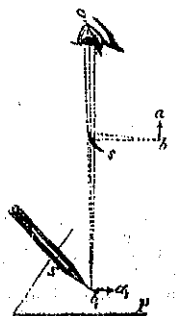


přístroje přímo zírati a tudž jej nakreslit může.

Obr. 311.



Obr. 312.



c) *Sömmeringova* světlice (1808) jest jednoduché ocelové zrcátko s (obr. 312.) v úhlu 45° nakloněné.

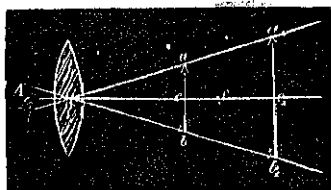
Paprsky ze předmětu ab na zrcadlo dopadající odrážejí se do oka o tak, že užíjí obraz a, b , na papíře P , z něhož, jakož i z tužky S vycházejí

podlé zrcádka do oka též paprsky směrem přímým, tak že jest možno obraz $a_1 b_1$ na papíře vykreslití.

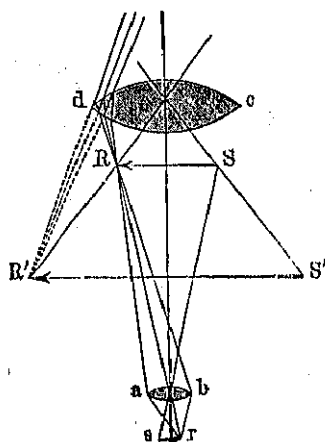
257. Drobnohledy (Mikroskope) zovou se nástroje, kterými předměty příliš malé a proto neviditelné neb nezřetelné se zvětšují a tudíž zřetelné spatřují.

a) *Drobnohled jednoduchý* jest každá spojná čočka s malou délkou ohniska. Předmět ab (obr. 313.) staví se mezi čočku a ohnisko její f , tak že spatřuje oko A , čočkou na předmět zirájící, na též straně čočky, kde jest předmět, zvětšený a přímý obraz $a_1 b_1$ předmětu ab .

Obr. 313.



Obr. 314.



Má-li čočka malou délkou ohniska, přibližujeme ji ku předmětu aneb vzdalujeme ji od něho poněmáhu tak dlouho, až se objeví obraz $a_1 b_1$ v délce zraku, kdež jej vidí oko zcela zřetelně.

Je-li délka ohniska jednoduchého drobnohledu $\frac{1}{2}$ — $2''$, zove se lupou.

Působení drobnohledu jednoduchého zakládá se v tom, že předmět ab k oku blíže postaviti a tudíž zorný úhel značně zvětšiti můžeme.

Zvětšení drobnohledu jednoduchého jest patrně naznačeno číslem

$$m = \frac{a_1 b_1}{ab} = \frac{a_1 o}{o} = \frac{\alpha}{a} = \alpha \cdot \frac{1}{a}.$$

Zírá-li oko čočkou, jest pak $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a}$

$$\text{pročež } m = \alpha \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a} \right) = \frac{\alpha}{p} + 1.$$

Poněvadž vzniká obraz v délce zraku d , jest $\alpha = d$ a tudíž $m = \frac{d}{p} + 1$. Z toho

vyplývá, že drobnohled jednoduchý zvětšuje tím více, čím menší délkou ohniska má čočka a čím větší délku zraku má pozorovatel. Má-li pak drobnohled tvořiti obrazy zvětšené a zřetelné, musí býti délka ohniska čočky menší než jest délka zraku.

Číslem m jest vytknuto zvětšení směrem pouze jedním, m^2 čili

$$\left(\frac{d}{p} + 1 \right)^2 \text{ značí pak zvětšení v ploše.}$$

Drobnohled jednoduchý může býti složen též ze dvou, tří neb více čoček větší zakřivenosti, kteréž skoro bezprostředně k sobě přiléhajíce skládají takřka jedinou čočku o velmi malé délce ohniska. Čočky drobnohledné hotoví se též z drahokamů. — Malé kuličky skloněné a kapky vody působí z příčin snadně pochopitelných co drobnohledy jednoduché.

Arab Alhazen hotovil v XI. století drobnohledy jednoduché ze skla ve tvaru úseků kulových.

b) *Drobnohled složený* (obr. 314.) má dvě čočky, totiž čočku ab , která jest blíže předmětu a proto *předmětnicí* (objectiv) slove, a čočku cd , kterou oko hledí a kteráž tudíž *očnící* (ocular) se nazývá. Předmětnice ab má *malou* vzdálenost ohniska a vytváří zvětšený a převrácený obraz RS předmětu rs . Předmět rs jest před ohniskem čočky ab , ale blízko ohniska. Na obraz RS zíráme pak očnící cd , jako drobnohledem jednoduchým a spatřujeme tudíž $R'S'$ co zvětšený obraz obrazu RS .

Obr. 315.

Jak z nákresu patrně, vidíme tudíž drobnohledem složeným předmět převrácený.

Zvětšení drobnohledu složeného $m = \frac{R'S'}{rs}$

Je-li a vzdálenost předmětu rs od čočky ab a α vzdálenost obrazu RS od též čočky ab , je-li pak a' vzdálenost obrazu RS a a' vzdálenost obrazu $R'S'$ od čočky cd , tož má se pak $R'S' : RS = a' : a$

a jest tudíž $R'S' = RS \frac{a'}{a}$; taktéž má se $RS : rs = \alpha : a$

a jest tudíž $rs = RS \frac{a}{\alpha}$.

Vložíme-li hodnoty $R'S'$ a rs do první rovnice,

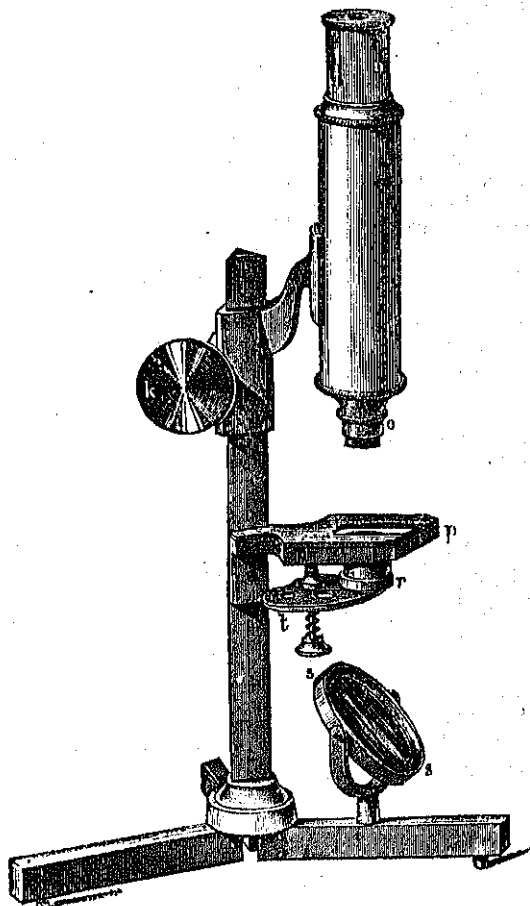
bude $m = \frac{a' \alpha}{a' a}$. Poně-

vadž působí očníce co drobnohled jednoduchý, jest $a' = d$ a $a = p$ a tudíž

$m = \frac{d}{p} \cdot \frac{\alpha}{a}$, t. j.

zvětšení drobnohledu složeného stanoví se součinem ze zvětšení očníce a zvětšení předmětnice. Čím menší vzdálenost ohniska očníce a předmětnice, tím více zvětšuje drobnohled složený. Aby bylo možno docílit zvětšení rozličného, bývá drobnohled opatřen několika předmětnicemi a nejméně dvěma očníci.

Mají-li býti obrazy *zřetelné* a *jasné*, musí míti drobnohled čočky aplanačnické, proto skládá se předmětnice z více čoček, které tvoří dohromady jedinou čočku aplanačnickou. Očníce bývá složena též ze dvou čoček, z nichž jedna od druhé bývá často poněkud vzdálena, tak že jest mezi očnící a předmětnicí. Tuto čočku zoveme pak *čočkou sběrnou* (kollektiv).



Očnice a čočka sběrná bývají čočky ploskovypuklé, vypuklou stranou ku předmětu obrácené. Sběrná čočka zmenšuje poněkud obraz předmětníci vytvořený, činí jej však ostřejší a zmenšuje chromatickou úchylku.

Obr. 315. ukazuje vnější úpravu složeného drobnohledu. Ve trubici *no* uvnitř černé a na příslušných místech stínidly opatřené jest dole zasazena předmětnice *o* a nahoře posuvná trubice *n* s očnicí a čočkou sběrnou. Trubice posouvá se na stojanu šroubem *k*. Na desku *p*, u prostřed prolomenou, klade se předmět, který osvětluje zrcadélko *s*; pod deskou *p* bývá pak kotouč *t* s několika otvory rozličné velikosti, kterými propouští se na předmět dle potřeby více neb méně světla. Je-li předmět neprohledný osvětluje se stranou s hora čočkou spojnou, která se tak může postavit, aby paprsky sluneční na ni dopadající vycházely z ní na předmět.

Drobnohledem tak upraveným jako na obr. 315. musíme na předměty *s* hora dole hleděti, což jest nepohodlné. Amici upravil drobnohled tak, že možno hleděti na předměty směrem vodorovným, čehož docílil hranolem, ve kterém paprsky ze předmětu vycházející úplně se odrážejí, tak že vnikají do oka směrem vodorovným (srovnej obr. 273.).

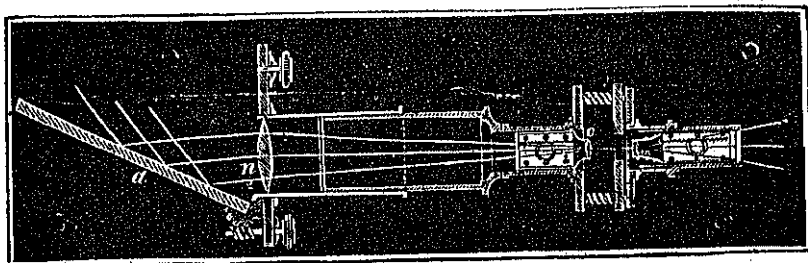
Drobnohledy pro obě oči aneb pro více pozorovatelů jsou upraveny na podobném základě. Světlo láme se ve hranolech tak, že vychází ve více směrech a může tudíž vniknouti do oka každého jednotlivého pozorovatele. Díváme-li se na drobnohledné obrazy světlíci, můžeme je jako jiné obrazy na papíře vykreslití.

Drobnohled složený sestavil nejprve Jansen (1590).

c) *Drobnohled slunečný* liší se od obou předcházejících tím, že vytváří *skutečné* silně *zvětšené* obrazy, kteréž v *přiměřené* vzdálenosti na bílé stěně zachytí a mnoha pozorovatelům najednou ukázati můžeme.

Úprava slunečního drobnohledu jest znázorněna obr. 316. Heliostat *a* odráží sluneční paprsky do čoček *n* a *o*, tak že sbíhají se téměř v jediném bodu. Blíže toho bodu jest pak mezi dvěma deskami, které jsou spirálními

Obr. 316.



zpruhami k sobě přitlačeny a u prostřed otvory opatřeny, *průsvitný* předmět *ab*, jež slunečné paprsky silně osvětlují. Za čočkou *m* vzniká pak v *přiměřené* vzdálenosti *silně zvětšený* a *převrácený* obraz *a'b'* předmětu *ab*.

Čočky *o* a *m* vězí ve trubcích, které se posouvají ozubnými kolečky v nákrese naznačenými.

Neprohledné předměty musí se osvětlovati s té strany, kterou jsou obráceny k čočce *m*.

Zvětšení drobnohledu slunečního $m = \frac{a'b'}{ab} = \frac{\alpha}{a}$ a jest tudíž tím značnejší čím větší jest α , t. j. čím jest stěna, na které obraz vzniká, od drobnohledu.

hledu vzdálenější, a čím menší jest *a*, t. j. čím více přiblížen předmět čočce; poněvadž musí býti předmět před ohniskem, patrné, že bude zvětšen tím větší, čím menší jest dálka ohniska čočky *m*.

Aby byly obrazy zřetelné, musí býti čočka *m* aplanatická, proto bývá složena z několika čoček přiměřeně zakřivených.

Drobnohledem slunečným možno hraněti soli pozorovati. — Mají-li se pozorovati obrazy předmětův, kterým by veliké horko uškodilo, propouští se světlo roztokem kamence, který teplové paprsky pohlcuje. Má-li vzniknouti obraz na ploše *vodorovně*, svádí se paprsky do hranolu, ze kterého po úplném odrazu kolmo dolů vycházejí.

Slunečný drobnohled sestrojil nejprvé *Liebertkith* (1738).

Předměty osvětlují se též *elektrickým* aneb *Drummondským* (viz str. 33.) aneb jiným světlem strojným (ku př. ložčíkovým, viz odst. 55.).

258. Kouzelná svítilna a temnice. a) *Kouzelná svítilna* (laterna magica, Zauberlaterne) má podobnou úpravu jako drobnohled slunečný, od kterého se liší jen tím, že má čočka, která obrazy vytváří, větší dálku ohniska; předměty jsou větší a na skle malované.

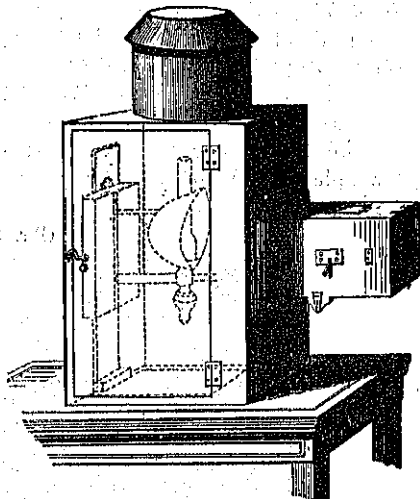
Průsvitné obrazy staví se před čočku, která obyčejně ze dvou spojných v černé trubici posouvných čoček se skládá a osvětlují se lampou, jejíž světlo od dutého zrcadla rovnoběžné se odráží (obr. 317.). Lampa jest v černé skřínce uzavřena a světlice, ve které obrazy se pozorují, musí býti tmavá. Obrazy zachycují se na bílé stěně aneb na kouři, kdež pak, poněvadž kouř se pohybuje, i obraz zřetelně se pohybuje a téměř živým býti se jeví (*fantasmagorie*).

Postaví-li se dvě kouzelné svítilny vedlé sebe tak, aby obrazy z obou na též místě stěny povstávaly a je-li v jedné z nich předmět osvětlený, v druhé pak temný, objeví se na stěně obraz jak obyčejně. Zatemňujeme-li pak osvětlený předmět a osvětlujeme-li tou měrou předmět temný, přechází poněnáhu obraz první na stěně vytvořený v jiný obraz druhé svítilny, který téměř z mlhy se vyvinuje, proto zovou se obrazy tyto *mlhovými* obrazy (*Nebelbilder*).

Kouzelná svítilna byla nejprvé popsána od *Kircher*a (1671).

b) *Temnice* (camera obscura, dunkle Kammer) jest truhlík uvnitř černý, do kterého zasazena trubice, v níž rourka se spojnu čočkou, mající velikou dálku ohniska (15—30"), posouvati se může. Paprsky zlomené v čočce dopadají na zrcadlo v úhlu 45° skloněné a odrážejí se vzhůru na průsvitnou desku, kdež pak vytváří se obraz *ik* (obr. 318.), ježž možno na papíře nakreslit. Víko nad hornější průsvitnou stěnou zamezuje přístup světlu, jehož účin-

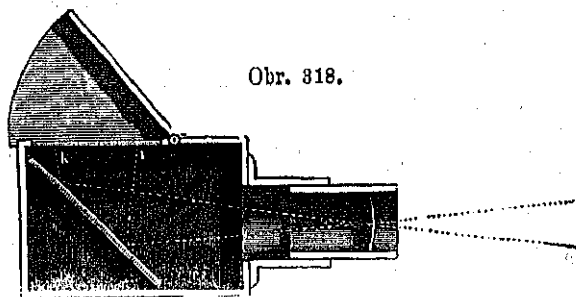
Obr. 317.



kem by obraz stal se nezřetelným. Není-li v truhlíku zrcadla, vytvářejí se obrazy na stěně naproti čočce ležící a pak bývá stěna tato průsvitná, aby bylo možno obraz pozorovati.

Někdy bývá upravena temnice tak, že paprsky nejprve od zrcadla se odrážejí a pak teprv do čočky padají.

Temnice užívají fotografové a malíři krajin.



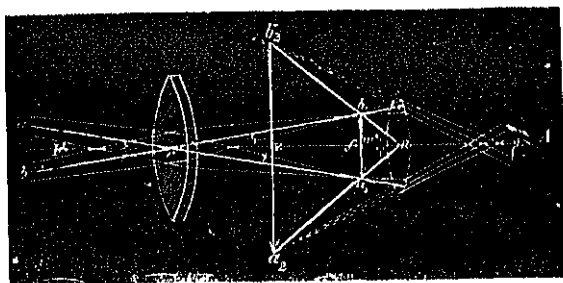
Obr. 318.

259. Dalekohledy (Fernrohre, Teleskope) zovou se ty nástroje optické, kterými předměty od oka velmi vzdálené zřetelně spatřujeme. Skládají-li se dalekohledy pouze z čoček, zovou se *dioptrické*, skládají-li se z čoček a zrcadel, jmenují se *katoptrické*. Větší dalekohledy dioptrické zoveme *refraktory* č. *perspektivy*, větší katoptrické slují *reflektory*.

A. Z dalekohledův *dioptrických* jsou nejdůležitější:

a) *Dalekohled hvězdářský* č. *Keplerův* (1617) skládá se z aplanačnické spojné čočky r (obr. 319.), která má velikou délku ohniska a z aplanačnické čočky n . Předmětice r dává ze *vzdáleného*, *velí-*

Obr. 319.



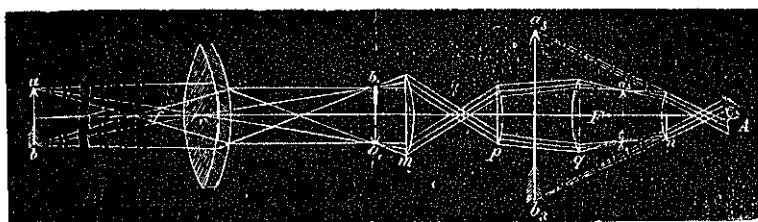
kého předmětu ab malý, *převrácený* obraz a_1b_1 , na který zíráme očnicí n jako drobnohledem jednoduchým, tak že vidíme pak jej v a_2b_2 zvětšený a vzhledem ku předmětu *převrácený*.

Délka dalekohledu jest u přirovnání ku vzdálenosti předmětu tak nepatrná, že bychom spatřili předmět prostým okem v téměř úhlu zorném z r

i z n , tudíž v zorném úhlu $arb = a_1rb_1 = 2\varphi$. Zíráme-li pak očnicí, jest zorný úhel obrazu a_2b_2 mnohem větší, totiž $b_2na_2 = b_1na_1 = 2\psi$. Zvětšení jest tudíž $m = \frac{2\psi}{2\varphi} = \frac{\psi}{\varphi}$; jsou-li úhly malé jest $m = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{b_1w}{wn}$; $\frac{b_1w}{wn} = \frac{wr}{wn}$ a poněvadž jest $wr = p$, téměř délka ohniska předmětnice a $wn = p$ téměř délka ohniska očnice, bude $m = \frac{p_1}{p}$. Délka dalekohledu jest pak $rw + wn = p_1 + p$.

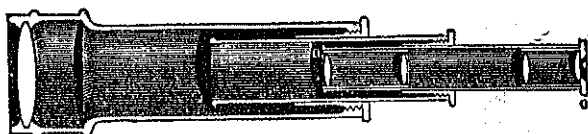
Abys se docílilo zvětšení rozličného, má dalekohled více očí o rozličné délce ohniska. Ku zevrubnému pozorování bývají v dalekohledu v tom místě, kde skutečný obraz vzniká, napnuty křížem dvě tenké nitky (vlákna z pavučiny), které v ose dalekohledu se stýkají. Dalekohledem hvězdářským vidíme předměty převrácené, což ovšem při pozorování hvězdářských nevádí. Větší dalekohled hvězdářský na přiměřeném stojanu se otáčející zove se *tubus*.

Obr. 320.



b) Dalekohled zemní dává předmětnici r převrácený obraz a_1b_1 předmětu ab (obr. 320.); čočkami m, p, q převrací se tento obraz, tak že jest v a_2b_2 vzhledem ku předmětu opět *přímý*. Očnicí n zíráme pak na a_2b_2 jako drobnohledem a spatrujeme v a_3b_3 *zvětšený a přímý* obraz předmětu.

Obr. 321.



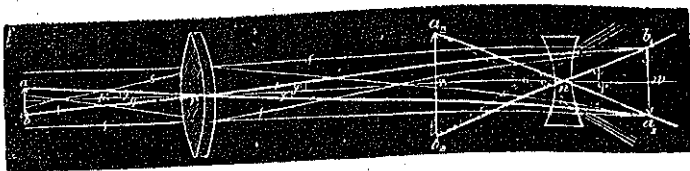
Čočky m, p, q a n jsou zasazeny v jediné trubici a skládají očníci zemní. Někdy mívá též dalekohled očníci hvězdářskou i zemní, tak že slouží i co dalekohled hvězdářský i co zemní. Poněvadž zvětšení pouze předmětnici a očníci se spravuje, možno zvětšit dalekohledu zemního vyznačiti přibližně tak jako dalekohledu hvězdářského, t. j. $m = \frac{p_1}{p}$. Zevnější úpravu dalekohledu zemního znázorňuje obr. 321.

Dalekohled zemní sestavil *Rhaita* (1665).

c) Dalekohled holandský č. *Galileův* (obr. 322.) má co předmětnici aplanatickou čočku spojnou r , kteráž má velikou délku ohniska, a co očníci čočku rozptylovací n o menší délce ohniska.

Za předmětnicí r vzniká *malý, převrácený, skutečný obraz* $a_1 b_1$, *velikého vzdáleného předmětu* ab . Očnice n jest tak postavena, že paprsky dopadají na ni *dříve*, než utvořily obraz $a_1 b_1$, čímž

Obr. 222.



stává se, že vycházejí z ní *rozbíhavě*, jako by přicházely z $a_2 b_2$, kdež uvidí pak oko *přímý a zvětšený obraz geometrický předmětu* ab .

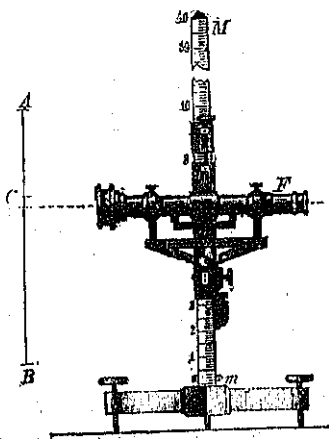
Zvětšení dalekohledu holandského vypočítává se jako u dalekohledu hvězdárského a jest tudíž $m = \frac{\psi}{\varphi} = \frac{p_1}{p}$. Délka dalekohledu jest $p_1 - p$

Dalekohled holandský zvětšuje jen nepatrně, jest však krátký a proto pohodlný, nejvíce slouží co dalekohled *divadelní* (Operngucker) a *poľní* (Feldstecher).

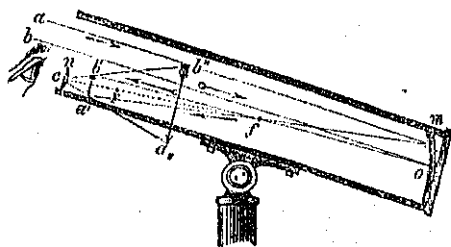
Dalekohled holandský sestaven od Holanďana *Jansena* (asi r. 1600), později sestrojil jej dle popisu *Galilei* (1609).

Dalekohledů užívá se při tak zvaném *kathetometru*, který skládá se ze sloupce kolmého M (obr. 223.) v millimetry rozděleného, na němž se posouvá dalekohled F , mající polohu vodorovnou. Máme-li

Obr. 223.



Obr. 224.



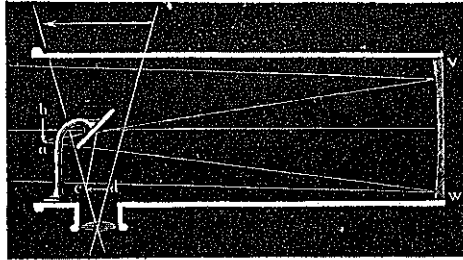
měřiti délku kolmice AB , zíráme dalekohledem nejprv na bod A , pak na bod B , a délka, o kterou byl dalekohled posunut, rovná se kolmé AB . Na sloupci i na dalekohledu jsou vodní vážky připevněny, aby mohl sloupec kolmo a dalekohled vodorovně se postavití. S dalekohledem posouvá se též nonius ku zevrubnějšímu měření sloužící.

B. *Dalekohledy katoprické* mají ma místě předmětnic dutá zrcadla.

a) *Dalekohled Herschelův* (obr. 324.) má na konci trubice duté zrcadlo m k ose trubice tak nakloněné, že vzniká obraz $a'b'$ při dolním pokraji trubice. Na obraz hledíme pak očníci n a spatřujeme *zvětšený a převrácený* obraz $a''b''$ předmětu ab .

Trubice jest o málo delší než délka ohniska zrcadla a obraz $a'b'$ musí povstati mezi očníci n a ohniskem jejším F : Hlavou pozorovatele zamezuje se částí paprskův přístup ku zrcadlu, proto musí býti zrcadlo veliké. Největší dalekohled, který *Herschel* (1785—1789) zhotovil, měl trubici 40' dlouhou s průměrem 5'; zrcadlo vážilo 21 centův a celý teleskop přes 50 centův. Dalekohled tento zvětšoval 6400krát.

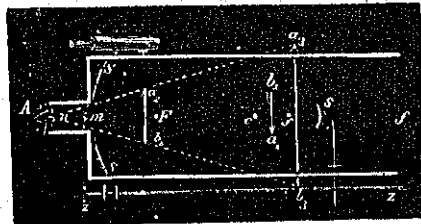
Obr. 325.



b) *Dalekohled Newtonův* (obr. 325.) má před zrcadlem dutým VW zrcátko rovné k ose dutého zrcadla v úhlu 45° skloněné, na kteréž dopadají paprsky od dutého zrcadla dříve, než mohly utvořiti obraz ab . Odrazem od zrcadla rovného vzniká na místě obrazu ab obraz cd , na který zíráme očníci jako drobnohledem, tak že vidíme pak *zvětšený obraz* v normalné dálce zraku.

Zrcátko rovné zabráňuje středním paprskům přístup na zrcadlo duté, čímž obrazy stávají se méně jasné. Aby dalekohled do přiměřené polohy postaviti se mohl, bývá na něm připevněn jiný dalekohled, kterým na předmět (hvězdu) přímým směrem zíráme. Obrovský teleskop toho druhu sestrojil *Rosse*; dalekohled měl 53' délky a vážil celý 300 centův, duté zrcadlo samo vážilo 76 centův a mělo 6' průměru. —

Obr. 326.



c) *Dalekohled Gregoryho* (obr. 326.) skládá se z dutého zrcadla SS , kteréž dává obraz a_1b_1 , a z druhého malého zrcátka dutého s , kteréž z obrazu a_1b_1 mezi ohniskem f a středem okrouhlosti c povstávajícího dává *zvětšený a převrácený* obraz a_2b_2 . Zrcadlo SS má uprostřed otvor, do něhož zasazena trubice s očníci m , kterou zíráme na obraz a_2b_2 tak že objevuje se nám pak v a_3b_3 *zvětšený a přímý*.

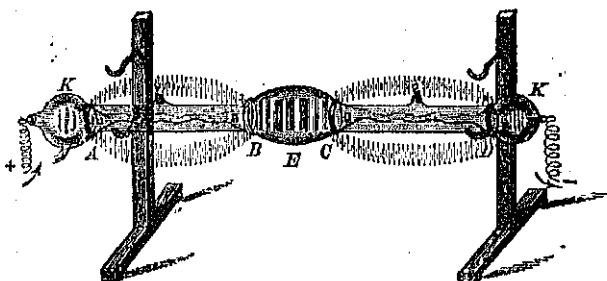
Zrcátko s dá se šroubem zz posouvatí. Pro dvojitý úchylku sférickou a ztrátu paprskův středních nejsou obrazy dosti jasné. *Cassegrain* opravil da-

tlonovou silici zředěná, jest ve světle procházejícím *hnědá* jako rum, ve světle odraženém *zelená* jako kávová zrna atd. Chceme-li podobných výjevův do-
ostliti, přidáváme do rozpustidla fluorující látky tak dlouho, až fluorescence
se objeví.

d) Slabě svítící plamen líhový, vodíkový, uhlovodíkový, elek-
trická jiskra, světlo hořčkové a zvláště světlo aluminiové fluo-
rují silně, dávají tudíž mnoho paprskův chemických.

Fluorescenci světla elektrického možno pozorovati přístrojem na obr.
329. znázorněným. *Kmnork* jest tak zvaná roura *Geisslerova*, téměř vzducho-
prázdná, u prostřed v *En* na obou koncích v *KK* rozšířená. Do koncův roury
jsou zapuštěny platinové dráty, které spojí se s póly baterie elektrické. Tenké
části roury *mn* a *op* věží v širších trubicích *AB* a *CD* z tenkého bezbarvého

Obr. 329.



skla zhotovených, oběma konci k rourě *KK* připevněných a nahore otvory
v a s opatřených. Naplníme-li trubice těmito otvory kapalinami fluorují-
cími, ku př. roztokem síranu chininného aneb výtahem kůry mačalové,
uzavřeme-li pak otvory a vpusťme-li do roury *KK* silné světlo elektrické.
objeví se v kapalinách dotýčné úkazy fluorescence, kteréž bývají tím pěknější,
jsou-li trubice *AB* a *CD* ze skla uranového.

e) Uzavřeme-li štěrbinu okenice v temné světnici deskou
z modrého skla kobaltového, objeví se látky, které nefluorují,
(ku př. bílý talk š porcelánový) *modré*, poněvadž na ně modré
světlo dopadá, na fluorujících látkách jeví se však barvy *jiné*.

Uděláme-li na bílé papírové stěně nákres bezbarvým roztokem síranu
chininného aneb výtahem z kůry mačalové, nebude v obyčejném denním světle
na papíře ničeho viděti. Osvětíme-li pak stěnu slunečným aneb elektrickým
světlem skrze modré kobaltové sklo procházejícím, uzhlíno nákres jasně osvět-
lený, takřka svítící na papíře modrém. *Zelené* části rostlin objevují se v ta-
kovém světle *šeravé*, poněvadž obsaženo v nich mnoho chlorofyllu.

Rozmólníme-li v roztoku gummy *žlutý* kyanid platinato-barnatý (Barium-
platincyanur) na prášek, napíšeme-li pak jím na *žlutém* papíře silná písmena
a vpusťme-li na ně světlo modré, tu září písmo v temnu velmi *jasně*, jako by
bylo fosforem napsáno.

Abý nebylo nutno zatemňovati celou světnici, mohou se dotýčné fluo-
rující látky vložit do tobolky, jejíž vřehuf deska jest z modrého skla kobal-
tového. Nemá-li do tobolky přístupu jiné světlo leč to, které skleněnou deskou
tam vniká, uzhlíme na látkách v tobolce ty které *výjevy fluorescence*.

f) Paprsky, které pošly roztokem síranu chininného, nefluorují více ve druhém stejnorodém roztoku chininném, neboť bývají fluorující paprsky prvním roztokem pohlceny. Taktéž pohlcují i jiné fluorující hmoty dotýčné paprsky fluorující. Podobně bývají pohlceny paprsky fluorující též ode skla korunového, uhlovodíku, skla stříbrem bleďoztuté zbarveného, částečně též ode skla flintového; křišťal, síran měďnatý ammonatý, temnomodré sklo kobaltové a j. propouštějí však dostatečné množství paprsků fluorujících, proto nehodí se hranoly ze skla korunového aneb uhlovodíku ku zkouškám výše vytknutým, nýbrž užívá se ke fluorescence nejčastěji hranolů křišťálových.

Některé výjevy fluorescence byly již dříve známy, r. 1852 konal však *Stokes* v té příčině četné zkoušky a nazval veškeré sem příslušné výjevy *fluorescenol*, poněvadž jeví se dotýčné výjevy na kazivech, jichž podstatnou částí jest *fluor*.

261. Fosforescence. a) Mnohé hmoty se stávají *svítícími*, dějí-li se v nich jisté pochody *chemické*, zvýšíme-li *teplotu* jejich, mění-li se účinkem síly *tvar* jejich (ku př.: štípáním, hraněním atd.) aneb konečně, byly-li nějakým světlem několik vteřin *osvětleny*. Světlo ze hmot takových vycházející jest slabé a tak jemné; že pouze *ve prostoru tmavém* lze je pozorovati. Úkaz ten zove se *fosforescence* (světélkování), poněvadž jeví se nejnápadněji na *fosforu* (kostíku), který svítí všude, kde může s kyslíkem se spojití.

Hnijící látky živočišné a rostlinné vydávají v noci slabé světlo, i bylo shledáno, že při tom pohlcují kyslík a vydávají kyselinu uhličitou. — Kyselina benzoová svítí, přepuzuje se horkem. — Kyselina arsenová vydává světlo, vyhraňuje-li se z roztoku. — Někteří živočichové mořští světélkují buď stále, buď tak dlouho, pokud trvá jistý pochod fyziologický v celém jejich těle aneb v některých jeho částech. — Diamant, chlorofan z Nerčinska, arragonit, vápenec, mramor, křída, tak zvaný bononský kámen a mnohá jiná pevná těla světélkují, byla-li dříve slunečním světlem ozářena.

b) Dáme-li světélkující látku do skleněné trubice a vystavíme-li ji otvorem v okenici paprskům slunečním, tož světélkuje pak v tmavé světnici, když jsme ji z otvoru náhle vyšinuli a otvor v okenici uzavřeli. Světélkování bude patrnější, když před pozorováním oči zavřeny byly aneb do temna zíraly.

c) Červené a žluté paprsky způsobují světélkování nepatrné; *modré, fialové* a *chemické* paprsky působí však světélkování silné; vůbec jsou při světélkování nejčinnějšími fluorujícími zdroje světla, z čehož mohli bychom souditi, že fosforescence s fluorescence podobně souvisí. Oba tyto výjevy světelné liší se však od sebe, neboť světélkují látky teprv v *temném* prostoru, když světlo v ně již působiti přestalo, a světélkování trvá nějakou dobu, kdežto fluorescence jeví se hned, jakmile světlo působiti počíná a přestává hned, jakmile světlo působiti přestalo. Fosforescence rozšiřuje se z působíště svého též na sousedné části těla, fluorescence zůstává však omezena.

Výjevy fosforescence skoumal důkladně v době novější (1858—1860) *Bequerel* a používal zvláštního přístroje, tak zvaného *fosforoskopu*, který jest upraven tak, že možno světélkující látku ozářovati světlem jakýmkoli, kterému přístup do oka jest zamezen a jež okamžitě může býti zatemněno, tak že působí pak pouze světlo v látce světélkující vzbuzené.

262. Výklad fluorescence a fosforescence. a) *Fluorescenci* proměňuje se délka vln, neboť vlny kratší stávají se delšími, což zdálo býti se nemožným, pokud domnívali se fysikové, že *jednoduché světlo barvy své nikdy nemění*. Dle výkladu *Eisenlohrova* vzniká fluorescence tímž způsobem jako *tón kombinačný* (str. 247.), t. j. křížením vln nestejně délky, čímž vzniká vlna *delší* obou vln původních. Křížení povstává pak dle náhledu *Stokesova* tím, že vlněním étheru molekuly těl ve chvění se převádějí a tímto chvěním molekul jiné vlnění étheru vzniká, kteréž s vlněním původním se kříží a taktó jaksi *barvu kombinačnou* tvoří. Poněvadž vzniká někdy kombinačný *tón vyšší* než každý z obou tónův, které jej skládají (str. 248.), bude tento výklad fluorescence míti pak teprv platnost *úplnou*, až bude zjištěno, že mohou vznikatí fluorescencí též paprsky barev *vyšších*, t. j. silnější lomných.

b) *Fosforescence* vykládá se způsobem podobným, t. j. co jakýsi způsob spoluchvění molekul těla, jímž vzniká pak nové vlnění étheru, trvajícím *déle* než vlnění původní, kterým pohyb molekul byl způsoben.

Z theorie výronu nelze fosforescencí vyložití, fluorescence mohla by se vysvětliti jen *novým* výronem a rozkladem světla.

263. Chemické účinky světla. a) Světlem podporuje aneb ruší se chemická slučivost mnohých látek, paprsky *rozličných barev* jeví však *rozličné* chemické účinky. Ve vidmu jsou tyto účinky od barvy červené až k barvě zelené zcela nepatrný, od barvy zelené počínaje jsou pak čím dále tím patrnější a jeví se i za paprsky fialovými, tak že právem souditi musíme, že končí se vidmo paprsky neviditelnými, jež za příčinou značných chemických účinkův jejich zoveme paprsky *chemickými*. *Modré, fialové* a *chemické* paprsky, které jeví nejsilnější účinky chemické, působí též vydatně při fluorescenci a fosforescenci.

Chlór a vodík slučují se v rovných objemech na světlo slunečním v chlóravodík. — Rostliny vylučují na světlo slunečním kyslík.

Chemické paprsky objevil *Ritter* (1801).

b) Chemické účinky světla slunečního jeví se zvláště nápadně tím, že některé hmoty na světle *zčernají* aneb *barvu mění*.

Mnohé sloučeniny stříbra a rtuti rozkládají se světlem slunečním a *zčernají*, jako ku př. chlóríd, jódid, brómíd a dusičnan stříbrnatý (kamínok pekelný). Stříbro, jež po vyloučení prvkův halových co pórovatá hmota neb co prášek zbývá, pohlcuje pak a zhustuje páry rtuťové.

Zlatožlutý jódid olivnatý rozkládá se částečně slunečním světlem a stává se *černomodrý*. — Barvy oděvu blednou, působí-li v ně světlo sluneční dlouhý čas. — Bílení plátna.

Světlo svíček a lamp jeví jen nepatrné účinky chemické, poněvadž v něm mají převahu paprsky žluté a červené. Taktéž jeví se ve světlici, kteráž má okna ze skla žlutého, chemické účinky světla slunečního velmi málo.

c) Jak *Draper* zkouškami dokázal, pohlcuje hmota paprsky, které v ní chemicky působí. *Bunsen* a *Roscoe* shledali (1855), že množství pohlcených paprskův chemicky působících jest poměrné účinkům jejich, tak že k jistému chemickému pochodu jest potřebí jistého množství chemických paprskův, což osvědčeno tím, že chlór a vodík, byvše v rovných objemech vydány účinkům rozličných paprskův, slučovaly se v chlór vodík ve množství rozličném, z něhož účinek paprskův bylo lze posouditi.

d) Chemické účinky světla vykládají se tím, že viněním étheru slučivost prvků se ruší a hmota se rozkládá, aneb že atomy rozličných prvkův chvěním étheru tak k sobě se přibližují, že chemicky se slučují. Ze náhled tento jest pravý, dokázal *Arago*, shledav, že chlóríd stříbrnatý nečerná v těch místech, kde křížením vln chvění étheru se ruší a kdež tudíž částice étheru a proto i atomy v klidu zůstávají.

Theorie výronu vykládá jen některé chemické účinky světla slučivostí částic světelných s částicemi těl.

264. Fotografie zove se vyvození a ustálení obrazův v temnici (odst. 258.) vznikajících, chemickým účinkem světla na některé látky, zvláště na sloučeniny stříbra.

Rozeznáváme více způsobův fotografie, z nichž v době největší nejvíce rozšířen ten, jež navrhl *Niépce* a který tudíž *niépco-type* se nazývá:

Niépcootypické obrazy dělají se takto:

a) Deska skleněná velmi pečlivě vyčištěná polije se kolloдиеm, jemuž přidáno jódidu sodnatého neb draselnatého. Deska drží se vodorovně a kolloidium leje se na střed, aby na všechny strany stejně se rozteklo. Kolloidium rychle schne a zanechá velmi teninkou, prosvítavou blánu, která ke sklu pevně přilne. Takto připravená deska vloží se pak do roztoku dusičnanu stříbrnatého v místě tmavém, pouze svíčkou osvětleném, čímž vytvořuje se na desce jódid stříbrnatý, který světlem se rozkládá a zčerná.

1. Kolloidium jest roztok z 1 lotu stříelné bavlny ve 2 lotech étheru a 1 lotu nejsilnějšího alkoholu, do zahřátého roztoku přidá se pak 8—6 granů jódidu sodnatého neb draselnatého.

2. Roztok dusičnanu stříbrnatého připravuje se z 1 lotu dusičnanu a 10 lotů překapané vody a jest v nádobě porcelanové neb skleněné, upravené tak, aby skleněná deska do roztoku celá se potopila.

3. *Niépce* použil místo kolloidia nejprve (1847) škrobu, později bílku, *Peitevin* gelatiny. Kolloдиеm, nyní vůbec užívaným povlekl desku nejprve *Archér* (1851).

4. Má-li světlice okna ze skla pomerančové žlutého, není potřebí, ji zatemňovati, neboť světlo pomerančové chemicky nepůsobí.

b) Deska z roztoku dusičnanu stříbrnatého vyňatá vloží se do temnice v to místo, kde vzniká obraz předmětu. Působením světla objeví se pak na desce za několik (10—60) vteřin *temný* (téměř černý) obraz. Poněvadž pak v místech, kde světlo *nejméně* působilo, jódid stříbrnatý *nejvíce* zčernal, staly se na obraze *světlé* části předmětu *černými* a *černé* části *světlými*, tak že jest obraz v té příčině *opáčný* čili *negativní*.

1. Aby nemohlo světlo v desku působiti dříve, než na ní obraz vzniká, dává se deska z roztoku vyňatá ve zvláštní uzavřené skřínce do temnice, jejíž čočka jest zakryta, tak že světlu přístup do temnice zamezen. Když pak vše připraveno, vytáhneme posouvné víko skříny, sejmete pokryvku s čočky a ostavíme desku působení paprskův ze předmětu vycházejících.

2. Místo světla denního možno použití též jiného světla strojného, zvláště takového, které má mnoho paprskův chemicky působících, jako ku př. světlo hořčíkové.

c) Deska se přenese opět do temné světnice, kdež obraz stane se teprv viditelným a se ustálí. K tomu cíli položí se deska, stranou, na které obraz vznikl, vzhůru obrácena, a poleje se roztokem kyseliny duběnkové neb pyrogallové neb roztokem síranu železnatého (skalice zelené), ku kterémuž se obyčejně něco octa a lihu přidává. Když pak obraz jest dosti zřetelný, umyje se a aby se ustálil, polije se pak kyanidem draselnatým aneb roztokem sirnatanu sodnatého, kterým jódid stříbrnatý na desce ještě pozůstalý se ruší, načež deska překapanou vodou se oplákne.

d) Pomocí desky s obrazem negativním možno pak zhotoviti na papíře jakékoliv množství obrazů pozitivních. Papír položí se hladkou stranou na roztok kuchyňské soli, osuší se pijavým papírem, pak se položí na roztok dusičnanu stříbrnatého a opět pijavým papírem osuší, načež položí se na stranu papíru takto připravenou deska s obrazem negativním a obě vyloží se v rámci na světlo. Tmavou částí obrazu negativního prochází na papír málo světla, proto zůstávají tato místa na papíře světlá, světlými místy desky prochází na papír paprskův více, proto jsou na papíře tato místa černá. Tím způsobem vzniká obraz *pozitivní*, t. j. takový jako předmět. Obraz ustálí se, dáme-li papír do roztoku sirnatanu sodnatého, do něhož se přidá též něco soli. Konečně se obraz čistou vodou umyje a osuší.

Na skleněné desce můžeme vytvořiti hned obraz pozitivní, ponoříme-li ji hned, jak jsme ji z temnice vyňali, do roztoku, nasyceného síranem železnatým, načež jej překapanou vodou oplákneme, aby nadbytek síranu se odloučil, a do roztoku kyanidu draselnatého ponoříme.

Talbot užíval (1839) k obrazům negativním na místě skleněné desky papíru, který pak voskem byl napuštěn, aby stal se průsvitným. Ostatně neliší se tento návod; *talbotypil* zvaný, od *niepocotypie*.

Prvé obrazy fotografické dělal *Daguerre* (1838), odkudž fotografie též *daguerreotypil* slula. Losklá a čistá, stříbrem plátovaná deska měděná byla ostavena stříbrným povrchem parám jodovým tak dlouho, až byla zlatožlutá neb začervenalá. Pak vložila se do temnice, kdež

vznikl na ní obraz, který parami rtuťovými viditelným se stal, načež dala se deska do roztoku kuchyňské soli až do varu zahřátého, aby zbylý jódid stříbrnatý se odstranil. Daguerreotypie jest obtížnější a dražší než niepocotypie, proto se jí více neužívá.

Pomocí slunečného dröbnohledu (str. 308.) neb kouzelné svítilny (str. 309.) možno dělati též zvětšené obrazy fotografické, dáme-li do místa, kde obraz předmětu vznikne, skleněnou desku způsobem výše vytknutým připravenou. (Megafotografie, megatypie.) Opácným způsobem lze pak docílití obrazů zmenšených, jež možno teprv drobnohledem zřetelně viděti, nalézá-li se v místě, kde obraz předmětu vzniká, deska s negativním obrazem fotografickým a na místě předmětu jiná skleněná deska ku fotografování připravená, na kteréž pak vzniká zmenšený obraz pozitivný. (Mikrofotografie.)

Fotografie dospěla v krátké době k velikému stupni dokonalosti a slouží nyní vědám, uměním i průmyslu velmi značně. Fotografické obrazy stereoskopické ze všech oborů věd a umění znázorňují předměty netoliko zcela pravě nýbrž i tělesně, z čehož plyne užitek mnohobásobný.

Ve fysice užívá se v nejnovější době (Ronald 1846) fotografických obrazův ku znázornění výšky tlakoměrného a teploměrného sloupce rtuťového. Tlakoměr aneb teploměr osvětluje se světlem, jehož paprsky jeví značné účinky chemické. Za světlem jest spojná čočka, která paprsky na trubici teploměru neb tlakoměru soustřeďuje. Poněvadž světlo proniká jen prohlédnou částí trubice nade rtuť, vzniká na papíře k tomu cíli připraveném za teploměrem neb tlakoměrem obraz *negativný*, t. j. prohlédná část trubice objeví se na obraze černou, neprohlédná, rtuť obsahující část trubice jest pak bílou. Je-li stupnice vyryta na temně broušeném skle, vznikne na papíře též obraz této stupnice. Aby nemohlo světlo jiné v papír působiti, jest vložen do temné skřínky neprohlédné, v níž ponechána štěrbiná, kterou pouze paprsky ze trubice a stupnice na papír dopadají. Má-li býti obraz zvětšen, dá se trubice tlakoměrná neb teploměrná blíže před ohnisko čočky spojnó, kteráž působí co drobnohled slunečný, dávajíc na papíře obraz převrácený a silně zvětšený. Papír posouvá se hodinovým strojem tak jako u tlakoměru zapisovacího (str. 171.).

Dobré služby koná fotografie též při stíhání uprchlých zločinců, jichž fotografované podobizny na všechny strany se rozestílají.

F. Křížení a ohybání světla.

265. Křížení světla. a) Procházejí-li slunečné paprsky *červeným* sklem a vnikají-li pak do temné světnice dvěma *úzkými*, takřka vespolek se dotýkajícími štěrbinami, kteréž jsou opatřeny válcovitými čočkami, tož objeví se na protější bílé stěně *dvě světlé, červené proužky*.

Je-li stěna v místě, kde obě proužky v *jedinou* proužku splývají, měla by tato proužka býti *světlejší* než jsou ony jednotlivé, z nichž se skládá; proužka objeví se však pouze u prostřed *světlejší*, na pokrajích viděti však v ní *temné* a zcela *černé* čáry. Zakryjeme-li jednu štěrbinu, zmizí tyto černé čáry a proužka objeví se naskrze stejně světlá. Týž výjev budeme pozorovati, pro-

chází-li šterbinami světlo zelené, modré atd. Patrně tudíž, že paprsky stejnorodé, v úhlech velmi malých se sbíhající, v některých místech se vespolek sesilují, v jiných pak zeslabují neb zcela ruší, tak že se dvou paprskův světelných tma povstává. Výjev tento zove se křížením světla (Grimaldi 1665).

Důkladněji možno provésti zkoušku výše vytknutou dle ná-
vodu Fresnelova (1820) pomocí dvou černých kovových neb skle-
něných zrcadel cf a cf_1 (obr. 330.), úhel téměř 180° svírajících,
na kteráž dopadá stejnorodé světlo proužky l . Tato proužka l
vzniká soustředěním světla, které šterbinou, s hranou zrcadel
rovnoběžnou, do temné světnice vniká, pomocí čočky M , přímo za
šterbinou postavené. V zrcadlech povstávají pak blízko sebe obrazy
světlé proužky a a o a paprsky odrážejí se na bílou stěnu jakoby
vycházely z a a o . Křížením paprskův objeví se pak na stěně
světlé proužky $i, r, n \dots$ a tmavé proužky $b, g \dots$. Zakryje-li se
jedno zrcadlo, zmizí tmavé proužky a na stěně viděti pouze jediný
jasný obraz proužky l též barvy jako l .

Pouillet použil na místě zrcadel hranolu, jehož hrana c ,
téměř 180° veliká, se světlou proužkou s rovnoběžně se staví
(obr. 331.) a jímž světlo na stěnu tak dopadá, jako by vycházelo
ze dvou blízko sebe ležících světlych proužek a a o . Šterbina
musí však býti užší než při pokusu se zrcadly Fresnelovými.

b) Vznikání světlych a temnych proužek vyložil Fresnel ná-
sledovně: Nejsvětější proužka prostřední r povstává křížením pa-
prskův, které ze zdroje světla až ku stěně v r stejné dráhy vy-
konaly. Prvá, druhá, třetí... ntá nejsvětější proužka v pravo a
 v levo od prostředku vzniká křížením paprskův, jichž dráhy jsou
rozdílny jen velmi nepatrně o $2 \frac{a}{2}, 4 \frac{a}{2}, 6 \frac{a}{2}, 8 \frac{a}{2} \dots 2n \frac{a}{2}$;
prvá, druhá, třetí... ntá nejtemnější proužka v pravo a v levo od
prostředka vzniká křížením paprskův, jež mají velmi nepatrné
rozdíly drah $1 \frac{a}{2}, 3 \frac{a}{2}, 5 \frac{a}{2}, 7 \frac{a}{2} \dots (2n+1) \frac{a}{2}$.

1. Obrazy a a o jsou ode hrany c stejně vzdáleny, neboť $lm = ma$,
 $mc = mc$, $\sphericalangle lmo = \sphericalangle amo = 90^\circ$, pročež $lo = oa$; $le = eo$, $ec = ec$, $\sphericalangle leo = \sphericalangle oec$
 $= 90^\circ$, tudíž $le = eo$; ješto pak $lo = oa$ a $le = eo$, jest též $oa = eo$. Spojíme-li
 a a o přímkou, půlíme-li ji v s a spojíme-li s s c , bude $\triangle acs \cong \triangle ocs$
a tudíž $\sphericalangle osc = \sphericalangle asc$. Prodloužíme-li sc až ku stěně v , tož shledáme, že
 v r vzniká nejsvětější proužka prostřední. Poněvadž pak $la + ar = oa + ar = or$
a taktéž $lz + zr = az + zr = ar$, $as = so$, $sr = sr$ a $\sphericalangle osc = \sphericalangle aso$, tož bude
 $or = ar$, t. j. v r kříží se paprsky, které ze zdroje světla l až ku stěně v
stejně dráhy vykonaly.

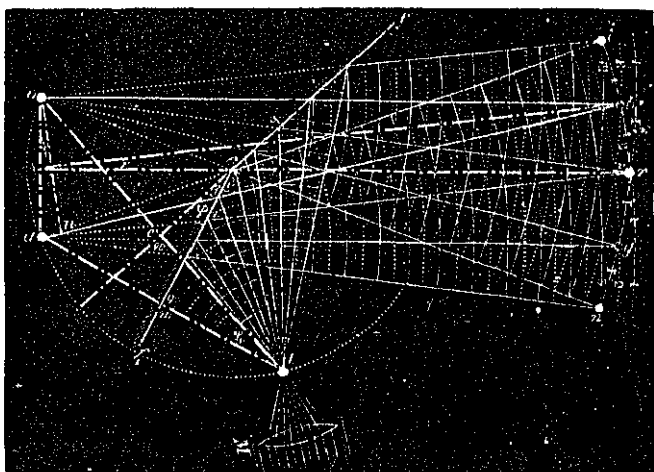
2. Ve všech ostatních místech v pravo i v levo ode středu r polože-
ných kříží se paprsky, jež vykonaly nestejně dráhy; tak jest ku př. $ab > ob$.
Opíšeme-li poloměrem bo oblouk ou , značí $au = d$ rozdíl drah paprskův v o
se křížících a poněvadž jest $\triangle aou$ téměř pravoúhelný, bude rozdíl $d = ao \cdot \sin \varphi_1$;
ješto pak $ra \perp ao$ a $bs \perp ou$ jest $\sphericalangle aou = \sphericalangle bsr$ čili $\varphi_1 = \varphi$ a bude tudíž
 $d = ao \cdot \sin \varphi$ a je-li úhel φ velmi malý, jest $d = ao \cdot \varphi$ a je-li $ao = b$, tož
jest $d = b \cdot \varphi$ (1).

Poněvadž jest $\angle \varphi$ velmi malý, možno ve $\triangle brs$ $\sphericalangle b$ pokládati za rovný 90° a tudíž jest pak $br = sr \cdot \sin \varphi = sr$, φ (je-li úhel φ velmi malý), z čehož $\varphi = \frac{br}{sr}$; je-li vzdálenost nejsvětlejší proužky od nejjasnější $br = A$, a vzdálenost stěny od $s = sr = E$, bude $\varphi = \frac{A}{E}$ a vložíme-li tuto hodnotu do

1. rovnice, jest $d = b \cdot \frac{A}{E}$ (2).

3. Rovnice 2. bude míti platnost i při všech ostatních proužkách, neboť zůstává úhel φ vždy velmi malý a jest tudíž potřeba vložiti do 2. rovnice pouze rozličné hodnoty A , tak že v $b, i, g, n \dots$ jest $A = br, ir, gr, nr \dots$

Obr. 330.



4. Z $\triangle aol$ patrně, že ml se ao velikostí úhlu $\psi_1 = \psi$, velikostí $al = 2ml$ a velikostí $ol = 2el$, t. j. b spravuje se úhlem, jež obě zrcadla svírají a kolmo na vzdálenosti zdroje světla od zrcadel. Poněvadž jest $ml = cl \cdot \sin \beta$ a $el = cl \cdot \sin (\beta + \psi)$, možno b z $\triangle aol$ trigonometricky vypočísti.

5. Je-li pak A, E a b určeno, možno z 2. rovnice d ustanoviti. Fresnel shledal, že rozdíl drah paprskův též barvy, t. j. d jest vždy násobek určité neproměnné veličiny $\frac{\alpha}{2}$ a že nejkrajnější paprsky červené mají $\frac{\alpha}{2} = 0.0000121$ pařížských palcův a nejkrajnější paprsky fialové $\frac{\alpha}{2} = 0.0000073$ pař. palcův.

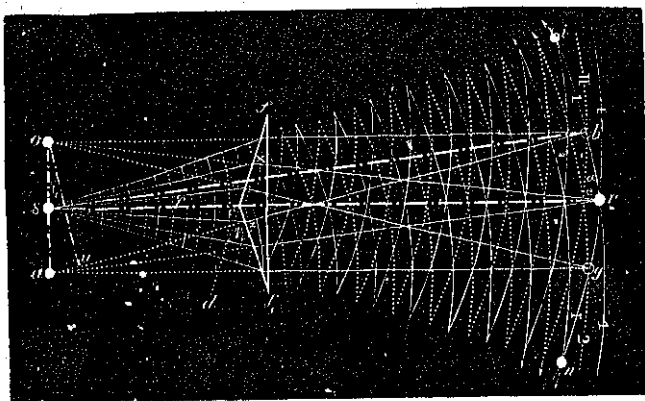
6. Z rovnice $d = b \cdot \frac{A}{E}$ plyne: $A = d \cdot \frac{E}{b}$, t. j. světlé proužky jsou tím širší, čím větší jest E a čím menší b , t. j. čím jest stěna vzdálenější a úhel φ tupější.

c) Je-li $\frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2}$, t. j. polovice délky vlny chvějícího se étheru, tož můžeme vznik světlých a temných proužek křížením vln dle odst. 188 (str. 200) snadně vyložiti.

Na obr. 330. a 331. značí I. a II. kruhové vlny, jichž středem jest bod o , 1 a 2 kruhové vlny postupující ze středu a , oblouky vytažené naznačují vrchy a oblouky tečkované doly vln.

1. Vlny kříží se v úhlu $vbr = \alpha$; jsou-li oblouky velmi malé, možno vbr pokládati za trojúhelník přímočárný a jest pak $vr = br \cdot \sin \alpha = br \sin ora = A \sin ora$ (I.) (neboť stojí paprsky kolmo na vlnách, pročež $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle ora$). Ve $\triangle ora$ má se $oa : or = \sin ora : \sin rao$; úhel ora jest pak velmi malý $\sphericalangle rao = \sphericalangle roa =$ {téměř 90° , jest tudíž $oa : or = \sin ora : 1$ a $\sin ora = \frac{oa}{or} = \frac{b}{E}$ (neboť $oa = b$ a or téměř $= sr = E$). Vložíme-li hodnotu $\sin ora$ do I. rovnice, jest $vr = A \cdot \frac{b}{E} = b \cdot \frac{A}{E}$ a jesto $vr = \frac{l}{2}$, jest $\frac{l}{2} = b \cdot \frac{A}{E}$ (II.).

Obr. 331.



2. V každém jiném místě bude $n \cdot \frac{l}{2} = b \cdot \frac{A}{E}$, v čemž bude A značí odlehlost místa toho od r . Porovnáme-li rovnici II. s rovnicí 2. v odst.

4. výše odvozenou, shledáme, že $d = \frac{a}{2} = \frac{l}{2}$. Je-li pak $\frac{a}{2}$ známo, možno l , t. j. délku vln světlových vypočísti. Z odst. 5. patrně, že délka vlny červeného světla jest $l = 0\cdot0000242''$ pařížs. a délka vlny světla fialového $l = 0\cdot0000146''$ pařížs.

3. Značí-li c rychlost, kterou světlo se šíří, bude $l = ct$. (odst. 195 d), pročež $t = \frac{l}{c}$. Koná-li éther n výchvějův ve vteřině, bude $nt = 1$ vteřině a tudíž $n = \frac{1}{t} = 1 : \frac{l}{c} = \frac{c}{l}$. Naznačíme-li rychlost světla v pařížských palcích a dělíme-li ji délkou vln, shledáme, že koná ve vteřině světlo červené 451 billionů a fialové 776 billionů výchvějů (l).

d) Použijeme-li ku pokusu Fresnelovu světla rozličných barev vidma, počínajíce s červenou a postupující až ku fialové, tož shledáme, že jsou barevné proužky za okolností jinak stejných čím dále tím užší, tak že má fialové světlo proužky nejužší. Tím

vznikají pak též v místech, kde světlo jednoho druhu působuje proužky tmavé, světlem jiným proužky jasné.

e) Použijeme-li ku zkouškám světla bílého, tož kříží se vždy paprsky stejnobarvé a poněvadž mají proužky rozličných barev rozličnou šířku, objeví se v místech, kteráž by při světle jisté barvy tmavými zůstala, jasné proužky jiné barvy. Poněvadž různobarevné proužky spolu se stýkají, vznikají proužky barev smíšených; tmavých proužek není však viděti. U prostřed, kde stýkají se barvy všeho druhu, vzniká proužka bílá.

1. Hranolu Pouilletova (obr. 331.) možno použití s výhodou, konáme-li zkoušky se světlem jednoduchým, chceme-li pozorovati křížení světla bílého, nemůžeme hranolu použití, poněvadž barvy rozptyluje.

2. Pozorujeme-li křížení světla bílého sklem barevným, užitím výjev tak, jako bychom vyvodili jej, používše světla jednoduchého též barvy, jakou má sklo.

3. Křížením světla možno vyložití třpytění se hvězd a vznik pokrajův duhy, kteréž nemají barev vidmových.

4. Nejjednodušší výjevy v křížení světla se zakládající pozoroval Grimaldi (1665). Young, který křížení (1803—1822) důkladně skoumal, vyložil je z theorie vlnění a Fresnel osvědčil zákony křížení (1815—1823) matematickými důvody a četnými pokusy.

266. Barvy tenkých vrstev. a) Položíme-li na rovnou okrouhlou desku skleněnou ao (obr. 332.) čočku spojnou bcd , která má poloměr okrouhlosti velmi veliký a proto velmi slabě zakřivená jest, a přitlačíme-li čočku na desku co možno nejvíce, tož zbývá mezi čočkou a deskou velmi tenká vrstva vzduchu, mající v průřezu tvar téměř klínovitý bca a dco . Na obou těchto v jediný celek spojených sklech můžeme pak pozorovati rozmanité výjevy barevné, jichž vznik křížením světla lze vyložití.

1. Osvětíme-li skla jednoduchým světlem červeným, odrazí se od nich tak, že spatříme u prostřed tmavou plochu kruhovitou a okolo této střídavé kroužky červené a temné, kteréž čím dále od středu tím jsou užší a tím méně jasné, tak že konečně není jich ani viděti. Přicházejí-li paprsky z desky šilemo do oka pozorovatele, jsou kroužky širší.

2. Zíráme-li skly na červené světlo, objeví se v místě kruhů červených kruhy tmavé a v místě kruhů tmavých kruhy červené, prostřední kruhovitá plocha jest pak červená.

3. Padá-li na skla neb prochází-li jimi světlo jiné barvy, tož shledáme, postupující v pořadí barev vidma od barvy červené ku fialové, že jsou kroužky vždy užší, tak že fialové jsou pak nejúžší — ostatně nebudou se výjevy lišiti od těch, jež byly právě vytknuty v 1. a 2. odstavci.

4. Padá-li na skla slunečné světlo bílé, užitím, přichází-li

Obr. 332.



do oka světlo *odražené*, u prostřed tmavou kruhovitou plochu a okolo ní soustředné pěkné *kroužky různobarevné*, kteréž po objeviteli svém *barevnými kroužky Newtonovými* slovou.

Prochází-li světlo slunečné skly do oka, objeví se u prostřed *bílá kruhovitá plocha* a okolo ní kroužky barevné, poněkud méně jasné, než dřívě. Barvy kroužkův jsou pak *doplňovacími* barvami těch, jež viděti bylo dřívě při světle odraženém v týchž místech.

Barevné kroužky jsou tím užší, čím jsou ode středu vzdálenější.

Barvy ode středu až ku prvému, *temnému* (tmavě-červcovému) kroužku zovou se barvami *prvého řádu*, od prvního až ke druhému temnému kroužku jsou barvy *druhého řádu* atd.

Světlem odraženým vznikají barvy v pořadí následujícím:

- I. řád: černá, bledě modrá, bílá, žlutá, pomerančová a červená.
- II. " fialová, modrá, žlutavě zelená a žlutočervená.
- III. " červcová, indychově modrá, zelená, žlutá, růžová a karmazínová.
- IV. " modravě zelená, žlutavě červená a slabě červená.
- V. " slabě zelená, bílá a slabě červená.

b) Změřiv důkladně poloměry kroužkův nejsvětlejších a nejtemnějších shledal *Newton*, že v *odraženém světle stejnorodém* (ku př. červeném) *přibývá čtvercům poloměrů nejsvětlejších kruhů tou měrou jako čísel lichých a nejtmavějších kroužkův jako čísel sudých*, z čehož počtem lze dovésti, že *tloušťky d* vrstvy vzduchové na místech kroužkův nejjasnějších *přibývá jako čísel lichých* a na místech kroužkův nejtmavějších jako čísel sudých.

Ve světle skly procházejícím má se vše *naopak*.

Vznik kroužkův barevných a tmavých lze vyložiti křížením světla.

a) Kdyby byly skleněné plochy *bd* a *ac* rovnoběžny a mezi nimi velmi tenká vrstva vzduchu, tož odrazí se část paprsku *lm*, na *bd* dopadající, směrem *me* (obr. 333.), druhá pak část jeho vnikne do vrstvy vzduchové a zlomí se směrem *mn*. Na rozhraní *c* odrazí se opět část paprsku směrem *ns* a část *nr* zlomí se tak, že bude postupovati směrem *nr* || *lm*. Část paprsku *ns* zlomí se na rozhraní *bd* a bude postupovati dále směrem *so*, druhá část odrazí se pak směrem *sv* a dostihne rozhraní *ac* v bodu *v*, kdež pak opět částečně se odrazí směrem *vz* a částečně se zlomí směrem *vw* || *nr*.

Jiný dopadající paprsek *hs*, odražený směrem *so* stýká se po odrazu svém s paprskem *so*, který vykonal dráhu *lmns*; oba tyto paprsky budou pak se *křížiti*.

Zdálo by se tudíž, že bude *tna* v těch místech, kdež tloušťka vrstvy vzduchové $d = 1\frac{l}{4}, 3\frac{l}{4}, 5\frac{l}{4}, 7\frac{l}{4} \dots (2n+1)\frac{l}{4}$, t. j. kdež mají se tloušťky k sobě jako lichá čísla $1:3:5:7:\dots 2n+1$, neboť

v těch případech jest rozdíl drah paprskův hso a $lmnso$ $mn + ns = 2d = \frac{l}{2}, 3\frac{l}{2}, 5\frac{l}{2}, 7\frac{l}{2}, \dots (2n+1)\frac{l}{2}$.

Zkušenost učí však, že mají se tloušťky vrstvy vzduchové v místech, kde tmavé kroužky vznikají, k sobě jako čísla sudá a tudíž nutno souditi, že paprsek $lmnso$ o $\frac{l}{2}$ se zpozdjuje, tak že světlo paprskův hso a $lmnso$ křížením jen tenkrát se ruší, když rozdíl drah jejich $2d + \frac{l}{2}$ obnáší, t. j. když $2d + \frac{l}{2} = (2n+1)\frac{l}{2}$ čili $d = 2n \cdot \frac{l}{4}$.

Podobným způsobem lze dokázati, že tloušťky vrstvy vzduchové v místech, kde nejsvětlejší kroužky povstávají, mají se k sobě jako čísla lichá a tudíž nikoliv, jak by souditi se mohlo, jako čísla sudá.

b) Paprsky oběma skly procházející, totiž hsw a $lmnsw$, jichž dráhy jsou rozdílny o $mn + ns = 2d$ budou se taktéž křížiti, a poněvadž paprsek $lmnsw$ v n o $\frac{l}{2}$ a v s opět o $\frac{l}{2}$, tudíž o celou délku vlny l se zpozdjuje, kříží se oba paprsky tak, jako by zpoždění tohoto ani nebylo a budou tudíž tloušťky vrstvy v místech kroužků nejsvětlejších míti se k sobě jako čísla sudá a v místech kroužkův nejtmavnějších jako čísla lichá.

c) Padá-li na skla světlo bílé, vznikají křížením paprskův kroužky rozličných barev tímž způsobem jako vyloženo v odst. 265. e).

Jako barevné kroužky Newtonovy vznikají též rozličné barvy teníkových blan, ku př. bublin mýdla, velmi teníkových plátek skleněných, vápencových, slídových, rybích šupin atd.

Barvy bublin mýdlových pozorovali již Boyle (1663) a Hooke (1665); Newton, který barvy tenkých vrstev bedlivě skoumal, vyložil vznik jejich r. 1704. V době novější opravil theorii o vzniku barev těchto Wilsa (1860).

267. Ohybání světla. a) Prochází-li světlo jednoduché ku př. červené, které štěrbinou okenice do tmavé světnice vniklo, jinou velmi úzkou štěrbinou, která za štěrbinou okenice v příměřené vzdálenosti se nalézá a s ní rovnoběžna jest, objeví se na protější bílé stěně u prostřed světle červená se štěrbínami rovnoběžná proužka, v pravo i v levo viděti pak slabší proužky červené, tmavými čarami od sebe oddělené. Proužky jsou tím širší, čím užší jest druhá štěrbina. Poněvadž osvětlená část stěny mnohem širší jest než štěrbina, nutno souditi, že světlo od přímočarého směru se odchýlilo a odchylku tuto zoveme ohybáním světla (Beugung).

Pouštíme-li toutéž štěrbinou všechny druhy světla, počínajíce červeným a postupujíce až k fialovému, objeví se proužky čím dále tím užší, jsou tudíž u světla fialového nejúžší.

Prochází-li štěrbinou slunečné světlo bílé, tož pokrývají se částečně proužky nestejně barvy i objeví se pak u prostřed světlá proužka bílá, se štěrbínami rovnoběžná a širší než jest štěrbina,

v pravo i v levo bílé proužky jsou pak proužky *různobarevné* (srovnaj odst. 265. e).

Proužky jsou vždy ode středu ku krajům čím dále tím méně jasné a u téhož druhu světla všechny stejně od sebe vzdálené a spolu rovnoběžné, přichází-li světlo do světlice směrem na šěrbinu kolmým.

Dle návodu Frauenhoferova možno výjevy ohybáním světla povstávající pozorovati nejlépe, je-li šěrbinu před předmětníci dalekohledu a zíráme-li na výjev očníci.

b) Nalézají se za šěrbinou okenice, kterou světlo do tmavé světlice vchází, velmi tenký drát neb vlas v poloze se šěrbinou rovnoběžné, objeví se na protější stěně stín jeho širší, než by povstati měl přímočárným šířením světla, a u prostřed, kde by měl býti stín nejtmavější, viděti v něm světlé proužky též barvy, jakou má světlo. Světlé proužky ve stínu téhož drátu jsou tím užší, čím blíže jest barva světla barvě fialové. Světlem bílým vznikají ve stínu světlé proužky různobarevné.

Pozorujeme-li výjev tento lupou, rozeznáme jednotlivé světlé proužky patrně.

c) Značí-li ao (obr. 384.) šěrbinu, tož vzniká, jak z četných pozorování vyplývá, světlá proužka u prostřed v r křížením paprskův, které vykonaly až ku stěně stejné dráhy. Prvá, druhá, třetí, ... *ntá nejtmavější* proužka v pravo i v levo od prostředka povstává v místech, kde mají paprsky krajní ab a ob délky velmi málo rozdílné o $2\frac{a}{2}$, $4\frac{a}{2}$, $6\frac{a}{2}$ $2n\frac{a}{2}$, čili a , $2a$, $3a$, $n \cdot a$. Prvá, druhá, třetí . . . *ntá nejsvětlejší* proužka v pravo i v levo od prostředka vzniká tam, kde délky krajních paprskův ob a ab se liší o $1\frac{a}{2}$, $3\frac{a}{2}$, $5\frac{a}{2}$, . . . $(2n+1)\frac{a}{2}$.

1. Vzniká-li světlo, jak se domníváme, vlněním étheru, tož můžeme z odst. 193. postranně rozšířování jeho na stěně snadno vyložiti.

Je-li zdroj světla velmi vzdálen, můžeme paprsky z něho vycházející pokládati za rovnoběžné a stejně dlouhé, tak že mají částice étheru, mezi ao rozložené, tytéž měny vřchvívají. Každá tato částice může pak považovati se co střed vln, z něhož ve všech směrech paprsky se šíří. Je-li $ao = a$ a $rs = ao$, tož stýkají se v r paprsky, vycházející ze všech mezi a a o se chvívajících částí étheru, téměř stejné délky, protož i stejných měn, čímž se v r světlo sealluje a tudíž nejsvětlejší proužka tam vzniká.

2. Značí-li a délku vlny l světla *jednoduchého*, jehož ohybání pozorujeme, a je-li $ao = d = \frac{l}{2}$, tož ruší se v b úplně pouze účinek paprskův ob a ab , účinek paprskův ostatních ruší pak se jen částečně, tak že vzniká křížením těchto paprskův v b světlo, ovšem poněkud slabší než v r .

Je-li však $ao = d = l = 2\frac{l}{2}$, bude rozdíl drah paprskův ob a ab , i a I, 2 a II, 3 a III, 4 a IV obnášeti $\frac{l}{2}$, pročež bude v b proužka úplně *tmavá*.

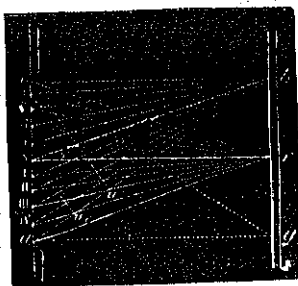
Tak vznikne i druhá, třetí . . . ntá úplně tmavá proužka v místech těch, kdež délky krajních paprskův liší se od sebe o $4\frac{l}{2}$, $6\frac{l}{2}$. . . $2n\frac{l}{2}$, t. j. když $au=d$ bude obnášeti $2l$, $3l$. . . nl .

3. Je-li $au=d=3\frac{l}{2}$ a rozdělíme-li ao ve tři stejné díly, tož zruší se, jak z předcházejícího vyplývá, v b účinek dvou třetin paprskův, tak že pouze jedna třetina paprskův bude v b působiti, z čehož patrno, že bude intenzita výchvějív étheru v b 3krátě menší a vzhledem ku vykonané práci (viz odst. 135.) bude pak světlost v b 3^2 , t. j. 9krátě slabší, než když $d = \frac{l}{2}$. Je-li vůbec $d = (2n+1)\frac{l}{2}$, bude, jak snadně lze dokázati, světlost $(2n+1)^2$ slabší, než když $d = \frac{l}{2}$. Je-li tudíž d a protož také n velmi veliké, bude světlost proužek tak nepatrná, že jich nebude více viděti.

4. Jako v odst. 2. na str. 322. možno dovoditi zde, že $d=b \cdot \sin \varphi$. Je-li pak $d=nl$, bude též $nl=b \cdot \sin \varphi$, z čehož $l = \frac{b \cdot \sin \varphi}{n}$ (1.) a $\sin \varphi = \frac{nl}{b}$ (2.). Z prvé rovnice možno vypočísti délku vln světla, z druhé rovnice pak vyplývá, že $\sin \varphi$ a tudíž také úhel φ jest tím větší, čím delší vlna a čím užší jest šterbina. Je-li $b = \infty$ vyplývá z 2. rovnice $\sin \varphi$ a tudíž také $\varphi = 0$, t. j. je-li šterbina příliš široká, není žádného ohybání světla.

d) Pouští-li se světlo do světlice dvěma neb více stejnými, velmi blízko u sebe ležícími šterbinami, dává každá sama o sobě výjevy výše popsané. Veškeré výjevy tyto splývají pak dohromady v celek, který výjevu jednoduchému, ohybáním světla v jediné šterbině povstávajícímu, se podobá. Prochází-li šterbinami světlo jednoduché, vznikají v prostřední širší světlé pásce nové temné proužky, tak že páska světla u prostřed stává se tím užší, čím více šterbin ku zkouškám použijeme. Pouští-li se světlo slunečné drobnou mřížkou, t. j. velmi mnohými stejnými a stejně vzdálenými šterbinami, povstává u prostřed úzká bílá proužka, lemovaná po obou stranách tmavými páskami, za kterými v pravo i v levo se objevují vidma hranolová s čarami Frauenhoferovými. (Fraunhofer 1821. — Schwed 1835.)

Obr. 334.



1. Na místě šterbin podlouhlých možno použití též jednoho neb více otvorův okrouhlých neb pravidelných 3, 4, 5, . . . hranných aneb dvou mřížek na sebe položených tak, že se kříží.

2. Ve světle odrazeném jeví se ohybání světla na perleti, na křídlech hmyzův, na uhlazených deskách, na peří některých ptáků, na hedbávných látkách atd.

3. Díváme-li se do slunce pavučinou, praporem brku, řasami očí, sklem plavuňovými výtrusy poprášeným atd., spatříme taktéž výjevy ohybáním světla vznikající.

4. Okolok slunce, měsíce a hvězd vykládá se ohybáním světla na pokraji bublinek par vodních.

G. Dvojlom a polarisace světla.

268. Dvojlom. a) Pokryjeme-li klencovou plochu vyhraněného vápence dvojlomného tuhým papírem, ve kterém jest *velmi malý otvor* a pustíme-li tímto otvorem do tmavé světnice paprsek slunečný, tož uzzíme na bílé stěně neb na napnutém papíře za klencem *dva světlé body, stejně jasné*. Prochází-li slunečné světlo hranolem vápence dvojlomného, vznikají za ním *dvě vidma hranolová*. Z toho patrnó, že paprsek ve hraně ve dva paprsky se rozdělil, čili dvojitě se zlomil, pročez výjev ten *lomem dvojitým* (doppelte Brechung) č. *dvojlomem* nazýváme.

Přibrousíme-li tupé rohy klence vápencového tak, aby na místě rohův vznikly *roviny*, které jsou *na hlavní ose kolmo* postaveny a vedeme-li paprsek *kolmo* na tyto *sestrojené roviny*, tož bude směr paprsku s hlavní osou hraně rovnoběžný a paprsek láme se jen jednoduše. Směr, ve kterém světlo v klenci vápencovém *dvojitě se neláme*, zove se *osou optickou* č. *osou dvojlomu* a každá rovina, touto osou položená a na některé ploše hraně kolmá zove se *hlavním optickým průřezem* hraně. Krystalografická osa klence vápencového jest spolu též optickou osou jeho.

b) Jeden z paprskův, ve které světlo dvojlomem se rozkládá, láme se v klenci způsobem řádným t. j. dle zákonův lomu obyčejného, jednoduchého, a zove se tudíž paprskem *obyčejným* č. *řádným* (ordinärer Strahl), druhý láme se způsobem mimořádným a slove proto *mimořádným* (extraordinärer Strahl). *Mimořádný paprsek nezůstává v rovině dopadu a index lomu jeho jest proměnlivý.*

1. Padá-li paprsek *kolmo* na štěpnou plochu vápence, odchyluje se mimořádný paprsek k ostrému úhlu té plochy, kterou z hraně vychází o $6^{\circ}12'38''$ a padá v řez hlavní, bodem dopadu položený.

2. Dopadá-li paprsek *šikmo* na štěpnou plochu a má-li rovina dopadu polohu hlavního optického průřezu, tož zůstává paprsek mimořádný v rovině dopadu, ale poměr lomu mění se dle úhlu dopadu tak že $n = 1.4833$ až 1.6543 . Svírá-li rovina dopadu s hlavním průřezem úhel α , tož mění se netoliko n , nýbrž paprsek mimořádný vychází z roviny dopadu a svírá s řezem hlavním *větší* úhel než rovina dopadu. Úchyłka tato jest tím větší, čím větší jest úhel α je-li $\alpha = 90^{\circ}$, jest úchyłka největší.

3. Přibrousíme-li tupé rohy klence tak, aby povstaly na jich místě roviny kolmé na hlavní osu hraně, a padá-li světlo *kolmo* na tyto roviny, tož vychází ze hraně paprsek pouze *jednoduchý*. Padá-li světlo *šikmo* na tyto roviny, láme se dvojitě, mimořádný paprsek zůstává však v rovině dopadu (v řezu hlavním).

4. Dopadá-li světlo na rovinu, která jest s optickou osou rovnoběžná, a protíná-li rovina dopadu osu v úhlu 90° , láme se paprsek mimořádný dle zákona obyčejného lomu a jeho index lomu $n = 1.4833$.

5. Je-li l (obr. 335.) svítící bod, na který zíráme vápencem $ABCD$, tož uztříme dva obrazy jeho v a a e . Paprsky lm a ln lámou se ve klenci dvojitě, tak že přicházejí do oka směrem mn a nu , pročez uží oko dva světlé body a a e , z nichž paprsky tyto vycházejí se zdají. Pošínujeme-li na ploše CD od D k O papír neb jinou neprohlednou látku, tož zakryje se plocha CD u n dříve než u m , proto zmizí, jak z obr. 335. patrné, obraz a dříve, ač jest od D vzdálenější než obraz e . Otáčíme-li hráš okolo kolmé osy, mění paprsek mimořádný ustavičně svou polohu a otáčí se kolem řádného.

c) Světlo láme se dvojitě ve všech hraních, vyjímaje toliko hraně soustavy krychlové, taktéž ve skle rychle chlazeném aneb silně stlačeném, ač dvojitý lom seznáváme nezřídka teprv pomocí přístrojů polarisačných (viz odst. 270.).

V hraních soustavy klencové a jehlanové jest pouze jedna optická osa, proto zovou se hraně ty jednoosé, dvojlomné hraně soustav ostatních mají dvě optické osy — jsou tudíž vzhledem ku dvojlomu dvoosé.

Ve hraních jednoosých láme se paprsek mimořádný buď silněji buď slaběji než řádný, hraně prvého druhu zovou se pozitivně, druhého negativně.

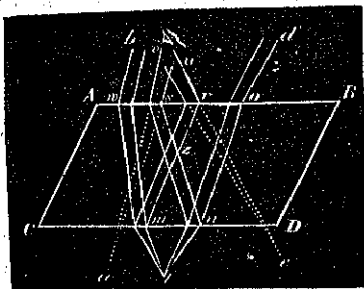
Hraně jednoosé pozitivně: Křemen, led, cirkon atd.; hraně negativně: vápence, turmalin, krevná sůl, salnitr klencový atd.

Hraně dvoosé: cukr, sádrovec, některé slidy, topas atd.

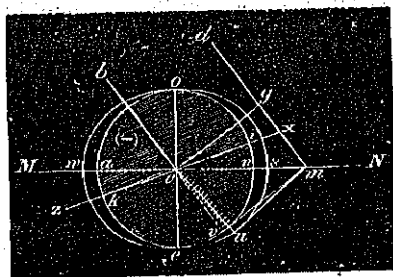
Dvojlom pozoroval nejprve Bartholinus (1669), Huyghens vyložil jej pak (1678) vlněním étheru.

d) Dvojlom vykládá se z theorie vlnění způsobem následujícím: V tělech dvojlomných jest pružnost étheru v rozličných směrech rozličná. Ve hraních negativních jednoosých jest pružnost

Obr. 335.



Obr. 336.



étheru v kolmém směru na hlavní řez nejmenší, ve směru rovnoběžném s hlavním řezem největší, v ostatních směrech přibývá neb ubývá pružnosti dle toho, jak směry ty přibližují se buď směru největší neb nejmenší pružnosti. V místech souměrně okolo optické osy rozložených jest tudíž pružnost étheru stejně veliká. Mysleme si, že chvěním étheru mezi molekulami uzavřeného šíří se jen

takové paprsky, u kterých chvěje se éther směrem buď kolmým na řez hlavní, buď směrem rovnoběžným se řezem hlavním. Dopadá-li pak paprsek na plochu hraně, rozkládá se ve dva paprsky; paprsek *řádný* postupuje chvěním *kolmým* na řez hlavní, *mimořádný* chvěním, které jest s hlavní řezem *rovnoběžné*. Poněvadž pružnost étheru tímž směrem vždy *stejná* zůstává, postupuje paprsek *řádný* ustavičně *toutéž* rychlostí ve hrani dále a přísluší tudíž vlně *kulovité*, jejíž průřez naznačen kruhem *aeno* (obr. 336.), dopadá-li paprsek na hrani v bodu *c*. Paprsek *mimořádný* přísluší však, jak ze zákonův dvojlomu vyplývá, vlně elipsoidické, jejíž průřez naznačen elipsou *weso*, dopadá-li paprsek v *c* na hrani. V elipse této jest osou malou optická osa *oe* a velikou osou přímka *ws*, kterou sestrojíme kolmo na *oe* v *c*. Jsou-li *c* a *c*₁ rychlosti, *n* a *n*₁ poměry lomu paprsku *řádného* a *mimořádného*, bude *oe*:*ws*=*c*:*c*₁=*n*₁:*n* (ve vápenci dvojlomném má se, jak bylo výše řečeno *n*₁:*n*=1'4833:1'6543).

Otočí-li se celý obraz okolo osy *oe*, vznikne kulová vlna paprsku *řádného* a elipsoidická vlna paprsku *mimořádného*. Je-li *MN* průřez plochy klence vápencového, *oe* optická osa a dopadá-li světlo na plochu směrem *oc*, tož mají oba paprsky *tutéž* rychlost *ce* a světlo vychází nezlomeno. Dopadá-li paprsek kolmo na osu *oe* v bodu *c*, jest rychlost paprsku *řádného* naznačena poloměrem vlny kulovité a rychlost paprsku *mimořádného* vyznačena polovinou veliké osy, pročež jeho poměr lomu nejmenší (1'4833). Dopadá-li světlo na vápence jiným směrem, ku př. směrem *oz*, bude *ck* rychlost paprsku *řádného* a *oz* rychlost paprsku *mimořádného*.

Značí-li *bdg* svazek rovnoběžných na *MN* dopadajících paprskův, naznačíme-li vlny dotýcnými křivkami a sestrojíme-li z *m* tečné *mv* a *mu*, tož budou kolmice na tyto tečné sestrojené, totiž *bv* a *cu* značiti směry paprsku *řádného* a *mimořádného*.

269. Polarisace. a) Dopadá-li paprsek *SO* (obr. 337) na *černé* zrcadlo skleněné *ABCD* tak, že svírá s rovinou jeho úhel 35°25', tož odráží se od něho směrem *OO'* na druhé s *prvým rovnoběžné* *černé* zrcadlo skleněné *EFGH*, od něhož pak se odráží dle obvyklých zákonův odrazu.

Otáčí-li se zrcadlo *EFGH* okolo paprsku *OO'* jako okolo osy, bude jasnost odraženého paprsku postupně menší, až konečně při otočení zrcadla o 90° do polohy *E'F'G'H'* paprsek zcela *zmizí*.

Otáčíme-li zrcadlo dále, objevuje se *O'L* postupně *jasnější*, až při otočení o 180° do polohy *E''F''G''H''* opět *úplně* se odráží a *nejjasnější* se jeví.

Při dalším otáčení ze 180° do 270° ubývá opět jasnosti paprsku jako při otočení zrcadla z 0° k 90°, tak že paprsek opět *zmizí*, když zrcadlo o 270° z původní polohy do polohy *E'''F'''G'''H'''* bylo otočeno.

Otáčeli-li se zrcadlo z 270° do 360° , přibývá opět jasnosti světla jako z 90° do 180° , tak že při 360° jako při 0° paprsek opět úplně se odrazí.

Malus (1804).

Výjev právě popsaný zove se *polarisací* světla a světlo, které v *rozličných* směrech *rozličně* působí, zove se světlem *polarisovaným*.

b) Použijeme-li na místě *dolejšího* zrcadla $ABCD$ rámečku, ve kterém jest zasazeno několik *vespolek rovnoběžných* desk skleněných, tož jedna část světla, v úhlu $35^\circ 25'$ na ně dopadajícího, od nich se *odrazí* a tak se chová, jak v odst. a) právě bylo vytknuto; druhá část světla pak deskami prochází. Dopadá-li pak toto z desk vycházející světlo na černé zrcadlo skleněné, které jest s deskami *rovnoběžno*, tož se od zrcadla *neodrazí*. Otáčíme-li pak zrcadlo, nastává *úplný obraz* při otočení o 90° a 270° .

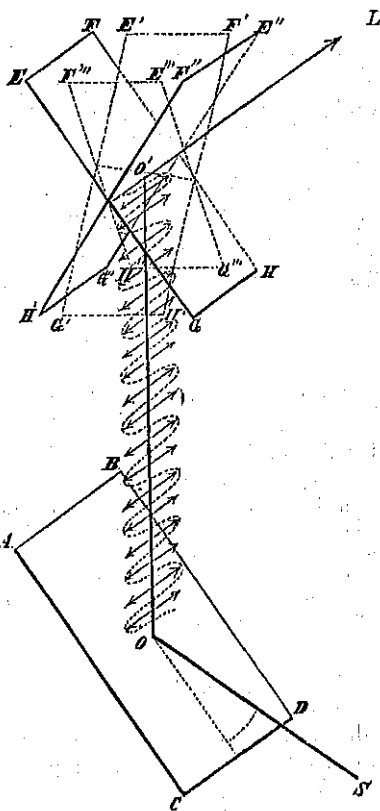
Paprsky, které od více rovnoběžných desk skleněných byly *odrazeny* a paprsky, jež deskami těmi byly *prošly*, jsou tudíž *oprávněným způsobem polarisovány*.

Malus (1808).

c) Procházel-li paprsek ao (obr. 338.) hranolem vápencovým *dek*, který má lámací hranu *e* rovnoběžnou s hlavní osou a s jiným hranolem skleněným *ekp* tak jest spojen, aby byl *achromatickým*, tož vychází pak ze hranolu *řádny* i *mimořádny* paprsek *bezbarvý* a oba tyto paprsky *odchylují* se od sebe *více*, než *obyčejně*.

Dopadá-li pak *řádny* paprsek na černé zrcadlo skleněné, tož shledáme, že jest *polarisován* tak jako by byl *se odrazil* (odst. a), paprsek *mimořádny* jeví se pak *polarisován* tak, jako by, *procházeje* několika *rovnoběžnými* deskami skleněnými, v nich *jednoduše* byl *se zlomil* (odst. b).

Obr. 337.

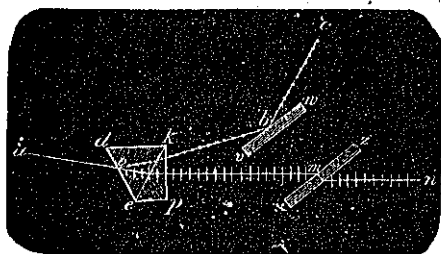


Paprsky řádné a mimořádné jsou tudíž opačným způsobem polarisovány.

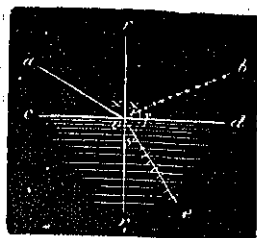
d) Dopadá-li světlo na zrcadlo $ABCD$ (obr. 337.) v úhlu větším neb menším než $35^{\circ}25'$, nezmizí v zrcadle $EFGH$ nikdy úplně, z čehož patrné, že dopadem v jiném úhlu nikdy úplně se nepolarisuje. Má-li světlo odrazem neb lomem úplně se polarisovat, musí dopadati na tělo polarisující v jistém určitém úhlu, který úhlem polarisačním slove a jehož velikost u rozličných hmot rozličnou se jeví.

Brewster shledal (1815), že index lomu n dotýčné hmoty rovná se vždy tangenti úhlu polarisačního.

Obr. 338.



Obr. 339.



1. Je-li α (obr. 339) úhel polarisačný, jest, jak z četných pozorování Brewsterových vyplývá, $\gamma=90^{\circ}$, t. j. polarisačný úhel jest onen úhel dopadu α ; při němž odražený paprsek ob se zlomeným paprskem oc svírá úhel 90° . Je-li $\gamma=90^{\circ}$, jest $\gamma+\alpha_1=90^{\circ}$, pročež $\gamma+\alpha=90^{\circ}$ a tudíž $\cos \alpha=\sin \gamma$ (1). Dě-

líme-li rovnici $\sin \alpha=\sin \alpha$ rovnici 1., bude $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}=\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$, čili $\operatorname{tg} \alpha=n$ (2).

2. Z rovnice 2. vyplývá, že možno stanoviti úhel polarisačný α , je-li znám index lomu n . Taktéž můžeme určiti index lomu n , je-li znám úhel polarisačný α , čehož potřebí, když jsou hmoty neprohledné, jako ku př. rtuť, síra atd. Čím větší jest n , tím slaběji se polarisuje světlo. Poněvadž jest n u kovů velmi veliké, polarisují zrcadla kovová světlo jen slabě.

3. Poněvadž jest poměr lomu n při každé jednotlivé části slunečného světla jiný, nemůže se bílé světlo nikdy úplně zpolarisovati.

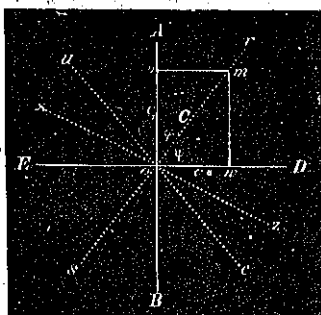
Rovina, ve které paprsek na zrcadle $EFGH$ (obr. 337.) dopadati musí, aby od něho úplně se odrážel, zove se rovinou polarisačnou. Jak patrné sbíhá se polarisačná rovina světla odrazem polarisovaného s polarisačnou rovinou světla jednoduchým lomem polarisovaného v úhlu 90° ; polarisačné roviny paprskův opačným způsobem polarisovaných stojí tudíž na sobě kolmo.

e) Polarisační vykládá se z theorie vlnění následovně: Dopadá-li v bodu o (obr. 340.) kolmým směrem na rovinu papíru nějaký paprsek, což značí tečkované přímkou některé z oněch směrův, kterými chvějí se kolmo na směr paprsku částice étheru, jichž vychvějí světlo dále se šíří (srovnej odst. 231. 2). Každý ze směrův těch, ku př. *om* možno rozložiti. ve dvě vespolek kolmé

složky ov a ow . Položíme-li pak přímkami AB a DE roviny, kteréž v o v úhlu 90° se protínají, tož patrně, že možno chvění étheru, které děje se v paprsku obecném ve všech směrech, kolmých na směru paprsku, rozložití v současné chvění dvojím směrem ve dvou rovinách, které ve směru paprsku v úhlu 90° se protínají.

Dopadá-li obecný paprsek na několik rovnoběžných desk skleněných (obr. 339.) v úhlu polarisačním, rozkládá se chvění tak, že v části odraženého světla chvěje se éther kolmo na rovinu odrazu (kolmo na papír, jak na obr. 339. tečkami a na obr. 337. šipkami naznačeno), v části světla odraženého chvěje se pak éther rovnoběžně s rovinou lomu (v rovině papíru, jak na obr. 339. čárkami naznačeno). Chvějí-li se částice étheru současně ve všech směrech a stejně silně, vzniká světlo obecné, nepolarisované, chvějí-li se pouze v obou vytknutých vespolek kolmých směrech současně avšak intenzitou nestejnou, jest světlo neúplně (částečně) polarisováno; úplně polarisované světlo vzniká pouze tenkrát, když se chvěje éther pouze v jediné rovině. Dle pozorování Fresnelových chvěje se éther světla úplně polarisovaného směrem kolmým na rovinu polarisačnou.

Obr. 340.



Má-li tudíž zrcadlo hořejší na obr. 337. polohu EH neb $E'H''$ odrazí se od něho světlo, zpolarisované odrazem, neboť chvěje se éther rovnoběžně s rovinou zrcadla, v poloze $E'F'$ a $E''H''$ neodráží se však od něho žádné světlo, neboť vznikne světlo do zrcadla, kdež bývá pohlceno. Světlo zpolarisované lomem odrazí se pak, poněvadž se chvěje éther směrem na předešlý směr kolmým, v poloze $E'H'$ a $E''H'''$, v poloze EH neb $E'H''$ vnikne však do zrcadla.

Dvojlomem se polarisuje světlo proto, poněvadž, jak v odst. 268. d) vytknuto, étherové částičky paprsku řádného chvějí se směrem kolmým na řez hlavní, étherové částičky paprsku mimořádného pak chvějí se směrem rovnoběžným se řezem hlavním.

V řádném paprsku ob (obr. 338.) chvěje se éther tak jako v paprsku odrazem polarisovaném (jak tečkami naznačeno), v paprsku mimořádném om chvěje se éther jako v paprsku lomem polarisovaném (což naznačeno čárkami).

Položíme-li na světlý bod dva klence vápencové na sebe, tak že hlavní řezy jejich v úhlu 90° se protínají aneb spolu rovnoběžny jsou, uztříme pouze dva světlé body. Ve vápenci prvním rozkládá se paprsek z bodu vycházející

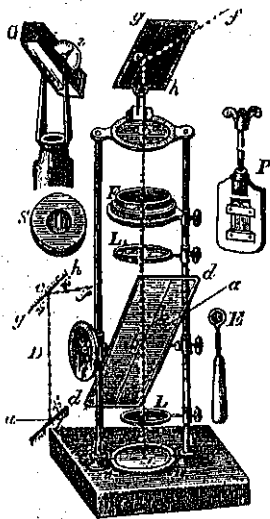
ve dva paprsky, totiž v řádný O a mimořádný E . Každý z nich rozkládá se pak ve klenec druhém opět ve dva a sice O v řádný Oo a mimořádný Oe , taktéž i E v řádný Eo a mimořádný Es . Jsou-li hlavní řezy spolu rovnoběžné aneb na sobě kolmé, mohou ze čtyř paprsků Oo , Oe , Eo a Es vždy jen dva paprsky vycházeti, což vyplývá z předcházejícího. V ostatních případech vycházejí z druhého vápence vždy čtyry paprsky — tudíž vidíme čtyry světlé body.

Z theorie výrouu bylo možno vyložití polarisaci světla jen domněnkou, že mají částice světelné dva rozdílné póly, odkudž i jméno polarisace odvozeno.

270. Přístroje polarisačné, kterými výjevy polarisace se vyvozují a pozorují, záleží ve dvou částích, totiž a) v přístroji polarisujícím (polariseur), kterým obecné světlo se polarisuje; b) v přístroji analyzujícím (analyseur), kterým možno polarisované světlo skoumati.

Poněvadž ve hraních dvojlomných světlo ve dva polarisované paprsky se rozkládá, užívá se některých těchto hrání dílem co přístrojů polarisujících, dílem co přístrojů analyzujících. Ješto však oba dvojlomem polarisované paprsky, jsouce příliš málo od sebe odlehlé, v účincích svých vespolek se ruší, nutno, aby od sebe se vzdálily aneb jeden z nich buď pohlcením, buď rozptylem, buď úplným odrazem zcela se odstranil.

Obr. 341.



a) Nörrembergův přístroj polarisačný (obr. 341.) má broušenou desku ze skla zrcadlového dd , která odrazem světlo polarisuje, a zrcadlo z černého skla gh , které slouží co přístroj analyzující.

1. Jednotlivá deska skleněná může polarisovati světlo pouze odrazem. Chceme-li polarisovati světlo lomem, musíme použítí více desk vespolek rovnoběžné v rámci zasazených (obr. 341. G), neboť se polarisuje světlo lomem v jediné desce příliš slabě.

2. Skloníme-li desku dd ku kolmé ose eb v úhlu $85^{\circ} 26'$ a nalezá-li se přístroj blíže okna, tož dopadají paprsky denního světla, jako ku př. paprsek ab na *dolejší* polovici desky v úhlu polarisačném, pročež odrážejí se zpolarisované od desky směrem br a dostihují v r vodorovného zrcadla, od něhož se odrážejí opět směrem rb ; v b odrazí se pak část polarisovaných paprsků směrem ba , část pak prochází deskou dd a dopadá směrem bc na černé zrcadlo gh . Týmž směrem bc dopadají na zrcadlo gh též paprsky, jež odrazem od *horejší* polovice desky dd byly zpolarisovány. Směr paprsků a chvění étheru naznačen na obr. 341. u D . Zrcadlo gh jest

připevněno na kroužku, který se otáčí v jiném na sloupcích vw připevněném a ve stupně rozděleném kroužku, abychom úhly při otáčení zrcadla okolo osy bc měřiti a výjevy v odst. 269. a) vytknuté pozorovati mohli.

B. Prohledná těla, jež chceme ve světlo polarisovaném pozorovati, kladou se na skleněnou desku F a osvětlují se čočkami L a L_1 , kterými světlo se soustřeďuje.

4. Mají-li výjevy polarisace více pozorovatelům současně se ukázati, upraví se polarisačný přístroj jako slunečný drobnohled na obr. 316 str. 308. a jest pak černé zrcadlo skloněné a slouží co přístroj polarisující, na druhém konci trubice nalézá se pak nějaký přístroj analyzující.

b) *Klíšťky turmalinové.* Deska z turmalinu na obou stranách rovnoběžně s hlavní osou přibroušená propouští polarisované světlo jen tehdy, když chvěje se éther rovnoběžně s osou; paprsky, ve kterých éther kolmo na hlavní osu se chvěje, bývají deskou pohlceny.

Padá-li *obecné* světlo na takovou desku, rozkládá se dvojlomem v paprsky *řádné*, které bývají pohlceny, a paprsky *mimořádné*, které deskou procházejí.

Položíme-li dvě takové turmalinové desky na sebe tak, že jsou osy jejich rovnoběžny, prochází mimořádný paprsek též druhou deskou a uvidíme tudíž, zřajíce deskami, dosti jasné světlo. Otočíme-li však jednu desku na druhé o 90° tak, aby osy kolmo na sobě stály, tu neprochází deskami světlo *žádné* a desky jeví se tudíž tmavé. Proměňujet se paprsek mimořádný *E*, z první desky vycházející, v desce druhé v paprsek řádný *O*, jež deska pohlcuje. Otočí-li se deska v úhlu menším než 90° , rozkládá se paprsek *E* v druhé desce ve dva, totiž v řádný *E_o* a mimořádný *E_e*, *E_o* opět se pohlcuje a *E_e* prochází deskou. Paprsek *E_e* jest však tím slabší čím více úhel obou os přibližuje se 90° .

Obr. 342.



Desky bývají do korkových kotoučů zasazeny a skládají pak polarisačný přístroj, který zove se *klíšťkami turmalinovými* (Turmalinzeuge). Deska ku světlu obrácená jest přístrojem polarisujícím, deska k oku přiblížená jest přístrojem analyzujícím. 1 a 2 (obr. 342.).

1. Vložíme-li do klíštěk mezi desky, když osy jejich stojí na sobě kolmo, tělo, ve kterém světlo jen jednoduše se láme (ku př. skleněný plátek), nevidíme žádného světla. Paprsek *E*, z první desky vycházející, projde tělem a bývá pak druhou deskou pohlcen. Vložíme-li do klíštěk plátek z hráně *dvojlomné*, rozkládá se ve hráni paprsek *E* dvojlomem v řádný *E_o* a mimořádný *E_e*, tento mění se pak v druhé desce turmalinové v řádný a bývá tudíž od ní pohlcen. *E_o* stává se pak v druhé desce paprskem mimořádným a tudíž z ní vychází.

2. Na místě turmalinu možno použití též *hevapathitu*.

3. Jak z odst. 1. patrne, můžeme, vloživše nějaké tělo mezi přístroj polarisující a analyzující, určití snadně, láme-li se v tomto těle světlo *jednoduše* neb *dvojitě*.

4. Upravíme-li desku turmalinovou tak, aby po straně nemohlo žádné světlo do oka vniknouti, můžeme seznati, zdaž ze předmětův světlo obecné neb polarisované do oka přichází. Prochází-li deskou světlo obecné, zůstává deska v každé poloze světlá; prochází-li světlo polarisované, objevuje se deska, když ji otáčme, střídavě světlá a tmavá. Tím způsobem bylo sledáno, že ode zdi, od uhlazených ploch nábytku, jakož i od těl žhoucích, plamenem však nehořících, polarisované světlo do oka přichází.

5. Světlo od hladiny vodní odražené jest z větší části polarisované. Zíráme-li tudíž deskou turmalinovou v určité poloze šikmo na povrch vody, pohltí deska paprsky od vody odražené. Ze předmětův pod vodou se nalézajících vychází však do oka světlo *obecné* aneb vzhledem ku prvému *opádným* způsobem polarisované, kteréž pak turmalinem prochází; proto uvidíme před-

měty pod vodou, jichž pouhým okem spatřiti nemůžeme, poněvadž světlo od hladiny vodní odražené jest mnohem silnější onoho světla, jež z předmětů pod vodou se nalézajících vychází.

c) *Hranol Nikolův* skládá se ze dvou třístranných hranolů vápencových *mn*s (obr. 343.) a *ns*r, jež jsou balsamem kanadským v celek spolu smčleny a do trubice *balle* zasazeny. Paprsek *ao* rozkládá se dvojlomem ve hranolu v paprsek řádný *oc*, který na vrstvě kanadského balsamu (jehož $n=1.549$) směrem *cu* úplně se odráží, tak že pouze paprsek mimořádný do oka *v* přichází.

Dva hranoly Nikolovy, přiměřeným způsobem v celek spojeny, mohou sloužiti jako křišťky turmalinové, jeden hranol může pak nahraditi jednu desku turmalinovou. Poněvadž prochází hranolem Nikolovým světlo bezbarvé, dává se hranolu přednost před křišťkami turmalinovými.

271. Křížení polarisovaného světla. a) Paprsky polarisované v rovinách rovnoběžných kříží se, setkávajice se pospolu, jako paprsky světla obecného; jsou-li však paprsky polarisovány v rovinách na sebe kolmých, *nekříží se*, neboť síly působící ve směrech vespolek kolmých nijak se nemohou sesílití aniž zeslabití neb zrušití (odst. 81. c).

Z toho vyplývá, že chvěje se éther světla polarisovaného ve dvou vespolek kolmých rovinách a éther světla obecného ve všech směrech kolmých na směr paprsku (srovnej odst. 269. e).

Prochází-li světlo dvěma rovnoběžnými štěrbinami, za kterými jsou stejné přístroje polarisující ku př. stejné silné desky turmalinové neb stejné hranoly Nikolovy tak postaveny, že polarisačné roviny obou jsou vespolek rovnoběžny, tož uzieme na protější stěně ve prostřední širší světlé pásce tmavé proužky, křížením vznikající. Proužky tyto však zmizí, svírají-li polarisačné roviny desk neb hranolův úhel 90° .

b) Zíráme-li na tenký lístek hraně dvojlomné (ku př. na lístek sádrový, slídový atd.), nejví v *obecném světle žádných barev*, prochází-li však jím polarisované světlo bílé *kolmo* a pozorujeme-li jej přístrojem analyzujícím, tož objeví se na něm velmi krásné barvy. Otáčíme-li lístek ve vlastní jeho rovině, zmizí barvy, když hlavní řez lístku s rovinou polarisačnou svírá úhel 0° , 90° , 180° a 270° ; nejjasnější budou však barvy, obnáší-li úhel 45° , $90+45^\circ$, $180+45^\circ$ a $270+45^\circ$.

Otočí-li se analyzující přístroj o 90° , objeví se na lístku barvy *doplňovací*.

Je-li přístrojem analyzujícím více rovnoběžných desk skleněných, a je-li lístek dvojlomný v té poloze, kde žádných barev nejví, tož uzieme jej ve světle odraženém světlý, ve světle deskami procházejícím pak temný. V ostatních polohách jsou barvy při světle procházejícím doplňovacími barvami těch, jež vidíme při světle odraženém.

Zíráme-li na lístek achromatickým hranolem z dvojlomného vápence, uzieme současně dva obrazy, z nichž jeden má doplňovací barvy druhého.

Dopadají-li paprsky na lístek směrem šikmým aneb je-li

lístek silnější neb tenčí, uzmíme na něm barvy v pořadí kroužků Newtonových. Dopadá-li na lístek světlo stejnorodé, objevují se na něm střídavé proužky světlé a tmavé.

1. Sádřové lístky rozličné tloušťky možno kanadským balsamem stmeliti dohromady (na sebe i vedle sebe) tak že jeví ve světle polarisovaném pravidelné barevné tvary (motýly, květiny atd.). Přístrojem v odst. 270. a) 4. popsaným možno pak krásné tvary tyto i více pozorovatelům ukázati.

2. Připevníme-li ku přístroji analyzujícímu ku př. ku hranolu Nikolovu neb ku desce turmalinové lístek sádřový a zíráme-li na světlo, objeví se barevné proužky jen tehdy, když jest světlo polarisované; proto zove se přístroj takový polariskop.

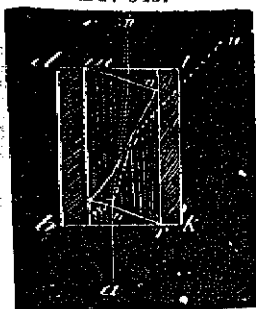
3. Dáme-li mezi skleněné desky kaleidoskopu na místě barevných střípků skleněných sádřové lístky rozličné tloušťky a díváme-li se do kaleidoskopu hranolem Nikolovým, tož uzmíme též rozmanité barvy. Kaleidoskop takto upravený zove se kaleidoskopem polarisačným (Kaleido-Polariskop).

4. Na skle rychle ochlazeném neb zvláštním lisem (obr. 341. P) silně stlačeném objevují se podobné proužky barevné, položíme-li sklo na dolejší zrcadlo polarisačního přístroje Nörrembergova.

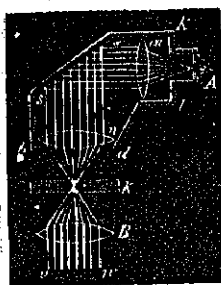
Veškeré tyto vytknuté výjevy vznikají, když jsou paprsky rovnoběžny a když předměty v dále zrakou pozorujeme.

Vznik barev na lístku hmoty dvojlomné možno křížením paprskův polarisovaných vyložiti takto: Paprsky polarisované, procházejíce lístkem dvojlomným, rozkládají se v něm v paprsky řádné O' a mimořádné E' . Ač vycházejí paprsky z lístku rovnoběžně a ač mají po dvou vždy rozličné měny (ješto pružnost étheru jest v rozličných směrech roz-

Obr. 343.



Obr. 344.



ličná), přece nemohou, jsouce opádným způsobem polarisovány, vespolek se křížiti. V přístroji analyzujícím rozkládá se pak opět každý paprsek ve dva paprsky, z nichž jeden jest rovnoběžný s plochou polarisačnou, druhý pak na plochu tu kolmý. Paprsky v též rovině se stýkají a kříží pak se a způsobují barvy lístkův.

Poněvadž paprsky jedné roviny liší se od paprskův druhé roviny o $\frac{\lambda}{2}$, objevují se v přístroji analyzujícím, kterým oboje obrazy můžeme pozorovati, obrazy tyto v barvách doplňovacích (srovnej odst. 266. a 4).

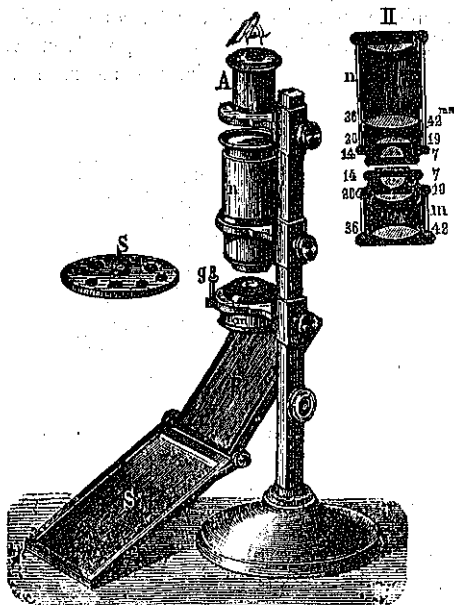
c) Vložíme-li silnější desku vápence, který jest s obou stran kolmo na optickou osu přibroušen, do klíštěk turmalinových, tož uźříme, jsou-li roviny polarisačné vespolek kolmé, soustředné kruhy různobarevné, jež přetíná černý kříž, s oběma osami desk souhlasný a v nichž barvy seřaděny jsou jako v kroužcích Newtonových. Jsou-li polarisačné roviny rovnoběžny, uźříme kruhy v barvách doplňovacích s křížem bílým.

Týž výjev možno pozorovati i na ostatních kolmo na osu přibroušených deskách hrání jednoosých, vyjímaje jediné křemen.

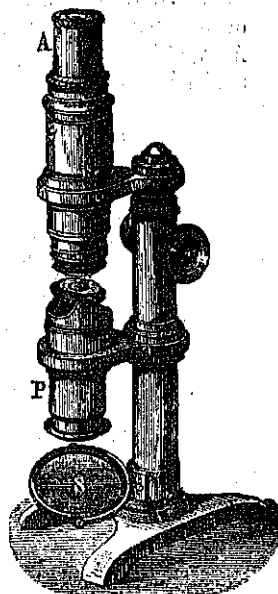
Přibrousíme-li pak desku ze hrání dvojosé (arragonitu, salnytru atd.) kolmo na přímku, která půlí úhel, jež obě optické osy spolu svírají, uźříme dvojí barevné kruhy a v každém soukruží zakřivenou prouhu tmavou.

Výjevy právě vytknuté způsobují paprsky, které dopadají na desku nerovnoběžně. Předměty, jež pozorujeme, musí býti blízko oku, čehož docílíme nejlépe klíšťkami turmalinovými aneb očníci Airyovou (obr. 344.), která do přístroje Nörrembergova co analyseur se zasazuje. Polarizované paprsky, odrazivše se od zrcadla dolejšího, vnikají do čočky B, pak do hrání k, načež

Obr. 345.



Obr. 346.



procházejí čočkou *n* na zrcadlo *ss*, které co přístroj analyzující slouží. Po odrazu od zrcadla *ss* vcházejí pak paprsky očníci *m* do oka. Čočky *n* a *m*, jakož i zrcadlo *ss* jsou zasazeny ve společné trubici mosazné *vakl*.

Barevné kruhy silnějších desk, ze hrání dvojlomných přibroušených, vznikají křížením světla polarizovaného právě tak jako barevné

kroužky Newtonovy, neboť dopadají na desku paprsky v úhlech rozličných, což jest totéž jako kdyby procházely deskou křivitého tvaru paprsky rovnoběžné. V rovině polarisačné a jiné na tuto kolmé paprsky se nerozkládají, proto není tam též žádného křížení a tím vznikají pak temné neb světlé kříže a prouhy, které barvné kruhy protínají.

Čím tenčí jsou desky dvojlomné a čím slaběji světlo v nich se láme, tím větší jsou průměry barevných kruhů, tak že obecnými přístroji polarisačnými nelze jich zcela prohlednouti. Za tou příčinou sestavil *Nörremberg* (1858) polarisačný přístroj *drobnohledný*, kterým možno docíliti velikého zorného prostoru, tak že přicházejí do oka i ty polarisované paprsky, které na desku ve velikých úhlech dopadají. Světlo slunečné odráží se od obyčejného zrcadla skleněného *S* (obr. 345.), na černé zrcadlo polarisačné *P*, odkudž pak, byvši odrazem zpolarisováno, kolným směrem prochází čočky v *m* a padá na desku dvojlomnou, načež pak, prošeďší čočkami v *n* a hranolem *Nikolovým* *A*, vniká do oka pozorovatele. Jak z obr. 346. II. patrně, jsou ve trubici *m* pod deskou dvojlomnou tři čočky a nad deskou ve trubici *n* taktéž tři souměrné čočky. Čočka 1. soustřeďuje paprsky odrazem polarisované v rovině ohniska čočky 2. a 3., tak že vycházejí ze 3. čočky paprsky rovnoběžné, načež pronikají deskou dvojlomnou a spásobují, byvše čočkou 4. a 5. zlomeny, obraz, na který zřítmo očníci 6. a 7. a hranolem *Nikolovým*. (Číslo v pravo značí poloměry okrouhlosti, čísla v levo šířku čoček.) *Hofmannův drobnohledný přístroj polarisačný* (obr. 346.) má co přístroj polarisující *P* i co přístroj analyzující *A* desky turmalinové, jejich barvy doplňují se v barvu bílou. Osvětlovači zrcadélko *S* jest upraveno jako u drobnohledu a na místě světla slunečného může posloužiti též světlo lampy.

Chceme-li skoumati dvojlom látek drobných, ústrojných, můžeme jakýkoli drobnohled, jímž látky tyto pozorujeme, upravit tak, aby byl předmět polarisovaným světlem osvětlen. K tomu cíli dá se pod předmět přístroj polarisující a nad předmět přístroj analyzující jako při obou právě popsáných drobnohledných přístrojích polarisačných.

d) Pozorujeme-li polarisovaný paprsek hraní jednoosou neb dvojosou, jeví se hraní v rozličných směrech rozličně zbarvená. Tak jest ku př. dichroit v jednom směru *modrý*, v jiném směru *šedý* neb *žlutavý*; turmalin jeví jinou barvu ve směru osy a jinou ve směru kolmo na osu. U hraní jednoosých vyskytují se *dvě*, u hraní dvojosých tři rozličné barvy, odkudž výjev ten *dvojbarevnosti* (dichroismus) a *trojbarevnosti* (trichroismus) aneb vůbec *mnohobarevnosti* (pleochroismus) se nazývá.

Ku pozorování mnohobarevnosti ve světlo polarisovaném hodí se nejlépe *Haidingerova lupa dichroskopická* (obr. 347.), ve kteréž jest *ov* dlouhý štěpný tvar vápence dvojlomného, na jehož obou koncích jsou skleněné hranoly *x* a *x*, jejich lámání hrana obnáší 18° ; za hranolem *x* jest lupa *m*. Hranoly jakož i lupa jsou ve společné trubici, která má u lupy otvor okrouhlý, u hranolu *x* pak otvor čtvercový *r*. Zřítmo-li lupou, uztřím dva světlé bozbarvé čtverce, které vespolok se dotýkají. Je-li pak před otvorem *r* tělo pleochromatické, mají čtverce dvě rozličných barev. Lupa *Haidingerova* může sloužiti též co přístroj analyzující.

Mnohobarevnost těl možno vyložiti tím, že v tělech dvojlomných v rozličných směrech rozličné barvy pohlceny bývají a tudíž tělo ve dvou rozličných směrech dvě rozličných barev jeví.

Obr. 347.

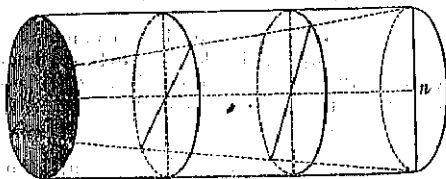


Výjevy křížením světla polarisovaného vznikající pozoroval nejprve Arago (1811) a vyložil Young (1814).

272. Polarisace kruhová. a) Má-li analyseur přístroje polarisačního polohu takovou, že ve světle procházejícím zorný prostor tmavým zůstává, a dáme-li pak před analyseur desku z křišťálu, přibroušenou kolmo na optickou osu a přikrytou plátkem neprohledným, majícím pouze u prostřed malý otvor, kterým jednoduché červené světlo do desky vniká, tož měl by zůstat zorný prostor analyseuru opět zcela tmavým jako dříve, neboť procházejí paprsky křišťálem ve směru s optickou osou rovnoběžném a tudíž dvojité se neličnou. Zorné pole analyseuru objeví se však tmavé teprv tehdy, když analyseur v jistém úhlu se otočí. Některé druhy křišťálu vyžadují otočení analyseuru z původní polohy jeho v pravo, jiné v levo, má-li býti zorný prostor zcela tmavým; jsou tudíž křišťály v pravo točivé a v levo točivé.

Z četných pokusův vysvitá, že úhel φ_1 , v němž potřebí analyseur otočiti, jest nkráté větší, je-li deska nkráté silnější, jákož i že úhel ten větší jest, prochází-li deskou světlo silněji lomné,

Obr. 348.



tak že jest ku př. pro modré světlo větší, než pro žluté. Značí-li φ a φ_1 úhly a l a l_1 délku vln dotýčných barev, má se téměř $\varphi : \varphi_1 = l^2 : l_1^2$.

Prochází-li deskou světlo bílé, vyžaduje každá z barevných částí jeho otočení v úhlu jiném.

Z předcházejícího patrné, že budou mizeti barvy, červenou počítáme, v témž pořadí, ve kterém následují za sebou ve vidmu hranolovém, jákož i že vzniknou barvy smíšené, tak že deska neobjeví se nikdy ani zcela bílou ani zcela tmavou.

Z výjevů právě vylknutých vyplývá, že polarisačné roviny paprsků křemenovými hraněmi procházejících v kruhu se otáčejí, pročež paprsky takové kruhově polarisované slovou (Arago 1811).

b) Naplníme-li skleněnou trubici, která jest na obou koncích skleněnými deskami uzavřena a na povrchu neprohlednou látkou opatřena, roztokem cukru a vložíme-li trubici mezi oba hranoly Nikolovy, z nichž jeden co polarisující, druhý co analysovací přístroj slouží, tož shledáme, že roztok rovinu polarisačnou v pravo otáčí (jak to znázorňuje obr. 348.).

Jako v roztoku cukru jeví se kruhová polarisace též v jiných kapalinách (jako ku př. v mnohých silicích, v roztoku některých solí a v mnohých kapalinách rostlinných a živočišných), jsou-li ve trubici poněkud delší uzavřeny. V kapalinách otáčí se však rovina polarisačná v úhlu menším než ve křišťálu. (Biot 1816—1818.)

Kapaliny v *pravo* točivé: silice citronová, roztok cukru hroznového, třtinového a řepového, dextrin (gumma škrobová), roztok kafru v alkoholu, roztok kyseliny vinné atd.

Kapaliny v *levo* točivé: silice terpentínová, voda bobkotřešňová, cukr ovočný (pokud jest kapalný), roztok gumy arabské a inulinu atd.

Cukroměry (saccharimetry) zovou se přístroje, jimiž možno určit množství cukru, obsaženého v nějaké kapalině (ku př. ve šťávě z řepy vytlačené). Byloť pozorováno, že v roztoku cukru polarisačná rovina tím více od polohy původní se odchyluje, čím více cukru v kapalině obsaženo, a v tom základě upraveny jsou cukroměry.

Cukroměr skládá se ze dvou hranolů Nikolových, z nichž jeden co přístroj polarisující, druhý co přístroj analyzující slouží; mezi oběma hranoly jest pak neprohledná, na obou koncích skleněnými deskami uzavřená a dotýčným roztokem cukru naplněná trubice. Hranol analyzující otáčí se v kruhu ve stupně rozděleném, aby bylo možno měřiti odchylku roviny polarisačné. Poněvadž se rozkládá světlo v barevné paprsky a každá barva otočení analyseuru v jiném úhlu vyžaduje, má-li zmizeti, tož objeví se postupně v roztoku cukru v *pravo* točivé barvy: červená, pomerančová, žlutá, zelená, modrá a fialová, v roztoku v *levo* točivém objevují se barvy v pořadí převráceném. V prvním případě otáčí se analyseur tak dlouho, až se jeví zorný prostor *nachové fialový*.

Čím *delší* jest trubice a čím *více* cukru v roztoku obsaženo, tím více odchyluje se rovina polarisačná z původní polohy, ač rozhoduje zde i jakost cukru.

Roztok cukru má býti, pokud možno, *bezbarvý* a nesmí obsahovati příměsíkův, kterými se mění odchylka roviny polarisačné.

c) Polarisační kruhovou lze vyložit takto: Stýkají-li se dva vespolek *kolmé* vychvěje *též šířky* ale *nestejné délky*, tak že délky jich liší se o *lichý počet čtvrtí vln*, tož chvěje se částice étherová v dráze *kruhové, kolmé na směru paprsku* a sice; v *levo*, t. j. z pravé strany v levo, když rozdíl drah $n\lambda + \frac{1}{4}$ obnáší; v *pravo* pak, je-li rozdíl ten $n\lambda + \frac{3}{4} \lambda$.

Paprsek přímočárně polarisovaný, procházející hmotou, ve které rovina polarisačná se otáčí, rozkládá se ve dva opácným způsobem polarisované paprsky, kteréž hmotou kruhově polarisující *nestejnou* rychlostí procházejí a tudíž v rozličných měnách z ní vyšedše opět jediný přímočárně polarisovaný paprsek skládají, jehož polarisačná rovina jeví se pak vzhledem ku rovině polarisačné paprsku dopadajícího v *pravo* neb v *levo* otočena.

Že paprsek skutečně ve dva opácným způsobem polarisované se rozkládá, dosvědčil *Fresnel* přímo zkouškami.

273. Polarisační eliptická. (*Brewster* 1830.) a) Dopadá-li paprsek přímočárně polarisovaný na kovové zrcadlo v jistém úhlu

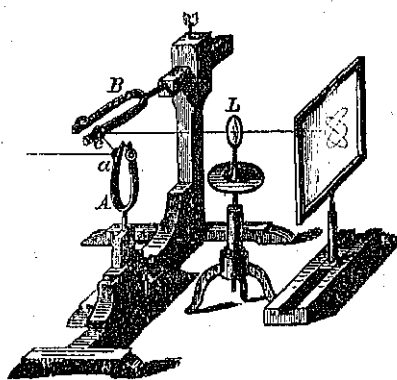
(ku př. na zrcadlo ocelové v úhlu 75°) a odraží-li se tak, že rovina odrazu s původní rovinou polarisačnou svírá úhel 45° , tu mění se odražený paprsek. Vedeme-li jej ku př. na vápenec dvojlomný, uvidíme vždy dva obrazy nesterjné jasné, necht jest poloha hlavního řezu jakákoliv. Otáčíme-li hráh jakkoliv, mění se jasnost obou obrazův, nikdy však jeden z nich nemizí. Paprsek není tudíž polarisován. Že však není to paprsek obecný č. přirozený, vyplývá z toho, že jeví se polarisován úplně v jediné rovině, byl-li opět od stejného zrcadla v témž úhlu (od zrcadla ocelového v úhlu 75°) odražen. Polarisačná rovina tohoto paprsku svírá pak s prvou rovinou odrazu úhel menší než 45° , tudíž úhel menší než ten, v němž jest paprsek k původní polarisačné rovině skloněn. Paprsek není tudíž v kruhu polarisován, neboť by byly tyto dva úhly stejny. Paprsek odrazem od kovového zrcadla tak změněný, že jeví vlastnosti právě vytknuté, zove se paprskem *elipticky polarisovaným*.

b) Je-li světlo elipticky polarisováno, chvějí se částičky étheru v elipsách, kteréž jsou v témž paprsku sobě vespolek rovné a na směr paprsku kolmé. Elipsy tyto vznikají jako kruhy, v nichž se chvěje éther světla v kruhu polarisovaného. Rozdíl měn výchvějných jest však mezi $nl + \frac{l}{4}$ a $nl + \frac{3}{4}l$ aneb mezi $0l$ a $\frac{n}{2}l$.

H. Přístroje opticko-akustické.

274. Křivky opticko-akustické. a) Opatříme-li jedno rameno laděcí vidlice na vnější straně rovným zrcadélkem kovovým a druhé rameno na souměrném místě závažíčkem stejné váhy a stejného tvaru a dopadá-li na zrcadélko malým otvorem paprsek silného světla, tož uvidíme v zrcadélku obraz otvoru co jasný bod, pokud vidlice v klidu zůstává. Třeme-li však vidlici silně smyčcem, aby se chvěla a jistý tón dávala, tož uvidíme v zrcadle *světlo proužku* (viz odst. 253. 4.). Otáčíme-li chvějící se vidlici okolo osy její, nemohou obrazy na sítnici se pokrývat, protož uvidíme klikatou čáru, kteráž značí vlnu, dotýčenému chvění vidlice příslušnou.

Obr. 340.



Dopadá-li na zrcadélko velmi silné světlo slunečné, elektrické neb Drummondské, tož můžeme upravití přístroj tak, aby vznikly

dotyčné světlé proužky na bílé stěně, kdež možno mnohým pozorovatelům je ukázati. Aby pak světlo od zrcadélka odražené v bodu, ve kterém stěny dostihne, se soustředilo, vedeme je čočkou sběrací, která jest ode stěny tak vzdálena, jak velikou má dálku ohniska.

b) Chvějí-li se dvě laděcí vidlice *A* a *B* (obr. 349) v rovinách vespolek kolmých a dávají-li týž tón (tak že mají se výšky tónův jako 1:1), tož vzniká na stěně ellipsa, jejíž tvar řídí se rozdílem výchvějných měn obou vidlic. Je-li rozdíl měn 0, $\frac{1}{2}$ a 1, tu povstává z elipsy světlá přímka, kteráž tvar i polohu stále podržuje, pokud jsou tóny obou vidlic zcela stejné. Liší-li se jeden od druhého jen velmi nepatrně, nabývá ellipsa postupně všech tvarů, kteréž přísluší jednotlivým rozdílům měn výchvějných.

Liší-li se dva tóny výškou jen nepatrně od sebe, vznikají pak *ndrazky* (odst. 224. b), kteréž s křivkou nejprvé se objevivší vždy tak splývají, že možno počet nárazův ve vteřině okem pozorovati a tudíž rozdíly tónův určití a vidlice tak naladiti, aby dávaly tóny zcela nerozdílné.

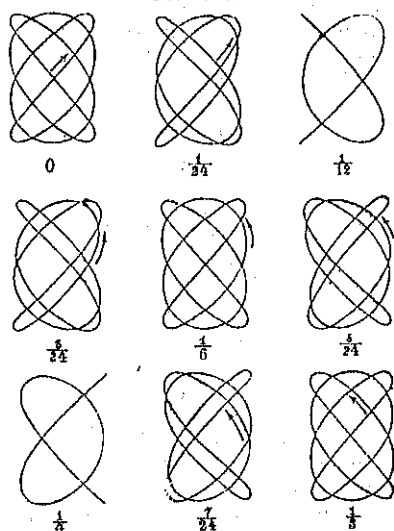
Jsou-li výšky tónův obou vidlic v poměru 1:n aneb m:n a má-li m a n rozličné hodnoty, tož objeví se na stěně též rozličné křivky tvaru velmi pěkného, jež *Lissajous* vypočetl.

Na obr. 350. viděti křivky, jež vznikají, když dává jedna vidlice tón, který jest quartou tónu, jež dává vidlice druhá, tak že značí $\frac{3}{4}$ poměr obou tónův. Čísly pod obrazei jsou vytknuty rozdíly výchvějných měn a šípky značí směr pohybu světla.

1. Připevníme-li na tenkou tyč malou, lesklou kuličku kovovou, a dává-li tyč, chvěje se, nějaký tón, tož spatříme v kuličce, která co vypuklé zrcadlo působí, tytéž obrazce jako když se chvějí dvě vidlice v rovinách vespolek kolmých, z čehož patrné, že se chvěje tyč ve dvou vespolek kolmých směrech. Z tvaru obrazce možno pak určití poměr výšky jakož i měny obou tónův, které by chvěním v každém směru o sobě vznikly a z nichž skládá se tón, který tyč dává. *Wheatstone* sestrojil v tom základě svůj *kaleidofon*, který se skládá z více naladěných tyčí, majících rozličné poměry výšky dotyčných obou tónův. *König* upravil k tomu cíli jen jedinou tyč, kteráž jest na konci lesklou kuličkou kovovou a po délce stupnicí opatřena, tak že ji možno u jisté rozdělovačí čárky ve svěráku připevniti.

2. Jsou-li obě vidlice tak postaveny, že zůstávají zrcadélka spolu vždy rovnoběžna, a dávají-li týž tón, uzkřme na stěně světlý bod, jsou-li obě měny

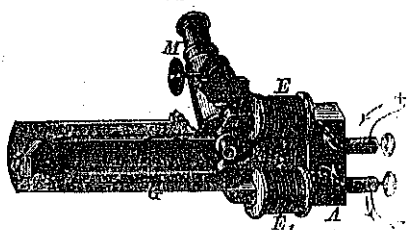
Obr. 350.



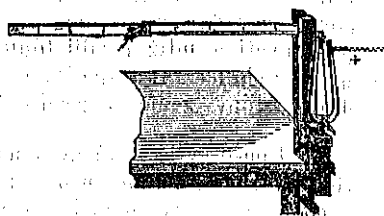
sobě *protivně*. Liší-li se tóny vidlice výškou jen nepatrně, čehož docílíme snadně, přilepivše na jedno rameno jedné vidlice malý kousek vosku, tu bude střídavě bod v přímku se rozšiřovati a opět se smršťovati. Při každém *zárazu* má přímká největší délku, tak že možno opět počet nárazův ve vteřině a tudíž také poměr výšky obou tónův určití.

c) Křivky opticko-akustické možno pozorovati též dle návodu *Helmholtzova* (1862) drobnohledem *M* (obr. 351.), který má otáčici upravenou jako jiný drobnohled, *předmětnici* však připevněnou na konci jednoho ramene vidlice *G*, vodorovně položené a na konci druhého ramene opatřené závažíčkem, jež udržuje předmětnici v rovnováze. Zní-li vidlice a nalézá-li se v tom místě, kde bývá předmět, jež drobnohledem pozorujeme, světlý bod, tož uzmíme bod tento co světlou přímkou. Je-li pak bod tento v těle, které chvěje se v rovině kolmé na rovinu onu, v níž se chvěje vidlice, tož uzmíme dotýčnou *křivku Lissajousovou*, z jejíhož tvaru poměr obou tónův určití možno. Vidlice chvěje se účinkem elektromagnetu *EE₁*, ve kterém elektrický proud rychle se přerušuje.

Obr. 351.



Obr. 352.



275. Vlnění těl nitovitých možno pozorovati zcela patrně pomocí přístroje, jež sestavil *Melde* (1860). Hedbávná neb lněná nit připevní se jedním koncem na kolíčku v ohybu laděcí vidlice (obr. 352.), druhý pak konec její spojí se s kolíčkem, který na tyči 1^m dlouhé a v centimetry rozdělené se posouvá, tak že možno strunu libovolně zkracovati i prodlužovati, jakož i napínati. Struna dotýká se, jak z obrazce patrně, konce jednoho ramene vidlice, na konci druhého ramene jest pak tenká, 3—4" dlouhá rourka skleněná +, kterou vlhkými prsty po délce třeme, čímž se uvádí rourka, jakož i vidlice v pravidelné chvění a znění, které též niti se sděluje.

Je-li nit dlouhá a napnutá tak, jak toho vyžaduje výška tónu vidlice, a mají-li býti tón nitě a tón vidlice v poměrech určitých (ku př. 1:1, 1:2...), tož uzmíme pak polovičné vlny a uzly na niti zcela patrně.

a) Otočíme-li vidlici z polohy, ve které jest vyobrazena na obr. 352., v úhlu 90°, bude pobádati nit, která má polohu vodorovnou, ve

chvění *příčné*; dává-li pak *ntý* díl celé délky nitě *tyž* tón jako vidlice, tu vznikne na niti *n* polovln.

b) Má-li vidlice polohu, jako na obr. 352., chvěje se nit *podélně* a musí dávatí oktavu tónu vidlice, má-li vzniknouti opět *n* polovln.

c) Je-li vidlice v poloze u prostřed mezi oběma v a) a b) vytknutými polohami, vzniká v niti chvění *podélně* i *příčné* současně a poněvadž mají se dotýčné tóny k sobě jako 1:2, povstávají co výsledek chvění v obou směrech na niti křivky *Lissajousovy*.

d) Je-li i druhý konec nitě na jiné laděcí vidlici připevněn, a zní-li obě vidlice, tu chvěje se nit ve křivkách tvaru velmi rozmanitého, i bude pak možno též *nárazy* rozeznati.

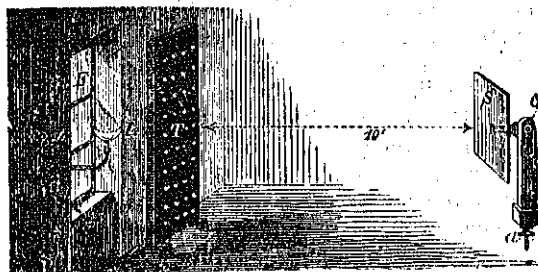
Přístroj právě popsany možno sestaviti způsobem jednodušším, přilepíme-li jeden konec nitě voskem na rameno vidlice a druhý konec na jakýkoli stojan. Tréme-li vidlici silným smyčcem aneb udeříme-li do ní paličkou korkovou, aby se chvěla, uztříme, je-li délka nitě tónu vidlice přiměřena, vlny na niti taktěz zcela patrné.

276. Vlnění desk znějících možno dle návodu *Kundtova* (1866) pozorovati takto: Černá deska *T* (obr. 353.), mnohými otvory opatřená a na zadní straně bílým papírem hebavým po-

vlečená, osvětluje se slunečným světlem, které oknem *F* na ni dopadá, aneb světlem plynovým *L*. Otvory průsvitným papírem zakrytými prochází pak světlo tak, že jeví se otvory tyto co světlé body v kovové desce *S*, která jest postříbřena neb poplati-

nována. Chvěje-li se však deska *S* a dává-li jistý tón, vznikají ze světlých bodův světlé obloukovité čáry, z jejichž tvaru možno určití způsob, kterým deska *S* se chvěje.

Obr. 353.



Chvění těl možno pozorovati dle návodu *Toeplerova* (1866) též deskou stroboskopickou, t. j. kotoučem, ve kterém jsou na obvodu otvory stejně od sebe vzdálené, jimiž na chvějící se tělo zíráme. Otáčeli-li se deska, přichází střídavě před oko otvor a plná část kotouče mezi dvěma otvory, v kterémžto posledním případě ovšem chvějícího se těla nevidíme a tudíž měny výchvějné, kterou právě tělo má, pozorovati nemůžeme. Poněvadž však dojem obrazu na sítnici déle potrvá, splývá obraz měny, kterou jsme spatřili otvorem prvním, s obrazem měny, na kterou zíráme otvorem druhým, v jediný výchvěj určitěho tvaru. Otáčeli-li se kotouč *přiměřenou rychlostí*, bude možno výchvěje těla dokonale pozorovati.

277. Znění plamenův. a) V době novější (1857) shledal *Schaffgotsch*, že tónem syreny, laděcí vidlice a j., který vzniká blíže znějící harmoniky chemické (str. 234.) a s tónem harmoniky téměř stejný aneb jeho vyšší oktávou jest, sloupec vzduchový, ve trubici se chvějí, se uvádí v pohyb, který jeví se tím, že plamen rychle se pohybuje aneb docela zhasíná, je-li malý a dává-li syrena tón silnější. Jsou-li tóny zcela stejné, hoří plamen zcela klidně, z čehož patrně, že pohyb plamene způsobují pouze nárazy.

b) Jak *Tyndall* četnými pokusy dokázal, možno tónem blíže chemické harmoniky vzbuzeným docíliti i toho, že zaznívá i plamen, který dříve žádného tónu nedával, nalézaje se ve trubici v místě takovém, kdež znění nespůsobuje. Jeť toliko potřebí, aby tónem znějícího těla a tónem plamene vznikl určitý počet nárazův ve vteřině.

c) Znění chemické harmoniky způsobují bez pochyby výbuchy rychle za sebou vznikající. Výbuchy tyto měly by však jeviti se v plamenu, který jimi jest ustavičně přerušován. Poněvadž výbuchy velmi rychle za sebou vznikají, zdá se oku, na jehož sítnici dojem déle trvá, že hoří plamen bez přestávky. Chceme-li se přesvědčiti, že plamen ustavičně se přerušuje a že tudíž ve trubici chemické harmoniky rychle za sebou výbuchy se dějí, pohybujeme buď plamen, buď otáčením zrcadla obraz jeho, buď konečně hlavu a tím i sítnici, čímž docílíme toho, že vzniká obraz plamene vždy na jiném místě sítnice.

Dle návodu *Rogerova* (1858) otáčí se velmi rychle rourka, na jejímž konci plyn z ní vycházející se zapálí, a za plamen stává se čočka, kterou vzniká pak na protější bílé stěně pořadí plamenův tmavými prostory od sebe oddělených, z čehož patrně, že plamen výbuchy ustavičně se přerušuje.

278. Působení zvuku v plameny, plyny a kapaliny. Stlačíme-li měch, naplněný svítiplynem tak silně, že uniká z něho úzkou trubicí válcovitou plyn se značným šumotem a zapálíme-li plyn, tu hoří plamenem asi 4 decimetry vysokým. Plamen tento zkrátí se pak velmi značně a rozdělí se ve dvě neb více větví, vzniká-li ve větších vzdálenostech aneb i za zavřenými dveřmi světnice, ve které plamen hoří, tón, kterému přísluší více než 512 výchvějí ve vteřině. Zvuky, jež způsobuje tleskání rukou, postrkování sedadel a stolů atd. působí v plamen mocně i ve větších vzdálenostech. Nejpatrněji působí však v plamen syčení aneb volání silab jako: *his*, *psst* atd. Zkouškami bylo dokázáno, že jest plamen tím citlivější pro dojem zvuku, čím větším tlakem a tudíž čím rychleji plyn výtéká.

Otvor, kterým plyn ze trubice proudí, může býti 2^{mm} až i 1^{cm} široký.

Vysoké čadivé plameny skrácují se tudíž účinkem tónů tak, že pak jasně hoří; malé, jasně svítící plameny možno však účin-

kem tónu, ve větší vzdálenosti zaznívajícího prodloužití tak, že čadí a nejasné světlo dávají.

Dle výkladu *Tyndallovu* (1867) způsobuje plyn, unikaje určitým tlakem z trubice, chvění této trubice, čímž povstává stojaté chvění a tudíž syčení a plápolání plamene. Je-li plamen již blízký tomuto stavu, může do něho přiveden býti účinkem chvění, které trubici bylo sděleno. Trubice přivádí se však ku chvění pouze *spoluzzněním*, tak že pohyb, byť i velmi úsilný, nemůže v plamen působiti, není-li s pohybem znění spojeno, kdežto výchvěje tónu příslušné výšky působí v trubici a tudíž i v plamen velmi patrně.

Pomocí přiměřených tónů možno tudíž světlici plamenem dosti citlivým střídatě osvětlovati a zatemňovati.

Jako v plamen působí znění též v plyny i když nehoří, jako ku př. ve vodík, vzduch, kysličník uhelnatý atd., proudí-li plyny ty účinkem silného tlaku rychle ze trubice. Procházejí-li dotýčné plyny dříve chlór vodíkem a épavkem, budou pohyby jejich patrný.

Postavíme-li nádobu, z níž kapalina otvorem vytéká, na sukno aneb jiný špatný zvukovodič, tož dává vytékající paprsek kapaliny tón nepravidelný. Zaznívá-li však na blízku tón souhlasný s tím tónem, jež dával paprsek dříve, bude tón paprsku opět pravidelný, z čehož patrné, že působí znění též v paprsek vytékající kapaliny (srovnej odst. 162.).

Oddíl osmý.

Nauka o teple.

A. Úvod.

279. Teplota. Držíme-li olovenou kuličku *děle* v plameni kahanu, *zvětšuje se* objem její a konečně olovo *zkapalní*. Příčinou této proměny, jakož i všech takových proměn těl jest *teplo*. Stav, ve kterém tělo se nalezá, když proměny takové, na něm se jeví, zove se také *teplem*. V stavu takovém způsobují těla, když se jich dotýkáme, v nás zvláštní pocit, který nazýváme též *teplem*.

Jak patrně, vyznačujeme slovem *teplo* jistý stav těl, jakož i příčinu toho stavu a pocit, jež těla ve stavu tom v nás vzbuzují. Příliš malé teplo způsobuje pocit nepřijemný, který zoveme *zimou*, příliš veliké teplo jest taktéž nepřijemné a jmenuje se *horkem*. *Zima*, *chladno* neb *studeno* není tudíž úplný nedostatek tepla, nýbrž značí pouze menší množství tepla.

Stav hmoty vzhledem k teplu, kterým hmota v jiná těla působí, zove se její *teplotou* (temperaturou).

Dříve měli učenci za to, že jest teplo látka velmi jemná, pružná, netěžká, kteráž do těl vniká, s nimi se spojuje a je otepluje. Z podstatných příčin, o nichž dále pojednáno, nutno však souditi, že jako výjevy světla tak i výjevy tepla mají původ ve *vlnění étheru* a nejmenších částecích těl *samých*.

Obr. 354.



280. Teploměr. Dotýká-li se teplejší tělo studenějšího, sděluje mu tepla tak dlouho, až mají obě těla teplotu stejnou. Ponoříme-li tudíž skleněnou baňku, která jest velmi úzkou trubicí *b* (obr. 354) opatřena a *rtuť* naplněna, do *teplé* vody, *zahřívá* a *roztahuje se* rtuť tak, že ve trubicí *stoupá*. Dáme-li pak baňku do vody *studené*, nabývá rtuť opět *menšího objemu* a *padá* ve trubicí. Je-li přístroj takový přiměřenou stupnicí opatřen, možno jím měřiti *teplo* těl, kterých se dotýká.

každý přístroj, kterým možno teplotu těl vzhledem k určitému základu měřiti, t. j. určitými jedničkami vytknouti, zove se *teploměrem* (Thermometer).

Ac všechna těla teplem se roztahují, možno přece jen některých co v mezích dosti od sebe vzdálených teple zcela poměrně, t. j. objemu v hmoty musí přibývati tou měrou, kterou přibývá tepla; taktéž nutno, aby hmoty teploměrná, teplo snadně přijímajíc i snadně pozbývajíc každou změnu v teple jevila ihned patrnou změnou v objemu. Kapaliny mohou sloužiti co teploměr jen tehdy, vrou-li a vypařují-li se teprv účinkem vyšší teploty a tuhnou-li teprv značným ochlazením.

Veškerým těmto požadavkům nemůže dostáti ani jediná hmoty úplně; v jistých mezích má však rtuť téměř veškeré vlastnosti teploměrné, proto užívá se nejvíce teploměrů rtuťových.

a) *Teploměr rtuťový* (obr. 355.) skládá se z nádoby kulovité neb válcovité a úzké rourky, která má po celé délce stejný průměr světlosti a nahore uzavřena jest. V nádobce a rource jest rtuť, která teplem se roztahuje. Aby pak mohla volně se roztahovati, jest prostor v rource nade rtuťí vzduchuprázdný. Na rource neb na desce, ku které teploměr bývá připevněn, jest pak stupnice, kterou se měří délka rtuťového sloupce, z níž teplotu posouditi možno.

Obr. 355.



Teploměr rtuťový zhotovuje se takto: Nejprve vybere se rourka, která má po celé délce zcela stejný průměr světlosti. K tomu cíli připevníme na jeden konec rourky neprodyšně kaučukový měchýř (obr. 356.), ponoříme druhý otevřený konec rourky do rtuťi a stlačíme měchýř poněkud, aby část vzduchu se vypudila. Tlakem vzduchu vnějšího vnikne pak do rourky malý sloupeček rtuťový, jehož délku na rozličných místech rourky měříme. Má-li všude délku stejnou, jest vnitřní průměr rourky po celé délce její stejný. Objeví-li se rtuťový sloupek v některé části rourky delší, má rourka v té části průměr menší a nehodí se pak k teploměru, neboť byl by i sloupek rtuťi, teplem se roztahující v té části rourky delší než býti má, z čehož soudili bychom, že působí ve rtuť teplo větší než které skutečně jest.

Má-li rourka po celé délce stejný průměr, zasklí se na jednom konci, načež se k otevřenému konci připevní opět kaučukový, vzduchem naplněný měchýř. Zasklený konec rourky zahřívá se pak v plameni lampy tak dlouho, až jest sklo dostatečně měkké, načež se měchýř stlačí (obr. 357.). Vzduch z měchýře vypuzený tlačí ve všech směrech stejnoměrně na stěny rourky a tak rozšíří se zasklený konec v kuličku.

Je-li rourka velmi úzká, nelze kuličku naplniti rtuťí způsobem obyčejným, poněvadž jediná kapka rtuťi rourku tak těsně uzavře, že vzduch z kuličky uniknouti nemůže. Ponoříme-li však otevřený konec rourky do rtuťi (obr. 358.) a zabíráme-li kuličku, vystupuje z ní vzduch; když pak kulička vychladla, vstupuje do ní účinkem tlaku vzduchu vnějšího část rtuťi z nádoby, což opětuje se tak dlouho, až jest v kuličce a části rourky dostatečné množství rtuťi.

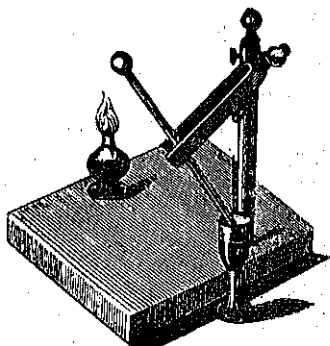
Aby zůstal prostor nade rtuťí vzduchu prázný, vytáhne se otevřený konec rourky v plameni v teninkou trubičku, načež se kulička zahřívá, aby rtuť se roztáhla a vzduch z rourky vypudila. Vycházejí-li trubičkou kapky rtuťové, není nade rtuťí žádného vzduchu více a v tom okamžiku pak otvor rourky v plameni sklářské lampy rychle se zalije.

Takto připravený teploměr nechá se pak po delší dobu v klidu viseti, aby kulička i rourka, jež několikrát zahříváním značně byly se roztáhly, nabyly opět původního svého objemu, načež zhotoví se stupnice.

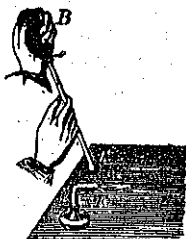
Obr. 356.



Obr. 358.



Obr. 357.



Na stupnici jsou dva hlavní oddíly, totiž tak zvaný bod mrazu (Eispunkt o. Gefrierpunkt) č. vlastně bod tání (Aufthauungspunkt) a bod varu (Siedepunkt). Prvý oddíl značí teplotu, při které led taje, a druhý teplotu, při které voda vře.

Bod varu určí se takto: Plechová nádoba, upravená tak, aby páry volně sice ale oklikou z ní unikati mohly (obr. 359.), naplní se částečně překapanou vodou a skrze zátku hrdla prostrčí se rourka teploměrná tak hluboko, aby kulička (neb nádobka válcovitá) povrchu vody se dotýkala. Páry unikající z vody, která se z dole až k varu zahřívá, mají totiž teplotu jako vařící se voda na povrchu a podržují tuto teplotu tak dlouho, pokud voda se vypařuje. Dostoupí-li tudíž rtuť parami zahříváná jisté výšky v rource, zůstane v této výšce, kterou bodem varu zoveme, dosti dlouho státi, tak že můžeme výšku rtuťí na rource čárkou si poznamenati. Poněvadž voda vyžaduje k varu teploty vyšší, je-li tlak vzduchu větší, dlužno přihlížeti při stanovení bodu varu též ku tlaku vzduchu a opravití stupnici vzhledem ku tlaku vzduchu, o čemž v odst. 302. a 303. pojednáno.

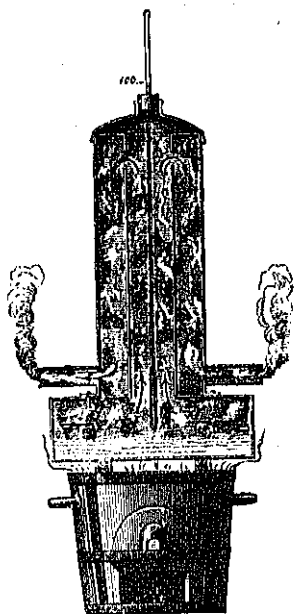
Bod mrazu ustanoví se, ponoříme-li kuličku teploměrnou do tajícího ledu neb sněhu, který jest v nádobě sítovité, aby voda táním vznikající odtékati mohla (obr. 360.). Poněvadž led teploty své nemění, pokud jen ještě dosti malá část jeho pevnou zbyvá, zůstává rtuť, jež ochlazením byla se smrštila, po delší dobu nepohnutě v rource v též výšce státi, tak že možno bod mrazu č. vlastně bod tání na rource naznačiti.

Poněvadž objemu rtuťí od bodu mrazu až k bodu varu přibývá tou měrou, kterou přibývá tepla, můžeme rozdělití délku rourky od bodu mrazu až k bodu varu v jakýkoliv počet stejných dílů,

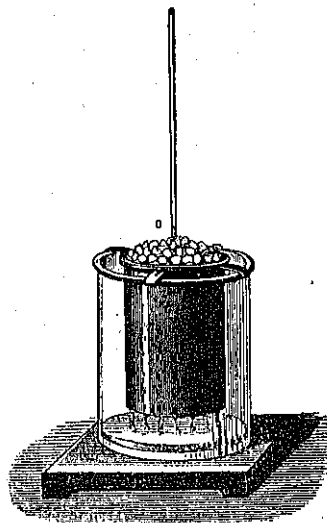
jež stupni se zovou. *Reaumur* rozdělil (r. 1730) délku tuto v 80 stupňův, označiv bod mrazu nullou a bod varu 80. *Celsius* rozdělil (1742) vytknutou délku ve 100 stupňův, naznačiv bod mrazu nullou a bod varu 100. *Fahrenheit* rozdělil (1709) délku od bodu mrazu až k bodu varu ve 180 stupňův, připsal však nullu o 32 stupňův níže pod bod mrazu, tak že označil bod mrazu číslem 32 a tudíž bod varu číslem 212.

Stupně, jež strojem rozdělovacím (viz str. 101.) buď přímo na rource teploměrné, buď na desku, na kterou teploměr se připevňuje, se vyryjí, můžeme přenést i na část trubice nad bodem varu, jakož i na část trubice pod bodem mrazu. Stupně nad bodem mrazu zovou

Obr. 359.



Obr. 360.



se *stupně tepla* a značí se znaménkem + (ku př. $+8^{\circ}R$), pod bodem mrazu jsou pak *stupně mrazu* neb *zimny* a značí se znaménkem — (ku př. $-6^{\circ}C$).

1. Poněvadž teplota $80^{\circ}R = 100^{\circ}C = 180^{\circ}F$, bude vůbec:

$$\pm n^{\circ}R = \pm \frac{5}{4} n^{\circ}C = (32 \pm \frac{9}{4} n^{\circ})F$$

$$\pm n^{\circ}C = \pm \frac{4}{5} n^{\circ}R = (32 \pm \frac{9}{5} n^{\circ})F$$

$$\pm n^{\circ}F = \frac{5}{9} (\pm n - 32)^{\circ}R = \frac{5}{9} (\pm n - 32)^{\circ}C.$$

2. Čím užší rourka u přirovnání k objemu kuličky neb nádoby, tím jest teploměr *citlivější*, t. j. tím patrněji budou jevití se na něm i malé změny teploty. Máme-li však teploměrem určití teplotu nějakého těla, musí se ho

kulička dotýkati, protož má býti co možná nejmenší, aby tělu mnoho tepla neodnímala. Má-li tudíž sloužiti teploměr účelům vědeckým, dělá se kulička velmi malá a rourka má co možná nejmenší průměr světlosti. Při témž objemu bývá povrch válce větší než povrch kule, proto bývají teploměry často opatřeny *válcovitou nádobkou* na místě kuličky.

3. Abychom se přesvědčili o citlivosti teploměru, spůsobíme jakkoliv *velmi malé rozdíly* v teplotě a pozorujeme, zdaž rozdíly ty na teploměru jsou patrný čili nic. Chceme-li se dovědět, zdaž *stupnice* náležitě byla zhotovena a rozdělena, určíme bod mrazu a bod varu spůsobem výše vytknutým a shledáme, jsou-li tyto body na stupnici na příslušném místě vytknuty. Změříme-li stupně, shledáme, jsou-li stejny, a změříme-li délku téhož sloupku rtuťového v rozličných místech rourky, spatříme, má-li rourka všude stejný průměr.

Obr. 361.



Porovnáme-li nějaký teploměr s *teploměrem normálním*, t. j. s teploměrem velmi citlivým a zcela správným, shledáme, v čem oba od sebe se liší; spozorovaný rozdíl můžeme si pak k dalším potřebám poznamenati.

4. Máme-li teploměrem určití teplotu *těl pevných*, dotkneme se jich kuličkou neb nádobkou teploměru a pozorujeme na stupnici, kde rtuť v rource *stála zůstala*. Teploměr budiž v poloze kolmé neb vodorovné, pozorovatel od teploměru *dostatečně vzdálen* (proč?) a oko budiž *ve výšce, již rtuť v rource dosáhla*. Často pozoruje se teploměr kathermetrem (str. 312.). Má-li se stanoviti teplota *těl kapalných* neb *vzdušných*, ponoří se kulička neb nádobka do nich a stupnice pozoruje se jak právě vytknuto. Kapaliny se dříve jak náležitě promíchají, poněvadž bývá teplota jejich v rozličných vrstvách rozličná.

Chceme-li pozorovati teplotu vzduchu, zavěsíme teploměr ve stínu (na straně severní) co možná nejdále ode zdi i od země, ve vytopené světnici budiž teploměr od kamen i od oken, od podlahy i ode stropu pokud možno stejně vzdálen a na *špatném teplovodiči* (odst. 281.), pokud možno na delším háku ve vzduchu zavěšen, aby ukazoval teplotu vzduchu a nikoliv *těl jiných*, jichž by se dotýkal.

5. Za vynálezce teploměru pokládá se vůbec Holanďan *Drebbel* (1638), ač mnozí učenci tvrdí, že *Galilei* mnohem dříve (1597) teploměr sestrojil. Teploměr *Drebbelův* (obr. 361.) skládal se ze skleněné trubice na zavřeném konci v kuličku *A* rozšířené a otevřeným koncem do nádobky *B* ponořené. V kuličce a trubici se vzduch zabřátím dříve zředí, čímž stává se, že barevná kapalina (ku př. roztok skalice modré) účinkem tlaku vnějšího vzduchu až k určité výšce *m* ve trubici vystoupí. Přibývá-li teploty, roztahuje se vzduch v *mA* uzavřený a kapalina stlačuje se ve trubici níže, ubývá-li teploty, stoupá kapalina výše.

b) *Teploměr líhový*. Při -40°C . rtuť tuhne, načez ani se nesmršťuje ani neroztahuje *tou měrou*, kterou tepla ubývá neb přibývá. *Nepravidelné* této proměny v objemu doznává však rtuť již *dříve, než ztuhla*, z čehož patrné, že nehodí se teploměry rtuťové ku pozorování teploty velmi nízké. K účelům takovým slouží pak *teploměr líhový*, v němž na místě rtuti *bezvodý barevný líh* obsažen. Líh roztahuje se totiž i při velmi nízké teplotě *tou měrou*, kterou tepla přibývá, a nepřechází při žádné posud známé teplotě v skupenství pevné.

1. Při teplotě nad nullou roztahuje se líh teplem velmi *nepravidelně*, proto stanoví se stupně tepla na teploměru líhovém, zabříváme-li vodu, jejíž

teplotu dobrým teploměrem rtuťovým ustavičně měříme, postupně tak, aby měla 1° , 2° , 3° , 4° ... a naznačíme-li na stupnici líhového teploměru do vody té ponořeného vždy dotýčený stupeň tepla. Podobně určují se též jednotlivé stupně teploměru rtuťového, jehož rourka nemá po celé délce stejného průměru světlosti.

2. Ku měření teploty tak nízké, že i líh počíná v ní již houstnouti (-90°C) užívá se též teploměrů *sloučkových* a *chlóroformových* co tak zvaných *mrzoměrů* (*kryometrů*).

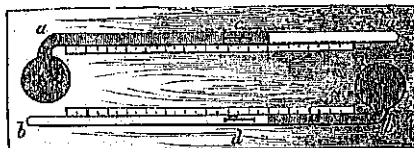
3. Ku měření teploty mnohem vyšší než jest bod varu slouží tak zvané *žároměry* (*pyrometry*), o kterých na jiném místě pojednáno.

4. Teploměru líhového užívalo se mnohem dříve než rtuťového a teprv později užívání jeho omezeno, tak že nyní pouze ku měření teploty pod nulou slouží.

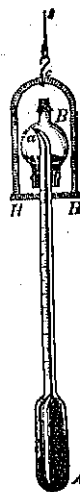
c) Při pozorováních vědeckých jest často potřebí určiti, jaký byl v jisté době v nějakém místě *nejvyšší* a *nejnižší* stupeň tepla. Ku pozorováním takovým slouží *teploměrný přístroj Rutherfordův* (1794), který skládá se

z teploměru rtuťového *bb* (obr. 362.) a teploměru líhového *aa*. Rourka teploměru rtuťového *bb* má tak veliký průměr světlosti, že může v ní se posouvat železná (ocelová, aluminiová neb dřevěná) tyčinka *d*, kterou rtuť, teplem se roztahující, před sebou dále pudí, a ochlazením se smršťující za sebou ostavuje, tak že konec tyčinky obrácený ke rtuti zůstává při tom oddílu stupnice, kterého rtuť dostihla. V teploměru líhovém *aa* jest skleněná tyčinka *c* barvy jiné než má líh. Smršťuje-li se líh ubýváním tepla, táhne tyčinku, ku které lne, s sebou nazpět; roztahuje-li se líh teplem, postupuje kolem tyčinky ku předu a poněvadž jest pak přílnavost jeho ku tyčince ve všech směrech stejná a tudíž se vzájemně ruší, zůstává tyčinka v témž místě, tak že konec její ke kuličce obrácený značí nejmenší teplotu v tom kterém místě v určité době.

Obr. 362.



Obr. 363.



1. Oba teploměry bývají na skleněné neb dřevěné desce *v protilehlém směru* připevněny a připraví se ku každému novému pozorování tím způsobem, že deska postaví se kolmo tak, aby byla kulička *a* obrácena vzhůru; tu klesne pak tyčinka *c* i tyčinka *d* dolů, tak že dotýkají se obě konci svými povrchu kapaliny, načež se deska opět vodorovně postaví. Aby nemohla tyčinka *c* do kuličky *a* padnouti, kdyby tato omylem dolů byla obrácena, jest teploměr *aa* při kuličce zahnutý.

2. Poněvadž otřesením přístroje Rutherfordova železná neb ocelová tyčinka do rtuti padá a pak magnetem z ní vytahovati se musí a poněvadž po čase tyčinky ke rtuti lnou a s ní nazpět se pohybují, upravili *Negretti* a *Zambra* v době novější přístroj Rutherfordův v ten způsob, že rourku teploměru rtuťového *bb* blíže kuličky ohnuli a v záhybu skleněnou tyčinku do ní vložili, tak že rtuť těsným prostorem mezi stěnou rourky a ty-

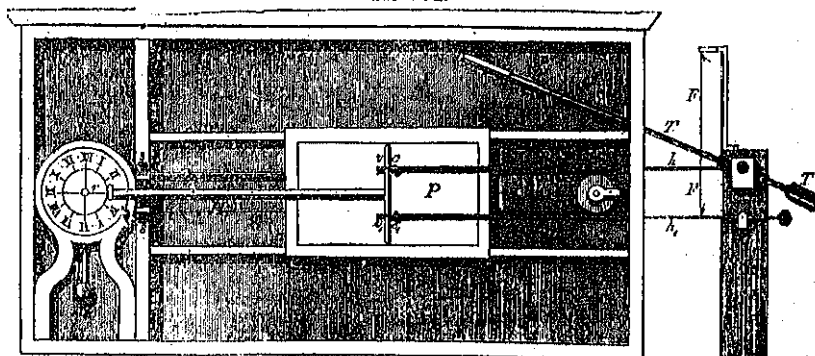
činkou může sice postupovati ku předu, nikoliv však do kuličky nazpět, neboť leží-li rourka vodorovně a smršťuje-li se rtuť, byvši ochlazená, tu jest tření v dotýčeném průchodu větší než spojivost rtuť, tak že všecka rtuť v rource zůstává. — Podobným způsobem upravil *Geissler* (1864) teploměr rtuťový, preferenzu rourku blíže kuličky a vytáhnuv oba otevřené konce rourky v trubičky s otvory velmi úzkými. Obě části rourky byly pak širší trubici opět v celek spojeny a úzkými otvory k sobě přiblíženy. Úzkými otvory postupuje rtuť v rource ku předu, nikoliv však nazpět.

3. Je-li teploměrná rourka na konci *a* (obr. 363.) otevřena a nalézá-li se teploměr *A* v místě, kdež teplota tak jest veliká, že rtuť výše než ku bodu *a* v rource by vystoupila, tož bude otvorem *a* rtuť do nádoby *B* vytékati. Dáme-li teploměr *A* a jiný obyčejný teploměr *T* do vody, kterou tak dlouho zahříváme, až rtuť v teploměru *A* k otevřenému konci *a* dostoupí, tož bude na teploměru *T* určen počet stupňů tepla, při kterém rtuť z otvoru *a* vytékati počíná. Tento počet stupňů značí pak teplotu v dotýčeném místě, kdež rtuť z teploměru *A* vytéká. Teploměrův s výtokem rtuť, jež sestrojili *Magnus*, *Walferdin* a j. užívá se s prospěchem ku měření teploty v rozličných hloubkách vrtaných (artéských) studní. — Podobným způsobem jsou též upraveny teploměry s výtokem, jež upravili *Walferdin*, *Hick* a *Cassella* ku měření nejnižší teploty v určitém místě.

4. V cukrovarech a jiných závodech bývá potřebí dověděti se, v kterém okamžiku teplota určitého stupně dosáhla. K tomu cíli bývá do rourky v jisté výšce, t. j. při určitém stupni teploty zapuštěn drát platinový a druhý drát jest zasklen v kuličce neb nádobce teploměrné. Oba dráty bývají spojeny s přístrojem galvanickým. Dostoupí-li rtuť v rource určitého stupně, jsou oba konce drátů rtuť spolu spojeny a elektrický proud jest pak uzavřen, tak že může působiti v nějaký přístroj ku př. v budíček, který zvukem svým oznamuje, že teplota určitého stupně dosáhla. — *Morin* (1864). Podobně může býti upraven též tlakoměr *Fortinův* (obr. 155.), aby bylo určitě známo, že bodec povrchu rtuťi v nádobce se dotýká.

d) *Teploměr zapisovací* (Thermometrograf) jest sestrojen tak, že tužkou na papíře značí teplotu vzduchu v určité době. K tomu cíli bývá teploměr *TT* (obr. 364.) upraven co páka dvouramenná,

Obr. 364.

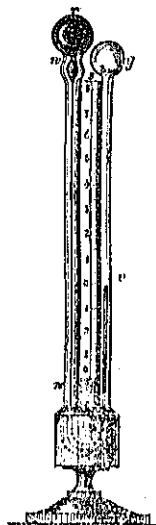


nestejnoramenná. Čím výše stoupá rtuť ve trubici, tím níž dotýká se tužka *c* papíru *P*, který hodinovým strojem ku předu se pohybuje a na němž tužka čárku dělá. Za 24 hodin vyměňuje se papír za jiný.

Co teploměru zapisovacího možno též použití drátu FF , asi 10° (nebo i více) dlouhého, který jedním koncem upevněn má na druhém konci očko, jímž prostrčeno rameno páky h_1 , která jest na konci opatřena tužkou e . Roztahuje-li se drát toplo, dělá tužka e , na papíře P čáry níže, než když drát ochlazením se smršťuje a rameno h_1 zdvihá.

Obr. 365.

e) *Teploměr rozdílový č. diferenciální* jest rourka teploměrná ve tvaru písmene U zahnutá (obr. 365.) a na obou koncích stejně velikými skleněnými kulemi g a r opatřená. V rource jest kyselina sirková, modře nebo červeně zbarvená, a prostor nad ní vyplňuje s obou stran vzduch. Pokud má vzduch na obou stranách tutéž teplotu, zůstává kyselina v klidu a stojí ve trubici *vg* u bodu v , kdež jest připsána nulla. Zahřeje-li se jedna z kulí jen poněkud, tak že teplota její od teploty druhé kule jen nepatrně se liší, stlačuje zahřátý vzduch kyselinu, tak že ve druhé rource stoupá. Je-li stupnice řádně upravena (přímými zkouškami určena), ukazuje pak teploměr rozdíl ve stupních teploty vzduchu v kulích obsaženého a slove proto *teploměrem rozdílovým č. diferenciálním*.



Teploměr *Leslieho* (1804) má kuli r výše položenou a černě natřouou. Při stejné teplotě vzduchu v obou kulích vyplňuje kyselina sirková, kteráž udržuje vzduch vždy suchý, jedno rameno zcela a druhé až ku bodu v . — *Rumfordův* (1806) diferenciální teploměr má obě kule v též výšce spojené delší trubici vodorovnou, v níž se pohybuje krátký sloupek kyseliny, stupnice jest pak na trubici vodorovné.

B. Šíření se tepla.

1. Rozvádění tepla.

281. Teplovodiči. Dotýkají-li se vespolek dvě těla nestejné teploty, sděluje teplejší studenějšímu tepla tak dlouho, až jest teplota obou těl *v rovnováze*.

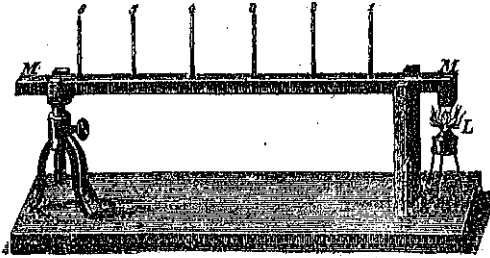
Zahříváme-li tělo na jednom konci, sdělují zahřáté částice tepla sousedním studenějším, tyto pak sdělují tepla opět částicím následujícím a tak postupuje teplo od částice k částici, až mají *veškeré* částice teplotu *vysší*, jejíž stupeň řídí se teplotou zdroje teplotového a vzdáleností částic ode zdroje toho.

Teplo *rozvádí se* od částice ku částici v tělech *rozličných rychlostí rozličnou*; těla, ve kterých teplo *rychle* celou hmotou se rozšiřuje, zovou se *dobrymi teplovodiči*; *špatní vodičové tepla* jsou pak ona těla, ve kterých teplo *zvolna* od částice ku částici *postupuje*.

Je-li dobrý teplovodič špatnými teplovodiči obklopen, tož jest vzhledem k teplu osamotěn, špatní vodičové slovou v případě tom *osamotičí tepla* (Wärme-Isolatoren).

282. Vodivost tepla těl pevných. Vodivost tepla těl pevných určuje se dle návodu *Ingenhoussova* (1784) tyčinkami *stejně délky a tloušťky* z rozličných těl pevných zhotovenými, a stejně silnou vrstvou vosku povlečenými. Tyčinky připevňují se na postrannou stěnu plechové nádoby, ve které olej neb voda se zahřívá. Čím lepší teplovodič jest tyčinka, tím *rychleji* a tím *dále* vosk se roztaví.

Obr. 366.



Despretz použil (1827) ku zkouškám čtyřhranných tyčí kovových *MM* (obr. 366), kteréž měly ve stejných vzdálenostech prohlubiny se rtuť a teploměry 1, 2 atd. Tyče zahřívaly se na jednom konci kahanem *L*. Z četných zkoušek vyplývá, že *teploty příčných průřezů tyče ubývá v řadě geometrické, přibývá-li vzdálenosti těch průřezů ode zdroje tepla v řadě arithmetické; vodivosti tepla rozličných kovů mají se k sobě jako čtverce vzdálenosti ode zdroje tepla, ve kterých rozdílly tepla vzhledem ke vzduchu jsou sobě rovný.*

Zákon tento jest však *pouze přibližně pravý* a platí *pouze o vodivosti tepla kovů.*

1. *Nejlepší* vodičové tepla jsou *kovy, dobří* vodičové *kameny*, dosti špatní vodičové rozliční druhové *skla*; dříví, sláma, seno, uhlí, popel, země, hlíněné nádoby, vlna, vlasy, chlupy a snh jsou *špatní* vodičové tepla.

2. Těla jsou tím špatnějšími vodiči tepla, čím jsou pórovatější. — Ve dřevě rozvádí se teplo směrem lét lépe než kolmo na směr lét.

3. *Hrané opticky jednoosé a dvouosé* mají ve dvou rozličných směrech rozličnou vodivost tepla (*Senarmont* 1847 a 1848).

4. Dobří vodičové tepla zdají se býti vždy *teplejšími* neb *studenějšími*, dotýkáme-li se jich (proč?). — Šat letní a zimní. — Střechy pokryté došky, šindelem, taškami, břidlicí a kovovými deskami. — Pokrývání studní, stromů, kamenné dlažby atd. špatnými vodiči. — Dřevěné rukověti žehliček, pohrabáčů atd. — Snh. — Ohnivzdorné pokladnice. — Lednice. — Kamna železná a hlíněná. — Jiné příklady dobrých a špatných vodičů tepla a užívání špatných vodičů co samotičů.

283. Vodivost tepla kapalin. a) Zahříváme-li kapalinu *zdola*, *roztahují se teplem* nejprve částice na dně nádoby a jsouce *řidší* a tudíž *lehčí* stoupají vzhůru, *studenější* a tudíž *hustší* a *těžší* částice klesají pak ke dnu a byvše zahřáty stoupají opět vzhůru, tak že postupně veškeré vrstvy kapaliny se zahřejí.

1. O tomto proudění kapaliny z dolu zahříváné možno přesvědčiti se, namícháme-li do vody prášku jantarovéhoho.

2. Ve vodivosti tepla vody z dolu zahříváné zakládá se topení horkou vodou. Voda zahřívá se v kotli, do něhož ústí roura jedním koncem v horější stěně kotle, druhý otvor roury sahá pak téměř až ke dnu kotle. Kotel i roura jsou vodou zcela naplněny; roura stoupá nejprve vzhůru do místnosti, která má se vytápěti, a jest pak opět dolů ohnuta. Zahřátá voda stoupá z kotle do roury, ochlazená klesá pak z roury na dno kotle, čímž vzniká ustavičné proudění vody. Na místě jedné roury širší užívá se často více trubic užších, aby vzduch, stýkaje se s větším povrchem vyhřátým, mohl více tepla trubicím odnímatí a více se zahřívati.

b) Zahřívá-li se kapalina *s hora*, jest proudění její nemožno. Zahřáté částice, jsouce *řidší* a tudíž *lehčí* zůstávají nahoře a teplo jen *velmi zdlouha* dolejšími částicím se sděluje. Vyjímaje rtuť jsou tudíž kapaliny *špatní vodičové* tepla. Jak *Despretz* (1839) dovedil, platí o vodivosti tepla kapalin tytéž zákony, jimiž spravuje se vodivost tyčí kovových.

c) Ochladuje-li se kapalina, *chladnou* a houstnou nejprve horější vrstvy a jsouce *těžší* padají ke dnu, jiné teplejší, řidší a *lehčí* vrstvy přicházejí na jich místo a tak *ochlazuje se prouděním* celá kapalina.

Voda ochlazuje se způsobem právě vytknutým tak dlouho, až má naskrze teplotu $+ 3^{\circ} R$., kdež jest *nejhustší*, načež *proudění přestává*. Ochladí-li se horější vrstva ještě více, tak že teplota její pod $+ 3^{\circ} R$ padá, tu počíná opět řidnouti a nemůže tudíž klesnouti ke dnu. Dalším ochlazením proměňuje se konečně voda v led.

1. Že má voda při teplotě $+ 3^{\circ} R$ největší hustotu, možno dokázati pomocí hustoměru, jímž hustotu vody při rozličné teplotě skoumáme.

2. Ponoříme-li úzkou rourku s vodou a rtuťový teploměr do kapaliny, kterou poněkud ochlazujeme, klesá rtuť i voda v rource tak dlouho, až jest teplota kapaliny $+ 3^{\circ} R$. Ochlazuje-li se kapalina ještě více, klesá rtuť níže, voda v rource však stoupá, z čehož patrně, že má voda největší hustotu při teplotě $+ 3^{\circ} R$.

3. Na vodách hlubokých tvoří se led teprv tehdy, když vzduch již po delší čas několik stupňů zimy jeví. Z vody vychází tudíž v zimě jakož i z studených nocí v létě teplo do vzduchu.

4. Ve vodách *rychle proudících* míší se chladnější vrstvy s teplejšími a led počíná se tvořiti *na dně* a *na břehu*. Proudem vyniká led na dně vytvořený na povrch vody, kdež utvoří pak teprv vrstvu celistvou.

284. Vodivost tepla vzdušin. Jsou-li vzdušiny ve prostoru se všech stran uzavřeném a zahřívají-li se z dolu, vzniká v nich proudění vrstev teplejších vzhůru a studenějších dolů ještě *patrněji* než u kapalin. V tomto případě jeví se vzdušiny co *dobří teplovodiči*, ve všech ostatních případech jsou však *špatní teplovodiči*, ač nesnadno zkouškami přímo toho dovediti.

Vodivost tepla rozličných vzdušin jest *rozličná*, ač *vždy dosti nepatrná*, což vyplývá z toho, že drát, proudem elektrickým v kyslíku a dusíku až do běla rozpálený, ve vodíku účinkem téhož proudu se nerozpaluje. Vodík jest tudíž *lepším* vodičem tepla než kyslík a dusík.

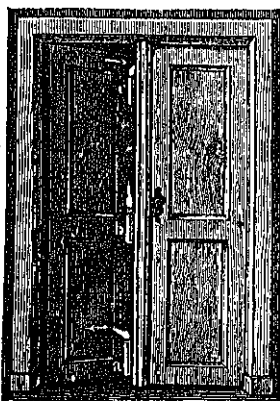
1. O proudění vzduchu ve vytopené světnici možno přesvědčiti se proužkou papíru do závitu stočenou a na drátě zavěšenou, kteráž na kamnech proudem vzduchu ustavičně se otáčí.

2. Ve světnici vytopené jest vzduch na stropě vždy o několik stupňů teplejší než na podlaže.

3. V proudění vzduchu z dole zahříváného zakládá se návod *Meissnerův* k vytápění světnice vzduchem. Vytápění toho rozeznáváme dvoji způsob, a sice:

a) Obyčejná kamna opatří se tak zvaným *pláštěm*, t. j. širokým válcem železným neb kachlovým, který nahore jsa otevřen na podlaže spočívá a dole při zemi několik otvory opatřen jest. Vzduch u vnitř pláště se zahřívá, stoupá vzhůru a na jeho místo tlačí se dolejšími otvory vzduch chladnější do pláště. Vzduch neustále z pláště ke stropu vystupující shání teplý vzduch se stropu dolů, čímž docílí se *stejněměrné* zahřátí vzduchu v celé světnici. b) Kamna jsou ve zvláštní komoře, kteráž spojena jest se světnicí aneb i s více světnicemi, jež mají vzduchem se vytápěti, dvěma rourami. Jedna z rour ústí jedním koncem ve stropu komory a druhý konec její zasazen ve stěně světnice asi 1⁰ vysoko od podlahy. Touto rourou přitéká teplý vzduch do světnice. Studený vzduch odtéká ze světnice rourou, která v podlaže světnice zasazena jest a téměř až ku podlaže komory sáhá. Komora, ve které se topí, musí, jak patrné, býti vždy pod těmi místnostmi, které mají teplým vzduchem se vytápěti.

Obr. 367.



4. Proudění vzduchu v komíně, o kterém bylo již na str. 195. pojednáno, jest patrně tím dokonalejší, čím více teplota vzduchu v komíně teplotu vzduchu vnějšího převyšuje. — Skleněné komínky u lamp. — Úprava kamen *Kodymových* a jich výhody.

5. Otevřeme-li dvéře, vytéká vzduch horam ven a dolem do světnice, u prostřed není pak žádného proudu (obr. 367.). — Průvan. — Proudění vzduchu při požáru.

6. Vodivost tepla vzdušín skoumali *Magnus* 1861 a *Tyndall* 1860—1863.

2. Sálání tepla.

285. Teplo sálavé. Přečází-li teplo přímočárně od jednoho těla k jinému vzdálenému, aniž zahřejí se těla (vzduch) mezi nimi ležící, zove se děj ten *sálením* č. *zářením* tepla.

1. Přiblížíme-li se citlivým teploměrem k tělu silně zahřátému, stoupá rtuť; dáme-li mezi tělo a teploměr desku kovovou, klesá opět rtuť na dňkaz, že deska sálavé teplo k teploměru nepropouští. Kdyby zahřáté tělo vzduchu teplo sdílelo, rozvádělo by se teplo vzduchem až k teploměru a rtuť nemohla by tudíž klesnouti. — Aby sálavé teplo nebylo nám obtížným a neškodilo nábytku ve světnici staví se ku kamnům stěny dřevěné neb plátěné.

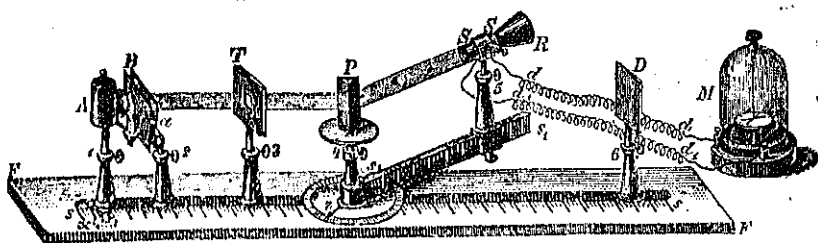
2. Jak mile v kamnech hořeti počíná, rozmrzají okna, ač vzduch ve světnici není ještě dostatečně zahřátý.

3. Přiblížíme-li se k ohni, cítíme v obličejí sálání tepla.

Zákony, jimiž se spravuje sálavé teplo, byly druhdy skoumány pomocí teploměrů velmi citlivých a teploměrů diferencialních (obr. 365), v době novější užívá se k tomu cíli přístroje, jež sestavil *Melloni* (1833).

Podstatnou částí přístroje toho jest sloup thermoeltrický *SS* (obr. 368.), spojený dráty *d* a *d*₁ s multiplikátorem *M*. (O obou těchto přístrojích pojednáno v nauce o električnosti.) Sloupek *I* slouží co podstavec rozličných zdrojů tepla, tabule *T* jest opatřena čtverečným otvorem *o*, kterým paprsky teplové procházejí, nebrání-li tomu deska *B*, kteráž může tak se otočiti, že buď paprskům postup k otvoru *o*

Obr. 368.



zamezuje, buď v postupu tom jim nepřekáží. Na stolek 4 staví se těla (jako ku př. hranol *P*), ve která paprsky působiti mají, a deskou *D* zamezuje se paprskům přístup k druhému konci sloupce thermoeltrického. Veškeré právě popsané části přístroje jsou mosazné a staví se ve vzdálenostech, které stupnicí *ss* možno měřiti.

Zdrojem tepla sálavého bývá nejčastěji lampa olejová *A* s knotem čtveročným bez komínku, jejíž plamen jest v ohnisku kovového zrcadla dutého.

Poněvadž teplo sálavé se šíří jako světlo, platí o sálání tepla zákony, které byly vytknuty o šíření se světla v odst. *A* nauky o světle.

Pomocí přístroje právě popsaného možno dokázati, že teplo šíří se přímočarým a že ubývá účinku jeho ve čtverečném poměru vzdálenosti, jakož i že účinky ty tím jsou menší, čím šikměji paprsky tepla na tělo dopadají.

Rychlost sálavého tepla páčí se na 34000 mil za vteřinu — *Wrede* (1841).

286. Sálavost tepla rozličných těl řídí se hmotou a povrchem jejich a jest tím větší, čím jest tělo teplejší a čím menší jest hustota těla aneb povrchu jeho.

1. *Leslie* použil ku zkouškám duté krychle z mosazného plochu, kteráž vodou se naplnila a z dole kahanem zahřívala. Do vody byl ponoreu teploměr, aby teplota její mohla se určití. Jedna plocha krychle byla skleněná, druhá pečlivě uhlazena, třetí velmi drsná a čtvrtá koptem poštěna.

Obrátíme-li postupně jednu plochu krychle po druhé naproti sloupci termoelektrickému, aneb naproti dutému zrcadlu, od něhož odrážejí se paprsky do ohniska, kde jest velmi citlivý teploměr, tož sledáme, že plocha uhlazená *nejméně* a plocha koptem potřená *nejvíce* tepla vyzařuje, jakož i že sálavosti přibývá tou měrou, kterou přibývá teploty vody.

2. Ze zkoušek Leslieových vyplývá:

a) *Kopt* a *běloba olověná* jeví velikou a až k teplotě 100°C stejnou sálavost, sálavost *vody* jest o něco menší než koptu, *sklo* má sálavost menší než voda, ale větší než *papír*.

b) Plochy stejného rozměru a téže hmoty jeví sálavost *rozdílnou*, jsou-li rozličnými látkami potřeny.

c) Desky z *litiny* vyzařují více tepla než stejně veliké desky *kované* a *válcované*, kteréž jsou hutnější; *uhlazené* desky vyzařují méně tepla než *drsne* a každá deska vyzařuje tepla tím *více*, čím větší jest teplota její.

3. Kamna musí býti na povrchu hladká, aby sálání tepla pokud možno se umenšilo. — Půda rostlinami pokrytá vyzařuje více tepla než půda kamenitá, proto pokrývají se útlejší rostliny v noci slamou, aby teplo z nich sálání nemohlo.

Těla vyzařují teplo vždy, necht jest teplota jejich a teplota těl, s nimiž se stýkají, jakákoliv. — Prevost (1792), Kirchoff (1860).

Sálavost tepla jest tím větší, čím vyšší jest teplota těl, proto musí teplé tělo ochlazovati se tak dlouho, až teplota, kterou od těl přijímá, rovná se teplotě, kterou samo vyzařuje, t. j. až má tělo teplotu tutěž jako těla, s kterými se stýká.

Rozvádění tepla možno považovati co sálání tepla, jež z molekuly jedné vycházejíc do molekuly druhé a z té do třetí atd. přechází.

Jak Newton (1687) odůvodnil, *ochlazuje se zahřáté tělo tím rychleji, čím větší jest rozdíl mezi teplotou jeho a teplotou těl (vzduchu), s nimiž se stýká.* — Dulong a Petit dokázali však (1818), že má zákon ten platnost pouze tenkrát, nepřevyšuje-li teplota těla $+40$ neb nejvýš $+50^{\circ}\text{C}$. Při teplotě vyšší ochlazuje se tělo mnohem rychleji, než rozdíl teploty výše vytknutý toho vyžaduje.

287. Pohlcování tepla. Paprsky tepla, jež na tělo dopadají a ani od něho se neodrážejí, ani jím neprocházejí, bývají od těla pohlceny, čímž teplota těla se zvyšuje. *Rozličná* těla pohlcují však za týchž okolností *rozdílné* množství tepla, neboť přibývá tepla jejich *rozdílnou* měrou.

V mezích určitých t. j. až do 100°C . přibývá pohlcování tepla toutěž měrou, kterou přibývá sálavosti, t. j. *čím více tepla tělo vyzařuje, tím více ho též pohlcuje.*

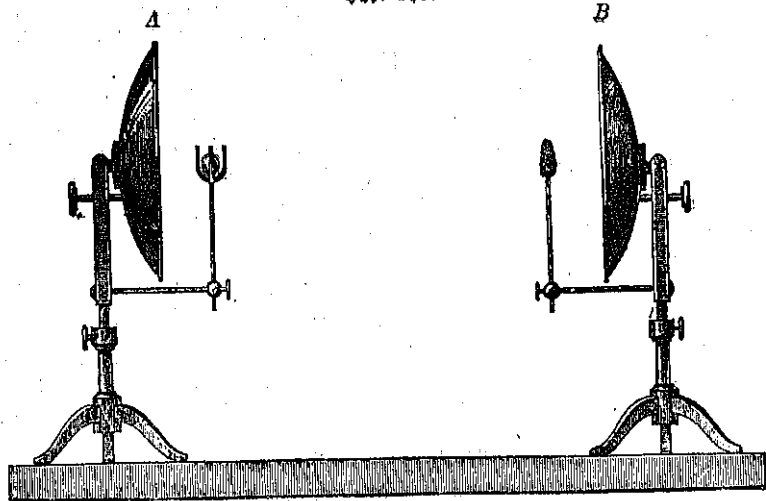
Těla barvy tmavé pohlcují více tepla než těla barev světlých, proto bývají kuličky teploměra, jakož i rozličné části přístrojů, jichž se ku skoumání sálavého tepla užívá, koptem počerněny. — Pod černým sukmem roztaje snh dříve než pod bílým. — Černý a bílý oděv. — Černá a bílá stěny.

288. Odraz paprskův teplových. Paprsky tepla odrážejí se od těl právě tak jako paprsky světla, řídíce se zákony v odst. 232. vytknutými, část paprskův teplových odráží se však od těl *nepřavidelně*, t. j. *rozptyluje* se na všechny strany.

1. K dokladu zákonů odrazu tepla užívá se zrcadel kovových, poněvadž zrcadla skleněná, mnoho tepla propouštějíce a pohlcujícíce, málo paprskův teplových odrážejí.

2. Dáme-li do ohniska dutého kovového zrcadla *A* (obr. 369.) kuli silně zahřátou, zapálí se hubka aneb jiná zápalná látka v ohnisku zrcadla *B*, jsou-li obě zrcadla tak proti sobě postavena, aby osy jejich splývaly v tutéž přímku. Je-li v ohnisku zrcadla *B* citlivý teploměr, bude rtuť v něm stoupat, je-li pak v ohnisku zrcadla *A* kus ledu, bude rtuť v teploměru v ohnisku zrcadla *B* klesati (poněvadž sáláním více tepla pozbývá, než ho pohlcováním vnitřím).

Obr. 369.



289. Těla průteplivá a neprůteplivá. a) Těla, kterými teplové paprsky procházejí jako paprsky světla tělem prohledným, zovou se *průteplivá* (diathermane Körper); těla, která teplových paprskův nepropouštějí, slovou *neprůteplivá* (athermane Körper).

Neprůteplivější všech těl jest *sůl kamenná*. Vzduch jest taktéž velmi průteplivý, pročež neschází vodivost tepla vzduchu ustanoviti, ješto nelze určití, zdaž teploměr teplem od částice ku částici vzduchu rozváděným aneb teplem sálavým se zahřívá.

b) *Průteplivost* těl *neřídí* se ani prohledností ani barvou jejich.

1. Vybraněná sůl, hraněný vápenec, sádrovec a kamenec jsou téměř stejnou měrou prohledny, ale mají průteplivost velmi rozličnou; jestiž, jak výše vytknuto, kamenná sůl nejprůteplivější, kamenec jest pak málo průteplivý.

2. Tlusté černé sklo a černá slída jsou neprohledné ale průteplivé; voda jest velmi prohledná, ale málo průteplivá.

3. Dle výskumů *Tyndallových* (1865) propouští *strouhltk* tmavé paprsky teplové světla slunečného; nasyceným roztokem *jódu* v *strouhltku* procházejí veškeré paprsky tepla, nikoli však paprsky světla. Tyndall soustředil paprsky tepla tímto roztokem z paprskův světla vyloučené čočkou z kamenné soli,

v jejímž ohnisku vzaňaly se pak sírky, střílná bavlna a jiné zápalné látky a roztavily tenké listky cínové a cínkové. Místo čočky z kamenné soli možno použítí k týmž pokusům též duté čočky skleněné, roztokem jódu v sfrouhliku naplněné.

4. Bezbarvý roztok kamence propouští voškeré světící paprsky tepla, tmavých paprskův však pouze 20%.

290. Lom a rozklad paprskův teplových. a) V průteplivých tělech lámou se paprsky tepla dle týchž zákonův jako paprsky světla.

Dopadají-li světící neb tmavé paprsky teplové na hranol *P* (obr. 368) z kamenné soli, musíme buď hranol, buď sloupec termoelektrický (neb teploměr diferencialný) z přísmky, která zdroj světla a sloupec spojuje, v jistém úhlu vyšínouti, má-li se jeviti na sloupci účinek paprskův hranolem procházejících.

Paprsky tepla lámou se tudíž vo hranolu, poměr lomu tepla jest však za týchž okolností vůbec menší než poměr lomu světla.

Lomem tepla vysvětlujeme účinek zapalovacích čoček skleněných z ledu zhotovených. — Dvěma čočkami možno docíliti týchž účinkův jako dvěma dutými zrcadly (obr. 369.).

b) Lomem ve hranolu z kamenné soli paprsky teplové netoliko z původního směru se odchylují, nýbrž i rozkládají, čímž vzniká jakási *vidmo teplové* (Wärmespektrum), kteréž od paprskův zelených počínajíc za paprsky červené se rozšiřuje, z čehož patrné, že mají i paprsky teplové rozličnou lomnost jako paprsky světla.

Tmavé paprsky tepla pozoroval nejprvé *Herschel* (1800).

c) Vzduch a kamenná sůl propouští paprsky teplové jakéhokoliv zdroje tepla *stejnou měrou* (taktéž propouští průhledná bezbarvá těla rozličné světlo stejnou měrou).

Jiná průteplivá těla propouští paprsky teplové, z rozličných zdrojů tepla vycházejících, *rozličnou měrou* (taktéž propouští barevná těla průhledná, ku př. červené sklo světlo rozličné, ku př. bílé, pomerančové neb žluté atd. rozličnou měrou).

Značí-li *A* lampu se čtyřročným knotem, *B* žhavý drát platinový spirálně svinutý, *C* měděnou desku očištěnou do 400°C zahřátou, *D* měděnou desku mosaznou do 100°C zahřátou,

tož propouští ze 100 paprskův zdroje	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
vzduch	100	100	100	100
kamenná sůl	92	92	92	92
sklo zrcadlové	39	38	0	0
váponec štěpný	39	38	6	0
kráslal	38	28	6	0
kamencec	9	2	0	0
led	6	0	0	0

d) Kovy rozptylují paprsky teplové *jakéshkoliv* zdroje *stejnou* měrou (jako rozptylují bílá těla světlo); kopt *pohlcuje* pak paprsky teplové *všeho* druhu *stejnou* měrou (jako pohlcují černá těla světlo); běloba olovená *pohlcuje* teplové paprsky *rozličného* původu *rozličnou* měrou (jako pohlcují neprohledná těla barevná světlo rozličné).

e) Poněvadž jeví se veliká podobnost mezi paprsky světla rozličných barev a paprsky tepla, nutno domnívati se, že jsou též paprsky tepla takřka „rozličně barevné.“

291. Fluorescence paprskův teplových. Z některých výjevův, jež byly pozorovány při pohlcování tepla, vyplývá, že jako paprsky světla tak i paprsky tepla mohou státi se *méně* *lonnými*, z čehož patrně, že působí fluorescence též v paprsky teplové.

1. Skleněná deska nepropouští teplových paprskův, jež byly dříve od jiné začerněné desky rozptýleny. — Müller (1868).

2. Paprsky slunečné procházejí čistým ledem, aniž by jej roztavily. Dopadají-li pak na těla neprohledná ku př. na rostliny a byly-li od nich k ledu nazpět odraženy, tu led taje. — Salm-Horstmar (1861).

292. Křížení a ohýbání, dvojlom a polarisace paprskův teplových byly v době novější od Knoblaucha (1846), Seebecka, Foucaulta a jiných učenců pomocí přiměřených přístrojů důkladně pozorovány, i shledáno, že řídí se tyto výjevy týmiž zákony, jež vytknuty byly v odst. 265—273.

Na místě skla užívá se při zkouškách těchto slídy a kamenné soli.

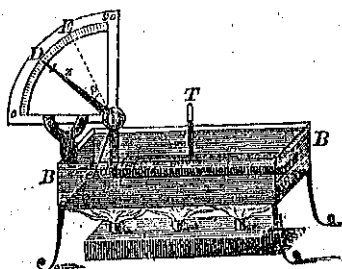
C. Roztahování se hmot teplem.

293. Roztahování se těl pevných teplem možno stanoviti buď pouze v jednom směru, buď ve dvou, buď ve třech na sobě kolmých směrech, tak že rozeznáváme roztažlivost v délce (podélnou č. linealnou), v ploše (plochovou) a v objemu (krychlovou č. tělesovou).

U těl pevných stanoví se nejčastěji pouze roztažlivost v délce, u kapalin a vzdušín roztažlivost v objemu.

a) Roztažlivost těl pevných v délce účinkem tepla možno určití dle návodu Musschenbrockova (1739) pomocí přístroje, jež znázorňuje obr. 370. V nádobě BB zahřívá se voda neb olej a teploměrem T stanoví se teplota kapaliny, do které ponořena jest tyč ds, jejíž roztažlivost má se určití. Poněvadž konec s ku stěně nádoby přiléhá, bude roztahováním prodlužovati se tyč

Obr. 370.

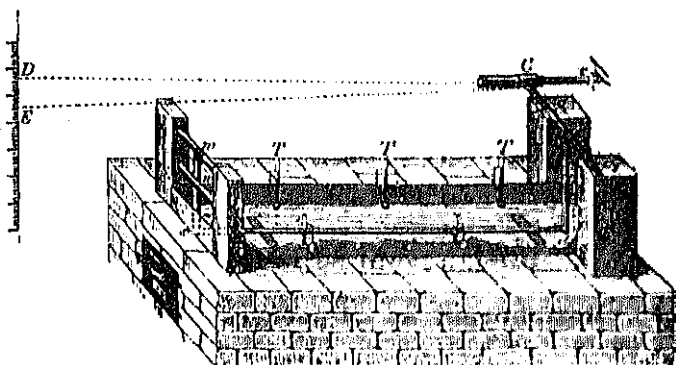


pouze na druhém konci d , který pak posouvá páku lomenou, jejíž delší rameno co ručička slouží, z polohy DCd do polohy ECe . Je-li $DE=L$ délka oblouku, jejíž ručička při roztažení se tyčce opsala, a x délka oblouku de , jejíž opisuje rameno Cd a jejíž můžeme pokládati téměř za přímku (poněvadž jest velmi krátký), tož má se $L:x=CD:Cd=R:r$, pročež $x=L \cdot \frac{r}{R}$.

Je-li $L=n^\circ$, tož budo, poněvadž $1^\circ = \frac{\pi R}{180}$, $L = \frac{n\pi R}{180}$, pročež $x = \frac{n\pi R}{180} \cdot \frac{r}{R} = n \cdot \frac{\pi}{180}$.

b) *Lavoisier* a *Laplace* použili (1780) ku měření roztažlivosti těl pevných v délce přístroje obr. 371. znázorněného. Tyč ds , jejíž roztažlivost má se měřiti, opírá se koncem s o nehybnou skleněnou

Obr. 371.



tyč ws , druhým koncem d o hybnou tyč skloněnou cd , která jest spojena s osou c_1c_2 , na níž připevněn dalekohled C . Poněvadž tyč cd i dalekohled C jsou připevněny na ose c_1c_2 kolmo, pošine se dalekohled v témž úhlu, ve kterém byla tyč sd , teplem se roztahuje, pošinuta z původní polohy tyč skloněná cd ; jest tudíž $\triangle dce \sim \triangle DCE$, tudíž $DE:DC=de:dc$, pročež $de = \frac{DE \cdot dc}{DC}$.

c) *Borda* použil ku měření roztažlivosti kovů teplem dvou tyč SSS a ses z rozličných kovů zhotovených (obr. 372.). Volné konce tyč jsou dvakráte v pravém úhlu zahnuty, konec se jest měřátkem a konec SS příslušným noniusom opatřen. Tyče položil se do kapaliny, která z dole se zahřívá a jejíž teplota stanoví se teploměry T . Poněvadž jsou tyče z rozličných kovů zhotoveny, roztahují se teplem rozličně a rozdíl v roztažlivosti jejich jeví se pak na měřátku. Je-li roztažlivost jedné tyče známa, možno roztažlivost druhé tyče ustanoviti.

Četnými zkouškami dokázáno, že těla pevná rozličné hmoty roztahují se stejným teplem rozličně a že roztažlivosti jejich v délce od bodu mrazu až k bodu varu přibývá toutéž měrou, kterou přibývá tepla. Při teplotě 100°C . přesahující roztahují se pevná těla větší měrou než tou, kterou přibývá tepla.

Těla nehraněná a hraně krychlové soustavy roztahují se teplem ve všech směrech rovnoměrně, hraně ostatních soustav roztahují se v rozličných směrech rozličně.

1. Zahřejeme-li cínkovou tyč z 0°C postupně

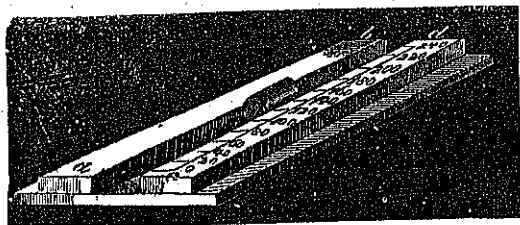
k 1° , 2° , 3° , 10° , 100°C , prodlouží se o $\frac{1}{34000}$, $\frac{2}{34000}$, $\frac{3}{34000}$... $\frac{10}{34000}$... $\frac{100}{34000}$, t. j. při 100° o $\frac{1}{340}$ té délky, již měla při teplotě 0°C ; zahřejeme-li

ji však až ku 200°C , prodlouží se o více než $\frac{200}{34000}$ délky, již měla při 0°C .

2. Dřevo a hlína se teplem smršťují a tuhnou, ježto teplem z pór jejich voda se vypuzuje, tak že molekuly jejich spojivostí k sobě více se přibližují.

Ve smršťování se hlíny teplem zakládá se žaroměr (pyrometer, pyroskop) *Wegdewoodův* (1782), jež viděti na obr. 373. Dvě proužky mosazné *ab* a *cd* jsou ku kovové desce tak připevněny, že konce *a* a *c* 0.5" a konce *b* a *d* 0.3" od sebe odstávají. Proužky jsou 1 angl. stopu dlouhé a každý palec rozdělen ve 20 stejných dílkův č. stupňův, tak že má žaroměr celkem

Obr. 373.



240° . Začátkový bod stupnice žaroměru t. j. 0° rovná se $1077^{\circ}\text{F} = 580\frac{2}{3}^{\circ}\text{C} = 464\frac{1}{3}^{\circ}\text{R}$ a každý jednotlivý stupeň rovná se $132^{\circ}\text{F} = 73\frac{1}{3}^{\circ}\text{C} = 58\frac{2}{3}^{\circ}\text{R}$. Hliněné válečky při 100°C usušené upraví se tak, aby se mohly za obyčejné teploty zastréti mezi proužky až k 0° . Má-li se jimi skoumati ku př. teplota v peci, dají se do pece a ponechají se tam tak dlouho, až mají teplotu tutéž, která je v peci, načež se nechají vychladnouti a zastrčí mezi proužky. Může-li se pak váleček o n° posouvnouti dále, než dříve, jest teplota v peci

$(n \cdot 132 + 1077)^{\circ}\text{F}$ aneb $(n \cdot 73\frac{1}{3} + 580\frac{2}{3})^{\circ}\text{C}$ aneb $(n \cdot 58\frac{2}{3} + 464\frac{1}{3})^{\circ}\text{R}$.

Poněvadž rozličná hlína rozličně se smršťuje a táž hlína v době kratší teplotou vyšší tak se smrštíti může jako v době delší teplotou nižší, jest žaroměr *Wegdewoodův* nedokonalý.

3. Že hraně (vyjímaje soustavu krychlovou) teplem nestejnoměrně se roztahují, dokázal důmyslnými zkouškami *Fizeau* (1862—1866). Položiv desku z hraně na skleněnou desku rovně uhlazenou zahřál ji ve prostoru, ve kterém byla teplota rovnoměrná. Byla-li pak deska osvětlena, objevily se na ní barevné kroužky *Newtonovy* (viz odst. 266.) a z délky vln světla vypočten pak rozdíl v roztažlivosti desky v rozličných směrech.

Číslo, jímž vytknuto, o kolikátý díl své délky pevné tělo se prodlužuje zahřátím z 0° až ke $100^\circ C$., zove se *koefficientem roztažlivosti*. Je-li pak k koeficient roztažlivosti, bude $\frac{k}{100} = \alpha$ značiti, o kolikátý díl délky se prodlužuje tělo, když teplota jeho o $1^\circ C$. se zvýší; α jest koeficientem roztažlivosti pro $1^\circ C$.

1. Je-li l délka tyče při $0^\circ C$ a L délka též tyče při $100^\circ C$, tož značí $l = L - l$ délku, která tyčí zahřátím přibyla, a koeficient $k = \frac{L-l}{l} = \frac{\lambda}{l}$.

2. V následujícím přehledu vytknuty jsou koeficienty roztažlivosti pro $1^\circ C$ některých těl

T ě l a	α	T ě l a	α
litina	0·000017182	měď	0·000017182
železo kované	0·000012204	stříbro	0·000019097
ocel nekalená	0·000010788	zlato	0·000014660
ocel kalená	0·000012394	platina	0·000008842
olovo	0·000028675	sklo bezolovné	0·000008969
ořn	0·000021780	sklo flintové anglické	0·000008613

3. Značí-li t teplotu (v mezích $0^\circ - 100^\circ C$) tož jest pak $\alpha \cdot t \cdot l$ část, o kterou se prodloužila tyč, jejíž délka při $0^\circ C$ byla l , tak že délka tyče při $t^\circ C$ bude $L = l + \alpha \cdot t \cdot l = l(1 + \alpha t) \dots (1)$.

4. Z rovnice 1. vyplývá $t = \frac{L-l}{\alpha l}$, odkudž patrno, že přístroj od *Bordy* sestavený (obr. 372.) jakož i dosti dlouhý napnutý drát (obr. 364.) může sloužiti též co teploměr.

5. *Zároněř Daniellův* (1821) zakládá se v nestejné roztažlivosti platiny a tuhy. Do tuhové tyče 8 angl. palců dlouhé, u prostřed až do hloubky 7·5" provrtané, zastrčí se až ke dnu válec platinový 6·5" dlouhý, a pak váleček porcelánový, který válec platinového se dotýká a z otvoru tyče tuhové poněkud vyčnívá. Dá-li se tuha s platinovým a porcelánovým válečkem do žáru, roztahuje se platina značněji než tuha a postrčí tudíž váleček porcelánový dále z otvoru tyče tuhové. Když pak přístroj vychladl, zůstává váleček porcelánový, který otvorem těsně prochází a tudíž nazpět do původní polohy posouvnouti se nemůže, v tom místě, kam byl pošinut, a citlivým měřítkem pákovým na obr. 112. znázorněným možno pak část, o kterou válec platinový žárem se prodloužil, a tudíž i počet stupňů žáru určití.

Značí-li α koeficient roztažlivosti pro $1^\circ C$, tož promění se původní délka l těla z 0° k $1^\circ C$. zahřátého v délku $L = l(1 + \alpha)$; značí-li tudíž p plochu při 0° , bude při 1° plocha $P = p(1 + \alpha)^2$ a je-li v objem těla při 0° , bude objem při $1^\circ C$.

$V = v(1 + \alpha)^3$. Poněvadž jest α veličinou velmi malou, možno pokládati druhé a třetí mocnosti za velmi malé a klásti je za rovny téměř nulle; bude tudíž $P = p(1 + 2\alpha)$ a $V = v(1 + 3\alpha)$ t. j. u těl ve všech směrech teplem rovnoměrně se roztahujících plochový koeficient roztažlivosti téměř *dvakráté* a krychlový téměř *tříkráté* tak veliký jako podélný koeficient roztažlivosti.

Z roztažlivosti těl pevných teplem možno vyložití mnohé výjevy, pročež třeba v mnohé příčině i ve vědách i v životě praktickém k ní přihlížeti; v roztažlivosti zakládají se též některé důležité přístroje.

1. Železné svorníky, jimiž bývají kameny spolu spojeny, trbají se v silném mrazu a ohybají se v silném horku, poněvadž více se smršťují i roztahují než kameny. — Kotle a roury kovové nesmí býti těsně zazděny. — Části kolejí železničných nesmí se vespolek těsně dotýkati. — Plechové desky na střechách se teplem ohýbají a hřeby z nich vylézají. — Poleva (glasura) nádob železných horkem praská a loupá se. — Rozličné druhy dřeva, spolu sklíženě, odlučují se od sebe; když horkem nestejně se roztahují atd.

2. Při měření zevrubně nutno hleděti též ku roztažlivosti měřítka, pročež potřebí věděti, při které teplotě má měřítko délku pravou. Má-li měřítko při teplotě t pravou délku l a je-li při teplotě t' délka jeho l' , tož vyplývá z předcházejícího, že při teplotě t' jest pravá délka $l = l'(1 - \alpha[t' - t])$.

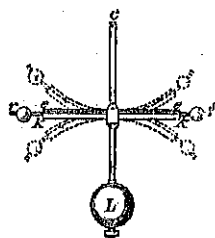
Mají-li se porovnávatí dvě délky vespolek a měříme-li je týmž měřítkem při též teplotě, není potřebí žádné opravy.

Základné měřítko metrické má pravou délku při 0° , měřítko parížské při $+13^\circ\text{R}$.

Obr. 374.



Obr. 375.



3. Kyvadlo se teplem *prodlužuje* a kývá se pak *volněji*, ochlazením pak se *zkracuje* a kývá se *rychleji*. Kyvadla *vyrovnávací* (Compensationspendel) bývají však upravena tak, že střed kyvu (srovnej odst. 120.) od osy vždy stejně vzdálen zůstává a tudíž kyvadlo při každé teplotě stejně rychle se kývá.

Kyvadlo *roštové* (obr. 374.) skládá se z tyčí železných re , ws ;

r_1e_1 a tyčí mosazných w_1z_1 . Na příděné tyči železné w_1 jest v n připevněna tyčinka nc , kterou je kyvadlo zavěseno, tyč ws s čoučkou L je upevněna v železné příděce w_1 . Teplem prodlužují se železné tyče *dolů*, mosazné *nahoru*. Střed kyvu má pak prodloužením tyčí mosazných tak vysoko se vyzdvihnouti, jak hluboko klesá prodloužením tyčí železných. Délka tyčí železných jest $l = cn + re + ws$ a délka

tyčí mosazných $l' = wz$. Je-li koeficient roztažlivosti pro 1°C u železa α a u mosazi α' , musí býti $l \cdot \alpha \cdot t = l' \cdot \alpha' \cdot t$, čili $l\alpha = l'\alpha'$, pročež $l : l' = \alpha' : \alpha$.

Na místě tyčí železných užívá se tyčí ocelových a tyto mosazné bývají nahrazeny cinkovými.

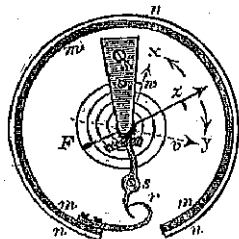
Jiný druh kyvadla vyrovnávacího znázorněn obr. 376. Na kyvadle cL upevněna proužka měděná kk a železná ee . Obě proužky mají též rozměr a jsou spolu pevně spojeny v jedinou pásku, která má na koncích posouvné kuličky r a s . Přibývá-li tepla, zakřivuje se páska *vzhůru*, poněvadž měď teplem více se roztahuje a tudíž páska kk ve větší oblouk se zahne. Je-li teplota menší než ona, při které páska rovnou zůstává, zakřivuje se páska *dolů*, poněvadž měď kk ochlazením více se smršťuje a tudíž v menší oblouk se zahybá než železná páska ee . V prvním případě zdvihají se kuličky r a s , v druhém případě klesají níže; jsou-li tudíž v přiměřené vzdálenosti od tyče cL , možno pomocí jich střed kyvu při každé teplotě v téměř místě udržeti.

Pomocí podobných pásek dvojitých z ocele a mosazi aneb platiny a zlata možno též nepokoj, t. j. onen malý setrvačnik, jímž rovnoměrný pohyb koleček v hodinkách kapesných se řídí, upravit tak, aby kyvy jeho v každé teplotě zůstávaly stejnodobé.

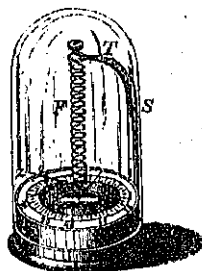
4. V nestejně roztažlivosti kovů teplem zakládá se teploměr *Holzmannův* a *Breguetův*.

a) Teploměr *Holzmannův* (1818) záleží ve dvojitě proužce železné neb platinové m a mosazné neb měděné n , kteráž jest do kruhu ohnuta a jedním koncem připevněna (obr. 376.). Druhý konec její se dotýká dvouramenné páky, mající na konci ozubený oblouček *ku-*

Obr. 376.



Obr. 377.



hový, který zasáhá do ozubeného kolečka, na jehož ose upevněna ručička z . Přibývá-li teploty, rozévírá se proužka a ručička se pohybuje směrem w ; ubývá-li teploty, zakřivuje se proužka více, čímž oba konce její k sobě se přibližují a ručička směrem y se pohybuje. Stupnice zhotovuje se zkušebně pomocí teploměru rtuťového.

1. Malé pířko spirální tlačí na páku, aby vždy k volnému konci proužky přiléhala.

2. V ručičce z jest kolmý nýtek, který posouvá ručičky w a v , jež ukazují pak nejvyšší a nejnižší stupeň tepla v určité době.

3. Teploměr nalézá se v okrouhlém pouzdru a podobá se vnější svou pravou kapením hodinkám. Někdy bývají i rtuťové a lihové teploměry podobně upraveny, majíce rourky do kruhu zahrnuté.

b) Teploměr *Breguetův* (1817) skládá se z proužky velmi tenké, 1—2^{mm} široké F (obr. 377.), ze tří podlé sebe položených kovů, stříbra, zlata a platiny tak zhotovené, že tvoří zlato pájku obou ostatních kovů. Poněvadž stříbro asi 2kráté a zlato téměř 1,5kráté silněji se roztahuje, než platina, a stříbro na vnější straně proužky spirálně svinuté se nalézá, roztáčí se závit, když teploty ubývá, tak že ručička, na volném konci proužky zavěšená, v jednom směru se otáčí a na stupnici zkusmo ustanovené teplotu naznačuje.

1. Nýtek v ručičce z upevněný posouvá dvě jiné ručičky, z nichž jedna nejvyšší, druhá nejnižší stupeň tepla v určité době ukazuje.

2. Poněvadž jest teploměr *Breguetův* velmi citlivý, možno užívati ho ku měření tepla vzbuzeného proudem *elektrickým*, jakož i co *teploměru zapisovacího*.

294. Roztahování se kapalin teplem. Zahříváme-li kapalinu, roztahuje se, t. j. nabývá *většího objemu*. Změříme-li pak objem její a přirovnáme-li jej k objemu dřívějšímu, můžeme určití počtem *poměrnou* č. *zdatlivou* roztažlivost kapaliny t. j. vytknouti, o mnoho-li silněji se roztahuje kapalina než nádoba. Chceme-li určití *prostou* č. *skutečnou* roztažlivost kapaliny, musíme k objemu, kterého přibýlo kapalině, připočísti ještě objem, kterého přibýlo nádobě.

1. Teploměr rtuťový ukazuje toliko poměrnou roztažlivost rtuťi.

2. Ponoříme-li teploměr lihový, který má širokou trubici, do horké vody, klesá líh s počátku a pak teprv stoupá, ponoříme-li jej do vody studené, stoupá z prvu líh a pak teprv klesá, neboť sklo dříve se roztahuje i smršťuje než líh.

Roztažlivost kapalin stanoví se rozličným způsobem a sice:

a) Nádobka, mající všude stejný průměr světlosti, naplní se až do určité výšky dotýčenou kapalinou a ponoří se do kapaliny, jejíž teplota teploměrem se určuje. Vystoupí-li kapalina v nádobce až do jisté výšky, vypočte se pak roztažlivost způsobem v odst. 141. při počtu piezometru vytknutým.

b) Nádobka T (obr. 378.) naplní se až k určité výšce m kapalinou, jejíž teplota jest $0^{\circ}C$, načež se zváží. Váha její budiž P a objem nádoby až k m budiž v . Kapalina zahřeje se pak, až má teplotu $t^{\circ}C$, čímž se roztáhne a větší objem V zaujímá. Odlejeme-li pak část kapaliny, aby zbývala v nádobě opět prostor v zaujímala, t. j. až k m sáhala, tu bude váha její menší, ku př. p . Poněvadž mají se při též objemu váhy jako hustoty H a h , bude $P:p=H:h$ a $H:h=v:V$, tudíž $P:p=v:V$, pročež $V=v \cdot \frac{P}{p}$. Je-li pak V známo, možno roztažlivost

kapaliny v objemu počtem stanoviti.

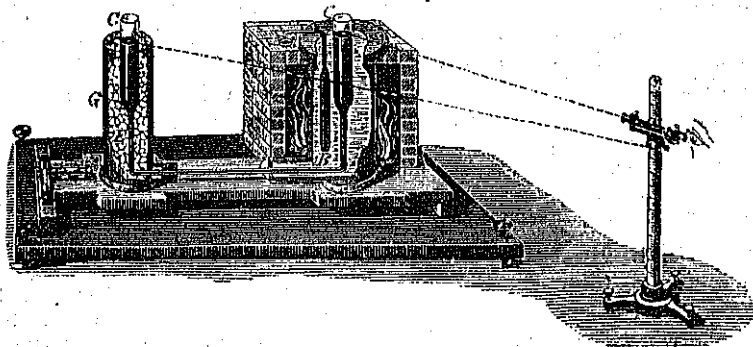
V obou případech a) i b) nutno připočísti ku roztažlivosti kapaliny též roztažlivost nádoby.

Obr. 378.



c) *Dulong a Petit* stanovili (1816—1818) roztažlivost rtuti přístrojem obr. 379. znázorněným. Spojité nádoby skleněné *CC* naplnily se rtutí, jedna nádoba nalézala se v tajícím ledu, druhá v kapalině, která se zahřívala a jejíž teplota určovala se teploměrem do ní ponořeným. Rozdíl výšky rtuti v nádobách měřil se kathetometrem a z rozdílu toho bylo možno roztažlivost rtuti vypočísti.

Obr. 379. f



1. Ve spojitých nádobách jsou výšky kapaliny v převráceném poměru hustot. Značí-li tudíž S a s výšky, H a h hustoty a V a v objemy kapaliny v obou ramenech, bude $S:s=H:h=V:v$, z čehož $V=v \frac{S}{s}$.

— Trubice, kterou byly obě nádoby *CC* spolu spojeny, byla velmi dlouhá a velmi úzká, aby teplá rtuť se studenou nemohla se smísiti.

2. Poněvadž mají se měrné váhy S a s aneb hustoty H a h k sobě převráceně jako objemy V a v , totiž $S:s=H:h=v:V$, možno stanoviti roztažlivost kapaliny, určíme-li měrnou váhu neb hustotu její při teplotě 0° a t° , z čehož pak objem při t° , totiž V vypočísti možno.

Četnými zkouškami dokázáno, že kapaliny teplem více se roztahují než těla pevná a že rozličné kapaliny *týmž* teplem rozličně se roztahují. Poněvadž v mezích z 0° až ke 100°C kapalinám nepřibývá objemu tou měrou, kterou přibývá tepla, nelze stanoviti koeficientu roztažlivosti kapalin. Že jen takové kapaliny mohou sloužiti co teploměry, jimž přibývá objemu tou měrou, kterou přibývá tepla, vyplývá z věci samé.

Rtuť roztahuje se z 0° až ke 100°C teplem poměrně a její koeficient roztažlivosti pro 1°C jest (dle *Dulonga a Petita*) $\frac{1}{5500}$ čili 0·00018018 aneb zevrubněji (dle *Regnaulta*) 0·00018153.

a) Poněvadž rtuť teplem se roztahuje, nutno výšku sloupce tlakoměrného, kterou jsme měřili při teplotě t° a kterou zoveme B_t , převésti na onu délku B_0 , kterou bychom pozorovali, kdyby teplota vzduchu byla 0° . Značí-li α koeficient roztažlivosti rtuti pro 1°C , jest

$$B^t = B^0(1 + \alpha t), \quad \text{pročež } B_0 = \frac{B_t}{1 + \alpha t}$$

b) *Vyrovnavací kyvadlo rtuťové* (obr. 380.) má na místě čochy válečkovitou nádobu skleněnou, do které dá se tolik rtuťi, kolik potřebí, aby roztahováním se rtuť *vzhůru* střed kyvu tak vysoko *vystoupil*, jak hluboko *klesá* roztahováním se kovové tyče kyvadlové *dolů*.

Značí-li l délku tyče kovové a je-li α její koeficient roztažlivosti pro 1°C , tož klesá střed kyvu o $\alpha \cdot l \cdot t$ roztažlivostí tyče níže a právě tak vysoko má vystoupiti roztažlivostí rtuťi. Střed kyvu jest asi u prostřed sloupce rtuťového, jehož výška jest v a $\frac{v}{2} = \lambda$. Značí-li q koeficient roztažlivosti

rtuťi, musí $2\lambda t = q\lambda t$ čili $2\lambda = q\lambda$, z čehož $\lambda = \frac{\alpha l}{q}$ a

tudíž 2λ aneb $v = \frac{2\alpha l}{q}$.

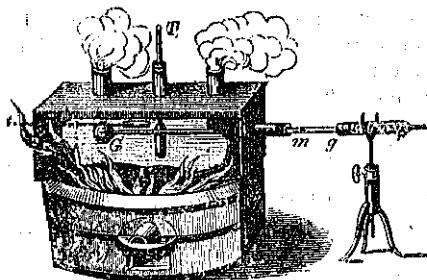
Poněvadž střed kyvu vždy o něco níže se nachází než těžiště rtuťi, které jest ve výšce λ , nutno kyvadlo dle této polohy středu kyvu upravit.

295. Roztahování se plynů teplem. Plyny roztahují se teplem mnohem více než kapaliny a těla pevná. Jako u kapalin sluší též u plynů rozeznávati roztažlivost *poměrnou* a *prostou*.

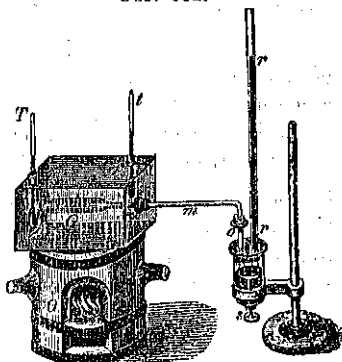
Roztažlivost plynů stanoví se způsobem rozličným.

a) Nádobka teploměrná Gg (obr. 381.) naplní se suchým plynem a uzavře sloupkem rtuťovým m , aby vzduch neměl do ní přístupu. V poloze vodorovné zahřívá se pak nádobka v kapalině, jejíž teplota stanoví se teploměrem T . Z délky, o kterou sloupec m postoupil ku předu, možno vypočísti poměrnou roztažlivost plynu v nádobce uzavřeného.

Obr. 381.



Obr. 382.



Změnil-li se při pokusu tlak vzduchu, nutno převéstí objem plynu v objem onen, jež by plyn měl, kdyby tlak vzduchu stejný byl zůstal.

b) Plyn, jehož roztažlivost má se stanoviti, jest uzavřen v nádobě G_0 , která ústí ve rtuti v skleněné nádobě rs (obr. 382.). Dno této nádoby jest pohnlivé a zdvihá se šroubem s vždy do též výšky, kteráž jest na rource o vyznačena, aby plyn měl ustavičně *týž objem*. Zahřívá-li se plyn v kapalině, jejíž teplota stanoví se teploměry Tt , pudí zvýšenou šifivostí svou rtuť do rourky rr , která jest nahore otevřena. Výškou rtuti v rource rr stanoví se tudíž expanse vzduchu v nádobce rs nade rtuť obsaženého, kteráž musí býti tak veliká jako expanse zahrátého plynu. Jest tudíž součtem výšky v sloupce rtuťového rr a výšky sloupce tlakoměrného b , t. j. číslem $v + b$ naznačena expanse uzavřeného vzduchu a tudíž i zahrátého plynu. Jak patrnó, bude

$$\frac{b+v}{b'+v'} = \frac{V}{V'} = \frac{v(1+\alpha)}{v(1+\alpha')} = \frac{1+\alpha}{1+\alpha'}$$

v čemž značí α koeficient roztažlivosti plynu pro $1^{\circ}C$.

Poněvadž též nádoba G_0 teplem se roztahuje, vyžaduje počet příslušné opravy vzhledem k roztažlivosti nádoby.

Zdkon Gay-Lussacův (1802). Zkouškami dokázáno, že všechny plyny, byvše *stejnou měrou* zahrátý, také *stejnou měrou* se rozta-hují, tak že koeficient roztažlivosti pro $1^{\circ}C$ jest u všech plynů *tejný*, totiž $\frac{1}{273}$ čili 0.003665. Koeficient roztažlivosti z 0° ke $100^{\circ}C$ jest tudíž 0.3665 čili $\frac{11}{30}$.

Roztažlivosti plynů přibývá i při vyšší teplotě tou měrou, kterou přibývá tepla.

1. Zahříváme-li tudíž ku př. vzduch, kyslík, vodík, dusík atd. postupně z 0° k 1° , 2° , 3° ... n° , zvětšuje se objem jejich o $\frac{1}{273}$, $\frac{2}{273}$, $\frac{3}{273}$... $\frac{n}{273}$.

2. V době novější dovodili *Rudberg* (1834), *Magnus* (1842) a *Regnault* (1842) četnými zkouškami, že jest koeficient roztažlivosti plynů ztužitelných poněkud větší než plynů stálých a sice tím větší, čím snáze možno dotýčné plyny zkapalnit, jakož i že koeficient roztažlivosti stává se větším, přibývá-li hustoty plynu.

a) V odst. 179. c) podotknuto, že hustota a měrná váha vzdušín, vypočtená způsobem tam vylknutým, musí převáděti se v onu hustotu a měrnou váhu, kterou by měl plyn při normalné teplotě 0° a normalné expansi vzduchu 760^{mm} . Značí-li tudíž:

v objem plynu, má-li hustotu h , při teplotě t° a expansi vzduchu b ,

$$\begin{array}{ccccccc} v_0 & " & " & " & h_0 & " & " & 0^{\circ} & " & " & " & 760^{mm}, \\ v' & " & " & " & h' & " & " & t^{\circ} & " & " & " & 760^{mm}, \end{array}$$

tož jest $v' = v_0(1 + \alpha t)$, v čemž značí α roztažlivost vzdušiny pro $1^{\circ}C$. Jesto pak $v : v' = 760 : b$ a tudíž také $v : v_0(1 + \alpha t) = 760 : b$, bude

$$v = \frac{v_0(1 + \alpha t)760}{b} \dots (1) \quad \text{a} \quad v_0 = \frac{v \cdot b}{760(1 + \alpha t)} \dots (2).$$

Poněvadž $v : v_0 = h_0 : h$, jest $h_0 = \frac{v}{v_0} \cdot h$ a vložíme-li do $té$

rovnice hodnotu v z 1. rovnice, bude $h_0 = \frac{v_0(1+at)760}{v_0 b} \cdot h$, čili

$$h_0 = \frac{760}{b} \cdot (1+at) \cdot h \dots (3).$$

Vložíme-li hodnoty v_0 a h_0 do rovnic na str. 191. odvozených, možno převést měrnou váhu i hustotu vzdušín při teplotě t^0 a expansi vzduchu b pozorovanou v onu měrnou váhu a hustotu, kterou by měla vzdušina při teplotě 0^0 a tlaku normálním 760^{mm} .

β) Poněvadž vzduch teplem pravidelně se roztahuje, možno použítí vzduchu co teploměru. Úprava *teploměrů vzduchových* může být rozličná. Přístroje, jimiž měří se roztažlivost plynů a jež znázorňují obr. 381. a 382. mohou sloužiti co teploměry, ješto z objemu vzduchu možno vypočísti teplotu, kterou objemu toho nabyt. V nádobkách *Gm* musí být *suchý* vzduch obsažen a poněvadž objem vzduchu uzavřeného řídí se netoliko teplotou, nýbrž i expansí vzduchu vnějšího, nutno převéstí způsobem v odst. α) právě vytknutým objem v při tlaku b pozorovaný v objem, jež by měl vzduch při normálním tlaku 760^{mm} .

1. Teploměry vzduchové jsou *velmi citlivé* a hodí se dobře ku vědeckým účelům, poněvadž vzduch teplem *zcela pravidelně* se roztahuje. K účelům jiným se jich neuzívá, poněvadž teplota z pozorovaného objemu vzduchu teprv vypočísti a vzhledem k expansi vzduchu opravití se musí.

2. Teploměr *Drebbelův* (obr. 381.) a teploměry *diferencialné* (obr. 385.) jsou taktéž vzduchové teploměry.

3. Je-li nádobka tlakoměru *Fortinova* (obr. 155.) neprodyšně uzavřena, může tlakoměr ten sloužiti co vzduchový teploměr, při čemž nutno však opravití pozorovanou teplotu vzhledem k roztažlivosti rtuti teplem.

γ) *Žároměry vzduchové* liší se od teploměrů vzduchových tím, že mají na místě nádob skleněných nádoby *platinové*, do nichž ústí skleněné rourky, jež žáru nebyvají ostaveny a v nichž pak roztažlivost vzduchu se pozoruje.

Vzduchový žároměr *Petersenův* jest hruškovitá neb kulovitá nádobka platinová, mající asi $1\frac{1}{2}$ objemu. Nádobka ta naplní se *suchým* vzduchem, není však neprodyšně uzavřena. Dá-li se do žáru, unikne z ní část vzduchu a vhodí li se pak do studené vody, vnikne tlakem vzduchu vnějšího do nádoby voda. Když žároměr nabyt původní teploty, měří se dotýčná teplota vahou vody, která do něho vnikla. — Podobnou úpravu má žároměr *Pouilletův*, který záleží v kuli platinové, do níž ústí úzká rourka platinová.

D. Proměna skupenství teplem.

1. Tání.

296. Tání. a) Mnohá pevná těla, byvše jistou dobu přiměřeně zahřívána, konečně *tají*, t. j. přecházejí ze skupenství pevného ve skupenství *kapalné* — mění se v *kapaliny*.

b) Teplota *tajícího* těla pevného na teploměru pozorovaná stoupá zahříváním až k jistému stupni, při kterém pak tělo *ka-*

palní. Pokud tělo taje, jeví se na teploměru teplota *stejná*, byť tělo i silněji se zahřívalo.

c) *Rozličná pevná těla taví se při rozličné teplotě.*

1. Dáme-li do vytopené světlice nádobu s ledem neb sušhem, do něhož jsme teploměr ponořili, bude ukazovati teploměr z prvu teplotu několika stupňů pod nullou, brzy vystoupí však rtuť k nulle a zůstane tak dlouho u bodu mrazu, až všechny led neb sněh zkapalní.

2. Ze rozličná pevná těla při rozličné teplotě tají, patrně z následujícího přehledu:

T ě l a :	stupně 0	T ě l a :	stupně 0
alkohol čistý	-78 ^u	vismut	264 ^o
rtuť	-40	olovo	335
terpentinová silice	-10	cínk	412
led	0	antimon	430
lůj	40	stříbro	916
stearin	49	zlato	1040
vosk žlutý	61	litina	1100
vosk bílý	68	měď	1200
fosfor	44	železo kované	1600
síra	115	ocel	1800
cín	235		

3. *Uhlí* nebylo sice až posud dokonale roztaveno; ač nutno souditi, že též uhlí a vůbec všechna těla mohli bychom teplem přiměřeně zvýšeným taviti, kdyby mohlo zabrániti se chemickému rozkladu, který nastává dříve, než těla nabývají teploty, kterou se taví.

4. *Hall* roztavil (1805) mramor, zabrániv silným tlakem unikání těkavých částic jeho.

d) Zvýšíme-li tlak na tělo, taví se tělo to při teplotě *vyšší* (*Bunsen* 1850), *led* taje však při zvýšeném tlaku při teplotě *nižší* (*Thomson* 1850).

e) Slitiny kovů tají při teplotě nižší, než ona, kterou tají jednotlivé kovy ve slitině té obsažené.

1. Slitina z 5 dílů olova, 3 d. cínu a 5 d. vismutu taje při 100^oC.

2. *Prinsepův* žaroměr (1828) zakládá se v tom, že slitiny *stříbra*, *zlata* a *platiny* taví se při rozličné teplotě. Z dotýčených kovů a slitin jich zhotovil *Prinsep* 111 kuliček, velikosti špendlíkové hlavičky. Prvá kulička byla z ryzího stříbra, následujících 9 bylo z 90, 80, 70 . . . 10 dílů stříbra a 10, 20, 30 . . . 90 dílů zlata, kulička 11. byla pak z ryzího zlata, načež následovalo 99 kuliček ze slitiny 99, 98, 97, 96 . . . 1 dílu zlata a 1, 2, 3, 4 . . . 99 dílů platiny, poslední, totiž 111. kulička byla pak platinová. Má tudíž žaroměr *Prinsepův* 111 stupňův, jež ve stupně jiných žaroměrů aneb teploměrů snadně lze převáděti, známo-li, při které teplotě slitina toho kterého čísla se taví. Kuličky ostávají se po jedné žáru v tuhových nádobkách. — Podobný žaroměr sestavili bratři *Appollové* ze slitin *mědi* a *cínu*.

207. *Teplo při tání utajené.* Pokud tělo taje, jeví se teplota jeho na teploměru *stejná*, byť i velmi silně se zahřívalo.

Teplem, jež tajícímu tělu sdělujeme, se tudíž tání pouze urychluje a ještě tající tělo teplo pohlcuje, aniž by jím teplota jeho se zvýšila, zoveme teplo toto *utajeným* (latente Wärme) aneb *poutaným* (gebundene Wärme).

1. V papírovém obale možno olovenou kuličku roztaviti, je-li obal hladký a přilhá-li těsně ke kuličce. — Black 1765.
2. Držíme-li v ruce led, bude ruka čím dále tím studenější. — Když led z jara taje, ochlazuje se vzduch značně.

Roztéká-li se pevné tělo v kapalině, utajuje též teplo, odnímaje je kapalině, nádobě a vůbec celému svému okolí.

V tom zakládá se příprava *smíšenin zimotvorných a strojeného ledu*. Smíšeniny zimotvorné skládají se buď ze solí a kapalných kyselin buď ze solí neb kyselin a sněhu neb ledu.

Smícháme-li	sníží se teplota
3 díly salmiaku, 5 dílů salnytru a 16 dílů vody	z -10° na -10°R .
3 " Glauberovy soli a 3 díly kyseliny dusičné	" $+10^{\circ}$ " -12°R .
1 díl sněhu a 1 díl kuchyňské soli	" 0° " -14°R .
3 díly chloridu vápenatého a 4 díly sněhu . .	" 0° " -36°R .
1 díl sněhu a 1 díl kyseliny sirkové	" -5° " -41°R .

Ochlazuje-li se voda smíšeninou zimotvornou, povstává z ní led, k čemuž užívá se nádob kovových, jež bývají rozděleny ve více oddílův, z nichž některé vodou, jiné pak zimotvornou smíšeninou se naplňují.

Při roztékání některých pevných těl v kapalinách *zvýšuje se* teplota kapaliny, poněvadž chemickým slučováním těla pevného s kapalinou *více* tepla se uvolňuje než roztékáním pevného těla se utajuje.

298. Teplo při tuhnutí kapalin uvolněné. Ochlazujeme-li kapalinu až k jistému stupni, *ztuhne* konečně, t. j. promění se v tělo *pevné*, což děje se *pravidelně* při teplotě, při které totéž pevné tělo kapalní.

Led taje při 0°C a rtuť při -40°C ; ochladíme-li tudíž vodu až k 0°C , a rtuť k -40°C , tož ztuhnou. Nalézá-li se voda v láhvi s úzkým hrdlem zcela v klidu, může teplota její klesnouti až k -10°C , aniž by voda ztuhla; otevře-li se však láhev jen mírně, ztuhne voda náhle a teplota její vystoupí k 0°C . — (Fahrenheit 1721.)

Tuhnoucí kapaliny *uvolňují* tolik tepla, kolik ho při tání byly utajily.

1. Poněvadž mrznoucí voda teplo vypouští, tvoří se na řekách a jezerech led jen *pozvolna*. Část vody mění se totiž v led a jiná část vody zahřívá se teplem uvolněným.

2. Taje-li led, poutá teplo, čímž teplota uvnitř v ledu pod 0°C klesá. Tím vysvětlujeme, proč dvě ledové kry na sebe položené, na povrchu tající, k sobě pevně přimrznou. (Faraday 1850.)

Voda roztoků solných mřzne při menší teplotě než 0° , a led obsahuje jen část soli v pórách uzavřenéou.

V studenějších krajinách dobývají soli, odstranivše velikou část vody co led ze solanky (*Dufour 1860 a Rüdorff 1861*).

Voda mající teplotu 0°C a led při též teplotě 0°C nemají stejné hustoty, zaujímá voda při 0°C (dle *Ermana*) 0.9 objemu onoho, ježž led při 0°C vyplňuje. Výjev ten vykládá se tím, že v ledu jsou jednotlivé částice nahaněny a tudíž jinak seřaděny a více od sebe vzdáleny než ve vodě. Podobným způsobem jako led chová se též *litina a vismut*.

Nádoby naplněné vodou trhají se, zmřzne-li voda, poněvadž led více místa zaujímá než voda, z níž povstal. — Poněvadž jest hustota ledu menší než hustota vody, plove led na vodě.

2. Výpar a var.

299. Výpar. Přečází-li kapalina neb pevné tělo na povrchu svém *ve skupenství vzdušné*, tu říkáme, že se vypařuje a vzdušiny, jež takto povstaly, zovou se *páry*.

Čím *více* kapaliny se zahřívají, tím *rychleji* se vypařují, z čehož patrnó, že teplota kapaliny ve výpar její působí.

1. Výpar kapaliny pozorujeme, necháme-li jí delší čas v otevřené nádobě ve vzduchu, neboť ubývá jí ponenáhlu, až konečně všecka zmizí, t. j. v páry se promění. Výpar káfru a jiných pevných těl pozorujeme již ze zápachu, ježž ve vzduchu rozšiřují.

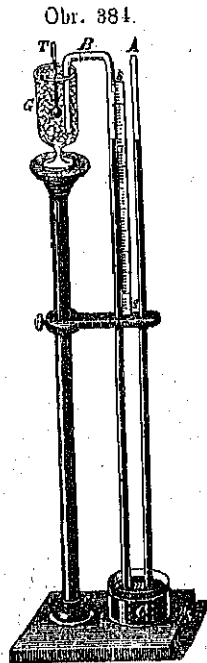
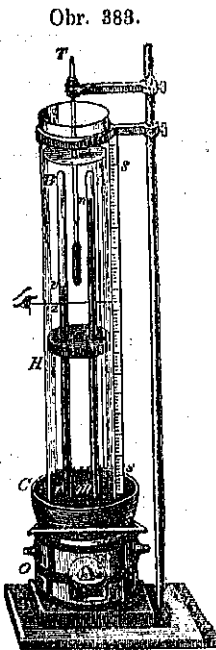
2. V odst. 156. b) vyložén výpar kapalin na povrchu z účinku odpudivosti molekul jejich; poněvadž tepiem kapalina rychleji a úsilněji se vypařuje, nutno domnívati se, že teplem odpudivost se zvyšuje.

300. Rozpínavost par. Že mají páry, necht se vyvinují při teplotě jakékoli, určitou rozpínavost, možno dovoditi následovně:

a) Pustíme-li do Torricellova prázna tlakoměru *B* (obr. 383.) několik kapek destillované vody neb jiné kapaliny, bude ponenáhlu ubývati kapaliny, která se vypařuje, a expansí par bude sloupec rtuťový klesati, o čemž přesvědčíme se, pozorující tlakoměr *A*. Z rozdílu výšky sloupcův rtuťových v *A* a *B* možno rozpínavost páry v práznu tlakoměru *B* uzavřené vypočísti (při čemž odečte se tlak kapaliny, která se nevypařila a spolu s parou na rtuť tlačí).

Naplníme-li skleněnou rouru *H*, která jest do železné misky *C* se rtuť postavena, vodou, již z dola ohněm *O* zahříváme, tož můžeme vodu, ježž teplota měří se teploměrem *T*, a tudíž i páru v práznu Torricellově postupně z 0° až ke 100°C zahřívati a expansi její při rozličné teplotě z rozdílu sloupcův rtuť obou tlakoměrů, na stupnici ss pozorovaného, stanoviti. — *Dalton* (1801).

b) Poněvadž by při teplotě nižší než 0° kapalina nade rtuť v tlakoměru *B* zmrzla a stoupání rtuť zamezila, bývá pro teploty nižší než 0° vrchní část rourky Torricellovy *B* zahnutá (obr. 384.) a ponořuje se do nádoby *G*, v níž se nalézá směsina zimotvorná, jejíž teplota stanoví se teploměrem *T*.



Ochlazením přechází sice část par v kapalinu, kteráž nade rtuť se usadí, ale nezmrzne, poněvadž sklo a pára nevodí teplo tak, aby kapalina nade rtuť mohla velmi značně se ochladiti. Ač jest par v práznu méně, mají přece tu rozpínavost, která dotýčné teplotě přináleží, a rozpínavost jest v celém prostoru stejná. — *Gay-Lussac*.

c) Kdyby teplota páry 100°C převyšovala, stlačila by pára sloupec rtuťový pod povrch rtuťi *mr* v misce *C* (obr. 383. a 384.), tak že nebylo by možno expanse páry měřiti. Přesahuje-li tudíž teplota páry 100°C , měří se expanse jejich *manometry* (str. 177.) aneb pomocí tak zvané *zátkovky pojistovací*.

Zátkovka pojistovací (obr. 385.) slouží k tomu, aby část páry z párného kotle unikla, kdyby expanse její teplem tak se zvýšila, že by kotel účinkem jejím mohl se roztrhnouti. V hořejší stěně *mn* párného kotle bývá kuželovitý otvor, jež uzavírá *zátkovka z*, která buď

závažím přímo na ni přiloženým, buď ocelovou zpruhou spirální, buď pomocí páky ac v a podepřené a posouvným závažím p obtěžkané do otvoru se tlačí. Dosáhne-li expanse páry jistého stupně zdvihá záklopku a uniká částečně z kotle.

Je-li q váha záklopky z , α plocha její ve čtverečných palcích, q' tlak vzduchu na $1\text{ } \square$ a je-li expanse páry n krátě tak veliká jako expanse vzduchu, tož působí v záklopku z dole expanse páry $E = \alpha(n-1)q' - q$ (něboť nutno ode tlaku z dole odečísti tlak vzduchu na záklopku a váhu záklopky). Působí-li pak v o váha v páky ac a v d závaží p , tož jest $E \cdot ab = p \cdot ad + v \cdot oa$ a tudíž v rovnováze $p = \frac{E \cdot ab - v \cdot oa}{ad} = \frac{[\alpha(n-1)q' - q]ab - v \cdot oa}{ad}$.

Obr. 385.



Z rovnice této možno vypočísti buď p , t. j. váhu závaží v d zavěšeného, buď n , t. j. expansi páry, buď ad t. j. místo, kde p má se zavěsiti, má-li jím expanse páry v rovnováze se udržeti.

Zákony, kterými spravuje se expanse par, jsou následující:

1. Expanse a hustota par, jež ve práznu Torricellově se byly

vyvinuly, dosahuje pro určitou teplotu největší své hodnoty, tak že prostor pak jest parami nasycen.

2. Pokud jsou páry ve styčnosti s kapalinou, ze které povstávají, přibývá expanse i hustoty jejich větší měrou než přibývá teploty kapaliny, poněvadž zvýšením teploty nové páry se vyvinují a tudíž netoliko teplota nýbrž i hustota jejich se zvětšuje.

Až posud nelze určitě vytknouti, kterak zvětšuje se rozpínavost par, přibývá-li hustoty jejich. *Holzmann, Magnus, Regnault* a mnozí jiní učenci ustanovili přímými zkouškami expansi vodních par při rozličné teplotě a sestavili zvláštní přehledné tabulky k účelům praktickým. Tak jest ku př. dle zkoušek, jež *Regnault* (1844) konal:

při teplotě dle C	expanse v millimetrech	při teplotě dle C	expanse v millimetrech	při teplotě dle C	expanse v millimetrech
-30	0·365	60	91·982	130	2030·28
-20	0·841	60	148·791	140	2717·68
-10	1·963	70	233·093	150	3581·28
0	4·600	80	354·643	160	4651·62
+10	9·165	90	525·450	170	5961·66
20	17·391	100	760·000	180	7546·39
30	31·548	110	1075·375	190	9442·70
40	54·906	120	1491·280	200	11688·96

3. Zvětšíme-li aneb zmenšíme-li (pomocí přístroje na obr. 163. znázorněného) objem par, zůstává hustota i expanse jejich

nezměněna, pokud zůstává teplota tatáž a pokud jest ještě část kapaliny nade rtuťí.

Zvětší-li se objem, povstávají z kapaliny nové páry, zmenší-li se objem, mění se část par v kapalinu a obé děje se tak dlouho, až jest hustota i expanse par táž, jež byla dříve, což patrně z toho, že výška rtuťového sloupce nad hladinou rtuťi v nádobce zůstala stejná.

4. *Není-li žádná kapalina* více ve prostoru, tož řídí se expanse par, *pokud nemají hustoty a expanse největší*, zákonem Mariottovým (odst. 173.) a Gay-Lussacovým (odst. 295.). Ješto však, jak ku konci odst. 173. podotknuto, expanse stálých plynů řídí se zákonem Mariottovým pouze v jistých mezích, platí zákon ten při plynech ztužitelných a při parách taktéž jen v určitých mezích a pozbývá platnosti své mnohem dříve, než dosáhnou páry největší hustoty a expanse. Jak *Clausius* (1850) dovodil, stává se koeficient roztažlivosti par tím větší, čím více přibližují se páry svému největšímu zhoustnutí.

5. Páry *rozličné* mají při též teplotě expanzi *rozličnou* a sice tím *větší*, čím *menší* teploty k varu dotýčné kapaliny potřebí. Tak mají ku př. při teplotě 25°C páry étherové expanzi $192''$, alkoholové $26''$, vodní $10\cdot5''$, rtuťové tak nepatrnou, že jí měřiti nelze.

6. Ochladíme-li prostor parami nasycený, zkapalní část par a zbývající páry mají expanzi, která byla by při dotýčné snížené teplotě největší; není-li prostor parami nasycen, zkapalní část par teprv tehdy, když teplota klesla *pod* onen stupeň, při kterém dotýčná expanse par byla by největší. Ochladíme-li prostor parami naplněný jen v jediném místě, ubývá v tom místě expanse; poněvadž se ruší tím rovnováha par, přitékají do ochlazené části prostoru páry tak dlouho, až jest *v celém* prostoru *stejná* expanse a sice ta největší, které mohou dosáhnouti páry při teplotě onoho místa, kdež byly páry ochlazeny.

Přístroje ku zkapalnění par a plynův tlakem a ochlazením.

7. Ve prostoru, který jest vzduchem aneb jinými plyny naplněn, vyvinuje se ač *mnohem volněji* přece *tolik* par *kolik* by jich povstalo při *též* teplotě, kdyby prostor ten byl zcela *prázný*, a expanse jejich jest ve prostoru plyny naplněném *stejná*. — (*Dalton* 1802 a *Regnault* 1854. — Srovnej odst. 181.)

8. Páry, jež vystupují z kapalin, které spolu se nemísí (ku př. z oleje a vody) pronikají se vespolek jako plyny a expanse jejich rovná se součtu expanzí par jednotlivých. Expanse par, jež povstávají z kapalin, které se spolu mísí (jako ku př. alkohol a voda, alkohol a sírouhlík, éther a terpentínová silice atd.), jest mezi oběma expansemi par jednotlivých kapalin. — (*Magnus* 1836 a *Regnault* 1854.)

9. Expanse par z roztoků solí se vyvinujících jest při též teplotě tím *menší*, čím *více* soli roztok obsahuje, při stejném množ-

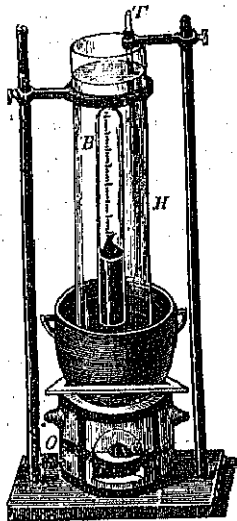
ství soli ubývá však expanse, přibývá-li teploty, ač zákon, kterým ubývání expanse se řídí, nebyl posud objeven.

301. Měrná váha a hustota par. Značí-li P váhu kapaliny, kterou proměnili jsme *všecku* v páru ve prostoru, jehož objem jest V , tož jest měrná váha páry $S = \frac{P}{V}$, při čemž hleděti nutno též k expansi E a teplotě T .

Je-li hustota vzduchu jedničkou hustot a určíme-li váhu p vzduchu téhož objemu V za týchž okolností, tož bude hustota páry $H = \frac{P}{p}$.

Chceme-li měrnou váhu S a hustotu H , která byla při expansi E a teplotě T vypočtena, převéstí v měrnou váhu s a hustotu h , kterou by měla pára při expansi e a teplotě t , tož bude, pokud jest zákon Mariottův a Gay-Lussacův v platnosti a značí-li α koeficient roztažlivosti páry pro 1°C , $e: E = h(1 + \alpha t): H(1 + \alpha T) = s(1 + \alpha t): S(1 + \alpha T)$, z čehož $h = \frac{eH(1 + \alpha T)}{E(1 + \alpha t)}$ a $s = \frac{eS(1 + \alpha T)}{E(1 + \alpha t)}$.

Obr. 386.



a) Dle návodu *Gay-Lussacova* naplní se velmi malá skleněná bánka kapalinou, jejíž prostá váha P se ustanoví. Uzavřená bánka vpustí se pak do úzké skleněné roury B (obr. 386.) nahore uzavřená a rtuť zcela naplněná, načež rtuť olejem neb vodou v nádobě H zahřívá se k vyššímu stupni, než jest onen, při kterém kapalina v bance uzavřená vře.

Roztažlivostí kapaliny roztrhne se teninka bánka a veškerá kapalina promění se v páru, jejíž objem V na stupnici roury B viděti. Znajíce pak expansi a teplotu páry, určíme měrnou váhu a hustotu její způsobem výše vytknutým.

b) Dle návodu *Dumasova* dá se do větší skleněné bání s tenkými stěnami a úzkým otvorem s (obr. 387.) část dotýčné kapaliny, načež se bání tak dlouho zahřívá, v oleji neb vodě, jejíž teplota bod varu dotýčné kapaliny převyšuje. Veškerá kapalina v bání promění se v páru, která tak dlouho otvorem s uniká, až jest expanse její rovna expansi vzduchu vnějšího. Když pára z bání unikati přestala, zaškli

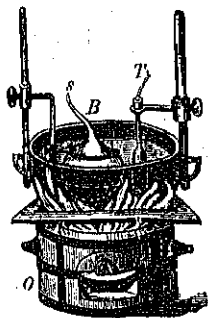
se otvor a ještě pak tlakoměr expansi a teploměr T teplotu par naznačuje, možno opět způsobem výše vytknutým měrnou váhu i hustotu páry při dotýčné teplotě a expansi stanoviti.

Hustota mnohých par při teplotě varu dotýčných kapalin byla zkouškami ustanovena a dosvědčeno, že *přibývá, když již při*

blíží se páry největšímu zhoustnutí svému, hustoty jejich větší měrou, než by mělo dle zákona Mariottova a Gay-Lussacova přibývat, z čehož patrně, že páry chovají se jako plyny jen tenkrát, pokud daleky jsou ještě největšího zhoustnutí svého.

Objem vodních par při teplotě 100°C a expansi 760^{mm} jest 1700krát větší než objem vody, z níž povstaly, při teplotě 0°C .

Obr. 387.



Je-li tudíž H hustota vody při 0°C a h hustota páry při 100°C , tož bude $H = 1700h$. Ješto pak vzduch při teplotě 100°C jest 1052krát lehčí než voda při 0°C , tož bude, značí-li opět H hustotu vody při 0°C , a h' hustotu vzduchu při 100°C $H = 1052h'$. Poněvadž $1700h = 1052h'$, bude

$$h : h' = 1052 : 1700 = 0.62 : 1 = 5 : 8.$$

Měrné váhy jednoduchých plynů a jednoduchých par mají se k sobě jako jejich čísla rovnomocná. Zákon tento má platnost též u par kapalin chemicky složených, tak že se sloučenství kapalin lze pomocí měrných vah i hustoty par jejich vypočítati.

302. Var. Kapalina vypařuje se na povrchu i při teplotě velmi nízké; zahřejeme-li však kapalinu až ke stupni, který bodem varu (Siedepunkt) se zove, proměňuje se kapalina též uvnitř v páry, jež pak v bublinách úsilně ku povrchu vystupují, což vřením (Sieden) č. varem kapaliny se zove.

a) Teplota varu rozličných kapalin jest rozličná. Tak vře ku př.

kapalina	při teplotě	kapalina	při teplotě	kapalina	při teplotě
kyselina uhličitá	-98°C	alkohol . . .	$+78^{\circ}\text{C}$	kysel. sirková	$+310^{\circ}\text{C}$
" sířičitá	-10°C	voda . . .	$+100^{\circ}\text{C}$	lněný olej . . .	$+316^{\circ}\text{C}$
éter . . .	$+35^{\circ}\text{C}$	voda mořská	$+103.7^{\circ}\text{C}$	rtuť	$+360^{\circ}\text{C}$
sírouhlišk . . .	$+47^{\circ}\text{C}$	fosfor . . .	$+290^{\circ}\text{C}$	síra	$+420^{\circ}\text{C}$

Jsou-li v kapalině pevná, kapalná neb vzdušná těla rozpuštěná, vře kapalina teplem menším neb větším, což řídí se tím, zdaž látky v kapalině rozpuštěné snáze neb nesnadněji než kapalina se vypařují.

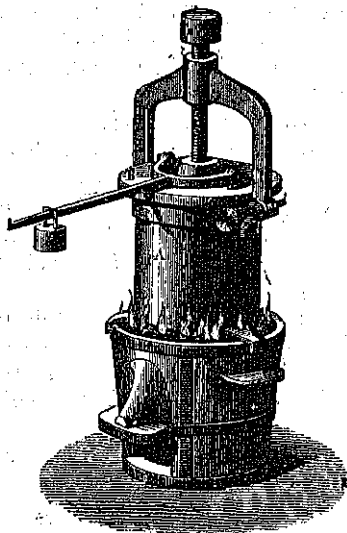
b) Poněvadž vzduch na kapalinu tlačí, musí páry z kapaliny vystupující tlak vzduchu překonávat, má-li kapalina též uvnitř v páru se proměňovati: Čím tedy větší tlak vzduchu, tím vyššího stupně tepla potřebí k varu kapaliny.

1. Poněvadž výše položené částice kapaliny tlačí vahou svou na částice níže ležící, jest teplota varu v rozličných vrstvách kapaliny rozličná.

2. Na vysokých horách, kde jest tlak vzduchu menší, vře voda při menší teplotě než 100°C a tudíž nebylo by lze v obyčejných nádobách uvařit

tam maso, luštěniny atd., ještě nedosáhla by voda potřebné teploty. Je-li však nádoba uzavřena, aby páry z ní nemohly unikati, tož tlačí pak nejen vzduch, nýbrž i páry na povrch vody a voda vše pak při teplotě, kteráž může i 100°C převyšovati. Spůsobem takovým upraven jest *Papinův hrnce*, t. j. nádoba kovová *A* (obr. 388.), uzavřena víkem *B*, které k ní neprodyšně přiléhá a šroubem neb jiným spůsobem k ní se připevňuje. Ve víku jest pojišťovací záklpek (obr. 385.) a někdy též prohlubina se rtutí, do níž teploměr se staví, aby teplota páry měřiti se mohla. Hrnce Papinova užívá se netoliko na vysokých horách nýbrž i v našich domácnostech.

Obr. 388.



3. Zředí-li se vzduch nad kapalinou a odvádějí-li se (pomocí vývěvy) páry, jež z kapaliny povstávají, tož vše kapalina při teplotě nižší, ku př. voda již při 30°C.

4. Naplníme-li báňku neb láhev z tenkého skla z části vodou a zabřívá-li se voda až vše, tož vypudí páry z nádoby všecken vzduch. Uzavřeme-li pak láhev neprodyšně tak, že nad vodou pouze páry zůstávají a polijeme-li láhev, hrdlem dolů obrácenou, studenou vodou, srazí se páry, čímž tlak jejich na vodu se zmenší a tudíž voda znovu se vaří, což možno i vícekrát opakovati.

5. *Kladívko teplové* (Pulshammer) jest rourka na obou koncích zahnutá a v kuličky rozšířená, částečně barevným lhem naplněná, ostatně vzduchoprázná. Obrátíme-li obě kuličky vzhůru a vezmeme-li jednu z nich do ruky, vypudí páry teplem ruky z líhu se vyvinující všechny lůh do druhé kuličky, kdež pak lůh úsilně vše. — *Kladívko vodní* (Wasserhammer) jest báňka úzkou rourkou s trubicií spojená. Báňka i trubice jsou uzavřeny a částečně vodou naplněny, prostor nad vodou jest pak

vzduchoprázný. Teplem ruky vše voda a páry z ní vystupující způsobují pak v ostatní kapalině nárazy, odkudž přístroji dáno jméno kladívko vodní.

6. Poněvadž teplota varu jest při rozličném tlaku rozličná, patrné, že určování bodu varu na teploměru má díti se vždy při tlaku normalném 760^{mm}.

c) *Teplota varu* nějaké kapaliny může býti i při téměř tlaku rozličném, ač páry, vyvinující se z kapaliny, jeví při stejném tlaku vždy stejnou teplotu; řídíť se teplota varu též hmotou nádoby, ve které kapalina se vaří.

Gay-Lussac pozoroval (1812), že za stejných okolností voda v nádobách skleněných poněkud vyšší teploty k varu vyžaduje než v nádobách kovových. *Munke* shledal pak (1817), že v nádobách z rozličných druhů skla a z rozličných kovů potřebuje voda k varu teploty rozličné. Druhdy domnívali se učenci, že kapaliny v nádobách rozličných vrou při teplotě rozličné proto, poněvadž přilnavost částic kapaliny ku stěnám nádoby jest rozličná. *Dufour* dokázal však v době nejnovější (1865) četnými zkouškami, že kapaliny tím větší teploty k varu vyžadují, čím méně stýkají se s těly pevnými a s plyny.

1. Rozličná povná těla pohlcují plyny ve množství rozličném. Čím dřívě vypudí se zahříváním aneb postupem chemickým pohlcené plyny, tím větší teploty potřebí k varu kapaliny v nádobě. Poněvadž sklo pohlcené plyny snáze a dřívě vypouští než kovy, vše voda v nádobách skleněných při teplotě vyšší než v kovových. Čím častěji byla nádoba potřebována, tím vyšší teploty bude k varu kapaliny v té nádobě potřebí, poněvadž ve stěnách nádoby tím méně plynů obsaženo.

2. Je-li v párném kotli voda *nakyslá* aneb *vzduchu prázdá*, bude vřítí při teplotě vyšší a odstraní-li pak se překážky, jimiž var vody se opozdil, tu povstává výbuch, t. j. kotel se trhá. Stálým a přiměřeným přítokem vzdušín do kotle možno tudíž zameziti výbuch, opozděním varu vody vznikající.

303. Teploměr tlakoměrný. Páry, vystupující z vody překapané (destilované), mají vždy onu teplotu, při které dosahují největší *expansie* ve prostoru jimi nasyceném; *expansie* tato rovná pak se tlaku, který vzduch právě má. Při pozorování teploty musí býti kulička teploměrná blíže povrchu vařící se vody.

Určíme-li teplotu par, jež z překapané a chemicky čisté vody vystupují, což můžeme vypočísti z teploty té také *expansi*, jež parám ve prostoru jimi nasyceném při teplotě této přísluší a *expansie* tato rovná se tlaku vzduchu v tom místě, kde, a v tom čase, kdy voda se vaří. Teploměr může tudíž sloužiti i co tlakoměr; je-li k tomu cíli zvláště upraven, zove se *teploměrem tlakoměrným* (thermobarometer).

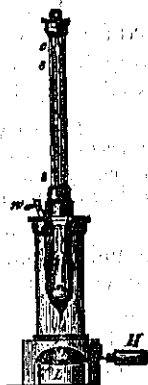
Obr. 389.

Je-li tlak vzduchu o 27^{mm} menší, jest teplota varu o 1°C nižší, tak že, mění-li se tlak o 2·7^{mm}, mění se teplota varu teprv o 0·1°C. Proto musí býti stupnice teploměru tlakoměrného upravena tak aby-
chom i velmi malé části stúpnů mohli zevrubně určití. Aby pak nemusila býti rourka teploměru příliš dlouhá, bývá teploměr upraven tak, že rtuť do rourky stoupá teprv při teplotě 93°, tak že jest na rource pouze *část* stupnice, t. j. asi z 93° až k 101°C. Při obyčejné teplotě nevyplňuje rtuť ani kuličku neb válcovitou nádobku teploměru zúplna. K teploměru tlakoměrnému přidána jest nádoba, v níž se lampou L (obr. 389) voda až k varu zahřívá. Stupnice bývá v millimetry rozdělena a 20^{mm} (aneb méně neb více) rovná pak se téměř 1°C, tak že 1^{mm} = 1/20 = 0·05°C.

Teploměru tlakoměrného užívá se s prospěchem ku měření výšky hor, proto zove se též *teploměrem výškoměrným* č. *hypso-metrickým*.

Měření výšky teploměrem navrhl nejprvé *Fahrenheit* (1724).

304. Výpar při obyčejné teplotě. Při teplotě menší než jest teplota varu vypařují se kapaliny pouze *na povrchu*. Kapaliny, které velmi rychle i při obyčejné teplotě vzduchu se vypařují, zovou se *těkkavé* (flüchtig), jako ku př. alkohol, éther, silice, kapalná kyselina siřičitá, kapalná kyselina uhličitá atd.



Také některá pevná těla jsou těkavá, jako ku př. kafr, jód, utrych.

Ač mnohé kapaliny při každé teplotě se vypařují, zdá se přece, že pro každou kapalinu jest jistá nízká teplota, za kterou výpar kapaliny již přestává, což u některých kapalin skutečně osvědčeno.

1. Voda se vypařuje (co leď) ještě při teplotě -40°C (proto uschne prádlo i za nejsilnějších mrazů), éther ještě při -61°C , sírovodík při -62°C , atd.

2. Kyselina sirková nevypařuje se již při obyčejné teplotě vzduchu, rtuť při teplotě nižší než -5°R .

Výpar zrychluje se:

1. Zvýšením teploty, neboť zvyšuje se teplotou expanse par, které pak tlak vzduchu snáze překonávají.

2. Zvětšením povrchu kapaliny, neboť zvětší-li se povrch, vypařuje se kapalina zároveň na více místech.

3. Zředěním vzduchu nad povrchem kapaliny.

4. Odstraněním par již vyvinutých buď průvanem buď pohlacením jich.

Sušení prádla a sena. — Stupňování roztoků kamenné soli.

305. Teplu při výparu a varu utajeném. Přechází-li kapalina ve skupenství vzdušné, t. j. mění-li se v páru, utajuje teplo.

Dáme-li teploměr do kapaliny, kterou zahříváme, tož stoupá rtuť až k okamžiku, kde kapalina vřítí počíná. Zahříváme-li pak kapalinu ještě více, urychluje se výpar, teplota kapaliny zůstává však vždy tatáž, tak že nelze jí zvýšiti nad teplotu varu.

Z toho vyplývá, že v otevřené nádobě nelze vodu zahřátí výše než na 100°C a že možno vařiti nad ohněm v nádobách cínových i olovených aneb i plechových na měkko spájených. Voda vaří se v papíře nad plamenem svíčky, aniž by papír shořel.

Páry odnímají teplo, jež utajují, kapalině, která se vypařuje, a nejbližšímu okolí svému a sice v míře tím větší, čím rychleji se vyvinují a tudíž čím menší jest teplota k varu dotýčné kapaliny potřebná. Při výparu příliš rychle může býti tolik tepla utajeno, že část kapaliny zmrzne. Vypařuje-li se kapalina pozvolna, nahraňuje se utajené teplo teplem z okolí.

1. Tím možno vyložiti ochlazování těl smáčením povrchu jejich. — Obalíme-li kuličku teploměru bavlnou, kterou lhem neb étherem zvlážujeme, klesá rtuť rychle. — Mýš étherem politá zmrzne. — Po koupeli bývá nám chladno. — Zapocení člověk nastudí se snadně v právanu, kde pot rychleji se vypařuje. — Pro ochlazení kropí se v létě. — Sudy obalují se navlhčenými tkaninami, aby kapalina v sudoch chladná zůstala. — Po dešti ochlazuje se vzduch.

2. Ve Španělsku uchovávají vodu v nádobách, jež nazývají *alkarazzas*. Jsou nádoby ty z hlíny pórované, tak že voda z nich pořádě slabě prosakuje a na povrchu se vypařuje vodu uvnitř zbývající tepla tolik odnímá, že vždy chladnou zůstává. — V témž základě jakož i v sálení tepla spočívá výroba ledu v Bengalsku. Za jasné noci rozestaví tam na planině slámou pokryté pod širým nebem ploché nádoby s vodou. Vyzářováním tepla a výparem ubývá pak vodě teploty tak silně, že z části v led se mění. Sláma podestřená zabraňuje přístup tepla z vyhřáté půdy.

3. Postavíme-li misticčku z tenkého plechu měděného na stůl vodou politý a dáme-li do misticčky sirouhlík, do něhož pak měchem aneb i jinak dmycháme, vypařuje se sirouhlík a misticčka přimrzne i v letě aneb ve vytvořené světlici na stůl. — Postaví-li se voda v kovové nádobě do jiné větší nádoby s étherem pod příklop vývěvy a čerpá-li se vzduch, vypařuje se éther úsilně a voda mrzne. — Wollastonův *krýfofor* upraven jako kladívko tepnové (str. 384.), má toliko trubici $1\frac{1}{2}$ —2' dlouhou a obsahuje místo lhu vodu. Je-li však voda v jedné kuli a dáme-li druhou kuli do smíšeniny zimotovorné, zmrzne voda, neboť páry z vody se vyvinující rychle se ochlazují, tak že jiné opět se vyvinují, čímž mnoho tepla se utajuje.

4. Utajení tepla při výparu slouží výhodně ku strojnímu ledu ve větším množství. K tomu užívá se v době novější přístrojů, jež sestavil Carré (1859). Ve velikém kotli zahrívá se silným ohněm roztok amoniaku ve vodě č. tak zvaný épavek vodnatý (Salmiakgeist). Amoniak se vypařuje a svádí pak se do jímadla, kde silným tlakem a ochlazením zkapaní. Kapalný amoniak odtéká pak z jímadla rourkami, jež jsou do roztoku kuchyňské soli ve vodě ponořeny, a v rourkách těch vypařuje se amoniak velmi úsilně a odumá roztoku soli tepla, tak že brzy teplota jeho pod bod mrazu klesá, aniž by roztok zmrzl. Do roztoku staví se kovové nádoby s vodou, která rychle mrzne.

306. Tepla při zkapaní par uvolněné. Přechází-li páry ve skupenství kapalné, uvolňují tepla, jež při přechodu ze skupenství kapalného do vzdušného byly utajily. Vedeme-li horké vodní páry do studené vody, stoupá teplota vody mnohem výše, než by pouhým smíšením vystoupení měla, neboť uvolňují páry, jež ochlazením zkapaněly, veškeré utajené tepla, tak že voda až k varu teplem tím může se zahrátí.

Vedeme-li páry z jakékoliv kapaliny měděnou rourou, hadovitě svinutou a ponořenou do nádoby se studenou vodou, zahrívá se voda, ješto páry, v rourě se ochlazující, utajené tepla uvolňují. Teplota vody může teploměrem se měřiti a zvážíme-li kapalinu, jež z par byla povstala, možno pak množství uvolněného tepla určití.

Před deštěm bývá v letě veliké horko, ješto uvolňují vodní páry tepla, které byly utajily. Taktéž otepluje se vzduch v zimě, než sněh padá.

307. Kapalnění plynův. Plyny kapalní buď velmi silným strojným ochlazením, buď velmi silným tlakem (str. 16.). Liší se tudíž od par hlavně tím, že není tak snadno, utajené tepla jim odejmouti jako parám. Jakmile však tepla ode plynův utajené se uvolní, promění se plyny v kapaliny jako páry.

Davy a Faraday pokusili se nejprve (1823) o zkapanění plynův. Faraday použil ku pokusům ohnuté roury na obou koncích uzavřené. V jednom konci zahríval kyanid rtuťnatý, druhý konec pak ochlázoval ve smíšenině zimotovorné. Kyan zahríváním se vyvinující zkapaněl pak ochlazením a tlakem (expansí plynu).

Pomocí piezometru Oerstedova (obr. 116.) možno taktéž plyny zkapaniti.

Ku zkapanění kyseliny uhlíčitě a kysličnku dusnatého upravil Natterer (1844) vývěvu zhušťovací, kteráž, jsouc opatřena setrvačnickem, rychle a úsilně plyny tyto shušťovala v nádobě s velmi silnými stěnami. Nádoba ochlázovala se pak smíšeninou zimotovornou.

Vypařuje-li se kapalná kyselina uhlíčitá velmi rychle, utajuje tak mnoho tepla, že jí konečně část ztuhne, t. j. v kyselini

pevnou, sněhovitou, velmi kyprou se promění, kteráž pak jeví teplotu až -90°C .

Thilorier (1835) a *Natterer* (1844) použili k tomu cíli krabice mosazné, do které proudila kapalná kyselina uhlíčitá v paprsku velmi tenkém tak, že byla přinucena téci kolem po celém vnitřním povrchu stěny. Vypařující se kyselina utajila pak tolik tepla, že část jí ztuhla a co sněhovitá hmota na stěně krabice se usadila.

Smícháme-li sněhovitou kyselinu uhlíčitou s étherem, vzniká hustá hmota, jejíž teplota až na -98°C se sníží a ve které pak větší množství rtuti zmrznouti může.

Na kůži způsobuje pevná kyselina uhlíčitá puchýř jako spálení.

308. Kapka Leidenfrostova. a) Zahřejeme-li stříbrný tyglík až do červena a vpustíme-li do něho několik kapek vody, spojí se kapky tyto v kapku jedinou, mající povrch sploštělé vypuklý. Voda tato *nevře*, majíc teplotu vždy poněkud menší než 100°C a vypařuje se jen zvolna, při čemž ustavičně se pohybuje a tvar svůj mění.

Když pak kov až k náležitému stupni byl ochlazen, počne voda náhle a úsilně se vařiti.

Výjev tento pozoroval nejprve *Eller* (1746), *Leidenfrost* pak jej později (1756) popsal.

Na místě tyglíku stříbrného možno použiti i jiné mělké nádoby z kovu jakéhokoliv a místo vody kapaliny jiné. Čím větší teploty však kapalina k varu potřebuje, tím silněji musí kov se zahřáti.

b) Výjev vykládá se tím způsobem, že kapalina zahřáté plochy *nemokří*, tak že kov *kapalině tepla nesděluje* a tudíž kapka z kovu pouze sálavé teplo přijímá; poněvadž velikou část paprskův teplových odráží a propouští, zahřívá se jen nepatrně.

Že kapalina plochy kovové nemokří, nutno souditi již z kulovitého tvaru jejího. Dle domněnky všeobecně zabraňuje vrstva páry zmokření kovu kapalinou a zahřívání kapalin. *Boutigny* vykládá pak výjev tím, že zahřátý kov páry a kapaliny odpuzuje tímž způsobem, kterým odpuzují se jednotlivé částice jeho, když zahřátím se roztahuje. Tím vyloženo spolu, proč z otvorů párného kotle, do červena rozpáleného, ani voda ani pára neuniká, což *Perkins* pozoroval.

1. Není-li v párném kotli potřebné množství vody, zahřívají se jeho stěny až do žaru a po ochlazení vyvinují se z vody páry v tak velikém množství a tak úsilně a náhle, že kotel roztrhnou.

2. Navlhčíme-li ruku v salmiakové vodě, můžeme do roztaveného olova neb železa rychle ji vstrčiti a hned zpět ji vytáhnouti, aniž bychom se spálili.

3. Ruku étherem navlhčenou aneb výtrusy plavuškových poprášenou můžeme do vařící se vody ponořiti, aniž bychom se opáčili.

4. Železná tyč do běla rozpálená zůstává ve vařící se vodě po krátký čas světle žhavou.

5. Kyselina sířičitá nemá ve žhoucím tyglíku platinovém teploty k varu potřebné. Přimícháme-li do ní vody, nabývá kyselina z vody teploty k varu potřebné, čímž voda tak silně se ochlazuje, že zmrzne.

6. Ve žhoucím tyglíku platinovém, étherem a pevnou kyselinou uhlíčitou naplněném, ochlazuje se platinová místička tak silně, že rtuť na místičce té zmrzne (*Paraday*).

3. Stanovení množství tepla, teplo měrné a vnímavost tepla.

309. Jednička tepla. Aby teplota též váhy téhož těla na též stupeň se zvýšila, potřebí vždy stejného množství tepla. Tak potřebí ku př. vždy stejného množství tepla, aby 1 libra vody z 0° na 1°C se zahřála.

Beřeme-li teplotu, které potřebí ku zahřátí 1 libry vody z 0° na 1°C , za *jedničku tepla* (Calorie, Wärme-Einheit), tož bude ku zahřátí 2, 3, 4, 5, 6... n liber vody z 0° na 1°C potřebí 2, 3, 4, 5, 6... n kráté většího množství tepla, než jest ono, kterým 1 libra vody z 0° na 1°C se zahřála. Čísly 2, 3, 4, 5, 6... n bude tudíž vytknuto množství tepla ku zahřátí dotýčeného množství vody potřebné.

Množství tepla, jež tělo při zahřívání neb ochlazování aneb při proměně svého skupenství vnímá aneb vypouští, stanoví se pomocí tak zvaných *kcalorimetrů* (měřtek množství tepla).

310. Teplo měrné. — Vnímavost tepla. — Teplo poměrné. Množství tepla t. j. počet jedniček tepla, jehož potřebí, aby teplota *jedničky váhy* (ku př. 1 libry neb 1 grammu) o 1°C se zvýšila, nazývá se *teplem měrným* (specifische Wärme).

Měrné teplo vody beře se za jedničku. Schopnost těla, pohltiti jisté množství tepla, aby teplota jeho o 1°C se zvýšila, zove se *vnímavostí tepla* (Wärme-Capacität). Vnímavost tepla stanoví se týmž číslem jako měrné teplo, neboť kolikráté jest měrné teplo větší neb menší než měrné teplo vody, tolikráté jest též vnímavost tepla toho těla větší neb menší než vnímavost tepla vody.

1. Měrné teplo a vnímavost tepla jsou v téměř poměru vespolek jako *hustota a měrná váha*. Značí-li tudíž s a s' měrné teplo a c a c' vnímavost tepla dvou rozličených těl, bude $s : s' = c : c'$. Je-li pak s' měrné teplo a c' vnímavost tepla vody, což obě jest jedničkou, bude $s : 1 = c : 1$ a tudíž $s = c$.

2. Měrné teplo neb vnímavost tepla železa jest 0.1138, rtuti 0.0333, skla 0.1770, t. j. 1 libra železa potřebuje 0.1138, 1 libra rtuti 0.0330, 1 libra skla 0.1770 jedniček tepla, aby teplota její o 1°C se zahřála.

3. Smícháme-li 1 libru vody 7°C teplé s 1 librou rtuti 109°C teplé, má směs teplotu 10°C . Voda přijala tudíž ode rtuti 99°C tepla, ač teplota její pouze o 3° se zvýšila. Patrně jest měrné teplo a taktéž i vnímavost tepla vody 33kráté větší než měrné teplo a vnímavost tepla rtuti, beřeme-li měrné teplo a vnímavost tepla vody za jedničku.

Množství tepla, jehož potřebí, aby teplota jedničky objemu nějakého těla o 1°C se zvýšila neb snížila, zove se *teplem poměrným* (relative Wärme). Poměrné teplo stanoví se součinem měrného tepla S s měrnou vahou σ toho těla, tak že poměrné teplo $\tau = S \cdot \sigma$.

311. Měrné teplo. a) Aby m liber vody z 0° na 1°C se zahřálo, potřebuje m jedniček tepla, a aby se m liber z 0° na t° zahřálo, potřebuje $m \cdot t$ jedniček tepla. Značí-li tudíž s měrné teplo nějakého těla, bude m liber toho těla ku zahřátí z 0° na t° potřebovati skráte tolik tepla co voda, tudíž množství tepla $s \cdot m \cdot t$.

Zahřálo-li se m liber těla, jehož měrné teplo jest s , z t° na t_1° , tož musilo pojmouti množství tepla $sm(t_1 - t)$, a ochladilo-li se totéž tělo z T° na t° , tož pozbylo množství tepla $s \cdot m(T - t)$.

Rovnice právě odvozené mají plnou platnost jen tehdy, je-li měrné teplo při každé teplotě stejné; poněvadž však měrného tepla přibývá tou měrou, kterou přibývá teploty, dlužno počty vzhledem k rozličnému měrnému teplu opravit.

b) Měrné teplo těl pevných možno stanoviti trojím způsobem, a sice: smíšením dvou těl rozličné teploty, tavením ledu teplem a ochlazováním těla až k jistému stupni.

c) Ponoříme-li tělo, které má váhu M , měrné teplo S a teplotu T , velmi rychle do kapaliny, která má váhu m , měrné teplo s a teplotu t a pozorujeme-li pak, zamíchavše dostatečně kapalinou, že mají obě těla stejnou teplotu τ , tož můžeme měrné teplo pevného těla určit, je-li měrné teplo kapaliny známo aneb bylo-li tělo ponořeno do vody, jejíž měrné teplo $= 1$. Není-li velkého rozdílu v teplotě a neušlo-li žádné teplo ani z kapaliny ani z pevné hmoty, tož patrné, že kapalina tolik tepla nabyla, kolik ho pevné tělo pozbylo, bude tudíž:

$$MS(T - \tau) = ms(\tau - t), \text{ pročež } S = \frac{ms(\tau - t)}{M(T - \tau)} \text{ a je-li } s = 1,$$

$$\text{bude } S = \frac{m(\tau - t)}{M(T - \tau)}.$$

Pouillet použil k tomu cili měděné nádoby tenkostěnné G (obr. 390), v níž byla voda, a drátěného košíčku, v němž bylo pevné tělo k . Teplota vody stanovila se teploměry c a e , teplota těla teploměrem T .

Regnault zavěsil na hedbávné šňůře drátěný košíček, drobnými kousky těla naplněný, do nádoby, již obklopovala jiná nádoba. Do prostoru mezi oběma nádobami přitéká vodní pára, mající teplotu 100°C , čímž také i tělo po jistém čase nabývá teploty 100°C , načež spustí se košíček po šňůře rychle do nádoby dole pod ním postavené, naplněné vodou, jejíž teplota jest známa. Aby páry, kterými tělo se zahřívá, nemohly se ochlazovati, jest obklopena druhá nádoba ještě jednou, třetí nádobou a prostor mezi druhou a třetí nádobou jest vyplněn špatnými vodiči tepla (peřím, bavlnou atp.). Taktéž jest i nádoba s vodou, do které pevné tělo se ponoří, postavena do jiné nádoby a prostor mezi oběma nádobami jest špatnými teplovodiči vyplněn, aby voda tepla nepozbývala.

1. Poněvadž voda stěnami nádob, teploměry jakož i sáláním tepla pozbývá, dlužno počet přiměřeně opravit.

2. Těla, jež ve vodě se rozlékají aneb s vodou chemicky se slučují (čímž teplota se mění), ponořují se do kapaliny jiné (ku př. do oleje), jejíž měrné teplo musí býti známo.

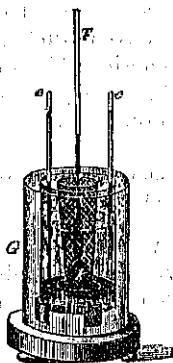
3. Je-li tělo na prášek rozmělněno, dává se do drobnooké sítky drátěné.

4. Známo-li v rovnici $MS(T - \tau) = ms(\tau - t)$ vše, kromě T , možno teplotu T z rovnice této vypočísti. V tom zakládá se *žárověr*, záležející v kuli platinové, která, byvši v žáru zahřáta, ve vodě se ochlazuje,

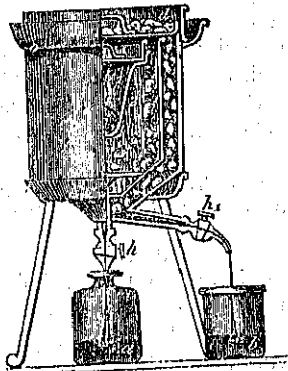
β) Dáme-li tělo, jehož množství tepla jest MST , do ledu, jehož teplota jest 0° a ponecháme-li je v něm tak dlouho, až teplota těla na 0° se snížila, tož tavi se led veškerým teplem MST a poněvadž 1 libra ledu potřebuje 79 jedniček tepla, aby se roztavila, bude m liber ledu potřebovati $m \cdot 79$ jedniček tepla. Roztavilo-li se tudíž teplem MST dotýčného těla m liber ledu 0° ve vodu 0° a nebylo-li teploty jinakým způsobem, tož bude $MST = 79 \cdot m$, pročež $S = \frac{79m}{M \cdot T}$.

Laplace a Lavoisier užívali (1780) ku stanovení měrného tepla dle tohoto návodu přístroje obr. 391. znázorněného. Do vnitřní nádoby (drátěného koše) dá se tělo, jehož měrné teplo určujeme, do prostřední nádoby led, který teplem těla se tavi a co voda kohoutkem

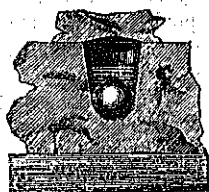
Obr. 390.



Obr. 391.



Obr. 392.



h do nádoby a odtéká, aby mohlo množství ledu roztaveného vahou se určit. Do nádoby pokrajné, jakož i do příklopu svrchního dává se led, aby teplotou vzduchu nemohl led v nádobě prostřední se tavit. Voda v této nádobě teplotou vzduchu z ledu povstávající odtéká kohoutkem h_1 do nádoby b .

1. Poněvadž má také drátěný koš jisté množství tepla, kterým též jisté množství ledu se roztaví, bude MST množství tepla těla a $m's't'$ množství tepla koše, tudíž $MST + m's't' = 79m$, pročež $S = \frac{79m - m's't'}{MT}$.

2. Část vody zůstává na ledu leptá a nemůže tudíž se zavážiti, k čemuž při zevrubném stanovení měrného tepla nutno přihlížeti.

3. Kohoutkem h stoupá do ledu vzduch a teplotou jeho tavi se část ledu, tak že více vody v nádobě a se nashromáďuje a v počtu chyba se naskytuje.

Dulong použil kusu ledu, žhavým železem aneb jiným způsobem vyhluběného (obr. 392.), do dutiny v ledu položil pak tělo, jehož měrné teplo mělo se určit, načež dutina dobře přiléhající deskou ledovou se

uzavřela. Voda v dutině z ledu povstala pak se odvážíla a S určilo se způsobem výše vytknutým.

γ) Čím větší jest měrné teplo nějakého těla, tím více času potřebí, aby tělo to sáláním se ochladilo, t. j. tím *zdlouhavěji* se tělo ochlazuje, pakli ubývá mu teploty pouze sáláním. Ochladí-li se tudíž dvě rozličná těla, jež měla původně teplotu T , sáláním tak, že teplota jejich jest t , a potřebuje-li tělo, jehož hmota jest M a měrné teplo S , k uhlazení tomu času C , jiné pak tělo, mající váhu m a měrné teplo s , času δ , tož má se

$$MS(T-t) : ms(T-t) = C : \delta$$

a jest tudíž $\frac{S}{s} = \frac{m}{M} \cdot \frac{C}{\delta}$ a jeli $s=1$, bude $S = \frac{m}{M} \cdot \frac{C}{\delta}$.

Dulong a Petit stanovili dle tohoto návodu, jež *Tob. Mayer* (1796) navrhl, měrné teplo těl pomocí tenkostěnné nádoby ze stříbrného plechu, vně pečlivě uhlazené, kteráž naplnila se tělem na prášek rozmělněným a do níž zapuštěn byl citlivý teploměr. Nádobka s tělem zahrála se až k jisté teplotě a zasadila pak *neprodyšně* do prostřed širší nádoby olověné u vnitř koptem počerněné, ze které vzduch se vyčerpá a která do kapaliny, mající stálou teplotu, se ponořila. Sáláním pozbývá tepla tělo, ve stříbrné nádobce obsažené, a aby až k jistému stupni se ochladilo, potřebí jistého času. Měrné teplo určí se pak jak výše vytknuto.

Návod tento jest nespolehlivým, poněvadž teplo rourkou teploměrnou do vzduchu odobází a rozličné hmoty také rozličným způsobem tepla nádobce stříbrné sdělují.

Nejčastěji stanoví se měrné teplo dle návodu v odst. α) vytknutého, t. j. smíšením dvou hmot nestejně teploty. Měrné teplo kapalin možno stanoviti jako měrné teplo těl pevných. Děje-li se to dle návodu v odst. α) a β) vytknutého, dají se kapaliny do tenkostěnných nádob kovových neb skleněných.

ϵ) Zkouškami osvědčeno, že jest měrné teplo kapalin mnohem větší než měrné teplo těl pevných. Voda má *největší* měrné teplo, proto jest měrné teplo všech kapalin a pevných těl vytknuto pravým zlomkem.

1. Měrné teplo některých těl pevných a kapalných vytknuto v následující přehledné tabulce:

tělo	m. tep.	tělo	m. tep.	tělo	m. tep.
led	0·9000	železo	0·1138	platina	0·0329
fosfor	0·2514	zvonovina	0·1100	zlato	0·0324
sůl kuchyňská	0·2300	nikl	0·1086	olovo	0·0314
síra	0·2026	cin	0·0956	voda	1·0000
sklo 0°—300°C	0·1900	měď	0·0952	alkohol	0·6058
„ 0°—100°C	0·1770	mosaz	0·0939	éter	0·5158
ocel nekalená	0·1765	stříbro	0·0570	olivový olej	0·5040
litina	0·1298	čín	0·0562	kyselina sirková	0·3490
ocel kalená	0·1175	antimón	0·0508	rtuť	0·0333

2. Kovy mají velmi malé měrné teplo a tudíž také malou vnímavost tepla, proto zvyšuje se teplota jejich i nepatrným zahřátím dosti značně. Z té příčiny hodí se kovy velmi dobře za teploměry.

3. Kovy zdají se býti *studenější* než dřevo, poněvadž co dobří vodičové ruce *mnohem rychleji* teplo odnímají než dřevo, ačkoli potřebují *méně* tepla než dřevo, má-li teplota jejich býti *tatáž*, kterou má ruka.

Měrného tepla a vnímavosti tepla přibývá tou měrou, kterou se zvyšuje teplota, tak že potřebuje ku př. totéž tělo více tepla, má-li teplota jeho z 20° na 21° se otepliti než z 0° na 1° . Zákon tento platí zvláště o kapalinách. Vodě přibývá měrného tepla, jakož i vnímavosti tepla se zvýšením teploty jen pozvolna. Od 0° až ke 100°C přibývá měrného tepla zvýšením teploty tak málo, že netřeba ku přibývání tomu přihlížeti. Číslo, jímž vytknuto měrné teplo pro teplotu mezi 0° a 100°C značí *střední měrné teplo*.

Čím více ubývá hustoty těla, tím větší jest jeho měrné teplo, proto má tělo ve skupenství vzdušném měrné teplo největší a ve skupenství pevném nejmenší.

Roztékáním a chemickým sloučenstvím těl mění se značně jejich měrné teplo.

d) *Dulong a Petit* osvědčili (1818), že součin čísla S , kterým vytknuto měrné teplo těla pevného neb kapalného, s číslem, které značí rovnomocninu chemickou A toho těla, rovná se vždy číslu stálému C , t. j. $S \cdot A = C$, z čehož vyplývá $S = \frac{C}{A}$, t. j. měrné teplo těla pevného neb kapalného jest v převráceném poměru k rovnomocnině jeho.

Je-li rovnomocnina kyslíku = 100, jest $C = 38$ až 40 (*Regnault*). — Poněvadž uhlí ani v pevném, ani v kapalném, ani ve vzdušném skupenství tímto zákonem se neřídí, nutno domnívati se, že objevuje se uhlí ještě v jiném nějakém allotropickém stavu, jehož až posud neznáme a v němž dle tohoto zákona se spravuje.

Neumann dokázal (1831), že součin měrného tepla S s rovnomocninou A jest vždy stálé, neproměnné číslo C při tělech majících podobné a atomisticky stejné sloučenství chemické (jako ku př. kyslíčnisky, sirnisky, jódidy, chlórity atd.). Číslo C jest však při rozličných poměrech sloučenství rozličné, tak že $SA = C$, $S_1A_1 = C_1$, $S_2A_2 = C_2$, atd.

Mají-li kyslíčnisky poměr sloučenství MO , jest $C = 70.5$, mají-li poměr MO_2 , jest $C = 86.5$, je-li poměr MO_3 , jest $C = 118.7$ atd.

Z pozorování *Regnaultových* (1844) vyplývá, že měrné teplo slitin S rovná se při teplotě menší než jest teplota tání střednímu teplu měrnému S_1 a S_2 kovů, z nichž slitina se skládá, t. j.

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

e) Měrné teplo vzdušin stanoviti jest velmi nesnadno, poněvadž nádobu, ve které jest vzdušina uzavřena, jsouc mnohem těžší,

také mnohem více tepla vnímá, než vzdušina v ní uzavřená a tudíž počet velmi se liší, pochybíme-li v určení teploty nádoby jen velmi nepatrně.

Měrné teplo vzdušín určuje se, buď při *témž* (stejném) tlaku a proměnlivém objemu buď při *proměnlivém tlaku a témž* (stejném) objemu.

Při *témž* tlaku a proměnlivém objemu stanovili Delaroche a Bérard měrné teplo vzdušín takto:

Suchý plyn proudí, jsa *týmž* tlakem puzen, nejprve rourou, vodními parami vně zahřívanou a pak tenkostěnnou trubici, hadovitě zatočenou, kteráž jest studenou vodou obklopena. Plynem, hadovitou trubicí protékajícím, zahřívá se voda až k jistému stupni, kdežto pak tolik tepla do okolí svého vypouští, kolik ho přijímá, tak že teplota její více se nezvyšuje. Stálá tato teplota vody bude však tím vyšší, čím více tepla plyn vodě sděluje. Poněvadž jest tlak stejný, prochází ve stejných dobách stejný objem plynu hadovitou trubicí a prochází-li tudíž *stejný* objem *rozdílných* plynů trubicí, bude zvýšení teploty vody poměrné onomu množství tepla, jehož plyn vodě sděluje, čili měrnému teplu dotýčného plynu. Takovým způsobem možno měrné teplo dvou rozdílných plynů v určitý poměr sestaviti, jakož i beře-li se měrné teplo vzduchu za jedničku, určitým číslem vytknutí. Prochází-li trubicí *určité množství* vzduchu, možno dle návodu v odst. c) na str. 390, vytknutého měrné teplo vzduchu určití a tudíž měrné teplo ostatních vzdušín též vzhledem k obecně přijaté jedničce tepla vypočítati.

Stejného tlaku docílili Delaroche a Bérard používšo lahve Mariottovy (str. 181.), ze které vytékala voda do nádoby, vypuzující z ní stejnoměrně vzduch do jiné nádoby, ve které byl měchýř s dotýčným plynem, který stejnoměrně se stlačoval, čímž nastal stejnoměrný proud plynu.

Výsledky zkoušek sestaveny jsou ve zvláštních tabulkách, z nichž vyplývá, že měrné teplo kyslíku, dusíku a vodíku při stejných objemech jest *téměř* stejné.

Při neproměnlivém objemu vzdušín nebylo až posud měrné teplo jejich stanoveno; až posud nalezen pouze poměr mezi měrným teplem vzduchu při proměnlivém objemu V a měrným teplem vzduchu při neproměnlivém objemu v . Poněvadž jsou dotýčné zkoušky velmi obtížné,

jeví se výsledky počtův rozdílné; dle *Massona* jest poměr $\frac{V}{v} = 1.319$, z čehož patrnó, že má totéž množství vzduchu *větší měrné teplo*, mžou-li se roztahovati, což vyplývá z toho, že v případě tom potřebí částí tepla ku roztahování se vzduchu a že při stlačování jeho část tepla se uvolňuje.

312. Stanovení tepla táním a výparem utajeného.

a) Tuhne-li kapalina, uvolňuje tolik tepla, kolik ho utajila při přechodu ze skupenství pevného v kapalné. Určíme-li tudíž množství tepla při tunutí kapalin uvolněného, známe též množství

tepla táním utajeného. Ztuhne-li tudíž tělo, jehož veškeré teplo jest $M.S.T$, v kapalině studenější, jejíž veškeré teplo jest $m.s.t$, a je-li po ztuhnutí těla společná teplota kapaliny i těla τ , tož pozbylo tělo ochlazením teploty $MS(T-\tau)$ a uvolněním množství tepla Mx , tudíž úhrnem $MS(T-\tau) + Mx$ a kapalina nabyla tepla $ms(\tau-t)$. Poněvadž jest $MS(T-\tau) + Mx = ms(\tau-t)$, bude

$$x = \frac{ms(\tau-t) - MS(T-\tau)}{M} \text{ a ztuhlo-li tělo ve vodě, jest}$$

$$x = \frac{m(\tau-t) - MS(T-t)}{M}$$

Osušíme-li bedlivě led 0° teplý a roztavíme-li jej ve vodě, jejíž teplota jest t^0 , ustanovíme-li pak teplotu vody τ v okamžiku, kdy poslední částice ledu se rozplynula, tož bude, poněvadž $s=S=1$ a $T=0 \dots m(t-\tau) = Mx + M\tau$ (neboť pozbyla voda tolik tepla, kolik ho led nabyl a utajil), pročež

$$x = \frac{m(t-\tau) - M\tau}{M} = \frac{mt - \tau(m+M)}{M}$$

Tím způsobem shledáno, že jedna libra ledu 0° teplá utajuje 79 jedniček tepla, mění-li se ve vodu, taktéž 0° teplotou.

Protéká-li M liber páry, jejíž měrné teplo jest S , utajené teplo x a teplota T , rourou hadovitou, nalézající se v m librách vody, která má měrné teplo s a teplotu t , tož ochlazuje se pára a osazuje se na stěnách roury co kapalina. Teplem, jež pára uvolnila, proměňivši se v kapalinu, zahřívá se voda, která hadovitou rouru obklopuje, tak že původní teplota její t se zvýší a jest pak t' . Kapalina v rouře se osazující má tudíž také s počátku teplotu t a ku konci zkoušky teplotu t' , tak že průměrná teplota

její jest $\tau = \frac{t'+t}{2}$. Jak z předcházejícího patrnó, bude opět

$MS(T-\tau) + Mx = ms(t'-t)$ a je-li $s=1$, bude

$$MS(T-t) + Mx = m(t'-t), \text{ z čehož } x = \frac{m(t'-t) - MS(T-t)}{M}$$

1. Byly-li tímto způsobem vodní páry ochlazeny, jest $S=s=1$ a jest pak $x = \frac{m(t'-t) - M(T-t)}{M}$. Při tlaku 760^{mm} vypočteno, že utajuje 1 libra vodních par z vody 100°C teplé vznikajících 540 jedniček tepla (dle Regnaulta 538-5).

2. Z pokusův *Briouffoh* vyplývá, že množství utajeného tepla par, při 760^{mm} tlaku a dotýčené teplotě varu vznikajících, mají se k sobě téměř jako převráceně hustoty.

4. Párny stroje.

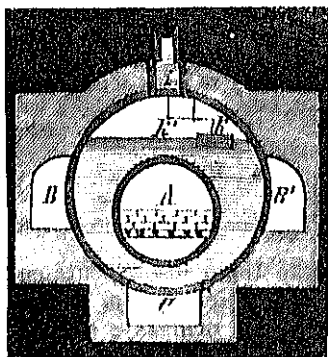
313. Párny kotel. Páry vodní, jejichž rozpínavosti co hybné síly k rozmanitým účelům užíváme, vyvinují se ve zvláštních *kotlích párných*, jež hotoví se ze silných, železných desk pevně snýtovaných.

Nejčastěji má kotel tvar válce, na obou koncích zakulaceného. Aby tepla, které z paliva se vyvinuje, co nejlépe se použilo, musí býti povrch kotle, který s plamenem a horkými plyny

se stýká, co možná veliký, čehož možno docílití způsobem rozličným.

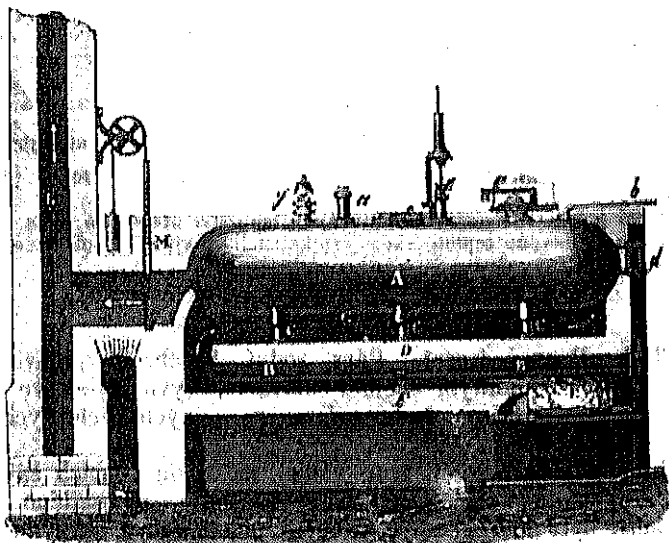
Obr. 393. ukazují příčný průřez zadržného kotlo. Na ohništi *O* se topí, plamen jde pak na zad a vrací se postranním průchodem *B* ku předu, načech vchází kolem přechodu *A* do druhého postranného průchodu *B'*, kterým postupuje pak na zad kotle, kdež topiv do komína vchází. Někdy mívá kotel u prostřed rouru *A*; plamen postupuje pak z ohniště *O* na zad, vrací se rourou *A* ku předu, kdež pak rozvětluje se do postranních průchodů *B* a *B'*, z nichž vzadu do komína vniká, aneb bývá ohniště v rourě *A*, odtud jde pak plamen do zadu, vrací se průchodem *O* ku předu, kdež pak vstupuje do průchodů *B* a *B'*, jimiž vchází do komína.

Obr. 393.



V době novější spojují s kotlem obyčejně dvě neb tři uzavřené roury, kteréž pod kotlem leží a pouze vodou naplněny jsou. Roury tyto zovou se předhřivači (Vorwärmer), poněvadž voda v nich se předehřívá. Na obr. 394. viděti párný kotel tímto způsobem upravený a obr. 395. znázorňuje příčný průřez jeho. *A* jest hlavní kotel, *BB* jsou předhřivači, spočívající na železných podstavcích *F* a spojení s kotlem rourkami *C*. Mezi kotlem a předhřivači jest klenba *D*, která působuje, že plamen a žhavé plyny postupují z ohniště *E* kolem předhřivačů v zad, pak nad klenbu *D* vystoupivše ku předu se vrací a spodní část kotlo *A* zahřívají, načech postranními průchody opět v zad se obrátivše do komína *L* vstupují. Soupátko *M* slouží k tomu, aby tak v komíně mohl náležitě se upravit.

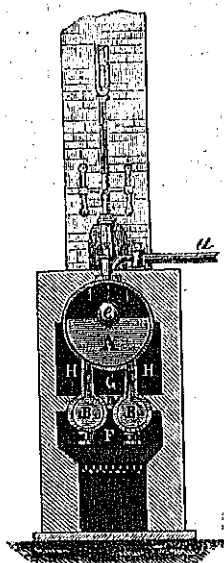
Obr. 394.



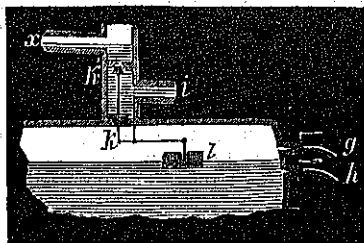
Každý kotel párný jest opatřen některými přístroji, z nichž nejdůležitější jsou: 1. přístroje, kterými měří se výška povrchu vody v kotli, 2. pojistovací záklopka, 3. manometry a 4. přístroje, sloužící ku naplňování kotle vodou.

a) Nejjednodušší přístroj ku naznačování výšky vody v kotli jsou dva kohoutky *g* a *h* (obr. 396.) nad sebou umístěné. Hořejší jest v té výšce, které nesmí voda nikdy dostoupiti a dolejší ve výšce, pod níž nesmí voda nikdy klesnouti. Otevrou-li se oba kohoutky, musí z hořejšího otvoru prouditi pára a z dolejšího voda. Má-li však voda vysoký stupeň teploty, mění se, vystoupivši do vzduchu, okamžitě v páru, tak že proudí pak z obou otvorů pára.

Obr. 395.



Obr. 396.



Z té příčiny používá se často místo kohoutků plavádku, t. j. desky (neb kule) železné neb kamenné, zavěšené na vahadle a nadlehčované poněkud závažím na druhém konci vahadla, tak že udržuje se na povrchu vody. Plavadlo *e* (obr. 394. a 395.) spojeno jest s tyčí, která ucpaným otvorem z kotle neprodyšně vychází a s plavadlem vystupuje a sestupuje výšku vody naznačuje. Poněvadž jest v zacpávce tření značné a poněvadž tyč někdy se vzpříčí neb ohne, když plavadlo stranou se pošine, není plavadlo zcela spolehlivé ku naznačování výšky vody v kotli, proto užívá se obyčejně skleněné rourky *d* (obr. 394.) v čele kotle kolmo umístěné a oběma otevřenými konci zasazené do dvou trubic, které ústí v kotli. Rourka takových musí býti více v zásobě.

(Od r. 1855. zřizují se plavádku magnetická, *Franklinem* opravená. Dutá mřížná koule jest spojena s tyčí pravouhelně zahnutou a vodorovně položenou, kteráž má na konci příčně přidělaný silný magnet. Stoupá-li neb klesá-li voda v kotli, vystupuje a sestupuje též koule, opisující oblouk kruhový a tyč s ní spojená se otáčí, tak že též póly magnetu na ní připevněného oblouk opisují. Tyč otáčí se v pevném mosazném bubínku, na jehož vnější straně jest jehla magnetická, kterou magnet uvnitř přitahuje. Jehla jest tudíž vždy v té poloze, kterou má magnet a z polohy té možno výšku vody v kotli posouditi.

b) Tloušťka stěn kotle musí býti vždy priměřena oné rozpínavosti páry, které párný stroj ku pohybu vyžaduje. Až pevnost kotle tlakem hydrostatickým (pomocí lisu hydraulického obr. 119) dříve se zkouší a topení, jakož i výška vody v kotli vždy tak se řídí, aby rozpínavost par určitého stupně nepřekročila, mohou přece páry z příčin nepředvídaných nabýti expanse tak veliké, že kotel se roztrhne. Výbuchu takovému zabráňuje záklopka pojistovací *c* (obr. 394.), o jejíž úpravě pojednáno na str. 379 (obr. 385). Obyčejně bývají na párném kotli dvě takové záklopy. Někdy bývá opatřen párný kotel rourou *g* (obr. 394.), která ucpána jest zátkou ze slitiny kovů, při určité

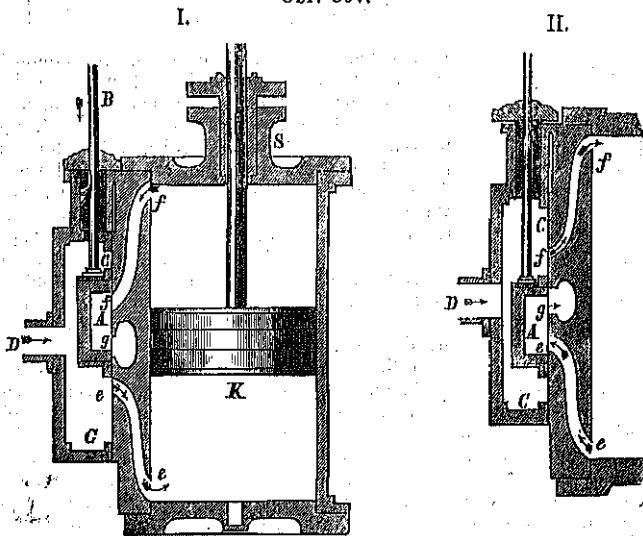
teplotě se rozlévají. Dosáhnou-li páry této teploty, roztaví se zátka a pára proudí pak úsilně rourou, čímž vzniká silný pískot.

c) Rozpínavost par v kotli určuje se manometry, o kterých pojednáno na str. 177.

d) Poněvadž voda v kotli rychle se vypařuje a kotel vždy do určité výšky vodou má být naplněn, musí kotel vodou stále se doplňovati, což děje se při menší expansi páry pomocí plavadla *k* (obr. 393.), kteréž spojeno bývá pákou *kk'* se záklopkou *i*. Klesne-li voda a tudíž i plavadlo, otvírá se záklopka *i* a napájecí rourou vtéká pak voda do kotle. Je-li expanse páry větší, tak že by tlakem s hora nemohl udržeti se v rovnováze tlak páry z dolu na záklopku působící, tož puď se pumpou na tlak voda do roury *i* (obr. 396.), odkudž vniká do roury *kk'*. Klesá-li plavadlo *i*, otvírá se záklopka *k*, druhá s ní spojená záklopka *k'* pak se uzavírá, voda vtéká do kotle, čímž *i* opět stoupá, *k* se uzavře, *k'* otevře a zbyváající voda rourou *α* se odvádí. Dle návodu *Giffardova* (1860) odvádí se část páry z kotle rourou s úzkým otvorem do malého prostoru, odkudž vzduch vypuď, načež v něm se sráží, tvoříc prostor vzduchoprázny, do něhož studená voda z nádržky níže ležící stoupá. Tato voda, jakož i voda sražením par povstalá svádí se pak jinou rourou do kotle, což neustále se opětuje.

Voda obsahuje vždy rozličné příměšky, které poněáhu na dně a na stěnách kotle se osazují, tvoříc pevný škrالoup, který, jsa špatnějším vodičem než železo, zamezuje přístup tepla k vodě a poněvadž jest křehký místy se vydrobiti může, tak že voda, dotknuvši se pak náhle rozpáleného železa vy-

Obr. 397.



vine množství páry, čímž kotel může se roztrhnouti. Proto musí se škrالoup odklídi a k tomu cíli má kotel veliký otvor *f* (obr. 394.), jímž může dělník do kotle vlezti a jej vyčistiti. Otvor bývá příklopem pevně uzavřen. Vmícháním plavené hlíny aneb strouhaných bramborů možno osazení se škrالoupu zameziti, potřebí pak toliko kalnou vodu po čase vypustiti.

314. Párny stroj. Podstatné části párného stroje jsou:

1. Dutý, na obou koncích uzavřený, uvnitř vykroužený a

uhlazený válec (obr. 397.), na podstavci buď stojící buď položený, ve kterém se pohybuje tlakem páry, z párného kotle do válce vnikající, píst K , který pomocí pružných per neprodyšně ku stěnám válce přiléhá. Tlačí-li pára vždy jen s jedné strany na píst a pohybuje-li se píst v druhém směru svou vlastní nebo jinou vahou aneb tlakem vzduchu, jest párný stroj *jednostranně činný*, přichází-li však pára střídavě na obě strany pístu, tak že způsobuje pohyb jeho v obou směrech, zove se párný stroj *dvoučinným*.

2. *Přístroj rozváděcí* (Steuerung) slouží k tomu, aby pára z kotle do válce s jedné strany pístu se přiváděla, s druhé strany pak z válce se odváděla.

Přístroj rozváděcí se šoupátkem skládá se z truhlíku A (obr. 397.), který jest na čelné straně otevřen a zde uhlazenými kraji svými těsně ku stěně válce přiléhá. Šoupátko pohybuje se v tak zvanou párnou komoře O , do které pára z kotle párného rourou D přitéká. Má-li šoupátko polohu I , přichází pára drahou Dee pod píst a žene jej vzhůru, pára nad pístem se nalézající odtéká pak drahou fg , a z g buď do hustiče, buď do vzduchu. Došel-li píst až vzhůru, přesmyklo se šoupátko dolů do polohy II , načež pára drahou Dff nad píst vniká, jej dolů puď a pára pod pístem se nalézající drahou eeg z válce uniká. Jak z obrazce patrné, uzavírá šoupátko v určitém okamžiku oba přechody do válce současně. V tu chvíli měl by ovšem párný stroj se zastaviti, sotrváčností puď jej však k dalšímu pohybu a mezi tím posouvne se šoupátko dále.

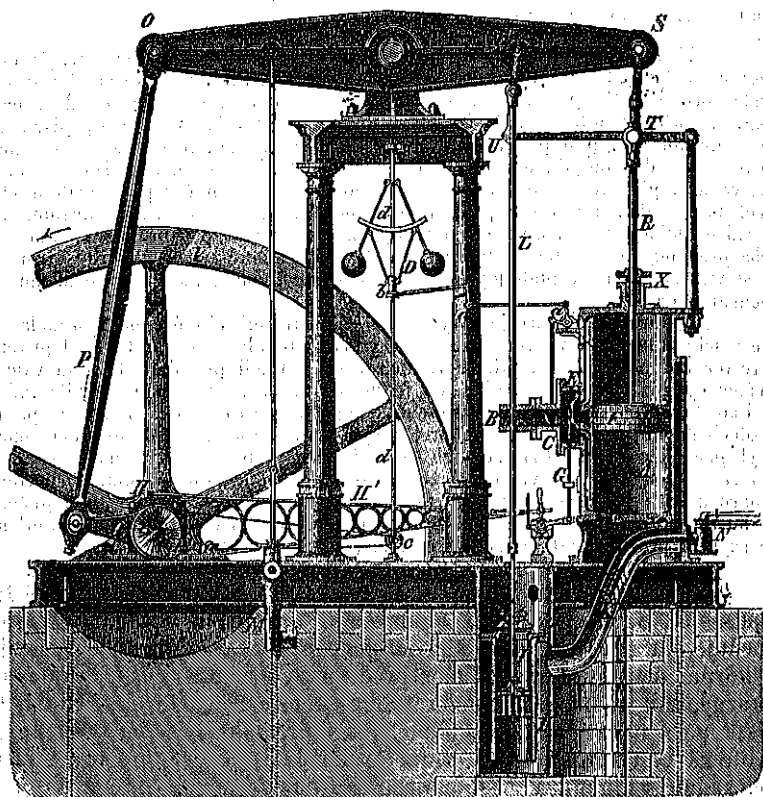
Nejstarší párné stroje byly pouze jednostranně činné a pára srážela se ve válci ochlazením ve vodu, kteráž z válce odtékala, čímž nastal pod pístem prostor vzduchu prázný, tak že vzduch vnější stlačil píst dolů ko dnu válce. Válec byl při takových strojích na jedné straně otevřen a pára sloužila tudíž toliko ku přemáhání tlaku vzduchu vnějšího, ještě píst zdvihal se, pakli vzduch na něj netlačil, závažím zavěšeným na vahadlo, na jehož druhém konci byl píst připevněn. Při strojích dvoučinných užívalo se nejprve *kohoutek dvoucestných*, t. j. tak vrtaných, že spojovaly v jednu polozu jedním průvrtem rouru z kotle s přechodem nad píst a druhým průvrtem prostor pod pístem s hustičem. Byl-li kohoutek o 90° otočen, spojoval přechod pod píst s kotlem párným a prostor nad pístem s hustičem, do kterého páry odtékaly.

Vchází-li pára, když úkol svůj vykonala, t. j. pohyb pístu způsobila, do *hustiče*, kdež ochlazením se sráží a ve vodu se proměňuje, tu zove se stroj ten *strojem o nízkém tlaku*. Při stroji takovém utvoří se po jedné straně pístu prostor téměř vzducho-prázný, tak že pára přemáhá toliko odpor stroje samotného. Uniká-li však pára do vzduchu vnějšího, musí přemáhati odpor vzduchu a pára na píst tlačící musí tudíž překonávati kromě odporu stroje též odpor vzduchu vnějšího, proto zovou se stroje takové *stroji o vysokém tlaku*. Při stroji o nízkém tlaku postačuje ku pohybu pístu expanse páry tak veliká jako jest tlak vzduchu (1 atmosféra), kdežto při stroji o vysokém tlaku nejevil by se při této expansi účinek prázdný. Aby pára tak působila jako při stroji o nízkém tlaku, musí míti při stroji o vysokém tlaku expanse 2 atmosfér. Ve skutečnosti užívá se ve stroji o vysokém tlaku páry, mající nejméně $2\frac{1}{2}$ atmosfér rozpínavosti.

Abý se ušetřilo páry a tudíž i paliva, nenechá se pára prou-

dití tak dlouho do válce, až píst pokraje válce dosáhl, nýbrž zamezí se páře přístup do válce již, kdy píst $\frac{2}{3}$ aneb $\frac{1}{2}$ své dráhy vykonal. Až do toho okamžiku působila pára na píst *plným tlakem*, odsud působí však pouze *rozpínavostí* svou, ženouc píst až na konec válce, načež teprv do hustiče aneb do vzduchu ustoupí. Stroje tak upravené zovou se *expansivné*. Dle návodu *Woolfova* (1804) spojují se spolu dva válce, tak že v jednom pára působí plným tlakem, v druhém pak větším pouze rozpínavostí,

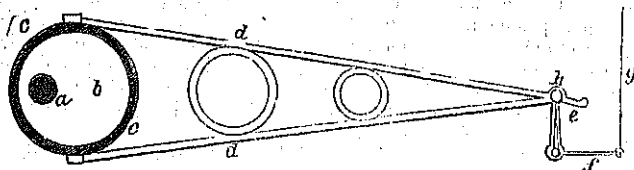
Obr. 398.



načež do hustiče vchází. Tlačí-li ku př. pára z kotle přicházející píst v menším válci dolů, ustupuje pára pod pístem do druhého velikého válce nad píst, jež rozpínavostí dolů stlačuje, tak že táhla obou pístů konají pohyb svůj vždy týmž směrem. Poněvadž má píst ve větším válci větší povrch, zvýší se účinek páry, čímž docílí se tudíž pohybu dosti rychlého, ač pára nepůsobí ve větším válci plným tlakem, nýbrž pouze svou rozpínavostí.

3. Přístroj, kterým *postupný* pohyb pístu v *otáčivý* pohyb hřídele se proměňuje, skládá se z *táhla* pístového *R* (obr. 398.), kteréž *zacpávkou* *X* válce neprodyšně prochází, přivádějíc v pohyb

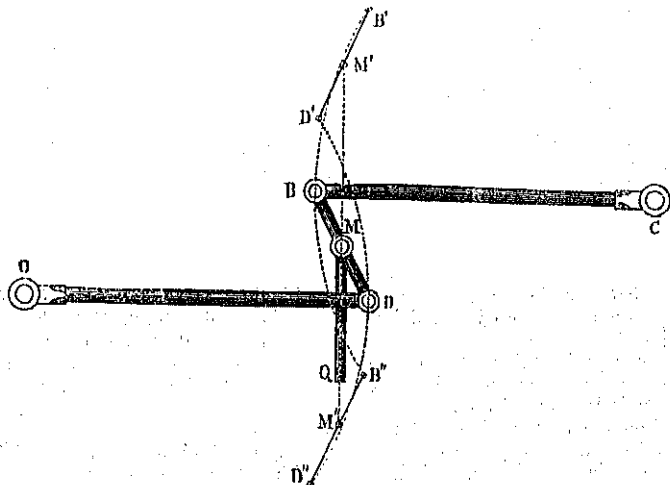
Obr. 399.



vahadlo *OS* a *vojnicí* *P*, kteráž *klikou* *Q* otáčí *veliký setrvačnický V*, z jehož *hřídele* pomocí *bezkoněčných řemenů* aneb *jiným způsobem* pohyb na stroje v *jiném místě* se *převádí*.

Obr. 398. znázorňuje *úpravu párného stroje Wattova úpravy novější*. Rourou *B* přichází *pára* z *kotle* do *párné komory E* a vstupuje do *válce A* pod *píst P*, kdežto *pára* nad *pístem* ustupuje rourou do *hustiče I*, do něhož *žene* se *ustavičně zvláštním kropníkem K* *jemný dešť studené vody*, tak že

Obr. 400.



pára se *sráží*. Pumpou na *zdvíž J*, která *jest* *taktéž* s *vahadlem* *táhlem L* *spojena*, *odvádí* se *pak* *teplá voda* a *s ní* *spolu i* *vzduch*, který *kropníkem* do *I* *vnikl*, do *nádržky*, z *níž* *pumpou* *napájecí M* *vede* se *opět* do *kotle párného*, z *čehož* *plyne* *ten prospěch*, že *přichází* do *kotle* *voda* *teplá*, čímž *paliva* se *ušetří*.

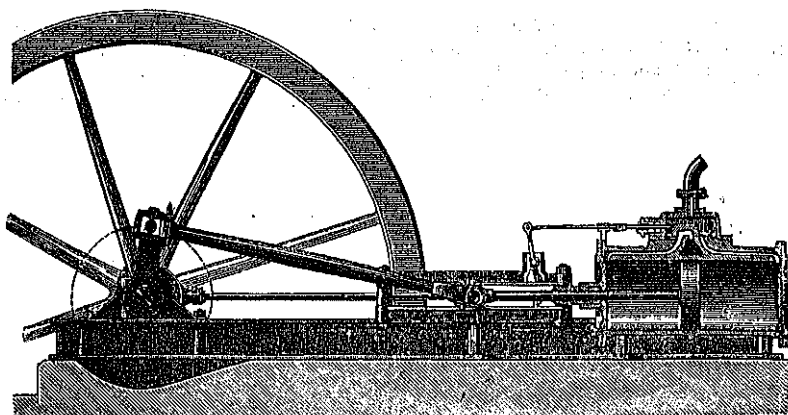
Aby *stroj* *pravidelně* se *pohyboval*, *řídí* si *sám* *přítok páry* *rovnatelem odsředivým D*. *Řemenem* *převádí* se *pohyb setrvačnicku* na *kolo c*, jímž *otáčí* se *hřídelek d* *dvěma* *litými kulemi* *opatřený*, kteréž v *kruhu* se *otáčejíce* *od-*

středivosti tím více od sebe se vzdalují, čím rychleji stroj se pohybuje. Čím více se však kule od sebe vzdalují, tím výše posouvnuou cívku b a pákovým přístrojem baa uzavírá se pak záklopka O v rouře B , tak že méně páry do válce přitéká. Pohybuje-li se stroj zvolna, klesnou kule níže a záklopka se otevírá, aby více páry do párné komory vniknouti mohlo.

Na ose setrvačnicku jest připevněn výstředný kotouč H s hrabíci H' , která pomocí lomené páky šoupátko G tak pohybuje, že pára střídavě pod píst a nad píst přichází. Na obr. 399. viděti výstředný kotouč b na hřídeli a nasazený. Kotouč objímá přiléhající kroužek c , k němuž přidělaný jsou tyče d , spojené na konci s lomenou pákou hef . Otáčel-li se hřídel a , opisuje každý bod na obvodu výstřednicku kruh kolem osy hřídele a smykaje se na vnitřní ploše kroužku c , který se otáčetí nemůže, přivádí jej v pohyb s pravé strany k levé a pak opět s levé ku pravé.

Aby tyč pístová, procházející zapávkou, udržovala se při pohybu svém vždy v poloze kolmé, bývá konec její M (obr. 400.) upevněn na jiné tyči BD , kteráž jest spojena v B s vahadlem okolo osy O se otáčejícím a v D s jinou pákou OD , okolo osy O se otáčejícím. Konec vahadla B opisuje při pohybu

Obr. 401.

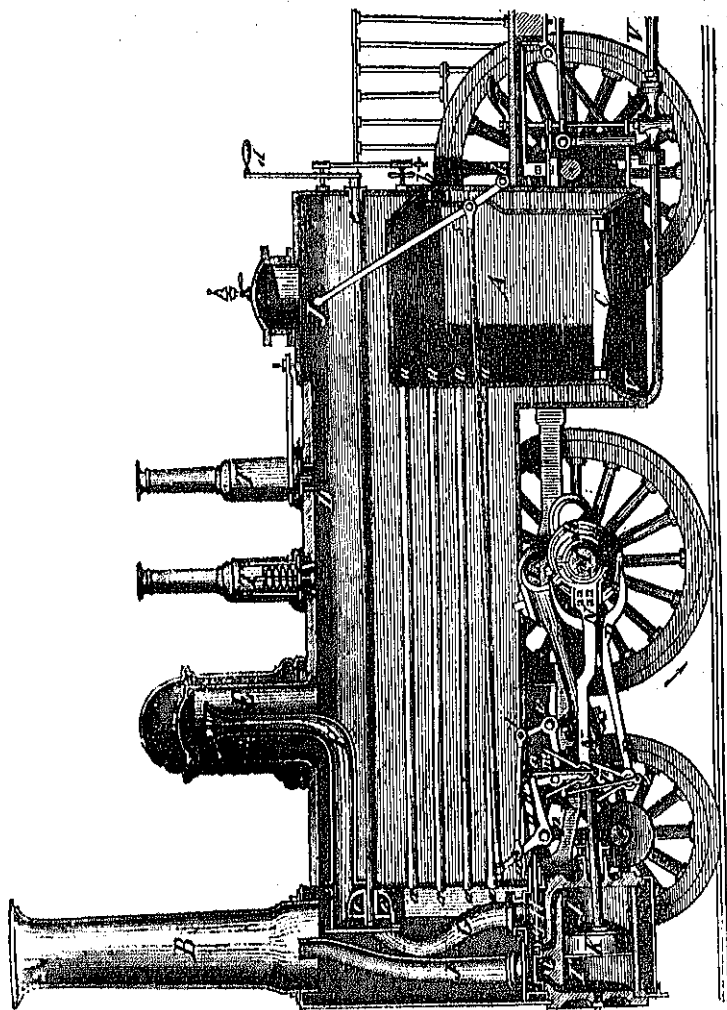


oblouk $B''B''$ a konec páky D opisuje oblouk $D''DD''$, tak že tyč BD přichází postupně vždy do jiné polohy, ku př. do polohy $B'D'$, BD , $B''D''$ atd., střed její M zůstává však vždy v též kolmé přímce MM' aneb jen nepatrně z ní se odchyluje, tak že táhlo MQ zůstává taktéž v poloze kolmé. Ústrojí toto zove se po vynálezci svém rovnoběžníkem Wattovým. Na obr. 398. viděti rovnoběžník Wattův $STUV$.

Vodní páry použil prý ku pohybu nejprve Heron z Alexandrie (asi 150 př. Kr.), naplniv parou dutou kuli kovovou, která mohla v čepovicích se otáčet a měla na obvodu několik rour, blíže konce vesměs v jednu stranu otvorem opatřených. Kule otáčela se tlakem zpátečným jako Segnerovo kolo. Salomon de Caus navrhoval (1614), aby voda zdvihala se do výšky tlakem páry. Zahříváním vody v nádobě, která Heronově bání se podobá, vytvoří se páry, jež jako zhuštěný vzduch vodu v rouře téměř až ke dnu nádoby sáhající zdvihají. — Italian Branca zřídil (1629) kolo, které se otáčelo tlakem páry, na lopatky jeho se vyřinující. — Francouz Papin sestavil (1690) poprvé stroj nynějšímu párnému stroji podobný. — Angličan Savery použil (1696) nejprve párného stroje ku zdvihání vody parou. — James Watt, narozený ve Skotsku r. 1786, opravil a zdokonalil párný stroj tak velice, že téměř za vynálezce jeho pokládati se musí. — V době novější zjednodušen Wattův stroj,

obr. 398. znázorněný, tím, že užívá se válců ležatých a že pohyb táhla pístu převádí se vojnicí přímo na kliku, tak že vahadla není potřebí (viz obr. 401.). Párné stroje na voze uložené, aby mohly se převážet na místo, kde mají práci konati, zovou se *lokomobily*.

Obr. 402.

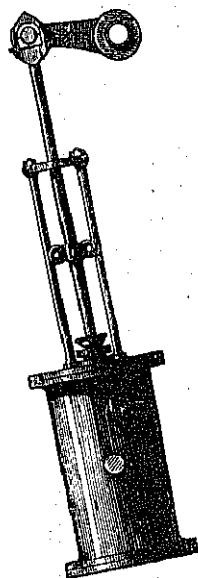


315. Lokomotiva a párná loď. a) Lokomotiva jest párný stroj, jehož pudné kolo o železnou kolej se opírá a stroj na kolech položený, jakož i vozy s ním spojené pohybuje. Na každé straně lokomotivy jest jeden válec a jedno pudné kolo, a oba tyto párné stroje jsou upraveny tak, že v okamžiku, kdy jeden působí nej-

slaběji, působí druhý nejsilněji, čímž docílí se pohybu pravidelného. Někdy mívá lokomotiva čtyry pudná kola.

Úpravu lokomotivy lze seznati z obr. 402. *A* jest ohniště z části v kotli pohroužené, z něhož vedou činné roury *aa* do komína *B*. Palivo dává se do peci otvorem *b*, dvířky uzavřeným a padá na rošt *C*, jímž dostává z dola potřebný vzduch. Voda, obklopující roury *a*, mění se v páru, která se nashromáždí ve prostoru *D*, odkudž vniká do háně *E*, z níž pak odchází rourou *F* do komory *cc* dvěma provrtanými kolmými deskami přepažené, z nichž jedna jest pohyblivá a pomocí klíky *d* na bidle *ee* upevněné tak se otočiti může, že do druhého oddílu komory jen málo páry přichází aneb zcela žádná pára nevniká. Z tohoto druhého oddílu komory vystupují dvě roury k válcům, po

Obr. 403.



obou stranách vozu se nalézajícím. Jedna z těch rour, totiž *G*, ústí v párné komoře *H*, ze které pára střídavě na jednu a na druhou stranu pístu *K* do válce *I'* se žene. Pára spotřebovaná vchází do prostoru *i*, odtud pak do roury *J*, v komíně *B* ukončené. Majíc ještě dostatek rozpínavosti vyhání kouř prudce z komína a podporuje průtah od ohniště a tudíž i hoření a vyvinování se tepla a páry.

Píst *K*, pohybující se ve válci sem tam, přenáší táhlem a vojnicí pohyb na kliku *L* a na hřídel *M* kola pudného, kteréž otáčejíc se opírá se o kolej a tak pohyb lokomotivy způsobuje. V párné komoře jest šoupátko, které výstředníkem na hřídeli pudného kola nasazeným se pohybuje jako v párné komoře stroje výše popsaneho.

Tyč *gg*, ku které jest šoupátko připevněno, spojena na konci s pákou *hu*, okolo osy *n* se otáčející. Dolejší konec *n* té páky jest na spodině kolmé vidlice, kterou jest ukončena tyč *NN* na kotouči výstředníku *R* přidělaná. Má-li stroj postaven v obrazci naznačené, proudí pára do prostoru *L*, puď píst v levo a otáčí kliku *L* tak, že kolo pudné směrem šipkou naznačeným otáčeti se musí a stroj ku předu postupuje. Výstředník puď bod *n* v levo a *h* v pravo, tak že šoupátko pohybuje se s levé strany ku pravé.

Aby lokomotiva nejen ku předu, nýbrž i nazpět se pohybovati mohla, jest tyč *NN* i s vidlicí kloubkem spojena s bidélkem *ac*, které připevněno v *c* na lomenou páku *cpr*, okolo bodu *p* se otáčející. Bidlem *rs* jest pak tato páka spojena s pákou *je*, okolo osy *k* se otáčející. Na rameně páky *pr* jest v *u* připevněno bidélko *ut*, spojené s lomenou pákou *toy*, otáčivou kolem osy *v* a páka *ta* nese na bidélku *yz* tyč *PP* tak upravenou jako tyč *NN*. Výstředník *S* tyče *PP* má opáčnou polohu výstředníku *R*. Otočí-li se páka *je* v pravo v polohu takovou, jakou má nyní v levo, pošine se *sr* a tudíž *r* v pravo, *c* se sklóní dolů a stlačí konec *n* tyče *NN* i s vidlicí *n* dolů, tak že šoupátko nebude se moci posouvatí výstředníkem *R*. Bidélko *ut* a tudíž *t* pošine se v pravo, *y* vystoupí a vyzdvihne vidlici *z* a tudíž i tyč *PP* vzhůru. Vidlice chopí se pak kloubu páky *nk* a postrží jej v levo, poněvadž sahá konec tyče *PP* dále v levo, než konec tyče *NN*. Tím postupí bod *h* v pravo a stáhne šoupátko v polohu, při které pára v protivnou stranu pístu *k* působí, tak že píst protivným směrem a lokomotiva nazpět se pohybovati počne.

Kotel opatřen jest všemi potřebnými přístroji, totiž záklopkami pojišťovacími *TT*, manometrem atd. Na voze, který *tendr* slova a k lokomotivě se připíná, veze se potřebné palivo a potřebná voda, kteráž rourou *VV* při otevření kohoutku *Z* pumpou na tlak do kotle se puď.

Prvou lokomotivu sestrojil Angličan Jifí *Steffanson* (1814—1828).

b) *Párných lodí* rozeznávají se hlavně dva druhy, totiž lodí s koly a lodí šroubové. Párny stroj na lodi umístěný otáčí totiž buď lopátková kola po obou stranách lodí, buď šroub, čímž loď ku předu se pohybuje. Válec párného stroje na lodích bývá krátký, ale velmi široký a jest nejčastěji *kývaný* (obr. 403.) t. j. tak upravený, že táhlo pístu z jediného kusu se skládá a přímo klikou otáčí. Válec jest pak zavěšen ve dvou silných čepích, v nichž zároveň průchody pro páru se nacházejí. Kotel bývá upraven tak jako na lokomotivě.

O šroubu lodním pojednáno již na str. 101.

Prvou dokonalou loď párnou sestrojil Američan Robert Fulton (1807).

316. Práce párných strojů. Ohtějíce stanoviti, jakou práci párný stroj v určité době koná, musíme vypočísti přede vším, mnoho-li tepla v té době z paliva se vyvinuje, mnoho-li par teplem tím z vody povstává a jaká jest expanse jejich. Je-li pak expanse par známa, možno práci stroje ustanoviti,

Tlačí-li ku př. pára na 1" pístu expanzí e a je-li p plocha pístu ve čtverečných palcích vytknutá, tož působí v píst tlak $t = p \cdot e$; má-li pak s druhé strany pístu pára expanzí e' , tož pohybuje se píst tlakem $p \cdot (e - e')$, a koná-li píst v každém pohybu dolů neb nahoru dráhu s , tož jest práce jedním chodem pístu vykonaná $R = p(e - e') \cdot s$. Je-li pak $p \cdot s = v$ objem válce a tudíž i také objem páry pro jeden běh pístu potřebný, bude $R = v(e - e')$. Otáčí-li se setrvačnick neb pudné kolo za minutu n krát, koná píst v minutě $2n$ běhů, pročež dráhu $2n \cdot s$. Dráha, kterou píst za vteřinu koná, aneb rychlost v pohybu pístu jest tudíž $\frac{2n \cdot s}{60} = \frac{ns}{30}$ a práce strojem za vteřinu vykonaná jest pak

$R = \frac{n}{30} \cdot p(e - e')s$, čili $\frac{n}{30} \cdot v \cdot (e - e')$. Je-li pak 480 librostop práce č. síla jednoho koně, bude $\frac{R}{480} = K$ značiti, kolika koňskými silami stroj pracuje.

Poněvadž třením a jinými překážkami část síly se ruší, bývá práce, kterou stroj skutečně koná, vždy menší než z výpočtu theoretického vyplývá.

317. Soupeři párného stroje. Z výpočtův zkouškami potvrzených shledalo se, že práce párných strojů rozličné úpravy a velikosti obnáší pouze $\frac{1}{24}$ až $\frac{1}{60}$ onoho množství tepla, jež z paliva se vyvinuje; neboť vytratí se bez užítku veliké množství tepla při párném stroji sáláním, kouřem v komíně a utajením v parách. Proto sestaveno v době novější několik strojův, při kterých užívá se plynův na místě páry, tak že teplo pouze ku zahřívání a zvýšení expanse plynův těch slouží, čímž méně tepla se zmaří.

a) *Eriksonův stroj kalorický* (1833) zakládá se v tom, že *zhuštěný* vzduch rychle se *zahřívá* a zvýšenou *rozpínavostí* svou píst ve válci pouze *jedním směrem* pohybuje, tak že podobá se stroj úpravou svou párnému stroji jednostranně činnému. Z válce proudí pak *zahřátý* vzduch sítkami drátěnými, kteréž odnímají mu teplo, jež sdělují opět vzduchu *zhuštěnému* do válce přicházejícímu.

b) *Lenoirův plynostroj* (1860) jest upraven tak, že smíšenina svítíplynu a vzduchu (dle objemu 1 díl plynu a 16—30 dílů vzduchu) puď se do válce střídavě na jednu a na druhou stranu pístu. Smíšenina tato se spaluje ve válci, čímž zplozené vzdušiny veliké expanse nabývají a píst střídavě v jednom neb druhém směru puď. Poněvadž smíšenina plynů přímo ve válci se spaluje, nemůže teplo bez užitku unikati.

c) *Belouřův stroj vzdušný* skládá se z ohniště, z pumpy na vzduch a válce, ve kterém pudný píst se pohybuje. Pohybem pístu v pumpě se vzduch vssává a pak částečně do ohniště puď, kdež hoření podporuje a žhavé plyny zplozuje. Druhá část vzduchu puď se z pumpy do roury, kdež se mísí se žhavými plyny, z uzavřeného ohniště tam vstupujícími, tak že všecken kouř se stráví. Smíšenina plynů proudí pak do válce, v němž působí v píst jako pára, pudic jej střídavě v jednom i druhém směru.

5. Páry ve vzduchu.

318. Vlhkost vzduchu. Poněvadž voda na povrchu zemském při každé teplotě ustavičně se vypařuje, jsou ve vzduchu vždy a všude vodní páry; zřídka obsahuje však vzduch tolik vodních par, kolik by jich při své teplotě pojmouti musil, aby byl jimi *nasyčen*.

Největšího zhoustnutí mohou dosáhnouti vodní páry ve vzduchu buď tím, že k parám, jež vzduch obsahuje, vždy jiné, nové páry přicházejí, buď tím, že vzduch se ochladí. Dosáhnou-li páry nejvyššího stupně svého zhoustnutí, přechází ochlazením ihned část jich ve skupenství kapalné; byly-li pak ochlazeny studeným tělem pevným, srážejí se na povrchu těla toho co velmi jemné částice vody, tak že tělo jest zaroseno, proto zove se teplota, při které páry ve vzduchu kapalněti počínají, *bodem rosným* (Thaupunkt).

Přineseme-li v zimě z venku do teplé světnice studený předmět, nabíhá č. zarosí se, poněvadž páry jím ochlazené na něm se srážejí.

Vlhkost vzduchu stanoví se dle toho, jak daleko jsou páry v něm obsažené svého největšího zhoustnutí, nikoliv však dle množství par, které vzduch obsahuje.

Teplý vzduch zdá se býti vždy sušší než studený, neboť anese teplý vzduch vždy více par, než jest jimi nasyčen; proto bývají v letě páry ve vzduchu obyčejně dále svého největšího zhoustnutí než v zimě. — V letě nevidíme vodních par, jež vydychujeme, v zimě mění se páry ty, vycházejíce z úst, ihned ve studeném vzduchu ve viditelnou mlhu.

Stupeň vlhkosti vzduchu určuje se poměrem mezi vahou vodních par v jistém objemu vzduchu obsažených a vahou par, jež by též objem vzduchu při též teplotě obsahoval, kdyby byl jimi nasyčen. Značí-li V vlhkost vzduchu, q váhu par v něm obsaže-

ných a Q váhu par, jež by obsahoval, jsa jimi nasycen, tož jest

$$V = \frac{q}{Q}.$$

Čím blíže jsou páry svého největšího zhoustnutí, t. j. čím více přibližuje se teplota vzduchu bodu rosnému, tím *vlhčí* jest vzduch, z čehož patrně, že *nejvlhčí* jest tenkrát, když je parami nasycen.

Při stejném objemu mají se hustoty a expanse jako prosté váhy; značí-li tudíž q váhu, h hustotu a e expansi par ve vzduchu, který není jimi nasycen, a je-li Q váha, H hustota a E expanse par v témž objemu vzduchu jimi nasyceného, bude $q : Q = h : H = e : E$, z čehož vyplývá $V = \frac{q}{Q} = \frac{h}{H} = \frac{e}{E}$. . . (1)

Z rovnice této vyplývá, že *nejvlhčí* jest vzduch tenkrát, když $V = 1$.

Poněvadž bývá nejčastěji $q < Q$, $h < H$ a $e < E$, jest stupeň vlhkosti V naznačen obyčejně pravým zlomkem. Naznačíme-li však nejvyšší stupeň vlhkosti číslem 100, bude pak

$$V = \frac{100q}{Q} = \frac{100h}{H} = \frac{100e}{E} \quad \dots (2), \text{ což jsou pak}$$

procenta onoho množství par, jež by vzduch při té které teplotě obsahoval, jsa jimi nasycen.

319. Hygrometry. Přístroje, jimiž stanoví se stupeň vlhkosti čili množství par v určitém čase ve vzduchu obsažených, zovou se *hygrometry* č. *vlhkoměry*.

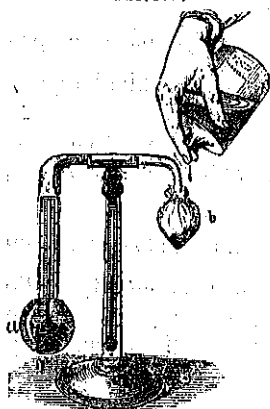
Poněvadž $V = \frac{q}{Q} = \frac{h}{H} = \frac{e}{E}$, možno vlhkost vzduchu buď z váhy, buď z hustoty, buď z expanse par posouditi, a dle toho vlhkoměry trojím způsobem upravití. Hustota par určuje se však buď expanzí, buď vahou jejich a tudíž zakládají se vlhkoměry pouze v rovnici $V = \frac{q}{Q} = \frac{e}{E}$.

a) *Vlhkoměry chemické.* Vedeme-li určitý objem vzduchu rourou, naplněnou látkami, které vodní páru vnímají a v pórách svých zhusťují (jako ku př. chlorid vápenatý, kyselina sirková, pálená sádra na prášek rozmělněná atd.), a přibylo-li látkám těm váhy q , tož jest q váha par, jež byly ve vzduchu obsaženy. Váhu Q , kterou by měly páry, kdyby též objem vzduchu při té které teplotě jimi byl nasycen, určíme pak počtem a stupeň vlhkosti jest pak $V = \frac{q}{Q}$.

1. Objem vzduchu stanoví se, vedeme-li jej, když vytknutými látkami byl prošel, do nádoby vodou naplněné, z níž tato pak se vytlačuje.
2. Ač jest právě popsáný způsob hygrometrický velmi dokonalý, užívá se ho jen zřídka ku stanovení stupně vlhkosti, neboť vyžaduje více práce i času. Častěji slouží tento způsob ku zkoušení jiných hygrometrů.

b) *Vlhkoměr Daniellův* (1820) skládá se z ohnuté rourky skleněné, dvěma skleněnými kuličkami ukončené (obr. 404.). Kulička *a* jest asi do $\frac{2}{3}$ naplněná étherem, do něhož sáhá kulička teploměru. Z venčí jest kulička *a* z části pozlacená neb poplatinována. Druhá kulička *b* jest v muselinu neb plátně zaobalena. Celý vnitřní prostor nad étherem jest vzduchoprázdný a obsahuje pouze páry étherové. Kápne-li se étheru na tkaninu kuličky *b*, vypařuje se tento velmi rychle, čímž kule *b* se ochlazuje a páry étherové v ní se srážejí, což děje se tak dlouho, až všechny éther na tkanině se vypařil. V kuličce *a* vyvinují se nové páry étherové, čímž éther jakož i kulička *a* se ochlazuje tak silně, že konečně pozlacená část její se zarosí sraženými parami vodními v okolí kuličky *a* ochlazenými. V okamžiku, kde pozlacená část kuličky *a* zarosením se zatemní, stanoví teploměr do étheru ponořený „rosný bod“ *t* vodních par ve vzduchu obsažených, teploměr na podstavci určuje pak teplotu vzduchu *T*.

Obr.404.



Vyhledáme-li v tabulkách k tomu cíli sestavených největší expanse *e* a *E*, jichž může dosáhnouti pára při teplotě *t* a *T*, tož jest pak $V = \frac{e}{E}$, aneb v procentech $V = \frac{100e}{E}$.

1. Je-li ku př. $t = +12^{\circ}\text{C}$, $T = +18^{\circ}\text{C}$, tož nalezneme v tabulkách $e = 10\cdot457$ a $E = 15\cdot357$, pročež bude $V = \frac{10\cdot457}{15\cdot357} \cdot 100 = 68\cdot09$, t. j. vzduch obsahuje 68% onoho množství par, jehož potřebí, aby byl při té které teplotě parami nasycen.

2. Aby bod rosný správněji se určil, pozoruje se teplota kuličky *a* i v tom okamžiku, kdy zarosení mizí a z obou teplot bere se pak teplota prostřední.

3. Vady hygrometru Daniellova jsou následující: a) Ether, v kuličce *a* se vypařující, má v rozličných vrstvách teplotu rozličnou, proto užívá se teploměru s nádobkou válcovitou, která hlouběji do étheru ponořiti se může a ku stěně kuličky co možná nejvíce se přiblíží. b) Dechem mění pozorovatel vlhkost i teplotu vzduchu, proto musí býti od přístroje dosti vzdálen. c) Je-li vzduch velmi suchý a teplý, nezarosí se kulička *a* a není tudíž možno stupeň vlhkosti vzduchu určití.

c) *Vlhkoměr Körnerův* (1822) jest teploměr s rourkou zahnutou (obr. 405.), tak že kulička jeho jest vzhůru obrácena. Nakapáme-li na muselinový povlak *m* étheru, klesá rtuť v teploměru *t* a v určitém okamžiku zarosí se pozlacená část *a* kuličky teploměrné. Pozorujeme-li v tom okamžiku teplotu vzduchu *T* na jiném teploměru, určíme tímž způsobem z expanzí par dotýčným

teplotám *t* a *T* příslušných stupeň vlhkosti $V = \frac{e}{E}$.

Jinou úpravu teploměru Körnerova znázorňuje obr. 406. Kulička teploměrná, na dolejší části pozlacená, jest na vrchu pohárovitě vyhlubena a do hlubiny té kape se éther.

d) *Vlhkoměr Regnaultův* skládá se ze dvou skleněných rourek *ss* a *cc* (obr. 407.), jež jsou zasazeny dolním koncem do lesklých tenkostěnných kloboučků stříbrných *v* a *w*. Do nádobek zasáhají korkovými zátkami prostrčené teploměry *t* a *T*. V kloboučku *v* a v rource *ss* asi do polou jest éther, který rychle se vypařuje, spojíme-li nádobku *ss* s nádobou *A*, tak zvaným *aspirátorem*, který jest vodou naplněn. Otevřeme-li kohoutek aspiratoru,

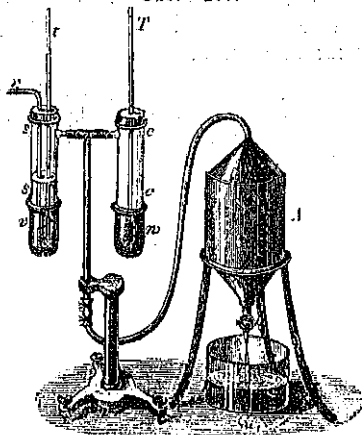
Obr. 405.



Obr. 406.



Obr. 407.



vytéká z něho voda do nádoby *G* a rourkou *v*, která téměř až ke dnu kloboučku *v* sáhá, a étherem *a* proudí do aspiratoru vzduch. Proudem vzduchu urychluje se výpar étheru, který pak se ochladí, čímž zarosí se klobouček *v*, což přirovnáním s druhým kloboučkem *w* hned se pozná. Teploměr *t* určuje pak bod rosný a teploměr *T* teplotu vzduchu. Nádobka *cc* není s aspirátorem spojena.

1. Poněvadž éther proudem vzduchu ustavičně se pohybuje, jest teplota jeho ve všech vrstvách téměř stejná.

2. Výtok kapaliny z aspiratoru možno zrychlití a tím proudění vzduchu a výpar étheru zesílití, tak že se zarosí klobouček *v* i tehdy, když jest vzduch suchý a značně teplý.

3. Zarosení a teplota může se dalekohledem z dále pozorovati, tak že nemění se dechem pozorovatele ani vlhkost ani teplota vzduchu v nejbližším okolí vlhkoměru.

e) *Psychrometr Augustův* (obr. 408.) záleží ve dvou teploměrech, z nichž jeden má kuličku obalenou muselinem neb plátnem, z něhož vbíhá do nádobky s vodou knot, tak že kulička vždy vlhká zůstává. Není-li vzduch vodními parami nasycen, vypařuje

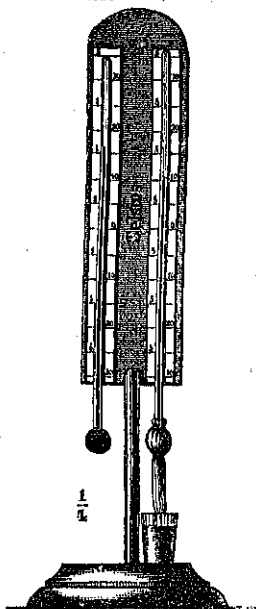
se voda z obalu kuličky, čímž rtuť v kuličce se ochlazuje a sloupec rtuti v rource klesá, což děje se tak dlouho, až jest vzduch v okolí kuličky vodními parami nasycen, kdež pak ukazuje vlhký teploměr teplotu stálou t° , kteráž menší jest než teplota vzduchu T , druhým teploměrem naznačená. Jak patrné, bude rozdíl těchto teplot č. tak zvaná *psychrometrická difference* tím větší, čím sušší jest vzduch.

Expanse e vodních par ve vzduchu obsažených určí se rovnicí $e = e_1 - k \cdot b (T - t)$, v čemž jest e_1 expanse příslušná teplotě t , b tlak vzduchu a k veličina určitá, neproměnná, kterou možno stanoviti, určíme-li e pomocí jiného hygrometru a vyhledáme-li v rovnici veličinu k . Jak Regnault dokázal, jest k v každém místě jiné, při obyčejných pozorováních může však klásti se $k = 0.0006246$.

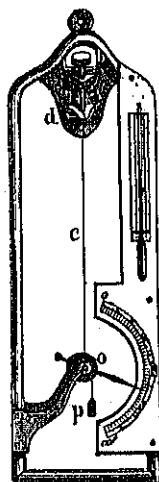
1. Psychrometrem možno každý okamžik vlhkost vzduchu stanoviti, aniž potřebí zvláštní zkoušky jako při předcházejících hygrometrech; nutno však pečovati o to, aby nádobka, do které knot jest ponořen, obsahovala vždy dostatek vody.

2. Teploměry bývají upraveny tak, že 0.2° aneb i 0.1° ukazují.

Obr. 408.



Obr. 409.



Z pozorování pomocí hygrometrů konaných vyplývá, že v létě v 9 hodin ráno obsahuje vzduch největší množství par, od 9 hod. ráno do 4 hod. odpoledne jich ubývá, tak že jich ve 4 hod. odpoled. nej-

méně; v 9 hod. večer jest pak opět par nejvíce a k ránu opět nejméně, což vyplývá z toho, že voda teplem slunečným zahřívána rychleji se vypařuje, tak že od východu slunce par ve vzduchu přibývá. Zahřátím země vznikne však proudění vzduchu vzhůru, čímž páry odoházejí do vrstev vyšších, tak že jich od 9 hod. do 4 opět ubývá. Od 9 hodin večer ubývá pak opět par, poněvadž vzduch silněji se ochlazuje, čímž část par kapalní. V zimních měsících nepůsobí slunce tak vydatně, pročež jeví se největší množství par jen jednou denně, a sice ve 2 hod. odpoledne a nejmenší množství při východu slunce. Během roku přibývá a ubývá vodních par ve vzduchu tou měrou, kterou přibývá a ubývá teploty.

Poměrné množství par ve vzduchu č. stupeň vlhkosti vzduchu jest největší při východu slunce, nejmenší ve 3 hod. odpo. — V zimě jest vyšší stupeň vlhkosti než v letě, největší v lednu, nejmenší v srpnu. K rovníku a na blízkou rozsáhlých vod přibývá vlhkosti vzduchu.

Pozorujeme-li vodu obsaženou v nějaké nádobě po delší čas, tož shledáme, že vody ubývá. Z objemu neb váhy pozůstalé vody možno pak ustanoviti, mnoho-li vody v určité době se vypařilo. Přístroje, jichž se k tomu užívá, zovou se *výparoměry* (atmometry, evaporometry, atmidoskopy).

320. Hygroskopy č. *vlakovídy* zovou se přístroje, jimiž se znáváme, zdaž vlhkosti vzduchu přibylo neb ubylo. Mnohé látky mění se totiž účinkem vlhka tak patrně, že z proměn těch přibývání a ubývání vlhka lze posouditi. Látky takové zovou se *hygroskopické* a jsou dvojí:

a) *neteroucná* těla ústrojná, která vlhkem se *prodlužují*, jako ku př. vlasy, kostice, dříví, sláma, osiny atd.

b) *kroucná* a točená těla ústrojná, která vlhkem se *skracojí* a okolo podélné osy své se otáčejí, jako ku př. střevové struny, provazy atd.

a) *Hygroskop vlasový*, jež sestrojil Saussure (obr. 409.) jest dlouhý lidský vlas *c*, tuku pozbavený, jedním koncem nahoře šroubkem *d* upevněný, dole kolem kladky *o* ovinutý a na konci malým závažíčkem *p* napnutý. Na ose kladky jest připevněna ručička, která na stupňovaném obloučku prodloužení vlasu vlhkem a skracováním suchem ukazuje. — *De Luc* použil na místě vlasu tenínkové proužky z kostice.

1. Aby vlas tuku se pozbavil, vyváří se v louhu aneb se ponechá 24 hodin v étheru.

2. Stupnice hygroskopu toho stanoví se zkouškou, dá-li se hygroskop do vzduchu chemickými prostředky (ku př. chlórídem vápenatým) zcela vysušeno a označí-li se oddíl stupnice, kde ručička se nachází, nullo, načež dá se hygroskop do prostoru, ve kterém jest vzduch parami vodními nasycen, a připíše se k bodu, na který ručička ukazuje, číslo 100. Prostor mezi oběma krajními oddíly rozdělí se pak ve 100 stejných dílů č. stupňů.

3. Je-li hygroskop vlasový řádně upraven, může sloužiti co hygrometr.

4. Spojíme-li s pákou h_1c_1 (obr. 364.) vlas *FF*, bude tužka *c_1* na papíře

P stupeň vlhka naznačovatí. Přístroj takový zove se pak *hygrometrem zaplovacím*.

b) *Hygroskop strunový* zakládá se v tom, že stržová struna vlhkem se skrácuje a suchem opět se prodlužuje.

Na volný konec struny zavěsí se obyčejně přička, mající na konci páčka, který do domečku buď zalézá, buď z něho vylézá.

c) *Hygroskop rostlinný* jest nejčastěji semeno čapího nůsku, ukončené dlouhou spirálně zatočenou čnělkou, která vlhkem se roztáčí a suchem zatáčí.

Semeno zapíchne se dolejším koncem do prostřed desky a volný konec čnělky ukazuje pak vlhkost vzduchu na stupnici, číselníku hodin podobné.

321. Výjevy, pocházející z vlhkosti vzduchu. a) *Rosa a jíní*. Je-li po západu slunce jasno, vyzařují předměty na zemi se nalézající do vzduchu mnoho tepla, čímž konečně tak silně se ochlazují, že ze vzduchu, který je obklopuje, vodní páry na povrchu jejich co *rosa* se srážejí. Jsou-li ve vzduchu husté oblaky neb mraky, odráží se od nich teplo ze předmětů vyzařované, opět k zemi nazpět a páry nemohou se tudíž ochladiti tak silně, aby se srážily — *není tedy žádná rosa*.

Ochladí-li se předměty tak silně, že teplota jejich klesá pod 0°, tu zmrzne *rosa* a tvoří pak *jíní* č. *jinovatku*.

Větr může tvoření rosy zameziti. — Přikryté aneb kouřem zahalené předměty se rosou nepokrývají.

b) *Mlha a oblak*. Ochladí-li se vodní páry ve vzduchu v množství značném (ku př. studeným větrem), povstanou z nich malinké bublinky, které, nad zemí se rozloživše, *mlhu* a ve větší výši se vznášejíce *oblak* tvoří.

1. Oblaky povstávají nejčastěji, když se smísí teplý vzduch se studeným, kterým se ochladí páry v teplém vzduchu obsažené. Vniká-li teplý proud vzduchu do oblaků, mění se tyto opět v neviditelné páry.

2. Dle tvaru rozeznáváme následující druhy oblaků: a) *řasu* (cirrus, Federwolke), která se skládá z útlých mlhových vláken bělavým kadeřím neb perutím podobných b) *kupu* (cumulus, Haufenwolke), která má tvar polokulovitý, podobající se kopci ve vzduchu plynoucím; c) *slohu* (stratus, Schichtwolke), sestávající z vrstev rovnoběžných. Spojením těchto hlavních tvarů vznikají pak *řasokupy*, které lid též *beránky* a *ovečkami* nazývá, *řasoslohy* a *kuposlohy*. Z rozsáhlých kup a kuposloh vznikají pak *oblaky deštivé* č. *tuče* (nimbus, Regenwolke), kteréž zovou se *mračna*, jsou-li silnější elektrické. — Stojí-li mlha poněkud výše, zove se *chmurou* (velum, Himmelsträbe). Pronikají-li z rána paprsky slunečné chmurou, bývá pěkný jasný den, neboť se promění mlha v neviditelnou páru; nemůže-li však slunce chmurou proniknouti, povstává z ní drobný dešť.

c) *Dešť, sníh, krupice a krupy*. Zhoustnou-li bublinky vody ve vzduchu se vznášející a promění-li se ve větší kapky vodní, nemohou více ve vzduchu se udržeti a padají pak k zemi co *dešť*.

1. Dešťové kapky jsou tím větší, čím větší jest výška, s které prší; padající s výšky větší jsou totiž kapky chladnější, čímž páry od nich ochlazené na nich se srážejí a je zvětšují. Dle velikosti kapek rozeznáváme pak *mžent, deštiček, dešť, lijavec a průtrž mraku*. Rozsáhlostí dělí pak se deště v *místní, v přeháňky a deště krajinské*. V horkém pásmu jsou deště *občasně*, t. j. nastávají a končí se vždy v určitém čase ročním.

2. Aby se mohlo určití, mnoho-li vody na jistém místě do roka deštěm spadne, užívá se zvláštních *dešťoměrů* (ombrometrů, pluviometrů, udometrů neb hyetometrů), kteréž mají úpravu rozlišenou. Nejčastěji bývá dešťoměr nádoba nálevkovitá, s vnějším otvorem 10' velikým, z níž přetéká voda do nádoby jiné, která jest tak zavěsena, že se převrátí, když jest zcela naplněna. Každé převrácení nádoby značí se pak pomocí zvláštního přístroje. Je-li objem nádoby znám, možno snadně vypočísti, mnoho-li vody na plochu 10' spadlo. Nejjednodušší dešťoměr jest nádoba, ve které voda dešťová se nashromáždí. Aby však výparem nemohlo jí příliš ubývatí, zachycuje se dešť nejprvo do nálevky k nádobě těsně přiléhající, a z nálevky přetéká malým otvorem do nádoby. Výška vody v nádobě značí se rourkou skleněnou, která jest s nádobou spojena. Je-li v rource plavadlo, které se zdvihá, když vody přibývá, a zavěsíme-li plavadlo šňůrou na kladku, na jejíž ose připevněna jest ručička, tož bude ručička značiti množství spadlého deště a je-li s ručičkou spojena tužka, která na papíře výšku vody v dešťoměru zapisuje, z o se přístroj ten *dešťoměrem zapisovacím* (ombrometrograf). Jiný druh dešťoměru zapisovací jest upraven tak, že dešťová voda svádí se na kolečko na vrchní vodu, kteréž se otáčí, uzavírajíc a přerušujíc tím proud galvanické baterie, jímž přivádí se v pohyb přístroj zapisovací.

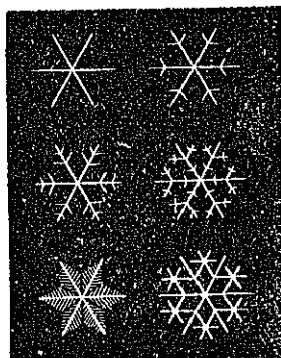
3. Od točen k rovníku přibývá množství vody deštěm spadlé. V horkém pásmu stála by voda dešťová za rok asi 9' vysoko, v mírném 16"—4'. V Praze obnáší průměrná výška vody deštěm za rok spadlé 14", v Plzni 18", v Králově Hradci 24" atd. Při mořích a jezerech bývají deště častější a vydatnější.

Přichází-li mlha neb oblak do končin, majících teplotu pod nullou, přicházejí částice vody ve skupenství pevné a krystalujíce tvoří pak jehličky, které ve vzduchu klidném skládají velmi pěkné pravidelné tvary (obr. 410.), co *sníh* všeobecně známé.

Není-li vzduch klidný, činí jehličky sněhové malé nepravidelné chomáčky, kteréž, přicházejí-li do teplejších vrstev vzdušných, na povrchu tají a v *krupici* č. *krupky* se zakalacují.

Kroupy zovou se zrna ledová s jádrem sněžným. Bývají podoby hrůškovité neb kulovité, velikosti rozličné, někdy co hrách, někdy co vejce slepičí. V jádře jejich nalézají se často hmoty cizí, jako: plevy, prach, atd. Padání krup č. *krupobití* děje se na severní polokouli od 30° k 60°, nejvíce však od 40° k 50° šířky. U nás padají kroupy nejčastěji v létě, řídceji z jara a velmi zřídka v zimě a krupobití bývá obyčejně spojeno s bouřkou. Některé krajiny bývají krupobitím častěji, jiné jen zřídka navštěvovány.

Obr. 410.



1. Volta vykládal (1792) vznikání krup tím, že voda na povrchu oblaku, vysoko se vznášejícího, slunečným teplem rychle se vypařuje a odnímajíc sousedným bublinám tepla v malé kroupy je mění, čímž spolu oblak záporně elektrickým se stává. Páry povstale vypařením nashromáždí se ve vyšších, studenějších vrstvách vzdušných, kdež ochlazením nový oblak, kladně elektrický, tvoří. Mezi oběma protivně elektrickými oblaky poletují pak malé kuličky ledové tak dlouho, až ochlazenými a na jich povrchu sraženými parami vodními tak silně se zvětší, že vahou svou jsouce puzeny k zemi padají. Výklad tento neshoduje se však v mnohé příčině s výjevem skutečným.

2. Vogel a Noellner domnívají se, že bublinky par mohou ochladiti se až pod bod mrazu, aniž by zmrzly. Padají-li pak s vyšších vrstev malé sněžinky neb krupky k zemi, osazují se na nich páry, byvše jimi ještě více ochlazený, co vrstvy ledové, čímž možno též snadně vysvětliti, proč jsou kroupy tím větší, čím větší jest výška, s které padají. Dle skoumání Dufourových (1857—1861) podobají se kousky ledu, ochlazením par až pod nullu vznikajíc, kroupám úplně, pročež soudí Dufour, že ve vyšších vrstvách vzdušných z příčin posud neznámých páry v oblacích obsažené silně až pod nullu se ochlazují a pak rychle se srážejíce ledový povrch krup tvoří. Podobným způsobem vysvětlil krupobití též Berger (1865).

3. Příměsky, jež v kroupách nalezáme, unáší vítr do vyšších vrstev, kdež pak přitažlivostí svou stávají se středem shluků sněhových. Šumot s krupobitím spojený pochází bez pochyby od srázu krup, jež vítr působuje.

E. Zdroje tepla.

322. Slunce co zdroj tepla. Nejpřednějším zdrojem tepla pro zemi naši jest slunce, jehož paprsky za okolností jinak stejných zahřívají tělo tím silněji, a) čím více jich na tutéž plochu dopadá, t. j. čím jsou hustější, b) čím méně šikmo a c) čím déle na tělo dopadají a d) čím více jich tělo pohlcuje.

1. Zrcadly dutými a čočkami vypuklými činí se paprsky tepla sbíhavými, jsou pak hustší a tím možno vyložiti, že v ohnisku zrcadel a čoček těla se zapalují.

2. Těla barev temných zahřívají se teplem slunečním velmi silně, poněvadž mnoho paprskův tepla pohlcují. Tím možno vyložiti, proč rtať v teplooměru, majícím kuličku koptem počerněnou, výše stoupá než v jiném, proč sniž černým sukнем přikrytý dřívě taje, hrozny vinné a broskve na počerněných zdích dřívě uzrávají atd.

3. Přístroje, kterými se měří zahřívací síla paprskův slunečných, zakládají se v pohlcování tepla a zovou se *teploměry slunečné* (*heliothermometry*, *pyrheliometry* č. *aktinometry*).

4. O původu tepla slunečného vyslovilo již mnoho učencův své náhledy; téměř všickni se shodují v tom základě, že jest slunce aneb aspoň obal jeho hmotou žhoubí.

5. Z rána a večer dopadají paprsky slunečné k zemi šikměji než o poledni, proto bývá ráno a večer menší teplo než v poledne. Země vyzářuje teplo, jehož od slunce nabyla, čímž se zahřívají vrstvy vzduchové zemi nejbližší.

Ve výši ubývá tepla, poněvadž jsou vyšší vrstvy vzduchu řídkší a od země vzdálenější.

6. *Sněžná čára* č. *mez* neb *hranice věčného sněhu* zove se na horách čára, nade kterou sniž ani v letě netaje. Poloha čáry této řídí se průměrným teplem letním a jest vůbec tím vyšší, čím menší jest zeměpisná šířka místa a čím teplejší krajina, ač místné poměry často tu rozhodují. *Čára sněženní* jest hranice na povrchu zemském vedená a naznačující, kde ani v zimě sniž

nepadá a kde tudíž vodní páry jen co dešť se srážejí. Poloha čáry té se řídí průměrnou teplotou zimy. *Ledovce* (Gletscher) zovou se vrstvy ledové u dolejšího pokraje věčného sněhu, vznikající táním sněhu a proměněním jeho v led; který poněkud líší se od ledu na vodách povstávajícího.

7. Po východu slunce zahřívá se vzduch a teplota jeho stoupá v létě až do 3 hod., v zimě do 1 hod. odpolední, kdež dosahuje stupně *nejvyššího*, načež opět klesá, až k ránu druhého dne, kdež krátký čas před východem slunce k *nejnižšímu* stupni padá. Země zahřívá se totiž tak dlouho, pokud pohlcuje více tepla než vyzařuje. V létě ve 3 hodiny a v zimě v 1 hodinu odpoledne pohlcuje země právě tolik tepla, co vyzařuje, a v tu dobu jest tudíž teplota nejvyšší. Od té doby až k východu slunce druhého dne vyzařuje země více tepla než ho pohlcuje, proto tepla ubývá. Místnými poměry řídí se netoliko nejvyšší a nejnižší teplota jistého dne, nýbrž i čas, kdy teplota nejvyššího stupně dostihne.

8. *Střední teplota denní* stanoví se obyčejně pozorováním teploměru v 6 hod. ráno, 2 hod. odpoledne a 10 hod. večer, může však též pomocí teploměrného přístroje Rutherfordova (obr. 362.) z nejvyššího a nejnižšího stupně tepla každého dne se vypočísti. Ze středních teplot všech dní jistého měsíce určuje se *střední teplota toho měsíce* a ze středních teplot všech měsíců vypočítává se pak *střední teplota celého roku*.

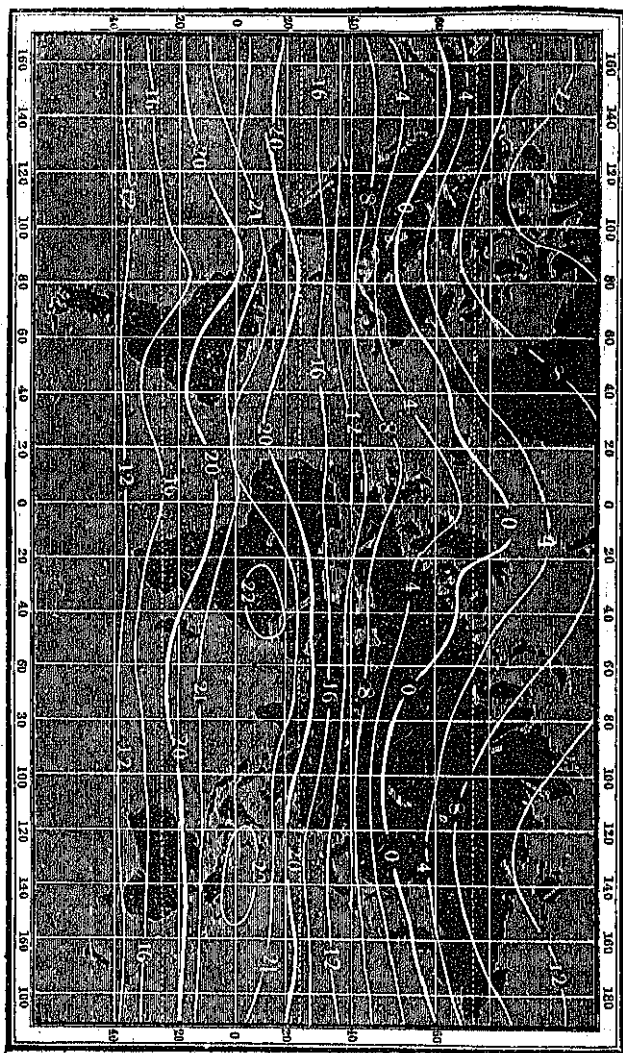
9. Nejvyšší a nejnižší stupeň tepla a tudíž i střední teplota roční řídí se zeměpisnou šířkou a místnými poměry, jak z následující přehledné tabulky patrné :

M í s t o	Šířka zeměpisná	Výška nad hladinou mořskou v metrech.	Střední teplota v stupních Cels.		
			celého roku	zimy	leta
Ostrov Melville	74 Sv.	—	—18,7	—33,5	2,8
Jakuck	62 " 117	—	— 9,7	—38,9	17,2
Sv. Bernhard	45 " 4843	—	— 1,0	— 7,8	6,1
Petrohrad	59 " —	—	3,5	— 8,4	15,7
Královec	54 " —	—	6,2	— 3,3	15,9
Bern	46 " 585	—	7,8	— 0,9	15,8
Berlín	52 " 39	—	8,6	— 0,8	17,3
Mnichov	48 " 526	—	8,9	— 0,4	17,4
Ženeva	46 " 396	—	9,7	1,2	17,9
Praha	50°5'19" " 181.7 ⁽¹⁷⁹⁾	—	9,16	0,46	19,42
Vídeň	48 " 156	—	10,1	0,2	20,3
Londýn	51 " —	—	10,4	4,2	17,1
Paříž	48 " 64	—	10,8	3,3	18,1
Bordeaux	44 " —	—	13,9	6,1	21,7
Řím	41 " 53	—	15,4	8,1	22,9
Mys dobré naděje	33Již. —	—	19,1	14,8	23,4
Kalkutta	22 Sv. —	—	25,6	19,9	28,5

10. Spojivše veškerá místa na zemi, kde střední teplota roční jest tatáž, čarami jako na obr. 411., obdržíme *čáry stejné teploty roční* č. tak zvané *isothermy*; čáry jimiž jsou spojena místa, mající stejnou střední teplotu letní zovou se *isothery* (viz tečkované čáry na obr. 412.) a čáry, které spojují místa o stejné střední teplotě zimní, zovou se *isochimeny* (viz nepřetržitě čáry na obr. 412.). — Čára, která spojuje místa, mající nejvyšší střední teplotu roční zove se *rovníkem tepla* (Wärmeaequator). Rovník tento přetíná rovník země-

pisný ve dvou místech (103° vých. a 155° záp. od Paříže) a u Nové Guiney se s ním stýká.

511. Rozdíl v střední teplotě zimní a letní jest všeobecně tím větší, čím jest místo od moře vzdálenější. Na pobřeží mořském bývají chladná leta a



Obr. 411.

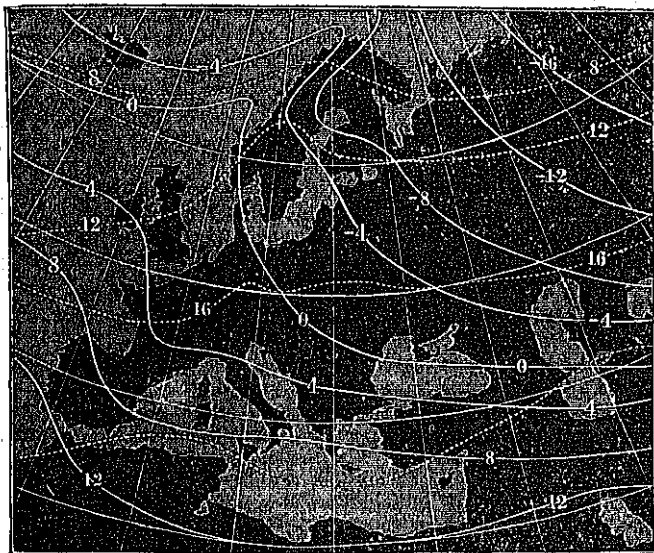
mírně zimy, čím dále od moře, tím teplejší bývají leta a tím studenější zimy. Praha a Dublin mají ku př. téměř stejnou střední teplotu roční a přece jest střední teplota nejstudenějšího měsíce v Praze -2.5°C v Dublině $+4.3^{\circ}\text{C}$, střední teplota nejteplejšího měsíce v Praze $+20.2^{\circ}\text{C}$, v Dublině $+16^{\circ}\text{C}$.

Větry. Zahřívá-li se vzduch sluncem v jednom místě na zemi naší více než v druhém, stoupá zahřátý, jsa řidším a tudíž lehčím, do výšky a na místo jeho přichází pak dolem vzduch studenější z krajin sousedních. Takovéto proudění vzduchu zove se *větre*.

Pravidelné větry vznikají na pobřežích vod, zvláště na pobřeží mořském, odkudž i *pobřežními větry* se nazývají. Ve dne zahřívá se vzduch na pevnině více než nad vodou, proto proudí vzduch z vody na pobřeží (*vítr mořský*, Seewind), v noci ochlazuje se země a tudíž i vzduch nad ní vyzařováním tepla více než nad vodou, proto věje vítr v noci s pobřeží na vodu (*vítr zemský*, Landwind).

Na rovníku stoupá vyhřátý vzduch ustavičně do výšky a od-téká horem k oběma točnám, na jeho místo proudí se pak od

Obr. 412.



obou točen vzduch chladnější; pravidelné tyto větry na rovníku zovou se *passátní*, kteréž jsou tudíž dvojí, totiž *severní* a *jižní*. Rychlým otáčením se země okolo osy mění však tyto větry původní směr svůj asi tak jako rovina kyvu kyvadla Foucaultova (str. 119. a 120.) a jsou pak na severné polokouli severovýchodní; na hranici, kde oba tyto větry spolu se stýkají, ruší se vzájemně, tak že vzniká tam *bezvěří* č. *končina tíšín*. Na pevnině, kdež hory a proměnlivá teplota země passátním větrům těm překážejí,

bývají větry tyto zřídka pravidelné, nejpravidelněji jeví se na moři nejméně 50 mil od pevniny.

1. Poněvadž vzduch od severní točny k rovníku proudí vždy na širší povrch země postupuje a jej konečně úplně pokrýtí nemůže a vzduch od rovníku k točně proudí vždy na užší povrch přichází, protrhuje často proud horní proudem dolním, čímž vznikají pak výsledné směry větrů.

2. Jak *Dove* objevil, střídají se u nás větrové obyčejně postupem následujícím: Po větru východním následuje jihovýchodní, pak jižní a jihozápadní, západní a severozápadní, severní a severovýchodní a konečně opět východní.

3. Větrové jižní, jihozápadní a západní přinášejí nám vzduch naplněný parami vodními, kteréž v chladnějších končinách co dešť se srážejí; větrové severní, severovýchodní a východní přivádějí k nám vzduch chladný a suchý.

Slabý průvan stává se patrným v pohybu plamene, kouře, péří atd. Silnější proudění vzduchu č. vítr naznačuje se co do směru *korouhvičkami větrnými*; rychlost a síla větrů měří se pak zvláštními *větroměry* (anemometry).

1. *Korouhvička větrná* (Windfahne) jest deska, mající tvar korouhvičky a otáčející se velmi snadně okolo kolmé osy na nejvyšším vrcholu stavení (ku př. věži). Plocha korouhvičky obrací se vždy po směru větru. V *vyšších* vrstvách určuje se směr větru z pohybu oblaků, jež můžeme v zrcadlech vodorovně položených pozorovati. — *Růže větrná*.

2. *Síla větru* může se posouditi z pohybu listův a větví stromových. Silným *vichrem* bývají stromy z kořene vyvráceny. Měřiti můžeme sílu větru: a) velikostí úhlu, ve kterém výšine se rovina, jako kyvadlo naproti větru zavěšená, z kolmé své polohy; b) stlakem péra pružného, způsobeného rovinou kolmo na směr větru postavenou, aneb výškou sloupce rtuťového, jež zdvihá vítr do trubice vanoucí (*Lind* 1775); c) rychlostí, kterou křídla větrníku se otáčejí (*Wolf* 1743). *Robinsonův větroměr* skládá se ze čtyř dutých polokulí plechových, nasazených na konci čtyř železných tyčí, 90° od sebe vzdálených a okolo kolmé osy se otáčejících. Polokoule jsou všechny vypuklou plochou v tutéž stranu obráceny. Větrem pohybují se polokoule vždy vypuklou stranou ku předu, čímž otáčí se celý přístroj rychlostí, která obnáší $\frac{1}{3}$ rychlosti větru. Na ose jest šroub bezkonečný, kterým stanoví se jako u syreny (str. 218.), kolikrát větroměr v jisté době se otočil. — *Větrný míln*.

3. *Větroměry zapisovací* (anemometrografie). Tyž korouhvičky větrné spojí se s jedním pólem galvanické batterie, jejíž druhý pól rozvětven ve čtvero oddílův, z nichž každý spojen s jednou výsečí kotouče vodorovně položeného. Výseče jsou kovové a špatnými vodiči od sebe vespolek oddělené. Na tyči korouhvičky jest pak kovová zprouha, která kotouče se dotýká. Větrem severním obrátí se pak korouhvička tak, že zprouha dotýká se výseče k severu obrácené, čímž počíná působiti proud v přístroj zapisovací, který směr větru na papíře hodinovým strojem pohybovaném zaznamenává. Při větru východním působí proud v zapisovací stroj východní atd. — Spojíme-li s větroměrem *Robinsonovým* přístroj zapisovací, kterým při každém otočení větroměru na papíře tečka se dělá, bude možno z délky čar, z teček povstávajících, rychlost větru stanoviti.

323. Země co zdroj tepla. Sluncem zahřívají se pouze vrchní vrstvy země naší, do vrstev hlouběji položených teplo sluneční nevniká. V hloubce 60—80 stop zůstává teplota po celý rok stejná a ve vrstvách ještě hlouběji ležících přibývá teploty tím více, čím více se přibližujeme středu zemskému. Ač není posud známo, kterak teploty země ku středu přibývá, nutno souditi, že ve hloubi 8—10 mil země ve stavu žhoucím neb teku-

tém se nalézá. Špatná vodivost tepla kůry zemské nedopouští, abychom teplo ohnivého jádra zemského pozorovali.

1. Ve sklepe parížské hvězdárny 27^{5m} hlubokém ukazuje teploměr od roku 1783 ustavičně 11·826°.

2. Země byla nejprvé žhoucí kuli ohnivou, která na povrchu svém ponáhlu se ochladila.

3. Vznik horčících plamenů, tání nejhlubších vrstev ledu v ledovcích, sploštění země na točnách, výbuchy sopek atd. možno z účinků tepla zemského vyložití. Druhdy domnívali se učenci, že ohnivě hmoty ze sopek vyvržené pocházejí z ohnivého jádra zemského, nyní má se vůbec za to, že nenáhlym stoupáním pevnin povstávají blíže moře rozsedliny, kterými voda do veliké hloubky vniká, kdež pak stýkají se s hmotami tekutými a žhoucími ihned v páru se mění, která rozmanité hmoty úsilně ze sopek vyhazuje.

324. Mechanické zdroje tepla jsou: tlak, ráz, přilnavost, pohlcování a tření.

a) *Rázem a tlakem se těla zhustují, protože vnímavost tepla se zmenšuje (odst. 311. c) a část tepla v nich obsaženého se uvolňuje.*

Tráskavé soli zapalují se rázem (kapsle, jehlovky). — Při ražení zahřívají se peníze. — Křesáním ocele o křemen povstávají jiskry. — *Pneumatické zapalovačtvo* (tachypyrion). — Zahřívání kovů kováním.

b) *Zmenšením hustoty č. zvětšením objemu vzniká ochlazení.*

1. Roztáhneme-li prudce tenkou pásku kaučukovou na rtech, ucítíme ochlazení. — Foukáním ochlazujeme horké pokrmy.

2. Pára, pojišťovací zákloučkou z párného kotle unikající, jest v nevelké vzdálenosti od zákloučky již dosti chladná, poněvadž značně se zředuje.

3. Proudí-li *silně zhuštěný* vzduch *úzkým* otvorem a dáme-li v určité vzdálenosti do proudu jeho trochu vody, zmrzne voda, ač má vzduch teplotu několik stupňů nad nullou.

4. V novější době sestavili *Gorrie* (1855) a *Kirk* (1863) přístroje k rychlému ochlazení vody a tvoření ledu sloužící. Pumpou na tlak se vzduch v jistém prostoru zhustuje, načež opět silně se roztahuje a vodě, která z nádrže do prostoru toho se stíká, tolik tepla odnímá, že v menších kovových nádobách do ochlazené vody ponořených voda mrzne.

c) *Pevná těla ústrojná, byvše vodou zmokřena, zahřívají se často tak silně, že teplota jejich o několik stupňů se zvyšuje.*

Dřevěné uhlí na prach rozmělněné pohlcuje velmi mnoho vzduchu, který v něm silně se zhustí, tak že teplem ze zhustění vznikajícím uhlí často se zapaluje. — *Ventak* smísl (1823) kostěné uhlí s roztokem cukru, čímž zplodilo se teplo tak značné, že výbuch způsobilo. — *Doebhereinero*vo rozehadlo.

d) *Třením vyvinuje se veliké množství tepla a sice tím více, čím rychleji těla se trou. Poněvadž hmoty třením jen nepatrně se zhustují a teplo tak dlouho se vyvinuje, pokud tělo se tře, nutno souditi, že není při tření pouhé zhustění zdrojem tepla. Jak *Davy* dokázal, vyvinuje se teplo i třením dvou ledových ker ve prostoru ochlazeném.*

Pilníky, pily, nebozezy, čepy, nápravy, závírky atd. třením silně se zahřívají. — Hnědé proužky na výrobcích soustružnických. — *Divochové* rozdělávají oheň třením dvou suchých tříštěk. — *Sirky*. — *Rumford* dpkázal jednoduchým pokusem, jak veliké množství tepla třením se zploduje. Otáčením

kovového čepu v kovové pánvi a třením z toho otáčení vznikajícím způsobil teplo tak značné, že 20 liber vody, která čep obklopovala, až k varu se zahřálo.

325. Chemické slučování hmot co zdroj tepla. Chemickým slučováním hmot vyvinuje se často mnoho tepla, což lze vyloučiti tím, že slučováním mění se obyčejně hustota a skupenství a tudíž také vnímavost tepla.

1. Nehasené vápno vodou polité velmi silně se zahřívá.
2. Nalejeme-li dýmavé kyseliny dusičné s kyselinou sirkovou smíšené do stejného objemu silice terpentínové, zahřívá se smíšenina tak silně, že se zapaluje.
3. Smíchá-li se slučení cukr s chlórčecnanem draselnatým a kápně-li se do smíšeniny silná kyselina sírková, zahoří smíšenina okamžitě. V tom zakládá se příprava sirek, jichž dříve se užívalo. Sírky tyto byly na konci chlórčecnanem draselnatým povlečeny a rozžehaly se, byvše koncem tím v kyselíně sírkové omočeny.

V době novější bylo četnými zkouškami dokázáno, že při každém chemickém sloučení, necht děje se prostředně neb přímo, najednou anob v přestávkách, vyvinuje se vždy stejné množství tepla, tomuto sloučení příslušné; při chemickém rozkladu sloučeniny mízí pak právě tolik tepla, kolik ho při sloučení bylo se vyvinulo.

Množství tepla, hořením (odst. 71.) se vyvinující, ustanovuje se spalováním těla pod nálevkovitým příklopem, z něhož vstupují žhavé plyny a páry hořením zplazené do roury hadovitě, spojené s příklopem a obklopené vodou, z jejíž teploty možno vypočísti teplo hořením se vyvinující. Důkladněji určuje se teplo hořením zplazené, zapálí-li se hořící látka drátem, který proudem elektrickým až do červenosti se zahřívá, přímo ve vodě neb ve rtuťi a procházejí-li plyny a páry hořením povstalé, dříve než do vzduchu unikají, kapalinou tak dlouho, jak potřebí, aby teplo kapalině sdělily.

Ze zkoušek v té příčině konaných vyplývá, že teplo hořením zplazené jest poměrné množství kyslíku ve vteřině k hořením spotřebovaného. Někteří učenci dokládají, že jest vůbec množství tepla hořením povstávajícího poměrné množství kyslíku hořením spotřebovaného, tak že z množství kyslíku možno vypočísti množství tepla hořením zplazeného.

326. Výkony životní co zdroj tepla. Dýchání jest zvláštní druh hoření, proto zplazuje se dýcháním teplo a krev lidská i zvířecí má při potravě přiměřené teplotu stálou, neměnitelnou, kteráž nespravuje se teplem okolí (odst. 69.). Živé tělo lidské má teplotu $37^{\circ} C$, o čemž se přesvědčíme, položivše kuličku citlivého teploměru pod jazyk a ponechavše teploměr v uzavřených ústech nějakou dobu. Teplota těla zvířecího stanoví se nejčastěji pomocí článků termoelektrických. Množství tepla výkony životními zplazené určuje se kalorimetry.

Teplota rostlin mění se účinky mechanickými i chemickými.

1. Ponobím, stářím atd. mění se teplota krve zvířat teplokrevných i člověka jen nepatrně. I v nejprudší horečce bývá teplota v těle lidském nejvýše $40-42^{\circ} C$. K teplotě těla přilhlížejí v novější době lékaři, posuzující z teploty větší neb menší než $37^{\circ} C$ příčinu nemoci. Teploměry, jichž v té příčině užívají, mají stupnici pouze od $+20^{\circ} C$ k $+59^{\circ} C$ rozdělenou a jsou tudíž velmi citlivé.

2. Z četných zkoušek, jež cestovatel *John Davy* (1823) konal, vyplývá, že největší teplotu mají *ptáci*, totiž $32\cdot2^{\circ}$ (luňák) až $43\cdot9^{\circ}\text{C}$ (kachna); pak následují *ssavci*, jichž teplota jest $39\cdot7^{\circ}$ (opice) až $37\cdot8^{\circ}\text{C}$ (morče); *šlověk* 37°C ; *obojživelníci* $28\cdot9^{\circ}$ (želvy) až $32\cdot2^{\circ}\text{C}$ (hadí); *ryby* 25° (žralok) až $25\cdot5^{\circ}$ (lotoun); *stonožky* $25\cdot5^{\circ}$ a *hmyzi* 25° .

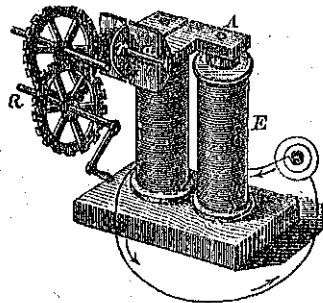
Teplota zvířat teplokrevných jest stálá, neproměnná, teplota zvířat chladnokrevných se však proměňuje; u obou těchto druhů živočichů má však teplota těla vyšší stupeň než teplota prostředí (vzduchu neb vody), v němž žijí, tak že prostředí tomu teplo sdělují jakož i teplo do něho vyzařují. Aby tělo zvířat příliš se neochladilo, bývá pokryto špatnými vodiči. Vypařováním potu se tělo taktéž ochlazuje, čímž možno vyložiti sobě, kterak černochům, kteří velmi silně se potí, možno i v tom největším parnu horkého pásma těžké práce konati.

F. Základové mechanické theorie tepla.

327. Rovnomocnina tepla. a) *Množství tepla, vzbuzeného činností mechanickou, jest poměrné těm kterým účinkům mechanickým, nekonají-li tyto žádně jiné práce.* (Mayer 1842.)

Ku měření tepla mechanickými účinky zplozeného použil *Joule* (1843—1850) mosazného kola lopatkového, jež ve vodě jistou rychlostí se otáčelo a taktéž lopatkového kola železného, které ve rtuti se otáčelo. *Třením* kol v kapalinách vzbuzuje se teplo, kterým kapaliny se oteplují. Z četných zkoušek *Jouleových* a jiných podobných vyplývá pak, že $423\cdot55$ kilogrammetrův třením zplozuje jednu jedničku tepla, t. j. teplo, kterým teplota jednoho kilogrammu vody o 1°C se zvyšuje. Práce $423\cdot55$ kilogrammetrův zove se tudíž *rovnomocninou tepla* (Wärme-Aequivalent).

‘Obr. 418.



Foucault použil (1865) k dokladu toho, že mechanická práce v teplo se proměňuje, přístroje obr. 418. znázorněného. Soukolím *R* otáčí se velmi rychle měděná deska *r* mezi póly elektromagnetu *E* okolo osy *a*, kteráž střed desky, jakož i oba póly magnetu protíná. Koluje-li drátem elektrický proud, zadržují oba póly elektromagnetu desku *r* velmi úsilně, tak že *volněji* se otáčí, ale *proměněním mechanické síly v teplo* tak se *zahřívá*, že taje vosk, kterým jest potřena. Ve prostoru vzduchoprázdném daří se pokus ten ještě lépe.

b) Teplem možno docíliti buď přímo buď prostředně mechanické práce. Proudí-li *zhustěný* vzduch do vzduchu obyčejné hustoty, ubývá zhustěnému vzduchu teploty, neboť *část tepla, které vzduch zdánlivě pozbývá, proměnila se v práci, kterou tlak vzduchu*

se přemáhá. Z výpočtu plyne pak, že každá jednička tepla, které vzduch zdánlivě pozbyl, koná práci jedné rovnomocnniny tepla.

Při párném stroji proměňuje teplo vodu v páru a tato způsobuje pak pohyb. Jak *Hirn* (1855) dokázal, proměňuje se při párném stroji teplo v práci, neboť má pára, spůsobivší pohyb pístu, menší teplotu než dříve. Ze zkoušek *Hirnových* dovodil pak *Clausius*, že každá jednička tepla, kterého pára pozbyla, proměnila se v práci tak velikou jaká jest rovnomocnina tepla.

c) Z předcházejícího patrně, že teplo v mechanickou práci a mechanická práce v teplo se proměňuje a že v obou případech jednička tepla rovná se jedné rovnomocnině tepla, kteráž asi 424 kilogrammetrů obnáší.

d) Kdykoliv jisté množství tepla v práci se proměňuje a tělo, kterým tato proměna se dala, opět v původním stavu svém se nalézá, musí současně jiné množství tepla z těla teplejšího do jiného studenějšího přecházeti a poměr tohoto množství tepla ku množství onomu, jež v práci se proměnilo, řídí se teplotou těla, z kterého teplo vychází, a teplotou těla, do kterého přechází, nikoliv však tělem, kterým teplo v práci se proměnilo.

1. *Carnot* vyslovil důležitý tento zákon takto: Teplem koná se práce, když přiměřené množství tepla, z těla teplejšího do studenějšího (ku př. při párném stroji z ohně do hustiče) přechází, aniž by část tepla se zmařila. *Clausius* odůvodnil však pravost zákona v odst. d) vytknutého.

2. Přechod tepla nazývá *Clausius* proměnou tepla vyšší teploty v teplo nižší teploty. Jak z předcházejícího patrně, řídí se tato proměna proměnou tepla v práci aneb práce v teplo.

328. Theorie tepla. Sálání tepla nelze teorií výronu správně vyložiti. Sálavé teplo a světlo liší se vespolek pouze délkou vln.

Tmavých paprskův tepla před červenými paprsky vidma nemůže oko pojmouti proto, že délka vln jejich jest příliš veliká.

Jiné výjevy tepla, jako ku př. rozvádění tepla, účinky tepla jakož i působení rozličných zdrojů tepla, vyjímaje pouze tření, možno výronem částic teplových vyložiti. Z výronu nelze však vysvětliti, kterak třením ledu na ledě ustavičně teplo se vyvinuje a kterak látka teplová v mechanickou sílu a síla tato v látku teplovou se mění.

Mechanická theorie tepla vykládá veškeré výjevy tepla chvěním nejmenších částek těla a étheru v těle obsaženého. Tření může býti tudíž nevyčerpatelným zdrojem tepla, přivádí-li se jím molekuly a atomy v ustavičné chvění, kterým v okolním étheru vlnivý pohyb vzniká. Teplo třením vzbuzené vzniká tudíž tím, že pohyb celé hmoty v pohyb jednotlivých molekul se proměňuje. Proměnu tepla v práci nutno pak vykládati z proměny pohybu molekul v pohyb celé hmoty, z čehož i rovnomocnninu tepla snadně možno vyložiti.

Kterak molekuly těla a částice étheru se chvějí, není posud dokonale vysvětleno, poněvadž silozpytci v domněnkách o pohybu tom se neshodují.

Mechanickou theorii tepla zdokonalili: *Ampère, König, Clausius, Rankine, Redtenbacher* a j. v. Téměř všickni vykládají výjevy tepla, vyjímaje pouze výjevy tepla sálavého, ze chvění molekul těla a étheru v těle obsaženého.

Z theorie *Clausiusovy* vykládají se výjevy tepla následujícím způsobem: 1. Paprsky teplovými zvyšuje se teplota těla jen tenkrát, když tělo paprsky tyto *pohlcuje*. 2. Pohlcování tepla záleží v tom, že chvěním étherových částic molekuly těla ve chvění se *přivádějí*. 3. Ze chvění molekul těla vyplývá *roztážlivost, proměna skupenství a pocit tepla*. Ve všech těchto případech seřadují se molekuly těla jiným způsobem, k pohybu molekul jest pak buď *práce potřebí*, buď pohybem tím *práce se uvolňuje*. 4. Tělo jest *teplé*, když molekuly jeho zvláštním způsobem se chvějí. Chvění toto převádí se pak i na částice étheru, který molekuly obklopuje, a z chvění étheru vyplývá pak sálání tepla. 5. *Množství tepla* řídí se šířkou výchvěje molekul, a *teplota* těla řídí se *největší rychlostí výchvějí* č. *živou silou*, z čehož patrné, že dvě těla nestejné hmotnosti, ač mají tutéž intensitu výchvějí, mohou míti *rozdílnou vnímavost tepla*. 6. Úplný klid molekul těla aneb částic étherových způsobuje *prostou největší zimu*, kteráž dle výpočtu — 273° C obnáší.

329. Stálost sil. Elektrickým proudem vznikají výjevy tepla a světla jakož i účinky chemické, z čehož patrné, že električnost v teplo, světlo a sílu chemickou se proměnila.

Spojíme-li pájkou dráty stejné délky a tloušťky z kovů rozličných a uzavřeme-li jimi proud galvanické batterie, zahřívají se proudem tím ony dráty *více*, které mají *menší* vodivost električnosti, z čehož patrné, že električnost v teplo a teplo v električnost se proměňuje.

Upravíme-li tři galvanické batterie tak, aby byl proud jejich stejně silný, a probíhá-li proud každé batterie krátkým drátem železným, tož zahřeje se dráty stejně silně. Probíhá-li však proud jedné batterie, dříve než do drátu vchází, hybostroj elektromagnetický a proud druhé batterie přístroj, v němž vodu v kyslík a vodík rozkládá, tož bude drát železný proudem těchto dvou baterií mnohem méně zahřát než z prvu, kde proud pouze drátem procházel. Při prvé baterii bude množství tepla ve drátu právě o tolik menší, kolik tepla potřebí ku pohybu elektromagnetického hybostroje, a při druhé baterii objeví se množství tepla právě o tolik menší, kolik tepla nabudeme spálením tráskavého plynu rozkladem vody povstalého.

Při párné elektrice a baterii thermoelektrické proměňuje se teplo v električnost.

Slučováním a rozkladem chemickým proměňuje se síla chemická zhusta v električnost, teplo a světlo.

Z těchto jakož i mnoha jiných výjevů patrnó, že veškeré síly přírodní vespolek velmi úzce souvisí a jedna v druhou převáděti a proměňovati se dají; poněvadž síly s hmotou spojeny jsou a hmota pouze se proměnití může, nikoliv však ztratiti, patrnó, že síly nemohou zmizeti, nýbrž že jsou *stále*, jako hmota sama.

Oddíl devátý.

M a g n e t i č n o s t.

A. Výjevy magnetické.

330. Magnety zovou se neústrojná těla, která železo jistou silou přitahují a při sobě udržují. Tato vlastnost těl neb i příčina její a často též i souhrn výjevů v této vlastnosti se zakládajících nazývá se *magnetičnost*. Síla, kterou magnet v železo působí, jmenuje se *silou magnetickou*.

1. Již starým Řekům bylo známo, že železovec osmistěnný ($\text{FeO.Fe}_2\text{O}_3$) železo přitahuje a při sobě udržuje; poušvadž u města *Magnesia* v Lydii hojně se vyskytoval, nazván *magnes* č. *magnet* (nyní slove *magnetit* č. *magnetovec*). Tyto magnety *samorodé* č. *přírozené* liší se od magnetů *strojených*, t. j. umělým způsobem zhotovených, jež bývají ocelové a mívají nejčastěji tvar tyčí rovných neb podkovovitě ohnutých.

2. V době novější bylo shledáno, že přitahuje magnet netoliko železo, nýbrž i nikl, kobalt, chróm, mangan, platinu, palladium, titan, cerium, osmium, aluminium, křemík a beryllium, kteréž prvky nazvány jsou magnetickými.

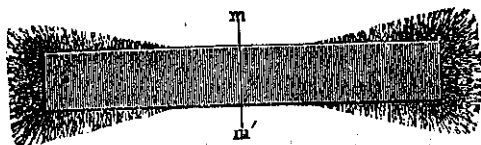
Magnet přitahuje železo již z jisté vzdálenosti a drží je u sebe, je-li dosti silným, tak pevně, že k zemi nepadá, ač jest dosti těžké. Přitažlivost magnetu jeví se i tenkrát, když mezi ním a železem jiná magnetická těla se nalézají, jako ku př. dřevo, papír, měď, voda atd.

V přitažlivosti magnetů zakládá se užívání jich ku pohybu těl železných a ocelových za sklem, dřevem atd. — Železné piliny lze magnetem z jiných pilin vyloučiti. — Lókatři užívají magnetů ku vytahování železných pilin jež dělníkům v továrnách na zboží železné někdy do oka se zarývají. — Sítkou z drátu magnetického, k ústům přiloženou, zamezují hotovitelé jehel přístup jemného prášku ocelového do úst a do plíc.

331. Magnetické póly. a) Magnetická síla není na všech místech magnetické tyče stejná; největší bývá nedaleko konců, odtud pak ku prostředku jí ubývá, tak že možno si mysliti uprostřed tyče čáru, na které magnet železa nepřitahuje. Čára tato zove se *indifferentnou* aneb vůbec *středovou*, body pak, ve kterých

jest magnetická síla největší, nazývají se *magnetické póly* a přímka, která oba póly spojuje, jakož i každá s ní rovnoběžná zove se *magnetickou osou*.

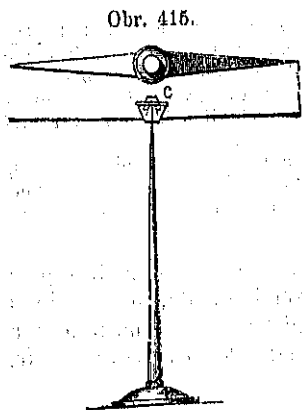
Položíme-li magnetickou tyč do železných pilin, přilnou v největším množství k oběma koncům jejím, kdež jedna na druhou se nacytají, tvoříce skupiny, husté ježaté srsti podobné. Od koncův ku středu pilin ubývá a na čáře indiferentné *mm'* se žádné neudrží (obr. 414).



b) Směr magnetické síly není v každém místě tyče stejný.

Přiložíme-li malou tenkostěnnou báníku skleněnou na střed magnetu, zůstane železná tyčinka v báníce *vodorovně* ležeti. Pohybujeme-li však báníku k jednomu neb druhému konci magnetu, stává se tyčinka *šikmo*, na obou pólech pak stává se *kolmo*.

c) Magnetická tyč tak podepřená neb zavěšená, aby mohla kolem *kolmé osy v rovině vodorovně* snadně se otáčeti, směřuje vždy, jsouc sama sobě ostavena, *týmž jedním koncem k severu* a druhým k *jihu* a vrací se vždy do této polohy, byla-li z ní vyšinuta. Proto zove se konec k severu *obrácený pólem severním (+)*, druhý pak *pólem jižním (-)*. Má-li tyčinka magnetická tvar kosočtverečný a je-li u prostřed opatřena kloboučkem *c* (obr. 415.), kterým na kolmou špičatou osu se zavěšuje, zove se *magnetickou jehlou* č. *drálkou*.



d) *Stejnomené póly* dvou magnetů (+ + aneb - -) se odpuzují a zovou se póly *nepřátelskými* č. *odpornými*; póly *nestejnomené* (+ -) pak se *přitahují*, pročez *přátelskými* č. *svornými* se nazývají.

Z odpuzování pólů nestejnomených možno seznati, zdaž jest tělo magnetické.

332. Magnetování. a) *Dotkne-li* se tyčinka z měkkého železa pólu magnetu, nabývá síly magnetické, tak že pak *druhou* tyčinku železnou *přitahuje* a při sobě *udržuje*; druhá tyčinka *přitahuje* pak třetí, třetí čtvrtou atd. Na těch koncích tyčinek, které jsou k magnetu *obráceny*, jsou póly s pólem magnetu *nestejnomené*.

Magnetické vousy a řetízky. — Skupiny železných pilin na tyčích magnetických.

Čím silnější jest magnet, tím více tyčinek možno v takový souvislý řetěz spojit. Je-li magnet velmi silný, není ani potřeba, aby prvá tyčinka jeho se dotýkala, stáváť se magnetickou již pouhým *přiblížením se* k pólu magnetu.

Tyčinka železná pozbývá magnetičnosti ihned, jak mile od magnetu se vzdálí. Pozbude-li pak prvá tyčinka magnetičnosti, rozpadnou se též veškeré ostatní, které s ní souvisely. O tyčinkách, jež nabyly magnetičnosti dotýkáním se magnetu aneb přiblížením se k pólu magnetickému říká se, že byly magnetovány *návodem* č. *rozkladem* (Induktion, Influenz).

b) Poněvadž magnet přitahuje ocel jako železo, můžeme též tyčinku ocelovou návodem zmagnetovati, ač potřebí k tomu více času. Byla-li však ocel způsobem právě vytknutým zmagnetována, podržuje magnetičnost po delší čas i pak ještě, když od magnetu se vzdálí. *Potíráme-li* pak ocelovou tyč magnetem samorodým neb strojeným v určitém směru po jistou dobu, nabývá tyč magnetičnosti trvalé a zůstává pak povždy magnetem. Magnetu, jehož jsme ku natírání použili, neubývá síly magnetické.

Pomocí magnetu samorodého můžeme zhotoviti magnet strojený a pomocí magnetu tohoto mnoho jiných magnetů.

c) Ocelová tyč nabývá *trvalé magnetičnosti*, když na jeden její konec kladivem se tluče, aneb když tyč se kroutí, stlačuje, piluje aneb když, byvši silně zahřáta, *náhle* se ochlazuje.

Ocelové nástroje, jako ku př. pilníky, průbojníky, nebozezy. atd., jichž se častěji užívá, bývají magnetické.

d) Zahříváme-li magnet, ubývá mu síly magnetické a byl-li až do *červena* rozpálen, pozbývá veškeré magnetičnosti; náhlým ochlazením pak se magnet sesiluje.

Magnetování účinkem modrých a fialových paprsků světla není posud dostatečně proskoumáno.

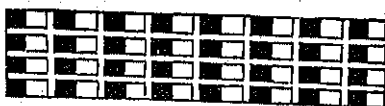
333. Výklad výjevů magnetických. — Síla bránivá.
Přelomíme-li magnetickou tyč ve *více kusův*, objeví se každý kus coby dokonalý magnet s pólem *severním* i *jižním*. Severní pól každého kusu jest v tom konci, který byl severnímu pólu v tyči nezlomené blíže, jižní pól nalézá se pak na konci, který byl k jižnímu pólu magnetické tyče obrácen. Složíme-li kusy opět v tyč dohromady, bude míti tyč ta pouze dva póly jako dříve, pokud byla celou.

Nejmenší části magnetu možno tudíž pokládati za velmi malé *magnetky* č. *magnetické prvky* (magn. molekuly), jichž stejnojmenné póly v tutéž stranu směřují. Síla magnetu jest výslednicí všech sil prvkův magnetických.

O původu magnetičnosti byly vysloveny až posud rozličné domněnky. Někteří silozpytci domnívali se, že příčinou magnetičnosti

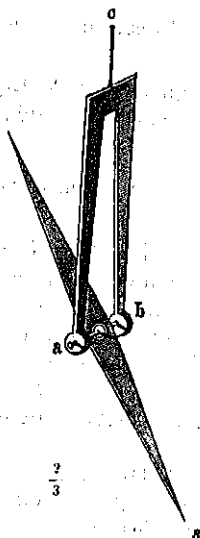
jsou dvě nad míru pružné a jemné látky tekuté a nevažitelné, tak zvané *magnetiny*, jež vespolek se přitahují a molekulu těla obklopují. Jsou-li obě magnetiny okolo molekul stejnoměrně smíšeny, jest tělo *nemagnetické*, je-li však jedna magnetina na straně jedné druhá magnetina na druhé straně molekuly nahromaděna, stává se hmota magnetickou. — Jiní silozpytci vykládají magnetičnost z jediné látky nevažitelné, kteráž jest kolem molekuly buď stejnoměrně rozložena, kdež jest pak tělo nemagnetické, buď na jedné straně zhuštěna a na druhé

Obr. 416.



zředěna, kdež pak molekula magnetickou se stává. — Opět jiní mají za to, že každá molekula složena jest ze dvou atomův jinak stejných, z nichž má jeden magnetičnost severní druhý pak jižní. Pokud jsou molekuly nepravidelně rozloženy, zůstává tělo nemagnetickým; seřadí-li se molekuly tak, aby stejnojmenné magnetiny v tutéž stranu směřovaly, stává se hmota magnetickou, jak znázorněno obr. 416., kdež pole bílá č. magnetiny severné směřují vesměs v levo a pole černá č. magnetiny jižní směřují vesměs v pravo. Magnetování záleží tudíž v tom, že molekuly z nepravidelné

Obr. 417.



polohy své se vyřinují a se tak seřadují, aby stejnojmenné magnetiny v tutéž stranu obráceny byly. Přitahování železa magnetem vykládá se tím, že stává se železo příslušným seřaděním molekul nejprve magnetem, jež pak magnet přitahuje.

Z výjevův výše vytknutých nutno souditi, že jistá *síla bránivá* (Coërcitivkraft) proměně stavu magnetického odporuje; neboť železo pozbývá magnetičnosti ihned, jak mile od magnetu se vzdálí, ocel podržuje však magnetičnost. Železo má tudíž *nepatrnou* sílu bránivou, poněvadž snadně se zmagnetuje ale taktéž snadně magnetičnosti pozbývá, bránivá síla ocele jest veliká, neboť ocel těžce magnetičnosti nabývá ale na vždy ji podržuje.

Z četných zkoušek vyplývá, že síla bránivá řídí se hmotou a teplotou těla a jest za stejných okolností tím větší, čím vyšší jest teplota.

334. Magnetičnost zemská. a) Jehla magnetická *sj* (obr. 417.), která kolem *vodorovné* osy *ab*, vedené jejším těžištěm a zasažené v rámci mosazném, na nekroucené niti *c* zavěšeném, volně otáčeti se může; staví se vždy tak, že jeden konec její k severu

a druhý k jihu směřuje. *Severný* pól jehly jest v našich krajinách *dobře skloněn*, tak že činí jehla s rovinou vodorovnou úhel, který *magnetickým sklonem* (magn. Inklination) se zove.

1. V Praze byl sklon magnetický v roce 1868 průměrně $65^{\circ}25'2''$.
2. Sklon pozoroval nejprve *Hartmann* (1544) a měřil nejprve *Nor-*
mann (1546).

b) Rovina kolmá, jehlou v klidu se nalézající vedená tak, aby oba póly její obsahovala, nazývá se *poledníkem magnetickým* (magn. Meridian) a úhel, jež poledník magnetický svírá s poledníkem zeměpisným jmenuje se *magnetickou úchylkou* (magn. Deklination).

1. V Praze obnášela úchyłka magnetická dne 2. července 1869 v 10 hod. dopol. $12^{\circ}3'8''$, ve 2 hod. odpol. $12^{\circ}12'1''$.
2. Úchyłku pozoroval prý nejprve *Adfeger* (1269).

c) Vyšineme-li jehlu *sj* (obr. 417.) z polohy, kterou v klidu zaujímá, vrací se, kolísavši nějakou dobu, zase do ní nazpět, z čehož patrné, že působením jisté vnější síly v poloze vytknuté se udržuje. Síla tato jest *magnetická*, neboť zůstává jehla nemagnetická, týmž způsobem zavěšená, v každé poloze v rovnováze. Z výjevu toho jakož i z toho, že magnetický sklon a magnetická úchyłka jsou v rozličných místech rozličné, nutno souditi, že *jest země naše velmi velkým magnetem, majícím jeden pól blíže točny severní a druhý pól blíže točny jižní, pročež tento jižním, onen pak severním magnetickým pólem zemským se nazývá.*

1. Že jest země velkým magnetem, vyplývá též z toho, že tyč železná v poloze s magnetickým sklonem toho místa rovnoběžně stává se silným magnetem, majícím na konci dolů skloněným pól severní.

2. Poněvadž nestejnojmenné póly se přitahují, měl by pól magnetické jehly k severu obrácený slouiti (jako u Francouzů a Angličanů) pólem *jižním* aneb pólem *k severu obráceným*.

B. Hotovení strojených magnetů natíráním.

335. Tah jednoduchý. Ocelová tyč může se natřati magnetem tak, že vodí se pouze *jeden* pól magnetu na tyči vždy týmž směrem a natírání toto zove se *tahem jednoduchým*, jehož rozeznáváme způsob trojí, a sicé:

a) Rovná tyč, která má se zmagnetovati, položí se vodorovně, na jeden konec její postaví se pak kolmo magnet, který poněkud na tyč se *přiladí* a až k druhému konci tyče se vede, kdež pak s tyče se sejme.

Tahem tím stala se tyč magnetem a má na konci, na kterém třítí se počala, pól stejnojmenný s tím pólem magnetu, kterým byla třena, druhý pól jest pak na konci druhém.

Opakujeme-li tah vícekráté, vracejíce se od konce, na kterém tření přestává, obloukem ve vzduchu vždy opět s pólem magnetu

k onomu konci tyče, kde tření započalo, tož přibývá třené tyči magnetické síly vždy více až k jisté mezí, kteráž řídí se silou magnetu, jímž tyč natíráme, jakož i jakostí tyče.

Síla magnetická, kterou ocelová tyč *navždy podržuje*, má taktéž určitou mez, jež spravuje se *bránivou silou tyče* zmagnetované, nikoli však silou magnetu, kterým byla tyč třena.

Zkouškami možno se přesvědčiti, zdaž tyč největší magnetické síly již nabyla.

b) Pól magnetu, v úhlu 25—30° nakloněného, postaví se do prostřed tyče ocelové a vede se ku konci jejímu, odtud pak vrací se obloukem nad tyči *opět do středu tyče*, což vícekrát se opakuje. *Druhým* pólem natírá se pak druhá polovice tyče. Zmagnetovaná tyč má pak severní pól v tom konci, který se potíral pólem jižním, a na druhém konci má pól jižní.

c) Vezmeme-li do každé ruky jeden magnet, postavíme-li je nestejnomenými póly do prostřed tyče a vedeme-li je pak sklonitě (v úhlu 25—30°) vícekrát jeden k jednomu druhý k druhému konci tyče, vracejí se s oběma obloukem nad tyči vždy do prostřed tyče, tož zmagnetuje se tyč jako způsobem v odst. b) právě vytknutým, ale v době mnohem *kratší*.

Nejčastěji natírá se tyč způsobem v b) a c) vytknutým, neboť se vyskytují, užilo-li se tahu jednoduchého způsobem v a) naznačeným, kromě dvou hlavních pólů při koncích ještě jiná dva pólové blíže středu tyče, čímž magnet nedokonalým se stává.

336. Tah dvojnásobný. Pohybují-li se oba póly magnetu současně *k témuž konci tyče* ocelové, zove se tento způsob *natírání tahem dvojnásobným*.

Při tahu dvojnásobném staví se oba svorné póly dvou magnetů v úhlu 12—25° k tyči skloněných do prostřed tyče ve vzdálenosti 2—3''' od sebe a vedou se od středu tyče současně oba k témuž konci tyče, odtud nazpět ke druhému konci, od druhého opět k prvnímu atd., což vícekrát se opětuje, až konečně v středu opět se přestane. Na místě dvou magnetů možno použítí též magnetu jediného, v podkovu tak ohnutého, aby póly jeho blízko sebe se nalézaly.

Zmagnetovaná tyč má *severní pól* na onom konci, který byl *jižnímu* pólu magnetu nejbližce, na druhém konci má pak tyč *pól jižní*.

1. Složíme-li čtyry tyče ve čtverhran dohromady a vedeme-li, počínajíc v středu jedné z nich, oba magnety jako při tahu dvojnásobném několikrát kolem po všech tyčích, zove se způsob tento *tahem okrouhlým*.

2. Upevníme-li několik magnetických tyčí v kruhu směrem poloměrá tohoto kruhu tak, aby mezi póly jejich jen malý prostor pozůstal a aby póly naproti sobě stojící byly svorné, a vedeme-li ocelovou tyč prostorem mezi póly tak, aby se jimi třela, bude mít tato tyč třením magnetovaná tolik pólů, kolik bylo magnetických tyčí a póly její nejsou na koncích, nýbrž po bocích rozloženy. Tyč taková, může-li volně se pohybovati, staví se pak směrem od východu k západu a zove se *magnetem příčným* (Transversalmagnet).

337. Magnetování podkovy. Ocelové tyče podkovovitě ohnuté natírají se dvojným způsobem, a sice:

a) Ocelová podkova přiloží se záhybem na svorné póly dvou magnetických tyčí aneb magnetické podkovy a tře se vícekrát až ke koncům. Rameno potírané pólem severním má pól jižní, na konci druhého ramene jest pól severní.

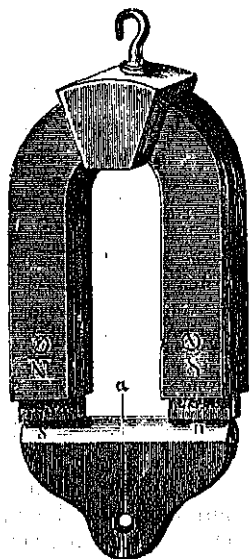
b) Oba konce podkovy přiloží se na oba svorné póly magnetu a spojí se příčkou železnou, tak zvanou *kovou*, načež trou se od konců až k záhybu. Obloukem se vrátivše přikládáme pak opět tytéž konce podkovy k týmž pólům magnetu a natíráme podkovu tak dlouho až jest zmagnetována.

Každý konec podkovy má pól *stejnomený* s tím pólem, kterým byl natírán.

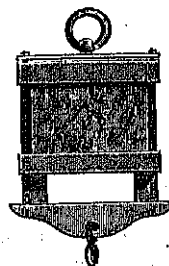
338. Magnetická batterie. Spojením několika magnetů ve svazek v ten způsob, aby póly stejnojmenné se dotýkaly, vzniká *magnetické složení* (magn. Magazin) č. tak zvaná *magnetická batterie*. Síla batterie jest vždy o něco *menší*, než součet sil magnetů jednotlivých v batterie spojených.

Často spojují se konce magnetův batterie skládajících měkkým železem, což *zbrojí* (Armatur) magnetův se nazývá.

Obr. 418.



Obr. 419.



1. Do svazku z podkov berou se magnety počtem lichým a, do prostřed dává se magnet nejdělsí a nejsilnější (obr. 418.). Hákem v ohybu připevněným se batterie zavěsuje a v oušku kotvy *ns*, která oba póly magnetu *NS* spojuje, zavěsuje se závaží, které batterie nese.

2. Někdy bývá též magnet samorodý zbrojí opatřen (obr. 419.).

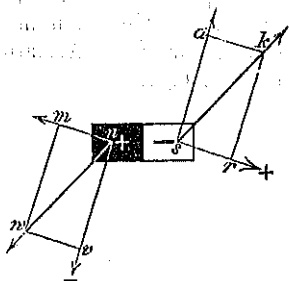
3. Ozbrojený magnet unese více než neozbrojený, přidáváním závaží se magnet zesiluje, násilným odtržením kotvy, otrášením a proměnou teploty se pak zeslabuje.

C. Směr magnetických sil zemských.

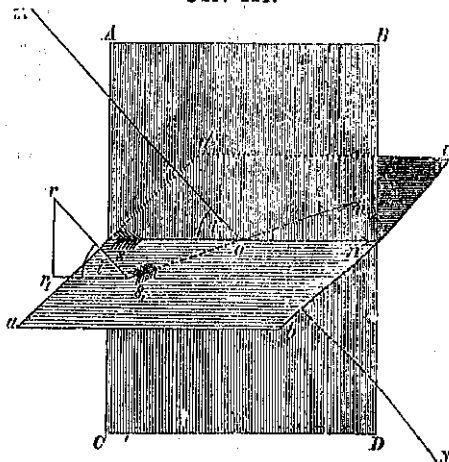
339. Otáčení se magnetu účinkem magnetičnosti zemské: a) Země co magnet skládá se z magnetických prvkův; každý pól každého prvku přitahuje pól *nestejnojmenný* prvku magnetického mimo zemi se nalézajícího a odpuzuje pól *stejnojmenný* silou *stejně velikou*, neboť možno vzdálenost obou pólův od magnetického prvku zemského pokládati za stejnou. Výslednice veškerých sil *přitažlivých* má působíště své v *nestejnojmenném* magnetickém pólu, výslednice veškerých *odpudivých* sil má působíště v pólu *stejnojmenném*.

b) Značí-li *ns* (obr. 420.) magnet, který volně se pohybovati může, a je-li v *n* veškerá severní (+) a v *s* veškerá magnetičnost jižní (—) soustředěna, tož bude výslednice všech sil zemských + magnetických bod *s* silou *sr* přitahovati a bod *n* silou *nm* odpuzovati; výslednice všech sil zemských — magnetických bude pak *n* silou *nv* přitahovati a *s* silou *sa* odpuzovati. Poněvadž jest

Obr. 420.



Obr. 421.



magnet u přirovnání k zemi nesmírně malý, možno klásti $sr = nm$ a $sa = nv$. Je-li magnet — magnetickému pólu zemskému blíže, bude $nv > nm$ a $sa > sr$; je-li pak magnet od magnetických pólů zemských velmi vzdálen, možno klásti $sr \parallel mn$ a $sa \parallel nv$.

Sestrojením rovnoběžníkův sil $nmiv$ a $srka$ nabýváme výslednic nv a sk , které jsou *stejně veliké* a působí *rovnoběžně* směrem *protivným*. Účinkem těchto sil bude magnet tak dlouho *se otáčeti*, (odst. 84. c), až bude osa jeho ve směru obou těchto sil, kdež pak síly ty vespolek se ruší.

1. Účinkem magnetičnosti zemské může magnet pouze *se odčeti*, nikoliv však *postupně se pohybovati*.

2. Připevníme-li jehlu magnetickou na korek a necháme-li ji plouti na

voďe v klidu se nalézající, bude se účinkem magnetické síly zemské pouze otáčeti, přiblížíme-li se však k jehle pólem silného magnetu, připluje jehla nestejnomyšlným pólem k němu, což z předcházejícího snadně lze vysvětliti.

340. Složky magnetické síly zemské. a) Směr *oxy* celé magnetické síly zemské *m* jest v každém místě s rovinou *ABCD* (obr. 421.) magnetického poledníku rovnoběžný a činí s obzorem *abcd* úhel *i*, t. j. magnetický sklon toho místa.

Otáčí-li se jehla kolem vodorovné osy, na rovině magnetického poledníku kolmé, zove se jehlou sklonkovou (Inklinationsnadel). V jehlu sklonkovou, v poledníku magnetickém volně se pohybující, působí pak celá magnetická síla zemská. Otáčí-li se však jehla v rovině vodorovné na ose kolmé, zove se jehlou úchylkovou (Deklinaionsnadel) a vyšineme-li jehlu tu z polohy *ns* (z poledníku magnetického) do polohy *n₁s₁*, tož bude v ní působiti pouze část magnetické síly zemské.

Značí-li *rs₁ = m* poměrnou velikost celé magn. síly zemské a rozložíme-li ji ve složky vespolok kolmé *r₁s₁ = p* a *rr₁ = q*, tož bude působiti v jehlu pouze složka *p = r₁s₁*, neboť může jehla se pohybovati pouze v rovině *abcd*, pročež složka *rr₁ = q* působiti nemůže.

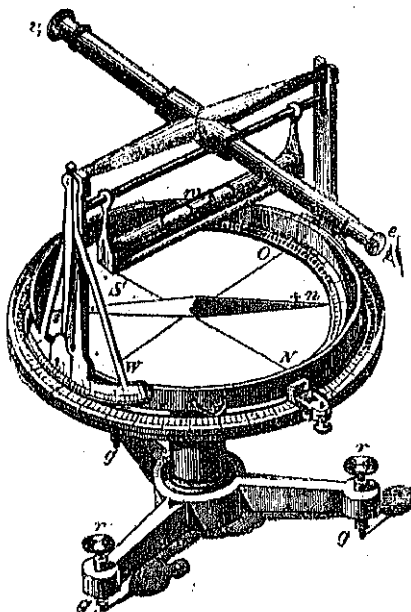
V $\triangle rr_1s_1$ jest pak $r_1s_1 = rs_1 \cos i$, tudíž $p = m \cos i$ (1), z čehož plyne $m = \frac{p}{\cos i} = p \sec i$ (2).

b) Z rovnice 1. následuje, že ubývá *p* tou měrou, kterou přibývá úhlu sklonu. Blíže magnetických pólů zemských, kdež sklon rovná se téměř 90° a tudíž *p* téměř nullou jest, neřídí se jehla úchylková účinkem magnetické síly zemské a zůstává tudíž v jakékoliv poloze v klidu.

c) Má-li vodorovná osa jehly sklonkové polohu magnetického poledníku, ruší se účinek složky *p*, s osou rovnoběžné, odporem osy, tak že působí pak pouze kolmá složka *q*, a jehla staví se *svislo*.

d) V $\triangle rr_1s_1$ jest $rr_1 = rs_1 \cdot \sin i$, pročež $q = m \cdot \sin i$ a tudíž $m = \frac{q}{\sin i} = q \cdot \operatorname{cosec} i$.

Obr. 422.



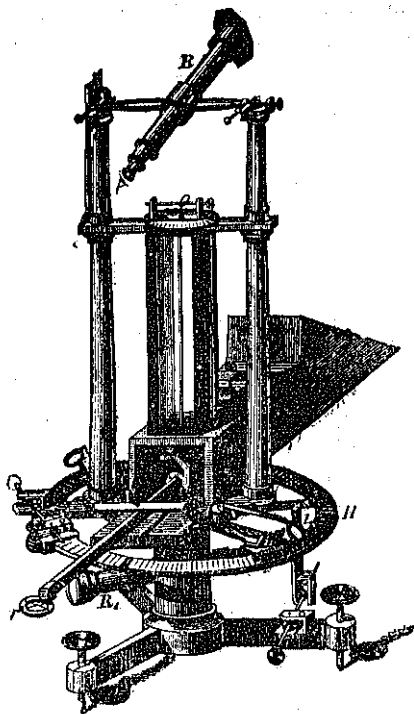
341. Úchylkoměry. Přístroje, kterými se měří úchylka magnetická, zovou se *úchylkoměry* (deklinometry, deklinatorie). Podstatnou částí každého úchylkoměru jest jehla magnetická v těžišti svém zavěšená, kteráž okolo kolmé osy, nalézající se v středu kruhu přiměřeně rozděleného, volně se otáčeti může.

a) Je-li *NS* (obr. 422.) směr poledníku zemského a má-li jehla úchylková polohu *ns*, tož stanoví se úchylka úhlem, který svírá magnetická osa jehly *ns* s poledníkem zemským *NS*. Dalekohledem *ev* určuje se poloha zemského poledníku *NS*; pomocí šroubkův *rg* a libelky *w* staví se rozdělený kruh

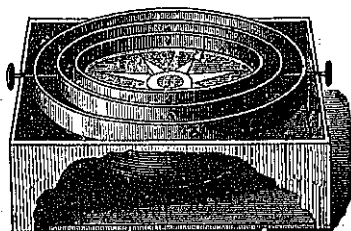
vodorovně a otočí se vždy tak, aby *N* a *S* splývaly s těmi body stupnice, kdež jest *O* a *180*.

b) Úchylkoměr *Gambeyův* (obr. 423.) má místo jehly magnetickou tyč v měděném pouzdru (jehož přední polovice na obr. vynechána, aby bylo tyč viděti). Postavíme-li dalekohled *R* do zemského poledníku a otočíme-li jej pak i s kruhem stupňovaným *H*, aby osa jeho a osa magnetické tyče byly v též kolmé

Obr. 423.



Obr. 424.



rovině, tož bude značiti úhel, ve kterém se přístroj otočil, magnetickou úchylku v tom místě.

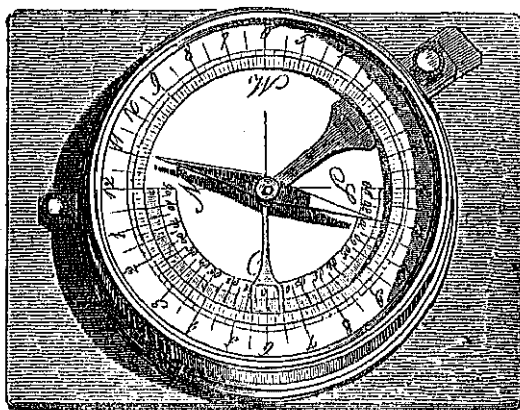
1. Magnetická tyč má na konci měděný kroužek *r*, ve kterém jest v prodlouženém směru osy napnuto vlákno pavučinné a jiné vlákno v pravém úhlu u prostřed je přetínající. Podobný kříž vlákenný jest napnut též v dalekohledu. Splývají-li oba kříže dohromady, jest osa dalekohledu a osa magnetu v též kolmé rovině. Abychom mohli zírati na vlákna na kroužku připravená, jsou v měděném pouzdru skleněná okénka, z nichž jedno na obr. 423. zřetelně viděti.

2. Dalekohledem R , zíráme na jistý předmět, abychom se přesvědčili, zdaž přístroj po celou dobu pozorování nepohnut zůstal. Šrouby drobnoměrné slouží k dokonalejšímu otáčení kruhu H a lupa L ku pozorování měřítka nonlem opatřeného.

Úchylkoméry úpravy jednodušší zovou se *kompassy* neb *bussoly*. — *Kompas loďní* (obr. 424.) má kruh na papíře vykreslený a na plátku slídovém přilepený tak že s jehlou úchylkovou se otáčí. Kruh jest ve 32 dílů čarami ode středu vyběhajícími rozdělen a tvoří tak zvanou *rážď větrnou*. Obyčejně bývá kompas v Kardanově kruhu zavěšen. V Evropě znám kompas loďní od r. 1181, *Gioja* jej opravil r. 1300. Číňanům znám od dob nepamětných. — *Kompas hornický* (obr. 425.) bývá ve 24 dílů rozdělen. Při přenašení vyzdvihuje se pákovým přístrojem jehla z bodu otáčecího.

c) Úchylkoměr *Gaussův* (1833) skládá se z těžké magnetické tyče ns (obr. 426.), na hedbávných vláknech neb na teninkém drátu

Obr. 425.



v e_1 zavěšené, na které jest připevněno v s rovné zrcadlo z , jehož rovina stojí kolmo na magnetické ose magnetu ns . Dalekohled R , asi 16' od magnetu vzdálený, stojí o něco výše než magnet a jest poněkud k obzoru skloněn. Osa ve dalekohledu jest v magnetickém poledníku toho místa. Na podstavci dalekohledu jest vodorovně připevněno měřítko tt , v millimetry rozdělené, na magnetickém poledníku kolmo stojící, aby paprsky z něho vycházející, padše na zrcadlo, od něho do dalekohledu se odrážely. Z prostředka předmětnice dalekohledu visí tenká nitka závažíčkem napnutá a dotýká se na měřítku onoho oddílu a , který jest označen nullou a který s optickou osou dalekohledu v též kolmé rovině leží. Je-li magnetická osa tyče a optická osa dalekohledu v též kolmé rovině, t. j. nalézají se magnetická osa

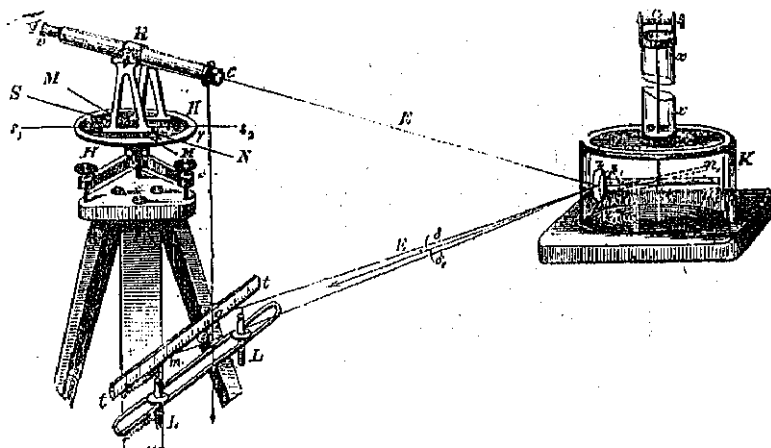
tyče v poledníku magnetickém, tu pokrývá nit obraz oddílu a v zrcadle. Vyšine-li se však magnet z poledníku magnetického, bude pokrývatí nit obraz jiného oddílu měřítka, ku př. oddílu m v zrcadle. Poněvadž jest úhlová rychlost obrazu dvakráte tak veliká jako úhlová rychlost zrcadla (str. 263.), jest $\sphericalangle \delta$ úhel výšinu magnetické osy. Otočíme-li pak dalekohled v úhlu γ , aby optická osa jeho s poledníkem zemským SN v též kolmé rovině se nalézala, tož bude odchylka $\psi = \gamma + \delta$.

1. Úhel γ měří se na kruhu HH , úhel δ možno pak vypočísti, neboť $\text{tg } \delta = \frac{ae}{se} = \frac{am}{2se} = \frac{am}{2E}$. Značí-li pak am jeden oddíl stupnice, bude $\text{tg } \delta = \frac{1}{2E}$ aneb $\delta = \frac{1}{2E}$ (poněvadž jest $\sphericalangle \delta$ velmi malý).

2. V noci se osvětluje stupnice světlem LL .

3. Dopadají-li paprsky od zrcadla odražené na papír k tomu cíli zvláště připravený, utvoří se na něm fotografický obraz úchytky. Papír pohybuje se hodinovým strojem ku předu. Takových úchytkoměrů užívají na zkoušku v *Kewu* (v Anglii), *Paříži* a *Brusselu*.

Obr. 426.



Úchylka magnetická jest v rozličných místech rozličná a proměňuje se v témž místě ustavičně. Spojíme-li čarami na mapě neb zeměkouli veškerá místa, která mají stejnou úchylku, zovou se čáry *ty rovnoodchylné* č. *isogonické* a ty shodují se nejvíce s poledníky zemskými. Mezi nimi jest jedna *čára bezúchylná*, spojující místa, kde jehla úchytková dokonale od jihu k severu směřuje. Čarou bezúchylnou dělí se země ve dvě polovice, v jedné z nich (v Evropě, Africe a vých. Americi) jest nyní úchylka *západní*, v druhé (záp. Americi a Asii) jest nyní úchylka *východní*.

Proměny úchytky jsou *pravidelné* a *nepravidelné*. Pravidelné jsou pak *denní*, *roční* a *stoleté*.

a) *Proměny denní.* Dle pozorování, jež *Kreil* v Praze po několik roků konal, jest úchyłka

největší: 1. mezi 12. hod. o půlnoci a 4. hod. ráno, 2. v 1 hod. odpo.
nejmenší: 1. v 7 hod. ráno, 2. mezi 8. a 10. hod. večer.

b) *Proměny roční.* *Největší* úchyłka jest v dubnu, *nejmenší* v prosinci.

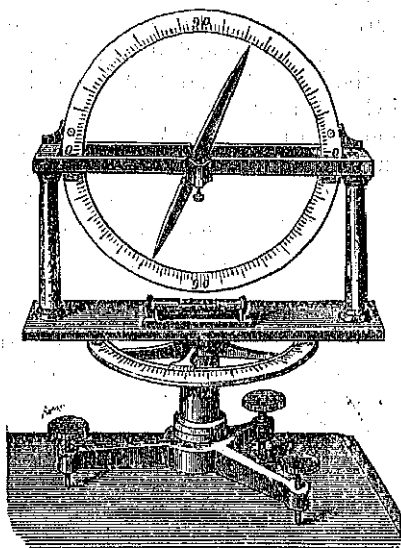
c) *Stoleté proměny.* Dle pozorování v Paříži konaných byla r. 1668 úchyłka nullou. Před tím byla *východní*, od r. 1668 jest západní a dosáhla největší hodnoty r. 1814. Od té doby jí opět ubývá. Ve Vídni ubývá úchyłka každým rokem $\frac{1}{4}^{\circ}$.

Nepravidelné proměny jsou *místní* (bouře, zemětřesení, výbuchy sopek) aneb *všeobecné* (severní zář).

342. Sklonoměry (inklinatorie) zovou se přístroje, kterými sklon magnetické jehly se měří.

Magnetická jehla pohybuje se okolo vodorovné osy, která těžišťe jehly protíná a v středu kruhu kolmého, v magnetickém poledníku místa postaveného, se nalézá (obr. 427.).

Obr. 427.



1. Otočíme-li kolmý kruh do polohy, ve které jehla kolmo se postaví, tož jest pak osa jehly v poledníku magnetickém, otočí-li pak se na kruhu vodorovném kruh kolmý v úhlu 90° , tož stojí osa jehly kolmo na poledníku magnetickém a jehla tudíž v rovině poledníku magnetického.

2. Nejsi-li kolmý kruh v poledníku magnetickém, jest úhel sklonu vždy poněkud větší. Otáčíme-li tudíž kruh tak dlouho, až jest úhel sklonu *nejmenší*, tu jest pak jehla v poledníku magnetickém.

3. Zavěsíme-li na jižní pól *sklonkové jehly* neb tyče závažíčko, kterým účinek magnetické síly zemské se ruší, tož se postaví jehla vodorovně. Změní-li se sklon, výšine se jehla z polohy vodorovné a je-li na severním pólu připevněno rovné zrcadlo, můžeme proměny sklonu dalekohledem tak pozorovati jako při úchyłkoměru Gaussové (obr. 426.). Ze poloha jehly i zde může fotograficky se naznačiti, vyplývá z věci samé.

Sklon magnetický jest v rozličných místech rozličný a mění se v tomž místě ustavičně. Čáry, jež spojují místa o stejném sklonu, zovou se *rovnosklonné* č, *isoklinické*. Mezi nimi jest jedna, která běží místy, kde není žádného sklonu magnetického. Tato čára zove se *magnetickým rovníkem* a dělí zemi v polovici severní a jižní. V této sklání se k zemi pól jižní, v oné pól severní jehly magnetické. Místa, kde sklon $= 90^{\circ}$, zovou se *magnetickými póly* zemskými. Severní pól nalezi kapitán *John Ross* (1831) $70^{\circ}5'$ sev. šířky a $96^{\circ}46'$ záp. délky (od Greenwichu), jižní pól není posud znám.

Proměny sklonu jsou *pravidelné* a *nepravidelné*.

Pravidelné proměny sklonu jsou:

- a) *denní.* Dle pozorování *Kreilových* jest v Praze sklon
největší: * ve 3 hod. ráno a 10 hod. dopol.
nejmenší: * v 7 hod. ráno a 11 hod. večer.

V letních měsících jsou proměny * poznamenané méně patrný.

- b) *Proměny roční.* Největší bývá sklon při střední teplotě na jaře a nejmenší při střední teplotě na podzim.

c) *Proměny stoleté.* V Londýně přibývalo sklonu v XVII. století z 72° , v prvě čtvrti XVIII. století dosáhl sklon největší hodnoty 74° , od té doby ho ubývá. Dle výpočtu *Hansteenova* bude sklonu ku konci nynějšího století opět přibývati.

Nepřavidelné proměny sklonu jsou jako nepřavidelné proměny buď místní buď všeobecné.

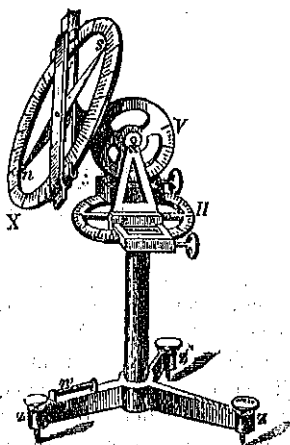
343. Jehla astatická zove se taková jehla, v kterou magnetičnost země nepůsobí, tak že jehla ta, mohouc se volně otáčeti, zůstává v každé poloze, do které ji postavíme.

a) Spojíme-li dvě jehly rovné velikosti a síly tak, aby byly v jisté vzdálenosti jedna nad druhou a aby póly jejich *stejnomenne* byly obráceny ve směru *protivném*, tož přitahuje a odpuzuje magnetičnost zemská každý konec spojených jehel silou rovnou, tak že bez účinku zůstává, pročež jehla v každé poloze v klidu setrvá.

Takovým způsobem sestrojil nejprvé *Arnim* (1800) jehlu astatickou.

b) Položíme-li do magnetického poledníku tyč magnetickou tak, aby stejnojmenné póly jehly a tyče byly k sobě obráceny, tož můžeme zkusmo vyhledati vzdálenost, ve které musí magnetická tyč se nalézati, aby účinkem jejím rušil se účinek magnetičnosti zemské.

Obr. 428.



Spojíme-li dva polokruhovitě zahnuté magnety tak, aby stejnojmenné póly jejich v jisté vzdálenosti od sebe se nalézaly a proti sobě obráceny byly, budou tyto magnety astatické.

c) Otočíme-li jehlu tak, aby osa její byla ve směru celé magnetické síly zemské (obr. 428.), tož ruší se účinek této síly odporem osy a jehla bude *astatickou*. Jehla taková může se otáčeti pouze v rovníku magnetickém, t. j. v rovině na směr magnetického poledníku kolmé, osa musí býti v poledníku směrem sklonu toho kterého místa skloněna.

Postavíme-li kruh X (obr. 428.) vodorovně, bude jehla *ns* jehlou *úchylkovou*, postavíme-li jej kolmo rovinou jeho do magnetického poledníku, bude jehla *ns* jehlou *sklonkovou*. Přístroj takový může tudíž sloužiti co úchylkoměr i co sklonoměr.

D. Měření sil magnetických.

344. Měření síly magnetické silou těžnou. Nejjednodušší způsob určit velikost síly magnetické záloží v tom, stanoviti váhu železa, kterou magnet v určitém místě udržuje. Vahami možno též určit velikost závaží, jež jest v rovnováze s přitažlivostí, kterou magnet v určité vzdálenosti v železo působí. Poněvadž tvarem magnetu jakož i železa přitahovaného mění se velikost síly přitažlivé, nelze tímto způsobem velikost síly magnetické zcela správně stanoviti.

345. Měření síly magnetické kýváním magnetu. a) Vyšineme-li úchylkovou jehlu z polohy ns (obr. 429.), kterou v klidu má, v úhlu α do polohy n_1s_1 , tož působí v ní vodorovná složka p magnetické síly zemské (odst. 340. a), jejíž směr a poměrná velikost naznačena přímkou n_1w . Rozložíme-li tuto sílu ve složky n_1w a n_1v , tož ruší se n_1w odporem osy a složkou n_1v vrací se jehla do původní polohy ns nazpět. Složka $n_1v = n_1w \cdot \sin \alpha = p \cdot \sin \alpha$.

b) Poněvadž jehla jako kyvadlo se kývá, platí o pohybu jejím tytéž zákony, jež byly odvozeny v odst. 119. Kývá-li se tudíž *tatáž jehla úchylková*, v malém úhlu z magnetického poledníku vyšinutá, ve dvou rozličných místech, ve kterých jest vodorovná složka magnetické síly zemské p a p_1 , a koná-li v témž čase v jednom místě n a v druhém n_1 kyvů, tož bude (dle odst. 119. 4.) $p : p_1 = n^2 : n_1^2$.

Kývají-li se dvě úchylkové jehly, jichž magnetické síly jsou P a P_1 , byvše v témž místě v malém úhlu z magnetického poledníku vyšinuty, a značí-li N a N_1 počet kyvů v též době vykonaných, tož bude taktéž $P : P_1 = N^2 : N_1^2$, z čehož poměr magnetických sil dotýčných dvou jehel úchylkových číslem lze vytknouti.

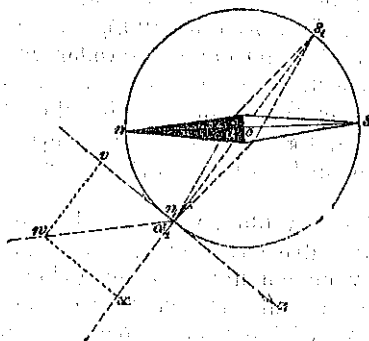
c) Kývá-li se *jehla sklonková v magnetickém poledníku* a koná-li účinkem celé zemské magnetické síly m (odst. 340. a) v jisté době n kyvů, koná-li pak, kývajíc se v rovině na magnetický poledník kolmé účinkem složky $q = m \cdot \sin i$ (odst. 340. d) v též době n_1 kyvů, tož má se $m : m \cdot \sin i = n^2 : n_1^2$, pročež $\sin i = \frac{n_1^2}{n^2} \dots (1)$.

Kývá-li se *jehla sklonková v magnetickém poledníku*, tož působí v ní celá zemská síla magnetická m a počet kyvů jejích v jisté době budíž N ; kývá-li se pak táž jehla co *jehla úchylková* v témž místě, tož působí v ní (dle odst. 340. a) pouze vodorovná složka $p = m \cdot \cos i$ a jehla vykoná v též době n kyvů. Bude tudíž $m : m \cdot \cos i = N^2 : n^2$, pročež $\cos i = \frac{n^2}{N^2} \dots (2)$.

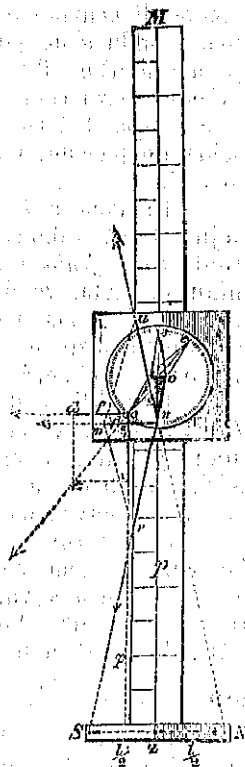
Z rovnice 1. a 2. patrné, že z počtu kyvů možno úhel sklonu i v tom kterém místě vypočísti.

d) Máme-li stanoviti poměrnou velikost magnetické síly jediného bodu dlouhé tyče magnetické, tož postaví se tyč kolmo tak, aby bod ten nalézal se v poledníku magnetickém. V jisté vzdálenosti a od dotýčného bodu necháme pak kývati se malou jehlu úchytkovou a stanovíme počet kyvů N , které jehla v určité době vykonala, kývajíc se účinkem vodorovné složky p magnetické síly zemské a účinkem magnetické síly P toho kterého bodu. Síly p a P musí působiti v též přímce a týmž směrem, pročež nutno, aby dotýčný bod pól jehly k sobě obrácený přitahoval.

Obr. 429.



Obr. 430.



Kývá-li se pak jehla pouze účinkem složky p magnetické síly zemské a vykoná-li v též době počet kyvů n , tož má se $P+p : p = N^2 : n^2$, tudíž $P : p = N^2 - n^2 : n^2$.

Značí-li P_1 magnetickou sílu jiného bodu též tyče a působí-li P_1 v též vzdálenosti a_1 , tož bude $P_1 : p = N_1^2 - n^2 : n^2$.

Působí-li v jehlu týž bod ve vzdálenostech a a a_1 silami P a P_1 , bude $P : P_1 = N^2 - n^2 : N_1^2 - n^2$. Vložíme-li do této srovnalosti dotýčné hodnoty, shledáme, že $N^2 - n^2 : N_1^2 - n^2 = a_1^2 : a^2$; bude tudíž $P : P_1 = a_1^2 : a^2$, t. j. velikosti magnetického působení magnetického pólu neb bodu v druhý pól neb bod magnetický jsou v převráceném poměru čtverců vzdáleností těch pólů.

346. Měření magnetické síly úhlem odchylky. a) Položíme-li větší magnetickou tyč NS (obr. 430.) tak, aby magnetická osa její byla v poloze na magnetický poledník kolmé a aby magnetický poledník středovou čáru její z protínal, tož budou oba póly tyče N a S stejně vzdáleny od pólův menší úchytkové tyče neb jehly ns , která buď na severní buď na jižní straně tyče v jisté

vzdálenosti měřítkem M určené se staví. Pól S bude nestejnojmenný pól n přitahovati silou nr , pól N bude stejnojmenný pól n odpuzovati stejně velikou silou nu ; sestrojíme-li tudíž rovnoběžník sil $nrnu$, tož bude přímkou nm vytknuta výslednice sil, kterými póly N a S nehybné tyče působí v hybný pól n jehly úchylkové.

Poněvadž $\triangle mrn \sim \triangle SnN$, bude $nm : nr = SN : nS \dots$ (1)
Značí-li V velikost výslednice nm , P sílu nr , kterou magnetický bod S bod n ve vzdálenosti a přitahuje, a je-li l délka tyče NS , tož bude, vložíme-li dotýčné hodnoty do 1. srovnalosti,

$$V : \frac{P}{a^2} = l : a \dots (2), \text{ pročež } V = \frac{P \cdot l}{a^3} \dots (3).$$

Působí-li jiná tyč ve vzdálenosti a_1 , bude $V_1 = \frac{P_1 l}{a_1^3} \dots$ (4).

Je-li $a = a_1$, má se $V : V_1 = P : P_1$, je-li pak $P = P_1$, má se $V : V_1 = a_1^3 : a^3$; t. j. magnetické síly, kterou dva póly v pól třetí působí, ubývá tou měrou, kterou přibývá třetí mocnosti vzdálenosti těch obou pólů od pólu třetího.

Z $\triangle mrn \sim \triangle SnN$ plyne, že $nm \parallel SN$ a tudíž $nm \perp sn$.

V pól n působí výslednice nm a magnetičnost země směrem nz . Jehla ns postaví se tudíž do polohy ca . Je-li $f = ca = a \parallel nm$ a značí-li cv magnetickou sílu zemskou, tož bude $ca : cv = f : p = \sin a_1 : \sin \beta = \sin a_1 : \cos a_1 = \sin a : \cos a$ a tudíž $f = p \frac{\sin a}{\cos a} = p \cdot \text{tg } a$; z týchž důvodův bude též $f' = p \cdot \text{tg } a'$, pročež $f : f' = \text{tg } a : \text{tg } a'$, aneb $V : V' = \text{tg } a : \text{tg } a'$ a tudíž také $\text{tg } a : \text{tg } a' = a_1^3 : a^3$.

b) Položíme-li magnetickou tyč NS (obr. 431.) tak, aby byla magnetická osa její kolmo na sméru magnetického poledníku a postavíme-li na východní neb západní straně její ve vzdálenosti měřítkem M určené menší úchylkovou tyč neb jehlu tak, aby prodloužený smér osy tyče NS protínal středovou čáru jehly ns , tož jest každý jednotlivý pól tyče NS od obou pólův jehly ns stejně vzdálen. Pól N bude stejnojmenný pól n jehly odpuzovati silou

$$S = \frac{P}{Nn^2} = \frac{P}{(zn - zN)^2} = \frac{P}{\left(a - \frac{l}{2}\right)^2}, \text{ pól } s \text{ bude pak pólem } N$$

přitahován silou $S' = \frac{P}{Sn^2} = \frac{P}{(zn + Sz)^2} = \frac{P}{\left(a + \frac{l}{2}\right)^2}$. Síly S a S'

působí téměř v též přímce směrem protivným a výslednice jejich bude tudíž $V^1 = S - S' = \frac{P}{\left(a - \frac{l}{2}\right)^2} - \frac{P}{\left(a + \frac{l}{2}\right)^2} =$

$$P \frac{\left[\left(a + \frac{l}{2} \right)^2 - \left(a - \frac{l}{2} \right)^2 \right]}{\left(a - \frac{l}{2} \right)^2 \left(a + \frac{l}{2} \right)^2} = \frac{2Pal}{\left(a^2 - \frac{l^2}{4} \right)^2}, \text{ aneb, je-li } \frac{l^2}{4} \text{ u při-}$$

rovnání k a^2 tak malé, že se vynechati může, $V^1 = \frac{2Pl}{a^3}$.

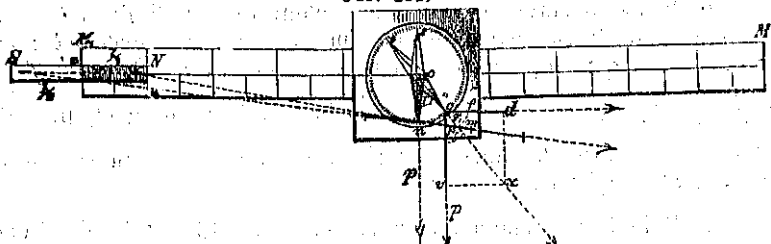
V odstavci a) vypočteno $V = \frac{Pl}{a^3}$, z čehož patrnó, že $V^1 = 2V$,

t. j., že v druhém případě jest účinek magnetických sil dvakrátě větší.

Podobným způsobem jako výše, lze dovésti i zde, že $f : f^1 = \operatorname{tg} \gamma : \operatorname{tg} \gamma^1$ a že za stejných okolností $\operatorname{tg} \gamma = 2 \operatorname{tg} \alpha$, aneb jsou-li úhly malé, $\gamma = 2\alpha$.

347. Magnetoměr (magnetometr) zove se nástroj, kterým mocnost magnetičnosti zemské pozorovati se může. Magnetoměr *Gaussův* skládá se z magnetické tyče na dvou stejných, od sebe oddělených, ale vespolek rovnoběžných tenkých drátech zavěšené. Kdyby nebyla tyč magnetickou, postavila by se v klidu do takové polohy, aby osa její a dráty nalezaly se v též kolmé rovině K . Po-

Obr. 481.



něvadž jest však tyč magnetickou, zůstane v rovině K jen tenkrátě, když rovina tato s magnetickým poledníkem v jedinou kolmou rovinu splývá. Svírají-li však obě roviny jistý úhel, bude vodorovná složka magnetické síly zemské tyč do směru poledníku magnetického otáčeti, čímž dráty, na nichž jest tyč zavěšena, se skrucují. Pružností kroucením v drátech vznikající nedopouští tomu, aby tyč do poledníku magnetického se postavila, pročež zůstává tyč v poloze mezi rovinou K a rovinou poledníku. Přibývá-li mocnosti magnetičnosti zemské, působí vodorovná složka v magnet silnější a tyč přiblíží se pak více k poledníku magnetickému.

Tyč zavěšuje se tak, aby rovina K byla kolmo na rovině poledníku magnetického a aby tudíž magnetická síla zemská směrem kolmým na délku tyče působila, neboť jest v tom případě otáčivý moment největší.

Magnetoměr takto upravený nazval *Gauss* magnetoměrem *bifilárným* (na dvou nitích zavěšeným), kdežto úchylkomér (obr.

426.) slove magnetometrem *uniřlarným* (na jedné niti zavěšeným). Ostatní části magnetometru, totiž dalekohled, měřítko, zrcadlo atd. jsou téměř zcela tak upraveny jako při úchylkoměru (obr. 426.).

Pomocí magnetometru možno i *malé proměny magnetické síly zemské pozorovati a prostou velikost vodorovné složky této síly měřiti.*

1. Čáry, jež spojují na mapě neb zeměkouli místa o stejné mocnosti magnetické, zovou se čarami *rovnomočnými* č. *isodynamickými*.

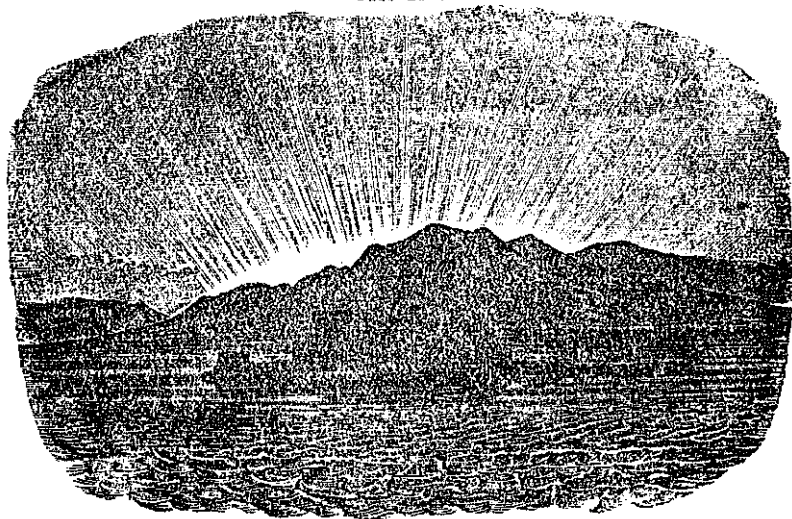
2. Největší mocnost magnetická objevena v severní Americe, západně od zálivu Hudsonova a v severní Asii (v Sibiři); na jižní polokouli byla pouze v jediném místě blíže jižní točny největší mocnost magnetičnosti zemské pozorována.

Nejmenší mocnost magnetická objevena blíže rovníku u ostrova sv. Heleny a v protíném směru v tichém moři.

3. Pravidelné proměny mocnosti magnetické jsou :

a) *denní*. Každodenně jeví se magnetičnost zemská *největší*: mezi 12. hod. póln. a 5. hod. ranní a pak opět mezi 6. a 8. hod. več.; *nejmenší* mezi

Obr. 492.



10. hod. dopol. a 1 hod. odpol. a pak opět mezi 10. a 11. hod. večor. Od září až do prosince není druhého maxima a druhého minima, tak že dosahují magnetičnost jen jednou denně své největší a nejmenší hodnoty.

b) *Proměny roční*. V červenci jest mocnost magnetičnosti zemské největší, v prosinci nejmenší.

c) O proměnách *stoletých* nelze říci ničeho určitého, poněvadž pozoruje se mocnost magnetičnosti zemské teprv nějaký čas. Jak se zdá, budou proměny tyto celkem podobny proměnám sklonu.

4. Původ magnetičnosti zemské vykládá se pouhými domněnkami. Nej důkladnější theorii magnetičnosti zemské sestavil *Gauss*.

5. *Severní zář* (Nordlicht)— velikolepý úkaz na nebi, v polárných končinách zeměkoule docela obyčejný, takřka ustavičný, v mírném a teplém pásmu

jen tenkráté patrný, když vystupuje u veliké síle a rozsáhlosti, souvisí tak úzce s magnetičností zemskou, že *Humboldt* nazývá ji *bouří magnetickou*. Hluboko na obzoru severním ve směru magnetického poledníku počíná brzo po skončeném soumraku obloha prvé jasná se zatmívati, i tvoří se hustá mlha, vystupující pounáhlou až do výšky 8—10 stupňů v podobě výseče kruhové, oblaku podobné avšak docela prohledné. Nad obloukem rozestřá se jemný svit, jasnému soumraku podobný, nejčastěji bělavý, řídkěji žlutavý neb červenavý, z něhož finou se pak světlé paprsky čili sloupky asi $\frac{1}{2}^{\circ}$ široké a 10—20° někdy i 50°—90° dlouhé, jež po několika minutách hasnou, načež nové se vytvářejí. Světlo jejich bývá bílé, na konci bývají pak z fialova a bělomodra všemi odstíny až do žluta a nachova zbarveny. Okolo onoho bodu oblohy, k němuž směr jehly sklonkové čelí, shluknou se paprsky ve skvělý paprskový věvec, tvořící tak zvanou *korunu záře*, čímž celý výjev se končí, zůstává po sobě slabý nepravidelně rozptýlený svit, který někdy ještě po východu slunce ve způsobu malých obláček se ukazuje. Na jižním pólu objevuje se týmž způsobem jižní zář, která se severní mnohdy současně povstává. Dle domněnky mnohých učencův jest severní i jižní zář výbojem magnetickým jako blesk výbojem elektrickým a povstává tudíž vždy, když zrušení rovnováhy v magnetičnosti nejvyššího stupně dosáhlo.

Oddíl desátý.

Električnost.

A. Električnost vzbuzená třením a rozkladem.

1. Základné výjevy elektrické.

348. Električnost. a) Třeme-li *skleněnou* tyč po délce vlněnou tkaninou aneb koží, která jest amalgamou potřena, a zbližíme-li pak tyč drobným ostřížkám papíru aneb jiným lehkým látkám, tož bude tyč tyto látky již z jisté vzdálenosti *přitahovati* a když se jí byly *dotkly* je opět *odpuzovati*.

Je-li tyč poněkud *silnější* a byla-li *dosti silně* třena, bude *slyšeti* při tření zvláštní *praskot* a ve tmavé světnici uzříme *modravý svít*, který natěradlo sleduje. Přiblížíme-li se kotníkem prstu dosti blízko ku třené tyči, přeskakují z tyče do kotníku *malé praskavé jiskry*.

Veškeré tyto výjevy budeme pozorovati, třeme-li dosti velikou tyč pryskyřicovou (ku př. tyč pečutního vosku).

Těla, na kterých výjevy právě vytknuté pozorujeme, zovou se *elektrická*. Původ těch výjevův jmenuje se *síla elektrická* č. *električnost*. Taktéž nazývá se *električností* i zvláštní stav, ve kterém těla trvají pokud jsou elektrická. Vzbuzování električnosti v těle způsobem jakýmkoliv slove *elektrování*.

Električnost pozorovali již staří Řekové na jantaru, který řecky *elektron* (ἤλεκτρον) slove, odkudž i jméno *električnost* odvozeno. Anglický lékař *Gilbert* konal nejprvé elektrické pokusy s rozličnými těly a vydal r. 1600 v Londýně spis o električnosti třením v rozličných tělech vzbuzené. Od té doby byla pozornost přírodopytců k tomuto oboru fysiky obrácena.

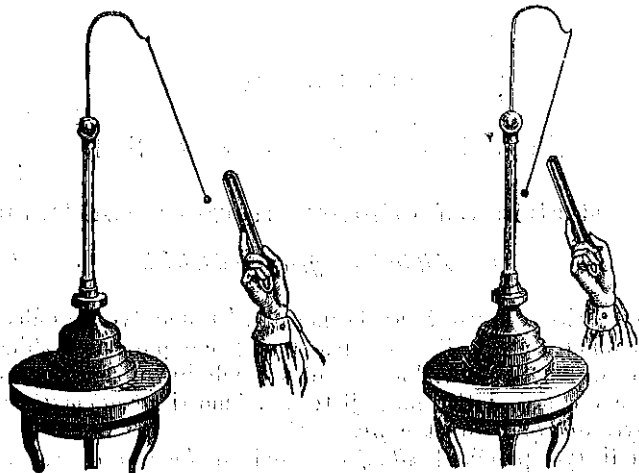
b) *Přitažlivost* a *odpudivost* jest základným úkazem a podstatným znakem električnosti, z něhož možno posouditi, zdaž jest tělo elektrické čili nic.

Přístroje, na kterých možno přitažlivost a odpudivost elektrickou pozorovati, zovou se *elektrojevy* č. *elektroskopy*.

1. *Nejjednodušší elektroskop* jest kulička z bezové duše (neb balónek z tenkého papíru), zavěšená na hedbávné niti na skleněném podstavci (obr. 433.). Přitahuje-li nějaké tělo kuličku a odpuzuje-li ji, když se ho byla dotkla, tož jest tělo elektrické, jinak jest neelektrické aneb tak nepatrně elektrické, že kuličku přitáhnouti nemůže.

2. *Elektroskop Gilbertův* (obr. 434.) jest drátek *uv* v *c* zavěšený a dutými lehounkými kuličkami ukončený. Přiblížíme-li se k němu elektrickým tělem *m*, přitahuje kuličku a odpuzuje ji, když se ho byla dotkla.

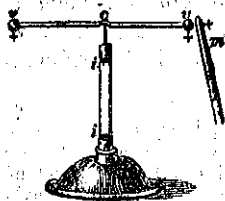
Obr. 433.



349. Sdílení električnosti. — Vodičové a samotičí.

a) Dotkne-li se tělem *elektrickým* *A* jiného těla *neelektrického* *B*, tož jeví se pak tělo *B* elektrickým a kolik električnosti tělo *B* nabylo, tolik jí *A* pozbylo. Elektrické tělo *sděluje* tudíž jinému tělu električnost.

Obr. 434.



b) Některá těla nabývají električnosti *velmi snadně*, rozvádějí ji *velmi rychle* po celém svém povrchu a taktéž *velmi snadně* jí pozbývají, sdělující veškerou svou električnost tělům jiným. Taková těla jmenují se proto, že električnosti rychlého postupu od částice ku částici doprávají, *dobří vodičové električnosti*.

Dobří vodičové jsou: kovy, uhlí, vlhká (čerstvá) bezová duše, korek, kapaliny (vyjímaje oleje), vlhký vzduch, vlhké dříví, vlhký papír, země, tělo lidské a zvířecí atd.

c) Těla, která nabývají i pozbývají električnosti pouze v tom místě, kde se jim přímo sděluje neb odnímá, rozvádějíce ji od částice

k částici jen velmi zvolna aneb nerozvádějíce jí naprosto, zovou se *špatnými vodiči električnosti*.

1. Špatní vodičové jsou: sklo, hedbáví, pryskyřice, slonovina, pokud zůstávají těla tato suchá; taktéž suchý vzduch, suché vlasy, suchý papír, suché dříví, oleje atd.

2. Má-li špatný vodič nabytí električnosti na celém svém povrchu, musíme jej pokrýt dobrým vodičem, který ku povrchu tomu těsně přiléhá, ku př. kovovým plechem neb stanniolem.

3. Kdykoliv se dvě těla vespolek trou, vzbuzuje se třením tímto električnost; nejvíce električnosti však vzniká, tře-li se špatný vodič dobrým vodičem. Druhdy myslilo se, že dobrých vodičů nelze třením zelektrovati, poněvadž vodičové ti nabyté električnosti ihned pozbývali, ruce ji sdělující. Je-li však dobrý vodič osamotěn (viz níže odst. e), možno jej taktéž třením zelektrovati.

d) Těla, jichž není možno vřaditi ani mezi vodiče dobré ani mezi vodiče špatné, zovou se *polovodiči električnosti*.

1. Polovodiči jsou: křída, kosti, kůže a vlasy byly-li delší čas ve styku s vlhkým vzduchem; polovlhké dříví, polosuchý papír atd.

2. Rozličnou vodivost těl pozoroval nejprve Gray (1728—1731).

e) Dobrý vodič obklopený vodiči špatnými zove se *osamotěný* a špatní vodičové, kteří jej obklopují zovou se *samotiči* (Isolatoreu).

1. Zavěsíme-li kovovou kuli na hedbávné niti aneb postavíme-li ji na skleněný sloupek do suchého vzduchu, tož jest kule osamotěna a podržuje električnost delší dobu.

2. Poněvadž sklo vodní páry vnímá a tak dobrým vodičem se stává, nutno sloupky skleněné, jež mají sloužiti co samotiči, natřiti na povrchu pokostem neb pryskyřicí.

3. Na povrchu kovové kule, na skleněném podstavci spočívající, možno větš množství električnosti nahromaditi, pročež kule taková často co *svodič* (Conductor) električnosti slouží.

Poznámka. Veškeré části přístrojů, následujícími obrázky znázorněných, jež označeny jsou písmenem *i*, jsou *samotiči* (isolatoři), t. j. špatní vodičové električnosti.

350. Kladná a záporná električnost. a) Sdělíme-li dvěma papírovým balónekům, které v klidu vespolek se dotýkají, električnost třené tyče skleněné, tož budou se *odpuzovati* (obr. 435. ++), taktéž *odpuzují* se, byla-li *oběma* sdělena električnost třené tyče pryskyřicové. Sdělíme-li však jednomu električnost *sklovou* a jinému električnost *pryskyřicovou*, tož se *přitahují* z jisté vzdálenosti *velmi rychle* (obr. 435. + —) a jsou po obapolném dotknutí v stavu přirozeném č. neelektrickém, měl-li jeden z nich tolik električnosti sklové, kolik bylo v druhém električnosti pryskyřicové; má-li však jeden z balónekův električnosti více než druhý, budou po obapolném dotknutí se odpuzovati a mají oba električnost onu, které bylo v jednom z nich více.

Električnosti sklové a pryskyřicové ruší se tudíž, smísivše se vespolek, jako veličiny protivné, pročež dle *Franklina* sklová nazývána *kladnou* (+*E*) a pryskyřicová *zápornou* (—*E*).

Dvoji způsobu električnosti poznal nejprve *Du Fay* (1733) i nazval jednu *sklovou*, druhou *pryskyřicovou*. *Franklin*, který později (1747) protiva těchto dvou električností pozoroval, nazval jednu *kladnou* a druhou *zápornou*. Protivu obou električností naznačil znaménky $+$ a $-$ nejprve *Lichtenberg*.

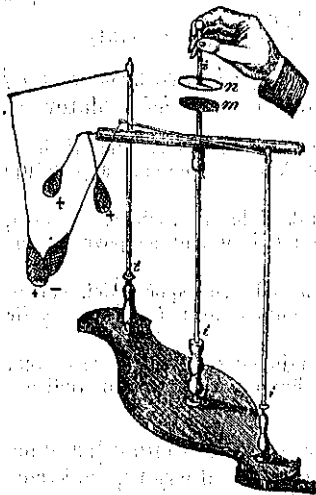
b) Z předcházejících výjevů vyplývá:

1. Těla električnosti *jednorodé* se odpuzují, těla električnosti *různorodé* se přitahují.

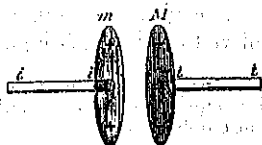
2. Električnosti *různorodé*, byvše v *témž množství* v *témž těle spolu smíšeny*, se *vespolek ruší*.

c) Ze dvou těl o sebe třených nabývá vždy jedno električnosti *kladné*, druhé *záporné* (obr. 436.). Které z obou těl nabývá električnosti *kladné* a které *záporné*, nelze všeobecně vytknouti, poněvadž spravuje se jakost električnosti, v obou tělech vznikající, netoliko hmotou těl, nýbrž i jakostí povrchu jejich.

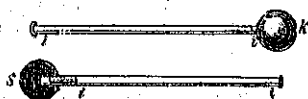
Obr. 435.



Obr. 436.



Obr. 437.



1. *Leštěné* sklo hedbávím neb vlnou třené nabývá $+E$, hedbáví a vlna pak $-E$; liščíím ocasem neb kočičí srstí třené sklo jest $-E$; *drsně* broušené sklo hedbávím neb vlnou třené jeví $-E$.

2. Pomocí malé osamotěné kuličky vodivé *k* (obr. 437.) neb vodivého osamotěného kotoučku *s*, možno z těla elektrického, jehož se jimi dotkneme, malé množství električnosti odváděti a jakost té električnosti přístroji, k tomu cíli ustanovenými, určíti.

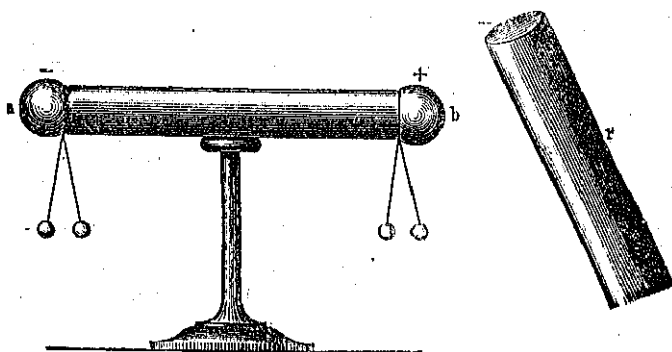
351. Električnost vzbuzená rozkladem. Přiblížíme-li se silně záporné elektrickým tělem *r* (obr. 438.) ke kovové, na obou koncích zakulacené a na skleněném podstavci spočívající, válcovité tyči *ab*, na jejichž koncích jsou kuličky z bezové duše po dvou na tenkých drátcích zavěšeny, tož spatříme výjevy následující:

a) Kuličky z bezové duše, jež dříve vespolek se dotýkaly, odpuzují se, nabyvše obě električnosti *stejnorodé* a sice té, kterou má tyč *ab* v místě, kde jsou kuličky zavěšeny.

b) Ona polovice tyče, která jest k tělu *záporně* elektrickému obrácena, má električnost *kladnou*, polovice druhá *a*, která jest od těla odvrácena, je *záporně* elektrickou. Obou električností ke středu ubývá tak, že jeví se tyč *u prostřed* *neelektrickou*. Z toho patrně, že tělo *r* tyči električnosti své nesdělilo, neboť by měla tyč *ab* naskrze električnost *zápornou* a tělo *r* pozbylo by električnosti.

c) Vzdálíme-li tělo *r* od tyče, aniž bychom se jí byli kde dotkli, přestanou okamžitě všechny kuličky se odpuzovati, z čehož patrně, že tyč *ab* pozbyla veškeré električnosti, což nestalo by se zajisté, kdyby tělo *r* električnosti jí bylo sdělilo.

Obr. 438.



d) Dotkneme-li se prstem tyče *ab*, pokud jest jí tělo *r* blízko, přejde jiskra do prstu a kuličky na konci *a* klesnou v polohu svislou a dotýkají se vespolek, kuličky na konci *b* pak *silněji* se odpuzují. Z toho patrně, že pozbyla tyč *ab* dotknutím pouze $-E$, že však $+E$, které odvésti nemožno, električností $-E$ těla *r* jest na tyči *ab* *poutána*. Električnost záporná, na konci *a* nahromaděná, kteráž do dobrého vodiče volně přechází, zove se pak električností *volnou*.

e) Vzdálíme-li tělo *r* od tyče *ab*, když jsme se jí byli dotkli, objeví se na celé tyči *ab* *volná* električnost *kladná*.

f) Přiblížíme-li se k tyči *ab* s tělem kladně elektrickým, spatříme tytéž výjevy, s tím toliko rozdílem, že všude, kde dříve jevila se na tyči $+E$, bude nyní $-E$ a kde dříve byla $+E$ bude nyní $-E$.

g) Tělo *r*, jakož i každé jiné, jehož ku zkoušce této použijeme, nepozbývá zkouškou touto zcela žádné električnosti.

Z výjevův právě vytknutých vyplývá:

1. Električnost $+E$ a $-E$ musila býti v tyči *ab* obsažena dříve, než tělo *r* jí se přiblížilo.

2. Neelektrický č. přirozený stav tyče lze pokládati za výsledek smíšení *obou* druhů električností $+E$ a $-E$ v *množství stejném*, pročež električnost *přirozená* znaménkem $\pm E$ se naznačuje.

3. Přirozená električnost $\pm E$ rozkládá se v tyči účinkem električnosti $-E$ těla *r*, které električnost *různorodou* $+E$ *přitahuje* a električnost *stejnorodou* $-E$ *odpuzuje*.

O těle, kteréž jako tyč *ab* (obr. 438.) účinkem električnosti, z jisté vzdálenosti působící, současně $+E$ a $-E$ nabývá, říkáme, že bylo *rozkladem* aneb *návodem* (Induktion) zelektrováno.

Špatné vodiče lze rozkladem pouze velmi slabě zelektrovati.

Elektrické tělo může v jiných tělech električnost pouze v jisté vzdálenosti rozkládati. Prostor, ve kterém tělo v tělech jiných rozkladem električnost vzbuzuje, zove se *elektrickou atmosférou* č. *oborem elektrického působení* toho těla. Čím *silněji elektrické* jest tělo a čím *lepší vodič* tělo ono, ve kterém električnost rozkládá, tím *větší jest obor* elektrického působení.

1. *Riessův* přístroj k rozkladu električnosti (obr. 439.) záleží v kovové kuli *m*, která silně se zelektruje, a kovové tyči *nm*, kolmo postavené, na které zavěšeny jsou kuličky z bezové duše na nitkách hedbávných neb iných. Pomocí pružných polokroužků k tyči těsně přiléhajících mohou se kuličky výše neb níže posouvat. Aby nemohla kule *m* tyči *nm* električnosti své sdělití, jest mezi nimi skleněný kotouč *G*.

2. Je-li tyč *ab* tak upravena, abychom ji mohli rozpáliti a oddělíme-li obě polovice, uchopivše je skleněnými rukovětmi, od sebe, pokud jeví se na tyči $+E$ i $-E$, tož jest jedna polovice tyče pouze *kladná*, druhá pouze *záporně* elektrickou, z čehož patrno, že električnost jiným způsobem se rozkládá než magnetičnosť (srovnej odst. 333.).

3. Za původ električnosti pokládali *Franklin* a *Aepinus* látku velmi jemnou, nevažitelnou, *elektrinou* zvanou, jejíž částice vespolek se odpuzují, od hmotných částic těla pak přitahovány bývají. Je-li v těle více té látky, než rovnováha okolí vyžaduje, má tělo električnost *kladnou*, je-li jí pak méně, jeví tělo električnost *zápornou*. Následovnici této domněnky zovou se *unitáři*. *Symmer* však počal vykládati výjevy elektrické, přijav dvě jemné látky nevažitelné, t. j. *dvě elektriny* vlastností protivných, jejichž částice stejnorodé se odpuzují, různorodé pak vespolek se přitahují. Převládá-li jedna neb druhá tato látka, má tělo električnost buď *kladnou* buď *zápornou*. Stoupenci *Symmerovi* zovou se *dualisté*. Jak se zdá, jest příčinou výjevův elektrických jistý druh *ohvění*, kteréž však posud nebylo vyloženo.

352. Električnost osazuje se pouze na povrchu, tak že tělo zelektrované jest pouze na povrchu elektrické, uvnitř pak žádné električnosti nejeví, o čemž pomocí rozličných přístrojů snadně lze se přesvědčiti.

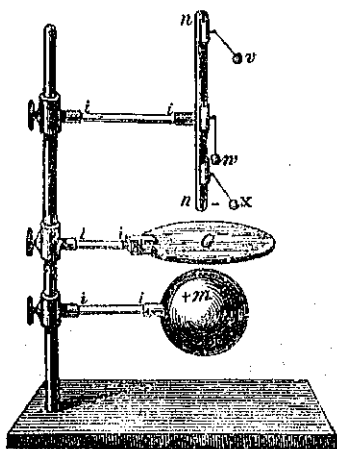
a) Zelektrujeme-li kovovou kouli *k* (obr. 440.), dvěma dutými polokoulemi kovovými *hh*, těsně k ní přiléhajícími, uzavřenou, a vzdálíme-li polokule *hh* od koule *k*, budou pouze polokule

elektrické, koule k nebude však jeviti prázdné električnosti. Podobně osadí se električnost pouze na povrchu polokulí, byly-li zelektrovány, pokud kulí k uzavírají.

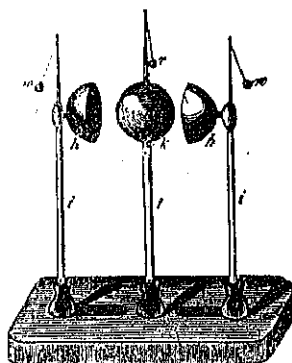
b) Navineme-li na kovový válec, na hedbávných nitích zavěšený, ve více vrstvách stanniolu a sdělíme-li válci električnost, bude pouze nejvrchnější vrstva stanniolu elektrickou. Rozvijíme-li pomocí hedbávné nitě stanniol s válce, bude električnost na stanniolu čím dále tím slabší, poněvadž na větším povrchu se rozkládá.

c) Zelektrujeme-li osamotěný vak z dobrého vodiče utkaný, objeví se pouze na vnějším povrchu elektrický. Obrátíme-li pak, zatáhnuvše za hedbávnou nit, na dně vaku upevněnou, vak svrchní stranou do vnitř, bude opět pouze na vnějším povrchu elektrický.

Obr. 439.



Obr. 440.



Že električnost pouze na povrchu těl se osazuje, vykládá se tím, že električností, které nějaká částice uvnitř v těle nabyla, rozkládá se električnost částic sousedních, nestejnorodé električnosti pak se přitahují, stejnorodé se odpuzují. Nestejnorodou přitahenou električností ruší se pak električnost částice a stejnorodou rozkládá se električnost v částicích dále položených, což opětuje se způsobem stejným až ku povrchu těla, kdež špatní vodičové (suchý vzduch atd.) dalšího rozkladu električnosti nedopouštějí, tak že odpuzena električnost na povrchu těla zůstává.

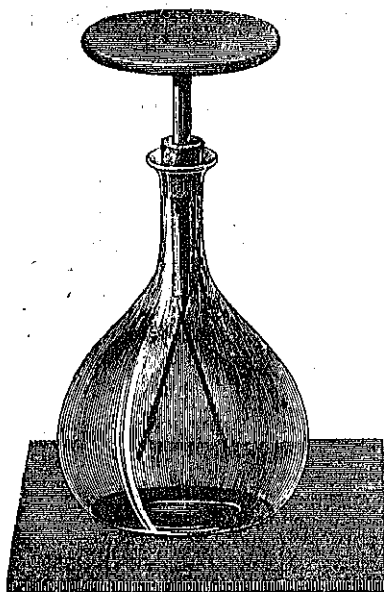
2. Elektroskopy a elektroměry.

353. Elektroskop Bennetův (obr. 441.) skládá se ze dvou úzkých proužkův zlata, na dolejších konci silného drátu upevněných; na hořejším konci toho drátu jest pak kulička neb kotouč kovový. Dotkneme-li se kotouče tělem slabě elektrickým, sdělí mu električnost a z kotouče rozvádí se pak električnost tato drátem až

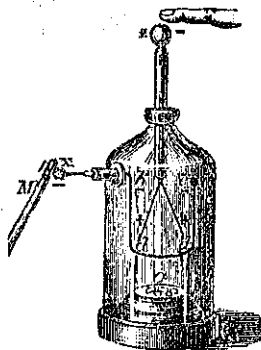
k pozlátkům, kteráž, majíce električnosť stejnorodou, se odpuzují v úhlu tím větší, čím silněji byla zelektrována. Má-li tudíž elektroskop tento sloužiti co *elektroměr*, bývá opatřen kruhovým obloukem ve stupně rozděleným, aby velikost úhlu, v němž proužky se odrážejí, měřiti se mohla. — Dotkneme-li se kotoúče prstem, odvedeme z pozlátek veškerou električnosť a můžeme pak elektroskopu, k novým zkouškám použiti.

1. Drát musí být osamotěn, pročez jest zastrčen do skleněné tyče, z níž pouze oba konce jeho vyčnívají. Aby proužky právanem vzduchu se nekývaly, jsou ve skleněné bance, z níž toliko svrchní konec drátu vyčnívá. Látkami

Obr. 441.



Obr. 442.



hygroskopickými, které vlhko vnímají (ku př. chlórídem vápenatým) a na dně bányky ve zvláštních nádobkách (obr. 442. C) uloženy bývají, udržuje se vzduch v bance vždy suchý. Proužky mají být ze zlata pravého, aby nemohly tak snadně se přetrhnouti.

2. Zlaté proužky nesmí být příliš dlouhé, aby, rozstoupivše se silněji, ku stěně bányky nepřilnuly. Někdy bývají naproti proužkám na

stěně bányky přilepeny listky stanniolu, jež mohou se zemí se spojit. Rozstoupí-li se zlaté proužky tak silně, že listků těch se dotýkají, sdělí jim svou električnosť, kteráž pak do země uchází.

3. Velmi citlivý jest elektroskop s pozlátky dle návodu *Andriassonova* upravený. Sdělíme-li drátu *kdo* (obr. 442.) v ∞ zápornou električnosť těla *M*, rozkládá se touto električností električnosť v zlatých proužkách; stejnorodá ($-E$) odpuzuje se nahoru do kuličky *z*, odkudž ji můžeme prstem odvésti, električnosť nestejnorodou ($+E$) odpuzují se pak pozlátka silněji, než kdybychom tělem *M* kuličky *z* byli se dotkli.

4. Elektroskop, jež sestrojil *Du Fay*, záležel ve dvou kuličkách korokových na hedbávných vlákních zavěšených. *Henley* použil (1772) pouze jedné kuličky k vodivému sloupci přivěšené. *Saussure* zavěsil (1786) dvě kuličky z bezové duše na tenké stříbrné drátky. *Cavallo* použil podobné kuliček korokových (1700) a *Volta* (1793) dvou stébel slaměných. *Bennet* sestrojil elektroskop výše popsaný r. 1787.

Je-li tělo slabě elektrické, musí se kotouče elektroskopu dotknouti, aby mu električnost *sdělilo*, a pozlátka odpuzují se *toutéž* električností, kterou má tělo. Je-li však tělo silně elektrické, rozkládá električnost v kotouči a zlatých proužkách již z jisté vzdálenosti. Dotkneme-li se pak prstem kotouče, pokud jest mu tělo blízko, odvedeme z něho onu električnost, kterou tělo odpuzuje a kteráž jest tudíž s električností těla stejnorodá, vzdálíme-li pak tělo, odpuzují se pozlátka električností, kterou tělo poutalo a kteráž jest tudíž s električností těla nestejnorodá.

Chceme-li se dověděti, jakou električností pozlátka se odpuzují, přiblížíme se tělem silně elektrickým, jehož električnost jest známa, ke kotouči. Tělo rozkládá v kotouči električnost a odpuzuje stejnorodou do pozlátek, kteráž pak buď silněji se odrážejí, měla-li električnost tutéž, kterou má tělo, buď dohromady se srazí, je-li električnost jejich nestejnorodá s električností těla.

Byla-li sdělena elektroskopu dříve známá električnost, kterou pozlátka se odpuzují, a odrážejí-li se pozlátka, když tělem elektrickým kotouče se dotkneme, ještě silněji, tož má tělo električnost tutéž, která pozlátkům byla dříve sdělena, srazí-li se pozlátka dohromady, má tělo električnost nestejnorodou. Kterak v případě tom určí se električnost těla, jež električnost v elektroskopu rozkládá, lze z předcházejícího snadně vyložit.

Pomocí elektroskopu možno též vodivost električnosti rozličných těl stanoviti. Přiložíme-li tělo, držíce je jedním koncem v ruce, druhým koncem na kotouč elektroskopu, jehož pozlátka električností $+E$ neb $-E$ se odpuzují, tož odchází električnost tělem do ruky. Je-li pak tělo to vodičem *dobrým*, odchází jím veškerá električnost z elektroskopu *okamžitě*; *polovodiči* a *špatní vodiči* ji odvádějí teprv za méně neb více *vteřin*.

1. Těla na prášek rozmělněná a kapaliny dávají se do rourek skleněných na obou koncích dobrými vodiči uzavřených.

2. Vodivost plynů skoumá se přímo, postavíme-li elektroskop do prostoru, který jest tím plynem naplněn.

3. Z četných zkoušek shledáno, že vodivost těl mění se ihned, jak mile *povrch* aneb *skupenství* jejich se mění, pročež jest proměna teploty příčinou proměny vodivosti.

354. Elektroskop Fechnerův. Tak zvaný sloup *Zambonský* *mn* (obr. 443.), o jehož úpravě v odst. 378. c. pojednáno, podržuje několik let na jednom konci svým volnou $+E$ a na druhém volnou $-E$. *Fechner* spojil s těmito konci sloupu plátky *a* a *e* a zavěsil uprostřed jich jedinou proužku zlata na drátu upevněnou, na druhý konec drátu pak přidělal kotouč.

Pokud jest proužka neelektrickou, zůstává uprostřed mezi plátky, neboť ji oba stejnou silou přitahují. Sdělíme-li však kotouči a tudíž i zlaté proužce električnosti ku př. $+E$ bude ji *kladný* pól odpuzovati a *záporný* přitahovati, tak že proužka k pólu nestejnorodé električnosti se pohybuje. Je-li električnost

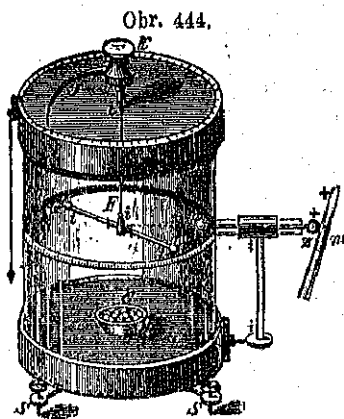
plátkův α a e známa, možno ze směru, kterým zlatá proužka ze svisné polohy se odchyluje, přímo určití, jakou má električnost.

Vynálezcem tohoto elektroskopu jest *Behrens* (1805), *Bohnenderger* opravil jej (1819), použiv dvou kolmých sloupův *Zambonských*; *Fechner* (1829) podržel pouze jediný sloup v poloze vodorovné.

355. Elektroskop Coulombův (1785). Na pružném vlákně hedbávném neb teninkém drátku stříbrném jest zavěsena v těžišti svém velmi lehoučká, teninká tyčinka skleněná neb šelaková $w\omega$ (obr. 444.) mající na jednom konci kuličku w z dobrého vodiče,



Obr. 443.



Obr. 444.

kterou na druhém konci závažíčko w v rovnováze udržuje. Není-li vlákno, na kterém tyčinka visí, zakrouceno, dotýká se kulička w jiné kuličky v , která jest s kuličkou z drátem do skleněné roury zastrčeným spojena. Dotkneme-li se kuličky z elektrickým tělem m , tož sdělí jí tělo električnost svou $+E$, která i do kuliček v a w se rozvádí, pročež kuličky tyto se odpuzují a vlákno, na němž tyčinka visí, se zakrucuje. Čím silnější jest električnost těla m , tím větší bude úhel, kterým $w\omega$ z původní polohy své se odchýlí. Z velikosti úhlu toho, který stupnicí, na skleněné nádobě kolem vrytou, se určuje, možno tudíž sílu električnosti stanoviti a taktó elektroskopu Coulombova i co *elektroměru* užívati.

1. Chceme-li se dověděti, jakou električnost má tělo m , sdělíme kuličce w električnost, kterou známe, a otočivše pak kotouček k vyšinemé jí z polohy její, tak že kuličky v se nedotýká. Sdělíme-li pak kuličce v električnost těla m , budou kuličky v a w buď se přitahovati, mají-li električnost nestojnorodou, buď odchýlí se w od v ještě dále, je-li električnost obou tatáž.

2. *Dellmannův* elektroskop podobá se Coulombovu téměř úplně, máje pouze tyčinku $w\omega$ kovovou a drát zw až do vnitř prodloužený a u prostřed poněkud prohnutý. Pokud není drát elektrickým, přiléhá tyčinka oběma konci k němu, zelektruje-li se drát, odpuzuje oba konce tyčinky, kteráž pak z polohy své se vyšine.

356. Elektroskop Peltierův (1836) skládá se z teninkého drátku měděného, s nímž spojena jehla slabě magnetická. Má-li vodič, kterým električnost do elektroskopu se přivádí, polohu poledníku magnetického, dotýká se ho drátek měděný, poněvadž, jsa s jehlou spojen, nalézá se též v poledníku magnetickém. Sdělí-li vodič drátku električnost, které od těla elektrického nabyt, odpuzuje se drátek, tak že s původní polohou svírá úhel, ježž možno na zvláštní stupnici měřiti. Magnetičnost jehly působí v tomto elektroskopu jako pružnost, kroucením v drátku povstávající, v elektroskopu Coulombovém. Že i zde z velikosti úhlu, kterým jehla z poledníku magnetického se vychýlí, sílu električnosti posouditi možno, vyplývá z věci samé.

Elektroskop *Oerstedtův* liší se od *Peltierova* elektroskopu pouze tím, že jest drátek zavěšen na vlákně hedbávném, pročež netoliko magnetičnost, nýbrž i pružnost, kroucením vlákna vznikající, jehlu do magnetického poledníku nazpět pudí.

357. Hustota električnosti. — Elektrická napnutost.
Na větším i menším povrchu dvou těl může býti *stejně množství* električnosti nahromaděno; na menším povrchu jest pak *hustota* električnosti *větší*.

Električnost na povrchu těl nahromaděná, chtějíc do okolí svého odtékati, způsobuje na špatné elektrovodiče, kteří ji obklopují, jistý tlak, který *elektrickou napnutostí* se nazývá. Elektrické napnutosti č. *mocnosti elektrické* přibývá tou měrou, kterou přibývá hustoty električnosti.

Čím více električnosti na povrchu těla nahromaděno, tím větší snahu jeví tělo, električnost svou sděliti vzduchu a vodičům, kteří je obklopují, a tím více električnosti odchází pak s těla do vzduchu i do samotičů, na kterých tělo položeno aneb zavěseno jest. Chceme-li tudíž větší množství električnosti na nějakém těle po delší dobu udržeti, musíme co možná nejlépe je osamotiti, t. j. ve vzduchu suchém na *dlouhých* nitích hedbávných je zavěsiti aneb na *dlouhých* špatných elektrovodičích podepřiti.

Na povrchu koule jest električnost zcela rovnoměrně nahromaděna a má tudíž ve všech místech stejnou hustotu i napnutost. Na válci na obou koncích zakulaceném jest největší hustota i napnutost na koncích, nejmenší u prostřed, poněvadž jest na koncích *poměrně* nejmenší plocha, na které totéž množství električnosti se nahromaduje, jako na *poměrně* větším povrchu u prostřed. Na hmotách *hranatých* a *špičatých*, jakož i na tělech *žhoucích* a *plamenem hořících* nahromaduje se v ostrých hranách a špičkách tak mnoho električnosti, že z nich do vzduchu uniká. Poněvadž ve špičkách električnost se zhustuje, bývají těla, kteráž mají jiným električnost odnímati, opatřena *špičkami*, ježž přibližují se k tělu, z něhož chceme električnost odvésti.

358. Elektrostatika. Zákony, jimiž spravuje se působení električnosti na osamotěném těle poutané, lze seznati nejlépe pomocí vah *Coulombových* (obr. 445.), kteréž od elektroskopu *Coulombova* hlavně tím se liší, že jsou mnohem dokonaleji upraveny.

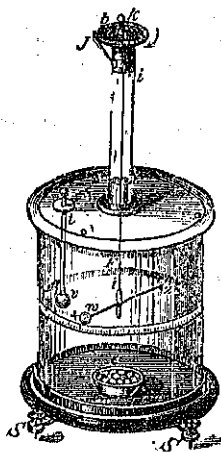
a) Otočíme-li kotouček *k* do takové polohy, aby oddíl stupnice *b* naznačený nullou stýkal se s oddílem nonia *J*, taktéž nullou naznačeným, tož dotýká se kulička *w* kuličky *v* a ukazuje taktéž na oddíl stupnice nullou označený. Sdělíme-li pak osamotěné kuličky *v* električnost, odpuzují se kuličky *v* a *w* silou *E* v jistém úhlu, ku př. v úhlu 36° . Otočíme-li pak hořejší kotouček *k* v *protivném* směru, aby úhel ten o polovici se zmenšil, t. j. aby pouze 18° obnášel, tož shledáme, že bylo potřebí kotouček otočiti o 126° . Tenký stříbrný drátek, na kterém jest šelaková tyčinka s kuličkou *w* zavěšena, jest tudíž v úhlu $126^\circ + 18^\circ$ zakroucen a poněvadž do původní polohy své se nevrací, udržuje se účinkem odpudivosti elektrické v rovnováze pružností, kroucením v drátu vznikající. Poněvadž pružnost, pokud určitých mezí nepřekročila, poměrná jest úhlu, ve kterém drát jest skroucen (str. 19) možno mocnost odpudivosti elektrické úhlem kroucení vyznačiti, tak že odpudivost E' $126^\circ + 18^\circ$ čili 144° obnáší. Má-li kulička *w* od kuličky *v* pouze v úhlu $8\cdot5^\circ$ se odchylovati, musíme kotouček *k* v *protivném* směru otočiti v úhlu 567° , tak že odpudivost E'' jest pak vytknuta úhlem $567^\circ + 8\cdot5^\circ$ čili $575\cdot5^\circ$. Z toho vyplývá, že $E : E' : E'' = 36 : 144 : 575\cdot5$ aneb téměř $= 1 : 4 : 16 = 1^2 : 2^2 : 4^2$. Vzdálenosti kuliček *d*, *d'* a *d''* byly 36° , 18° a $8\cdot5^\circ$, tudíž $d : d' : d'' = 36 : 18 : 8\cdot5$ aneb téměř $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} = 4 : 2 : 1$, z čehož plyne zákon elektrostatický:

Elektrické odpudivosti jsou v převráceném poměru ku čtvercům vzdáleností, v nichž působí.

b) Vytáhneme-li kuličku *v* z příklopu a vyšíneme-li kuličku *w*, sdělivše jí električnost, v úhlu α° z polohy její a zastrčíme-li pak opět kuličku *v*, které jsme električnost *protivnou* byli sdělili, do příklopu; tož budou kuličky, jsouce *protivně* elektrické, se *přitahovati*, tak že úhel α se zmenší a bude α_1° . Otočíme-li pak kotouček *k* (v pravo neb v levo) v úhlu ϖ° , promění se úhel α_1° v úhel α_2° . Při úhlu α° byla vzdálenost kuliček a_1° , při úhlu $\alpha^\circ + \varpi^\circ$ jest vzdálenost jejich a_2° . Počtem shledáno, že opět $a : a + \varpi = a_2^2 : a_1^2$ t. j.

elektrické přitažlivosti jsou v převráceném poměru ku čtvercům vzdáleností, v nichž působí.

Obr. 445.



c) Zelektrují-li se obě kuličky současně a stejně, tož se odpuzují, i bude potřeba, otočiti kotouček k v jistém úhlu α , aby se k sobě přiblížily až do vzdálenosti a . Dotkneme-li se jedné z kuliček jinou stejně velikou, osamotěnou kuličkou, tož odvedeme z ní polovici električnosti i bude pak potřeba kotouček k pouze v úhlu $\frac{\alpha}{2}$ otočiti, aby vzdálenost kuliček byla opět a . Dotkneme-li se

jedné kuličky takovým způsobem m krát, bude mít pouze $\frac{1}{m}$ původního množství električnosti a úhel, jež kotouček k opíše, bude pouze $\frac{\alpha}{m}$. Dotkneme-li se jedné kuličky m krát a druhé m' krát, zmenší se úhel α při též odlehlosti kuliček a v úhel $\frac{\alpha}{mm'}$. Totéž shledáme též, sdělíme-li jedné kuličce električnost kladnou a druhé zápornou, kdež pak budou se přitahovati. Z toho patrné, že

ve stejné vzdálenosti těl souměrných (kuliček) jest vzájemná elektrická přitažlivost i odpudivost jejich poměrná součinu z množství električnosti obou těl.

d) Přitahují-li neb odpuzují-li se dvě těla, mající množství električnosti m a m_1 , ve vzdálenosti a električností e a jiná dvě těla, mající množství električnosti M a M_1 , ve vzdálenosti A električností E , tož plyne z odstavců a), b) a c), že

$$e : E = \frac{mm_1}{a^2} : \frac{MM_1}{A^2} \dots (1);$$

je-li $a=A$, bude $e : E = mm_1 : MM_1 \dots (2)$ a je-li $a=A$, $m=m_1$ a $M=M_1$ bude $e : E = m^2 : M^2 \dots (3)$. Poněvadž jest električnost poměrná pružnosti a pružnost poměrná úhlu, kterým drátek se skrцуje, možno vložiti do srovnalosti též místo e a E ty které úhly u a U , tak že $u : U = m^2 : M^2 \dots (4)$, z čehož patrné, že mohou sloužiti váhy Coulombovy co elektroměr.

Všecké zákony elektrostatické, jež byly právě vytknuty, odvodil Coulomb též z kývání tyčinky šelakové, na jednom konci plátkem kovovým opatřená. Tyčinka byla zavěsena v těžišti na vlákně hedbávném a kývala se v jisté vzdálenosti od osamotěné kule kovové buď účinkem přitažlivosti, měla-li električnost protivnou, buď účinkem odpudivosti, měla-li električnost tutéž jako kule.

3. Přístroje k nahromadění a zhustění električnosti.

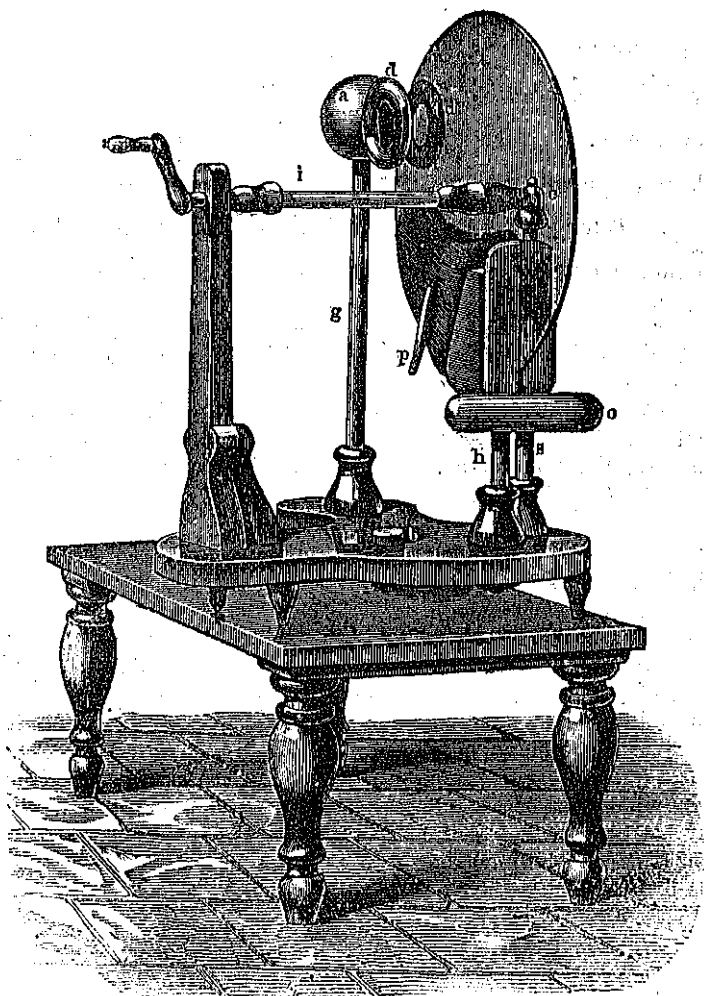
359. Elektriika obecná. Elektrikou zove se vůbec stroj, kterým električnost z jedné hmoty, třením o druhou zelektrovaná, na povrchu hmoty třetí se převádí, kdež pak k další potřebě ve větším množství se nahromaduje.

a) Podstatné části elektriky obecné jsou: 1. hmota, která se

tře č. natěrák; 2. hmota, o níž se tře č. natěradlo a 3. hmota, do které električnosť třením zplozená se svádí, t. j. svodič.

Natěrák jest silný, pečlivě uhlazený kotouč skleněný, z tvr-

Obr. 446.



dého zrcadlového skla zhotovený; kterýž na dlouhé skleněné ose *i* (obr. 446.) nasazen jest a klikou se otáčí. S druhé strany jest kotouč skleněným podstavcem *s* osamotěn.

Na místě kotoučů užívalo se dřívě skleněných na vnitřním povrchu pryskyřicí potřených válcův. — Někdy má elektrika 2, 3 neb 4 kotouče. Kotouče bývají někdy též z tvrzeného kaučuku zhotoveny.

Natěradlo skládá se ze dvou podušek hedbávných, koňskými chlupy vycpaných, toleci koží potažených a amalgamou na hladko natřených. Natěradlo spočívá na *skleněném* podstavci *h* a pružná péra přitlačují s každé strany jednu podušku na kotouč tak těsně, že při otáčení amalgamou se tře.

1. *Amalgama* Kienmayerova jest prášek ze 2 dílů *rtuťi*, 1 dílu *cinku* a 1 dílu *cinu* složený, na drobno rozmělněný a vepřovým sádem zhuštěný. Potěr, jakož i ublazení koná se nejlépe kouskem kůže. Větších účinkův lze pry docílití amalgamou *Büttgerovou*, která se skládá ze 2 dílů *cinku* a 1 dílu *rtuťi*.

2. Aby električnost s kotouče neodtékala do vzduchu dřívě, než ji svodič vnímá, přidržuje skřepice *p* s obou stran od natěradla až ke svodiči ke kotouči kus tykty, voskovaného taffetu aneb jiného špatného elektrovodiče.

3. Třením nahromaduje se na kotouči električnost kladná; na amalgamě nahromaduje se pak električnost záporná, kteráž na povrch svodiče *o* se svádí. Chceme-li konati zkoušky pouze s električností kladnou, spojíme svodič *o* dobrým vodičem (drátem neb kovovým řetízkom) se zemí.

4. Rozměr natěradla řídí se velikostí kotouče, který se jím tře.

Svodičem bývá nejčastěji dutá mosazná kule *a*, dlouhým skleněným sloupkem *g* osamotěná, s níž jsou spojeny dva dřevěné, na vnitřní straně *stanniolem* polepené a *kovovými špičkami* (někdy jen *jedinou špičkou kovovou*) opatřené kroužky *dd*.

b) Otáčíme-li kotouč klikou, zplozuje se v něm $+E$, která špičkami kroužkův *dd*, jež jsou k ní přiblíženy, do svodiče *a* odchází, a na povrchu jeho se nahromaduje; $-E$, v natěradle vznikající, hromadí se ve svodiči *o*, z něhož dobrým vodičem do země odtéká, anž by jinak $+E$ kotouče poutala.

1. Aby nebyla električnost $-E$ svodiče *a* zrušena električností $--E$ svodiče *o*, bývají u elektrik *Winterových*, které za nejlepší se pokládají, oba tyto svodičové co nejvíce od sebe vzdáleny, tak že odlehlost kroužkův *dd* od natěradla $\frac{1}{2}$ průměru kotouče obnáší, čímž i napnutost elektrické na svodiči *a* se zvyšuje.

2. Čím *sušší* jest vzduch, čím *větší* jest kotouč a čím *rychleji* se otáčí a čím *lépe* se odvádí $--E$, tím *větší* napnutosti nabývá $+E$ na svodiči *a*. — Před každým pokusem nutno *kotouč* jakož i veškeré ostatní *skleněné* části elektriky *hedbávnou* tkaninou tak dlouho otíratí, až dostatečně *se zahřeje*. Častějišm a dokonalejšm potíráním natěradla amalgamou lze též značnějších účinkův docílití.

3. Aby se mohla velikost napnutosti elektrické na svodiči posouditi, přidává se ku svodiči *elektroměr Henleijův* (1772), t. j. kulička z bozové duše na dřevěné tyčince upravená a na kovovém do vodiče zapuštěném sloupku zavěšená. Čím *větší* jest napnutost na svodiči, tím *silněji* odpuzuje sloupek kuličku, mající električnost stejnorodou a tím *větší* úhel svírá pak dřevěná tyčinka se sloupkem. Velikost úhlu toho můří se pak obloučkem kruhovým ve stupně rozděleným a ze skla neb slonoviny zhotoveným (Elektroměr takový viděti na obr. 462.)

c) Spojíme-li oba svodiče *a* a *o* drátem aneb jiným *dobrym vodičem*, tož odtékají vodičem tímto obě električnosti protivným

směrem, čímž vzniká *elektrický proud*. Proudem smísí se opět obě električnosti a ruší se vespolek, tak že jsou oba vodičové opět v stavu *přirozeném* č. *neoelektrickém*. Proudů sluší rozeznati dva, totiž *kladný*, který směřuje od svodiče $a (+E)$ ku svodiči $o (-E)$ a *záporný* od svodiče $o (-E)$ ku svodiči $a (+E)$. Obyčejně pozoruje se pouze směr proudu *kladného*.

d) Přiblížíme-li se ku svodiči, na kterém elektrická napnutost jistého stupně dosáhla, dobrým elektrovodičem, tož přeskakuje ze svodiče skrze vzduch do dobrého vodiče s praskotem *elektrická jiskra do dálky* tím větší, čím *dokonalejší* jest elektrika, čím větší byla *napnutost* električnosti na svodiči a čím *řidší* jest vzduch, který oba elektrovodiče od sebe odděluje.

Zasadí-li se do svodiče a drát do kruhu zahnutý a v dutém kruhu z li-pového dříví uzavřený, zvyšuje se tím elektrická napnutost na svodiči, tak že přeskakují jiskry se svodiče do dálky mnohem větší. U elektrik Winterových kruhem tímto opatřených přeskakují jiskry často až do dálky 40", tak že likatou podobu jejich jest patrně viděti. Na místě kruhu lze použiti též kovové tyče velmi dlouhé a na konci zakulatělé, aneb veliké kovové kule.

Za vynálezce elektriky pokládá se obyčejně *Otto Guericke* (1672), ač elektrika jeho, záležející v kuli ze síry, jednou rukou otáčené a druhou rukou třené, a postrádající svodiče, byla velmi nedokonalou. *Hawkesbee* použil místo kule ze síry kule skleněné. Němci *Hausen*, *Winkler* a *Bose* sestrojili (1743) elektriku se skleněným válcem, prvou elektriku s kotoučem sestavil *Ingenhous* (1764). Největší elektrika byla ona, již dal zhotoviti *van Marum*; měla dva kotouče o 65 angl. palcích průměru, 8 natěracích polštářův 15 $\frac{1}{2}$ " dlouhých a svodič skládal se z 5 částí, jež měly celkem povrch 23 $\frac{1}{2}$ ".

e) Poněvadž pomocí elektriky velmi mnoho električnosti na svodiči se nahromaduje, můžeme účinky její velmi patrně pozorovati. Rozeznávají se pak: 1. účinky mechanické, 2. účinky světla, 3. účinky tepla, 4. účinky chemické a 5. účinky fyziologické.

1. *Účinky mechanické* zakládají se v *přilahování* a *odpuzování*. Elektrická moucha. — Elektrické kladívko. — Elektrická ráže. — Elektrické proužky papírové. — Elektrický tanec. — Elektrické krupobití. — Elektrické zvonky. — Elektrický dešť. — Elektrické kolečko. — Obrazy *Lichtenbergovy* (1777). — Prorážení papíru, skla atd. jiskrou elektrickou. — Člověk na stolici osamotěné stojící a svodiče se dotýkající.

2. *Účinky světla*. Elektrická *jiskra* má v obyčejném vzduchu barvu bělavou, ve vzduchu silně zředěném fialově červenou, ve vodku červenou, v kyselině uhlíčitě a ve chlóru zelenou, v kyslíku fialověmodrou, v dusíku modrou, v parách éterových zelenou, v parách vodních žlutou atd. — Elektrické osvětlení. — *Fluorescence* elektrického světla v rourách *Geisslerových* (obr. 329.). — Nasadíme-li na svodič tenký ostrý drát vychází z něho električnost a ve tmavém prostoru viděti na konci drátu světlo paprskovité se rozbihající. Je-li špička na svodiči s električností zápornou, objevuje se na konci drátu jednoduchý světlý bod.

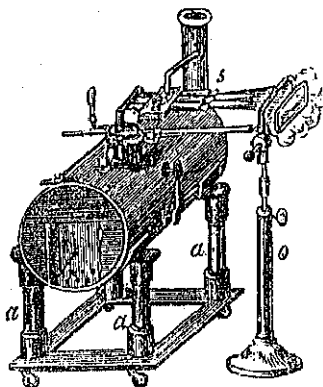
3. *Účinky tepla*. Zapalování étheru, teplého líhu, střelné bavlny a střelného prachu, fosforu, třáskavého plynu atd. — Elektrická bambitka. — *Eudiometer* (str. 88.).

4. *Účinky chemické*. Vylučování jódu. — *Ozón* a zápach jeho.

5. *Účinky fyziologické*. Otřesení a holost účinkem jiskry elektrické v těle povstávající. — Vedeme-li $+E$ špičkou na jazyk, cítíme chuť nakyslou, vedeme-li tam $-E$ bude chuť žřavá.

360. Hydroelektrika č. pární elektrika Armstrongova (1840) zakládá se v tom, že částice vody, na stěnách dřevěných třenec, električnosti $+E$ nabývají. V párním kotli na skleněných sloupech a (obr. 447.) postaveném vyvinuje se z vody pára, mající expansi 6—7 atmosfér, kteráž proudí z kotle trubícemi r z litiny zhotovenými, na předním konci tvrdým dřevem vyloženými. Roury procházejí nádobou, ve které jest studená voda, čímž část par se sráží. Voda z nich povstalá bývá pak parami, úsilně z rour prouděcími, uchváčena a vycházejíc ven tře se silně na stěnách rour, čímž $+E$ nabývá. Na rourách a na kotli hromadí se pak $-E$. Vytékající páry proudí na drátěnou síť, špičkami kovovými opatřenou a spojenou se svodičem, na kterém $+E$ se hromadí. Spojíme-li kotel dobrým vodičem se zemí, můžeme použití ke zkouškám električnosti $+E$, spojíme-li svodič se zemí můžeme použití $-E$ na kotli nahromaděné.

Obr. 447.



Čím více rour, jimiž pára vytéká, čím větší povrch kotle, čím větší expanse par a čím čistější voda, tím větší jsou účinky této elektriky.

Má-li kotel 3' délky a 1'5' průměru, vyvinuje se mnohem více električnosti než největší elektrikou obecnou v témž čase. Električnost vodních par zpozoroval (1840) topič párního kotle; dotknuv se rukou kotle a maje náhodou druhou ruku v páře, která z kotle úzkou štěrbinou unikala, ucítil silné otřesení těla.

361. Elektrofor č. elektronos (Volta 1775) jest přístroj, v němž električnost dlouhý čas se udržuje (odkudž i jméno přístroje) a skládá se ze tří částí, totiž: a) z okrouhlé misky ploské s pokrajem nízkým, z dobrého vodiče, obyčejně z pocinovaného plechu železného zhotovené; b) z kotouče pryskyřicového, do misky vlitého, s povrchem rovným, pečlivě uhlazeným, bez bublin a puklin; c) z příklopu cínového, aneb dřevěného, stanniolem polepeného aneb železného, který má průměr poněkud menší než kotouč a hedbávnými nitkami (obr. 448.) neb skleněnou rukovětí opatřen jest, abychom, zdvihajíc jej, električnosti z něho odváděli. Příklop musí býti na dolejšímu povrchu, kterým kotouče se dotýká, taktéž rovný a uhlazený.

Sejmeme-li příklop a mrskáme-li kotouč liščím ocasem neb zajecínou, nabývá električnosti $-E$. Položíme-li pak příklop na kotouč, rozkládá $-E$ kotouče $+E$ v příklopu, přitahuje $+E$ a odpuzuje $-E$. Dotkneme-li se pak příklopu prstem (obr. 448.), odvedeme z něho volnou $-E$ do země, $+E$ však v něm zůstává,

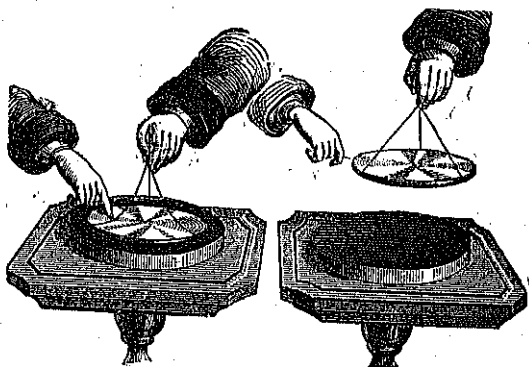
jsouc električností $-E$ kotouče pryskyřicového poutána. Zdvihneme-li příklop, bude poutaná $+E$ uvolněna a rozloží se na celém povrchu příklopu; přiblížíme-li se pak k němu prstem, přeskakuje do něho jiskra.

1. Místo kotouče pryskyřicového možno použití i jiného kotouče ze špatného vodiče (skla, gutaperčy atd.) zhotoveného.

2. Že električnost v elektroforu dlouhý čas zůstává, možno vyloučiti takto :

a) Na hořejším povrchu kotouče vzbuzená $-E$ rozkládá $+E$ na jeho povrchu dolejší, přitahuje $+E$ a odpuzuje $-E$ do misky, tak že má kotouč na hořejším povrchu $-E$ a na dolejší $+E$, kteréž vespolek se poutají a do vzduchu unikati nemohou, poněvadž jsou oba povrchy rovné a uhlazené.

Obr. 448.



b) Přiléhá-li příklop ke kotouči a byla-li odpuzovaná $-E$ s příklopu odvedena, tož působí příklop ve vrstvu vzduchu, uloženou mezi ním a kotoučem električností $+E$ a kotouč električností $-E$, pročež tato vrstva vzduchu nepohnuta zůstává a tudíž električnosti odváděti nemůže.

c) Osamotěná miska má s počátku $-E$, kteréž od kotouče nabyla. Dotkneme-li se jí dobrým vodičem odtéká z ní tato $-E$ a miska jest pak neelektrickou a zůstává jí i pak, když příklop kotouče se dotýká. Odvedeme-li s příklopu $-E$, rozkládá $+E$ dolejšího povrchu kotouče $+E$ v misce, přitahuje $-E$ a odpuzuje $+E$. Odvedeme-li pak odpuzovanou $+E$ s misky, zbude v ní $-E$. Zdvihneme-li příklop, uvolňují se $-E$ misky a může se odvésti. Miskou udržuje se tudíž $+E$ na dolejšího povrchu kotouče.

3. Peřina upravil elektrofor tak, že bylo možno použití ho co elektroskopu, který má jako elektroskop Fechnerův (obr. 443.) dva póly, z nichž jeden má $+E$ a druhý $-E$.

4. Elektroforu možno použití též co elektriky, ač jest v něm méně električností nahromaděno. — Druhdy byl elektrofor podstatnou částí rozehadla *Doëbereinerova*.

362. Elektriika návodná (Influenz-Maschine) jest kotouč z tvrzeného kaučuku, který klikou *K* (obr. 449.) okolo osy střed jeho protínající rychle se otáčí. Při obou koncích kolmému průměru kotouče jsou mosazné hřebeny *KK*, špičkami ku kotouči

obrácené, z nichž každý tyčinkou s spojen se zvláštním svodičem. Na druhé straně kotouče zasazena kolmo v podstavci elektriky a velmi blízko u kotouče deska S , taktéž z *ztvrzeného kaučuku* zhotovená.

Zelektrujeme-li desku S třením, rozkládá svou električnost $-E$ električnost $+E$ v té části kotouče, která jest jí na blízku, přitahuje $+E$ a odpuzuje $-E$ do hřebenu dolejšího, odkudž $-E$ do svodiče záporné električnosti se odvádí. Otáčí-li se kotouč, tož přichází $+E$, jež na něm zůstala, z oboru $-E$ desky S a uvolňuje se. Přiblíží-li pak se dolejší část kotouče k hřebenu hořejšímu, odchází s ní uvolněná $+E$ do svodiče električnosti kladné.

Totéž opětuje se při každém otočení kotouče. — Otáčí-li se kotouč velmi rychle, nahromadí se na obou svodičích v brzku veliké množství električnosti. Jsou-li pak oba svodičové sobě na blízku, vyrovná se $+E$ a $-E$ jiskrou. Spojíme-li jeden svodič drátem se zemí, tož můžeme na druhém svodiči C mnoho električnosti nahromaditi a jí ke zkouškám použiti.

Jak patrné jest elektrika tato elektroforem otáčivým, jehož kotoučem jest deska S a jehož přfklopom jest kotouč se otáčející.

1. Položí-li se více třených desk S na sobe, jest účinek elektriky této tak značný, že nemožno obyčejným spůsobem toho vyložití.

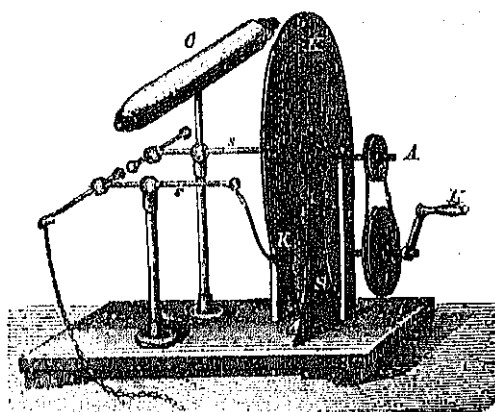
2. Před pokusem musí oba svodičové se dotýkati.

3. Čím jest deska i kotouč sušší, čím jsou sobě blíže, čím rychleji kotouč se otáčí a čím hustší jsou zuby hřebenu, tím více električnosti hromadí se na obou svodičích.

4. Elektriku právě popsanou sestrojil *Bertsch* (1866). Poněkud složitější elektriky sestavili v témž základě *Holtz* (1865) a *Tüpler* (1865).

363. Deska Franklinova jest deska *skleněná*, na obou stranách *stanniolem* polepená tak, aby *okraje* její zůstaly na 1—3“ *nepokryty*. Okraje tyto jsou potřeny *pokostem* aneb *pečetním voskem*, neboť odváděly by, vsmajíce vlhkost ze vzduchu, električnost s *pokryvů stanniolových*. Sdělíme-li jednomu *pokryvu stanniolovému*, spojivše jej se svodičem elektriky, električnost $+E$, rozkládá se účinkem jejím $+E$ v *pokryvu druhém* v $+E$, kteráž, jsouc *volná*, *prstem* aneb *jiným dobrým vodičem* se odvede, a $-E$, která na

Obr. 449.



celém povrchu druhého pokryvu se rozloží. Jest pak tudíž na jednom pokryvu $+E$ a na druhém $-E$. Obě tyto električnosti poutají se tak, že zůstane jen velmi málo volné $+E$ na pokryvu se svodičem spojeném, pročež přechází se svodiče opět $+E$ do toho pokryvu, čímž opět $+E$ v pokryvu druhém rozkládá a vše jako prvé se opětuje. Tím způsobem hromadí se na pokryvu se svodičem spojeném více $+E$, než by jinak bylo možno a tudíž *shustuje* se tu električnost *kladná*, na druhém pokryvu shustuje se pak električnost *záporná*.

Obě električnosti snaží se, vespolek se spojití a vyrovnati a vnikají s obou stran poněkud do desky skleněné. Je-li deska tenká, prorazí ji nestejnorodé električnosti a smísivše se, zruší se vespolek; je-li pak deska dosti silná, nemohou se električnosti vyrovnati a tu *jest pak deska nabita*.

Deska nabíjí se tak dlouho, pokud hustota volné $+E$ na pokryvu stanniolovém není rovna hustotě $+E$ na svodiči.

Elektrometr Henleýův (359. b, 8.) se svodičem elektriky spojený ukazuje patrně, když električnost se svodiče do desky odcházeti přestává.

Spojíme-li oba pokryvy dobrým vodičem, vyrovnávají se obě električnosti a deska se *vybíjí*. Vodičem jde pak *elektrický proud*.

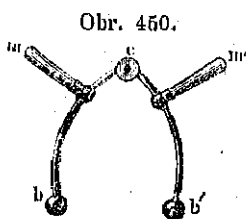
1. Abychom se mohli přesvědčiti, že skutečně na jednom pokryvu $+E$ a na druhém $-E$ se hromadí a že obě tyto električnosti částečně s obou stran do skla vnikají, bývá upravena deska tak, aby se mohla rozložití. Na skleněném stojanu jest vodorovně položena silnější deska cínová, na té pak deska skleněná a na skleněnou desku klade se opět s vrchu deska cínová, skleněnou rukovětí opatřená. Nabijeme-li desku a rozložíme-li ji v části, shledáme, že má

ta cínová deska, jež byla se svodičem spojena, električnost $+E$, druhá $-E$ a deska skleněná na jedné straně $+E$ a na druhé $-E$.

2. Ku vybíjení desky slouží *vybíječ*, složený ze dvou silných drátů kovových, v kloubu *c* (obr. 450.) pohyblivých na koncích kuličkami *bb'* opatřených. Ohopíme-li se drátů skleněnými rukovětmi *mm'* a přiložíme-li *b* na jeden, *b'* na

druhý povrch desky, tož nepocítíme při vybíjení desky žádného otřesení v těle, poněvadž proud do skleněných rukovětí nepřechází. Někdy bývá deska upravena tak, že *sama se vybíjí*, když napnutost na pokryvech jistého stupně dosáhla.

364. Láhev Leydenská. Deska Franklinova ve válec stočena a dnem opatřena zove se *lahví Leydenskou* neb *Kleistovou* (1745). Jestíť nádoba skleněná, na vnějším i vnitřním povrchu stanniolem polepená a na hořejším pokraji vně i vnitř pryskyřicí potřena. Láhev přikrývá se kotoučem ze špatného vodiče, majícím u prostřed otvor, jímž prostrčen do vnitř drát, který dolejšším koncem vnitřního pokryvu stanniolového se dotýká a na konci hořejším kovovou kuli *k* opatřen jest (obr. 451.).



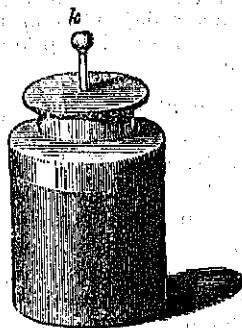
Spojíme-li kuli k se svodičem elektriky, nahromadí se na vnitřním pokryvu stanniolovém $+E$, kteráž, rozkládajíc $\pm E$ v pokryvu vnějším, $-E$ přitahuje a poutá, $+E$ pak odpuzuje. Spojíme-li vnější pokryv se zemí, odvedeme s něho $+E$, tak že jest pak na vnějším pokryvu $-E$ a na vnitřním $+E$. Spojíme-li kuli k se zemí a vnější pokryv se svodičem, bude vně $+E$ a vnitř $-E$.

Láhev nabíjí se tudíž jako deska Franklinova a taktéž se i vybíjí.

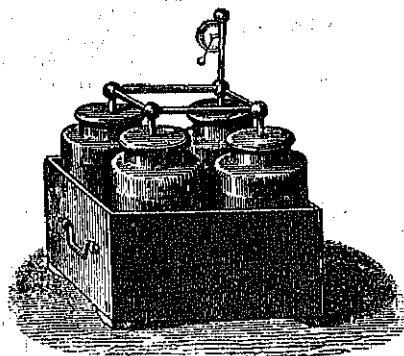
1. Vytáhneme-li hedbávnou nití drát s kuli k z láhve, zůstává láhev dlouho nabita. — Láhev rozkládací. — *Henleyův* vybíječ.

2. Spojíme-li vnější pokryv s kovovou kuli, kterou ke kuli k , s pokryvem vnitřním spojené přiblížíme, tož vyrovná se $+E$ a $-E$ elektrickou jiskrou, a láhev takto upravená vybíjí se tudíž sama. Čím více jsou obě kule od sebe vzdáleny, tím více električnosti musí se na pokryvech nahromaditi,

Obr. 451.



Obr. 452.



aby láhev se vybila. Ze zkoušek, jež *Lane* (který láhev takovou r. 1770 sestrojil), *Riess* a j. konali, vyplývá, že množství električnosti jest poměrnou vzdáleností obou kulí, tak že ze vzdálenosti 2., 3., 4... nkrátě větší nutno souditi též, že električnosti jest 2., 3., 4... nkrátě více. Pomocí láhve, jež sama se vybíjí, možno účinky dvou elektrik vespolek porovnávatí.

Spojíme-li všechny vnější pokryvy několika lahví dobrými vodiči v jediný pokryv vnější a taktéž všechny vnitřní pokryvy jejich v jediný pokryv vnitřní, vznikne tak zvaná *batterie elektrická*, t. j. jediná láhev Leydenská, jejíž pokryv vnější i vnitřní jest tak veliký jako pokryvy všech lahví dohromady.

Obyčejně spojují se kule všech lahví vespolek dráty (obr. 452.), spojení pokryvů vnějších docílí se pak, postavíme-li láhve do dřevěného truhlíku, jehož dno jest stanniolem polepeno. *Batterie* nabíjí se jako jednotlivá láhev.

1. Jako láhve Leydenské, možno spojití též i více desk Franklinových v *batterie* elektrickou (*Franklinova batterie* 1758).

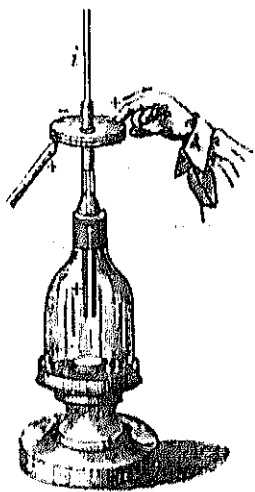
2. *Franklin* spojil vnější pokryv první láhve neb *batterie* s vnitřním pokryvem druhé láhve neb *batterie* druhé, vnější pokryv druhé s vnitřním pokryvem

třetí, atd., tak že každá láhev neb batterie následující nabíje se odpuzovanou električností láhve předcházející. Když pak prvá láhev neb batterie byla nabita, odstranily se dráty, jichž bylo ku spojení potřebí a jednotlivá láhve neb batterie spojily se pak v jednu volikou způsobem výše vytknutým. Jak v době pozdější dokázáno, jest ku nabíjení batterie dle tohoto návodu potřebí více času a dokonalejší elektriky a každá následující láhev jest slaběji nabita než předcházející.

3. Pomocí elektroměru *Henleyova* (obr. 462.), v odst. 359. b 3. popsáno, možno množství volné električnosti batterie posouditi. Někdy posuzuje se napnutost elektrická též z toho, kolikráte kotouč elektriky byl otočen. Dle návodu *Riessova* možno elektrickou napnutost batterie měřiti, nabíjením odpuzovanou električností batterie láhev *Lancovu*, která sama se vybíjí. Vybíjí-li se láhev ukrát, jest batterie nabita též ukrát silněji, než když láhev pouze jednou se vybíjí. Množství električnosti v batterie nahromaděné lze též posouditi ze vzdálenosti, do které přeskakují elektrická jiskra s kulé s. ynitřními pokryvy spojené do vodiče spojeného s pokryvy vnějšími.

4. Pomocí láhve neb batterie možno dočistiti mnohem značnějších útlukův električnosti než pouhou elektrickou. — Elektrické rány. — Mnozí zvířata bývají elektrickými ranami usmrcena. — Jiskra batterie proráží lepenku i silné skleněné desky. — Cukr, merotec, kazivec a jiná avětělkující těla světélkují ve tmě dlouho, prorázila-li je jiskra batterie elektrické, silně nabité.

Obr. 463.



365. *Hustič (kondensator)* jest přístroj, obyčejně s elektroskopem spojený, jímž i nejslabší električnost patrnou se stává. V podstatě jest hustič deskou *Franklinovou*, jejíž jeden pokryv nahrazen kovovým kotoučem elektroskopu, který jest drátem s pozlátky spojen, druhý pak kovovým kotoučem, který skleněným držátkem (obr. 458.) opatřen jest a na kotouč elektroskopu se klade. Mezi oběma kotouči jest tenká vrstva pokostu, jímž jsou potřeny oba kotouče na té straně, kterou vespolek se dotýkají.

Přiložíme-li k dolejšímu kotouči tělo slabé elektrické, jehož električnost jest ku př. $+E$, a dotkneme-li se svrchního kotouče prstem, tož odvádíme s něho odpuzovanou $+E$ a v hustiči nahromadí se pak jako v desce *Franklinové* električnost, a sice v kotouči dolejší $+E$ a ve svrchním $-E$. Obě tyto električnosti *putají* se vespolek, protože odpuzují se pozlátka teprv pak, když hofejší kotouč zdvihneme, čímž zhuštěná $+E$ v kotouči dolejší se uvolňuje.

1. Hustič úpravy *Walterovy* viděti na obr. 456 u m a n. Citlivější jest hustič spojený s elektroskopem *Pechnerovým* (obr. 443.).

2. Dotkneme-li se svrchního kotouče tělem kladné elektrickým a dolejšího kotouče prstem, budou pozlátka odpuzovati se električností $-E$ (Výklad.)

3. Hustič jest tím citlivější, čím větší jsou oba kotouče a čím tenčí vrstva pokostu, která je od sebe odděluje.

4. Pomocí hustiče možno dokázati, že vzabuzuje se električnost též tlakem, šipáním desky sldové, výparem, hořením atd.

4. Důležitější vlastnosti a účinky proudu elektrického.

366. Doba výboje elektrického. Čas, jehož potřebí, aby zdroj električnosti (ku př. batterie) neelektrickým se stal, jest tak kratičký, že ho nelze přímo měřiti. Pomocí zvláštního přístroje lze však dobu výboje stanoviti takto:

Pokud výboj trvá, prochází vodičem, kterým ku př. vnější pokryvy batterie s pokryvy vnitřními spojeny jsou, elektrický proud, je-li pak vodič tento, ku př. kovový drát v některém místě přetržen, objeví se v místě tom elektrická jiskra, kteráž bude patrnou tak dlouho, pokud proud a tudíž i výboj trvá. V základě tom stanovil pak *Wheatstone* (1833) dobu výboje takto: Rovné zrcadlo s (obr. 454.) otáčí se kolem vodorovné osy ω , v rovině jeho ležící, velmi rychle, tak že oko pozorovatele spatří v něm obraz jiskry c co oblouk kruhový. Úhel oblouku tohoto jest *dvakrát* tak veliký jako úhel onen, jež opsalo zrcadlo, otočivši se z polohy té, kde obraz jiskry v něm se objevil až do polohy oné, při které obraz v něm zmizel (viz str. 263. odst. c). Čím kratší jest tudíž doba, po kterou jiskra c svítí, t. j. čím později jiskra se objeví aneb čím dříve zmizí, tím kratší bude světlý oblouček, v zrcadle pozorovaný, jehož délku z úhlu, jímž zrcadlo se otočilo, jakož i z rychlosti, kterou se otáčí, vypočísti možno. Je-li tudíž oblouček α^0 , bude úhel, v němž zrcadlo se otočilo $\frac{\alpha^0}{2}$ a otáčeli se zrcadlo za vteřinu n krát, bude doba výboje

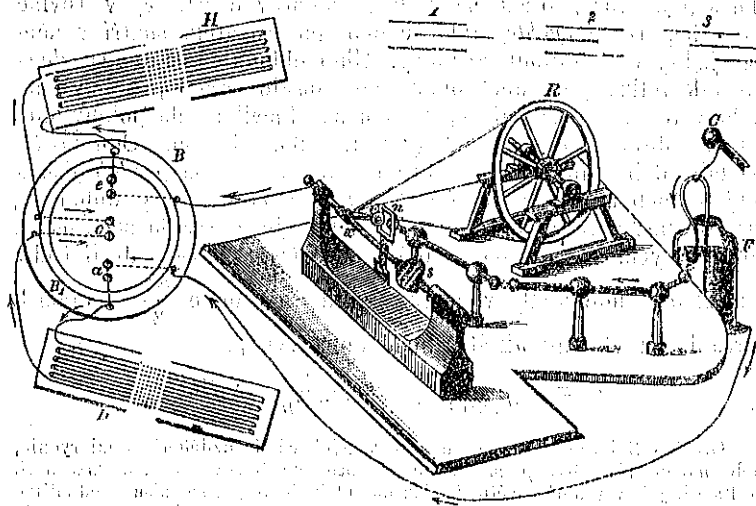
$$t = \frac{\alpha}{2 \cdot 360 \cdot n} = \frac{\alpha}{720n} \text{ vteřin.}$$

Otáčíme-li kotouč ve více různobarevných částí rozdělený velmi rychle, nebude možno při obyčejném světle jednotlivých barev od sebe rozeznati. Osvětíme-li jej v temné světnici jiskrou elektrickou, rozeznáme jednotlivé barvy kotouče zcela patrně, byť i velmi rychle se otáčel, neboť potrvá světlo jiskry dobu tak kratičkou, že jednotlivé části kotouče tak nepatrně ku předu postoupily, jako by kotouč v této době téměř v klidu byl zůstal.

367. Rychlost električnosti jest tak veliká, že nelze stanoviti jí přímo počtem $c = \frac{s}{t}$ (odst. 108. a). Byloť by zapotřebí dráhy s nesmírně dlouhé (několik set tisíc mil), kterou by elektrický proud za několik vteřin vykonal. *Wheatstone* ustanovil však rychlost električnosti, učiniv v rovnici $c = \frac{s}{t}$ dobu t tak malou, že nebylo potřebí dráhy s nesmírně dlouhé. Přístroj, jehož užil, jest znázorněn obr. 454. Vybiří-li se láhev (neb batterie F) značí šipky směr obou električností $+E$ a $-E$ a na desce B objevují se pak jiskry v a , c a e . Na prknech H a D jest napnut měděný drát v 10 polohách, z nichž každá 120' dlouhá, tak že koná proud z a do c a taktéž z e do c $\frac{1}{2}$ anglické míle. Vzdálenost ec a ca

jakož i vzdálenost desky B od zrcadélka s , které okolo osy ω pomocí kola R se otáčí, jest upravena tak, že spatřuje oko v zrcadélku s všechny tři jiskry. Otáčí-li se zrcadélko *velmi rychle*, objevují se v něm obrazy jisker co světlé obloučky. Oblouček jiskry, která *později* zasvítla, objeví se však směrem tím, kterým zrcadlo se otáčí, poněkud posouvnut, poněvadž obraz jiskry *později* vznikající na jiném místě zrcadla vzniká, než obraz jiskry předcházející. Otočilo-li se zrcadélko 800krát za vteřinu, posouvnu se obraz prostřední jiskry asi o $\frac{1}{2}^\circ$, tak že měly obloučky tvar 1 neb 2 dle toho, otáčelo-li se zrcadélko v pravo neb v levo. Jiskra

Obr. 454.



prostřední v c zasvítla tudíž *později* a zmizela též *později* než obě jiskry pokrajné a a e . Poněvadž se opozdila prostřední jiskra o $\frac{1}{2 \times 720 \times 800}$ vteřin (viz odst. 366.), v kterémž čase vykonala elektrická dráha $\frac{1}{4}$ anglické míle, patrně, že *rychlost* električnosti $c = s : t = \frac{1}{4} : \frac{1}{2 \times 720 \times 800} = 288.000$ angl. mil. = téměř 62500 německých mil.

1. U n jest plátek slídový s úzkou štěrbinou, kterou prochází jiskra elektrická do ramene r , když zrcadélko v úhlu 45° skloněno jest.
2. Kdyby električnost od a k c a odtud pak k e postupovala, měly by obloučky v zrcadle tvar na obr. 454. 3. znázorněný.

368. Elektrický teploměr. Proniká-li elektrická jiskra vzduch, hybnou kapalinou v něj, kým prostoru uzavřený, zahřívá a

roztahuje se vzduch, čímž nabývá větší rozpínavosti, která tlakem na kapalinu se jeví.

Kinnorsleyův (1761) elektrický teploměr obsahuje v nádobě *ww* (obr. 455.) dole kapalinu a v ostatním prostoru nad kapalinou vzduch, který elektrickou jiskrou zahřát, kapalinu do *užší* rourky *ee*, s nádobou *ww* spojené, puď tím výše, čím větší expanse nabyt a tudíž čím silněji jiskrou zahřát byl.

Elektrický teploměr *Riessův* (1838), skládá se ze skleněné bání, ve které ústí dlouhá a úzká rourka skleněná, na druhém konci otevřenou nádobkou opatřená barevnou kyselinou sirkovou naplněná. Rourka jest připevněna na prkénku, které jakkoliv skloniti aneb vodorovně položiti se může. Dvěma protilehlými otvory zastrčeny jsou do bání neprodyšné zátky kovové, z nichž jedna s vnějším, druhá s vnitřním pokryvem láhve neb batterie se spojuje. Připevníme-li ku zátkám v bání drát spirálně svinutý, bude při vybíjení láhve drát tento zahřát proudem elektrickým, který jím prochází, čímž zahřeje se též vzduch v bání uzavřený, tak že na kyselinu v rource tlačí a ji pak do otevřené nádobky na druhém konci jejím puď. Před každým pokusem otevře se bání, aby vzduch uvnitř měl expanzi vzduchu vnějšího. Při pokusu jest bání neprodyšně uzavřena. Na stupnici podél rourky na prkénku vyryté možno pak teplotu vzduchu v bání zahřátého měřiti. (Teploměr *Riessův* viděti na úvodním obraze na str. 1. v předu v pravo.)

Pomocí tohoto teploměru nabyt *Riess* následujících zkušeností:

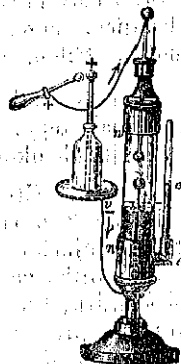
- Užijeme-li tétož batterie ku zkouškám, přibývá teploty n^2 kráté, přibylo-li hustoty električnosti n kráté. Je-li totéž množství električnosti na povrchu větší batterie nahromaděno zvyšuje se teplota tím méně, čím větší jest plocha pokryvá lahví.
- Změna v teplotě drátu jest v převráceném poměru ku čtvrté mocnosti poloměru jeho.
- Čím *děle* proud trvá, tím méně se jím drát zahřívá.

1. V dlouhých tenkých drátech jakož i v polovodičích a špatných vodičích koluje proud *volněji*, proto zahřívá je méně. Ze silnějšího neb slabšího oteplení kovu možno tudíž jeho vodivost električnosti posouditi.

2. Vybíjí-li se batterie dle návodu *Franklinova* (str. 465) sestavená, jsou účinky tepla jakož i účinky fyziologické tím značnější, čím více jest lahví v baterii tuto spojeno, ač električnosti ubývá v tom poměru, kterým lahví přibývá. Přibývá proudů elektrickému *rychlosti*, poněvadž nestejnorodé električnosti vyrovnávají se netoliko drátem, kterým vnější pokryv spojen jest s pokryvem vnitřním láhve poslední, nýbrž i každým jednotlivým drátem, který dvě sousední láhve spojuje.

369. Žár a roztápění kovů proudem elektrickým. Aby kovový drát až do *červena* neb do *běla* proudem se rozpálil aneb

Obr. 455.



se roztavil, potřebí *silného* výboje elektrického; na elektrickém teploměru spozorováno však, že k žáru a tavení kovů proudem elektrickým je potřebí *mnohem menší* teploty než té, kterou obyčejně kovy ty až k žáru se rozpalují a se taví, což vyloženo tím, že účinkem proudu spojitost částic se zmenšuje.

Čím *tenší* a *kratší* jest drát a čím volněji proud jím prochází, tím slabšího proudu jest k žáru potřebí.

V následující řadě jsou sestaveny kovy tak, že za stejných okolností každý předcházející proudem snáze k žáru se rozpaluje než následující: argentan (paktong, Neusilber), železo, platina, palladium, mosaz, stříbro, měď.

Když byl drát až k bílému žáru rozpálen, trhá a roztrhává se a pak teprv se taví, a sice roztápí se kovy, které se okysličují, za stejných okolností dříve než ony, jež se neokysličují.

370. Elektrické zapalování. Jiskry elektrické používá se výhodně k zapalování látek, jimiž skály se trhají. Vedeme-li však do obyčejného střelného prachu jiskru elektrickou, nezapálí se, nýbrž toliko se rozhází. Má-li střelný prach se zapáliti, musí část drátu, kterým proud elektrický do prachu se svádí, býti nahrazena provázkem *přiměřeně* navlhčeným; je-li však provázek méně neb více vlhký, nezapálí se prach střelný. Z té příčiny užívá se k zápalkám místo střelného prachu *sírníku antimónového* se stejným množstvím *chlórečnanu draselnatého* smíšeného a na prášek rozmělněného. Vedeme-li práškem tím jiskru elektrickou, zapálí se okamžitě. Zápalky hotoví se takto: Papírový váleček uzavře se na jednom konci zaklizenou zátkou korkovou, do válečku dá se pak k zátku kousek střelné bavlny, na bavlnu prášek ze sírníku antimónového a chlórečnanu draselnatého, do něhož ponoří se oba konce drátu, k sobě přiblížené, načež nalije se na prášek roztopená pryskyřice, kteráž ztuhne a dráty od sebe odděluje, načež váleček i na druhém konci se uzavře. Vložíme-li zápalku do náboje se střelným prachem neb střelnou bavlnou a spojíme-li jeden konec drátu, ze zápalky vyčnívající, s vnějším a druhý s vnitřním pokryvem nabitě láhve neb batterie, tož zapálí se jiskrou zápalka i náboj.

1. Mají-li se skály trhati pod vodou, musí býti náboj i zápalka upravena tak, aby voda přístupu k nim noměla a drát bývá guttaperdou povloden; bývají pak i zápalky nejčastěji v pouzdře smolou potřeném a náboje v pouzdře plechovém.

2. Pomocí jiskry elektrické možno zapalovati náboje *ze vzdálenosti velmi značné* a je-li toho potřebí, též *více nábojův současně*.

3. Druhdy užívá se k zápalkám smíšeniny z prachu střelného a stříbra třáskavého, rtuti třáskavé a sloučenin fosforu. Zápalky výše popsané sestrojil nejprve *Güttschmann* (1842). Dle návodu *Winterova* (1845) možno pomocí těchto zápalek náboje i vo vzdálenosti 2600' zapalovati.

4. Elektrickou jiskrou možno mnoho svědek, raket a j. p. najednou zapáliti.

B. Električnost ovzduší.

371. Električnost vzduchu, oblaků a mraků. Blesk a jiskra elektrická mají účinky *tytéž*, ač jsou účinky blesku *mnohem silnější*, z čehož patrně, že v mracích jest nahromaděno velmi mnoho električnosti. Ze zkoušek, jež *Franklin, Diviš, Richmann* a *Romas* téměř současně konali, vyplývá:

- a) Ve vyšších vrstvách má vzduch *vždy* volnou električnost.
- b) Obyčejné oblaky jsou téměř *vždy záporně*, mraky jsou však *hned kladně* hned *záporně* elektrické a mají nejvíce volné električnosti.

1. Angličan *Wall* byl první, který (1708) na podobnost jiskry elektrické a praskotu jejího s bleskem a hromem upozornil. — *Franklin* pouštěl (1752) papírového draka, kovovým drátem opatřeného, na konopné šnůře do mraků. Električnost mraku do drátu přešlou sváděl pak po šnůře, která deštěm navlhnuvši vodivou se stala, do zvláštních vodičův a dokázal zkouškami, že účinky električnosti této jsou *tytéž* jako účinky električnosti na svodiči elektriky nahromaděné. — *Richmann*, který zkoušky *Franklinovy* v *Petrohradě* opakoval, byl bleskem zabit, o čemž dozvěděl se *Diviš* (nar. 1696 v *Zamorce* v *Čechách*) napsal pojednání o tom, kterak električnost z mraku bez nebezpečí sváděti a udeření blesku zameziti možno.

2. O původu električnosti ve vzduchu není až posud nic určitého známo. *Francouz Pouillet* domnívá se, že má električnost ta původ svůj ve vypařování kapalin a ve vzrůstu rostlin a že rostliny ve dne zápornou, v noci kladnou električnost vyvinují. Jiní přírodopytci myslí, že též hořením a dýcháním živočichův električnost ve vzduchu se zplozuje. Někteří učenci mají za to, že srážením se par vodních ve vzduchu, třením částic vzduchu i páry, při proudění vzduchu vznikajícím, a proměnami teploty vyšších vrstev vzduchu električnost se vzbuzuje.

3. Oheň *Elkášáv* č. oheň *Elmský* neb *Helenský* (od starých Řekův a Římanův též *Kastor* a *Pollux* nazvaný) slove záření špiček věží, stěžňů a jiných vysokých předmětův a vykládá se z účinku električnosti vzduchu.

Ke skoumání električnosti vzduchu slouží zvláštní elektroskopy a elektroměry, kteréž bývají upraveny způsobem dvojím a sice:

- a) Osámotěný elektroskop neb elektroměr jakékoliv úpravy postaví se na střechu aneb na jiné zvýšené místo a električnost vzduchu svádí se do něho dlouhou na konci zašpičatělou tyčí, tak že jeví se v elektroskopu električnost *tatáž*, kterou vzduch právě má.

Dle návođu *Colladonova* (1826) možno pozorovati električnost vzduchu, spojili se jeden konec dlouhého a tenkého drátu citlivého multiplikatoru (odst. 303.) s tyčí kovovou, vysoko do vzduchu strmicí, a druhý konec drátu multiplikatoru se zemí.

- β) Elektroskop neb elektroměr upraví se tak, abychom mohli do výšky jej zdvihati anob aby aspoň vodič s ním spojený mohl do výše se vytáhnouti. Ve vodiči do výše vyzdviženém rozkládá se električnost vzduchu $\pm E$, dotkneme-li se vodiče, odtéká odpuzovaná električnost stejnorodá do země a električnost *nestejnorodá* jeví se pak na elektroskopu.

373. Ozón. — Ozónoměry. V jistých poměrech nabývá kyslík vlastnosti docela zvláštní, jmenovitě slučuje se přímo se hmotami, v něž kyslík obecný za týchž poměrů nepůsobí. V tomto allotropickém stavu zove se *kyslíkem činným* aneb *ozómem*.

Ozón tvoří se, prochází-li suchým kyslíkem elektrická jiskra neb proud elektrický aneb vychází-li mnoho električnosti do vzduchu ku př. bleskem aneb ze svodiče elektriky.

Ozón má zvláštní zápach a mnohem větší hustotu než kyslík obecný, okysličuje mnohem silněji než tento, rozkládá jódid draselnatý a vylučuje z něho jód.

Proudí-li vzduch rourou skleněnou, do které jsou zapuštěny dva platinové dráty, z nichž jeden se svodičem $+E$ a druhý se svodičem $-E$ elektriky návodné (odst. 362.) spojen jest, přeskakuje v rouře od jednoho drátu ke druhému elektrická jiskra a tak promění se kyslík ve vzduchu obsažený v ozón.

Ozónoměry (ozonometry) slouží k tomu, abychom množství ozónu ve vzduchu obsaženého posouditi mohli. Dle návodu *Schoenbeinova* (1845) napouští se vlhké proužky procezovalého papíru, škrobovým mazem a jódidem draselnatým a ostaví se účinkům ozónu. Ozónem vylučuje se z jódidu draselnatého jód, kterým škrob modře se zbarví a sice tím mocněji, čím více ozónu ve vzduchu jest obsaženo.

1. Ozón skoumal nejprve *Schoenbein* (od r. 1839).

2. V noci jest ve vzduchu více ozónu obsaženo než ve dne, v zimě jest ho ve vzduchu více než v létě.

C. Galvaničnost.

1. Základné výjevy galvanické.

374. Základná zkouška Voltova. Položíme-li na rovný, dobře uhlazený měděný kotouč velmi citlivého elektroskopu jiný taktéž rovný a dobře uhlazený kotouč cinkový, skleněným držátkem opatřený, a zdvihneme-li hořejší kotouč cinkový samotící rukovětí kolmo vzhůru, tak aby oba kotouče ve všech místech najednou ve spolek se dotýkali přestaly, tož jeví se na elektroskopu a tudíž i v kotouči měděném $-E$, kotouč cinkový má pak $+E$, o čemž pomocí jiného elektroskopu přesvědčiti se můžeme.

Oba tyto druhy električnosti vznikly v kotoučích pouhým dotýkáním a nikoliv třením, neboť posouváme-li kotouč cinkový po kotouči měděném dolů, nejeví ani jeden ani druhý električnosti, až tu jeden o druhý se tře. Pokud oba kotouče se dotýkají, putají se obě električnosti $-E$ a $+E$, pročež jen malá část jich volnou zůstává a elektroskop tudíž žádné električnosti nejeví.

Použijeme-li na místě cinku a mědi jiných vodičův električnosti, shledáme, že dotýkáním dvou různorodých vodičův povstává

y električnost a sice v jednom vodiči *kladná*, ve druhém zá-
rá, pročez električnost ta *dotyčnou* (Contact-Elektricität) se
 řvá. Po objevitelích svých zove se též električností *voltovskou*
 o *galvaničnosti*.

V místě, kde oba kovy se dotýkají, musí působiti nějaká
 , kteráž $+E$ v obou vodičích tak rozkládá, že $+E$ z mědi do
 ru a $-E$ z cinku do mědi přechází; síla, tato, kteráž netoliko
 rozenou električnost v obou kovech rozkládá, nýbrž i vyrovnání
 u *nestejnorodých* električností zamezuje, nazývá se *sílou elektro-*
kal a oba vodičové slovou *elektrobudiči*.

1. Zkouška Voltova může provésti se též pomocí dvou desk, jedné cin-
 é a druhé měděné, jež opatřeny jsou skleněnými rukovětmi a uhlazenými
 zhami na sebe se stlačí. Po obapolném dotknutí má vždy cinková deska
 ? a měděná $-E$, o čemž pomocí hustiče (odst. 365.) snadně se přesvědčiti
 teme.

2. Spojíme-li cinkovou a měděnou desku pájkou, a dotkneme-li se,
 jíce v ruce cink, mědi hustiče, shledáme, že jest měď záporně elektrická,
 kneme-li se však hustiče cinkem, majíce v ruce měď, objeví se cink kladně
 ktrickým. Obvyčejně mívá hustiče hořejší desku cinkovou a dolejší desku
 lěnou, abychom cinkem cinku a mědi opět mědi dotýkati se mohli, neboť
 ýkáním dvou kovů nestejnorodých budila by se opět električnost.

3. *Galvani*, prof. pítvy v Boloni pozoroval r. 1789, že svaly na stehně
 rcené žaby, dotýkal-li se jich nůž, pokážde sebou trhly, kdykoliv ze svodiče
 ké elektriky jiskra se vyloudila. Domnívaje se, že původem výjevu toho
 t električnost, ve zvířecím ústrojí obsažená, zavěsil stohénka žabi pomocí
 lěných háček, skrze mchu páteře provlečených, na železné mříže, aby
 nek električnosti vzduchové pozorovati mohl, i shledal, že stehénka sebou
 ly trhla, kdykoliv železné mříže se dotkla, a nazval původ výjevu toho
ctričnosti zvířeci. *Volta*, professor fysiky v Pavii, který zkoušky tyto opa-
 zal, shledal však, že původ elektrických výjevův těchto nelze hledati v těle
 ecím, nýbrž v dotýkání dvou různorodých kovů, což zkouškou výše popsa-
 i dovodil.

375. *Elektrická difference*. Nestejnorodé električnosti,
 obou vodičích vznikající, poutají se vzájemně v tom místě, kde
 dičové se dotýkají, na ostatní části povrchu obou vodičův zů-
 ávává električnost *volnou*, čímž vzniká na této části povrchu
 itá elektrická *hustota* i *napnutost*, kteráž jest mnohem *menší*,
 kud vodičové se dotýkají, než když od sebe se vzdálí.

Zkouškami bylo dokázáno, že mocnost síly elektrobudící veli-
 ostí ploch se dotýkajících se nespravuje, z čehož patrně, že na-
 nutost volné električnosti taktéž velikostí ploch dotyčných se ne-
 dí. Po obapolném dotknutí ploch jest však množství električ-
 osti ve vodičích vzbuzené ovšem tím větší, čím větší jsou do-
 yčné plochy.

Rozdíli napnutostí obou volných, znaky $+$ a $-$ označených elek-
 ričnosti zove se *elektrickou difference*. Rozdíli tento jest potud stejný,
 okud zůstávají vodičové stejní a nemění se ani když jeden z nich
 e zemí se spojí, ani když plochy, kterými vodičové se dotýkají,
 e zvětší neb zmenší.

1. Dotýká-li se deska cinková stejně veliké desky měděné a má-li cinková napnutost $+e$ a měděná napnutost $-e$, tož jest elektrická difference $d = +e - (-e) = +2e$.

2. Sdělíme-li deskám električnost, rozloží se tato na obou deskách rovnoměrně, neboť rozkládá síla elektrobudící pouze onu električnost, která dříve v deskách obsažena byla. Značí-li E napnutost električnosti, kterou deskám jsme sdělili, bude napnutost cinku $E + e$ a napnutost mědi $E - e$, tudíž elektrická difference

$$d = E + e - (E - e) = +2e.$$

3. Spojíme-li jednu z desk se zemí, ku př. desku měděnou, odvede se $-e$ do země a na desce měděné není pak žádná napnutost, na desce cinkové uvolní se však účinkem síly elektrohybné opět $+e$, tak že napnutost cinku jest $+e + e = +2e$ a elektrická difference $d = +2e - 0 = +2e$.

4. Elektrická difference zůstává tatáž, když kovy přímo se dotýkají aneb jiným třetím kovem (drátem) aneb i více než jedním kovem spolu spojeny jsou. Položíme-li na cinkovou desku kotouč stříbrný, na tento kotouč platinový a na tento teprv kotouč měděný, bude elektrická difference táž, jako kdyby měď cinku přímo se dotýkala. Jsou-li oba krajní vodičové stejnorodí, jest elektrická difference rovna nulle, o čemž pokusem možno se přesvědčiti.

376. Řada napnutosti. a) Pevná těla možno seřaditi tak, že každé předcházející, dotýkaje se některého v řadě následujícího, stává se kladně elektrickým, následující jest pak záporně elektrickým. Takovéto sestavení vodičův zove se řadou napnutosti, jejíž nejdůležitější členové jsou: $+$ cín, olovo, cín, železo, měď, stříbro, zlato, platina, uhl $-$.

Vodičové v této řadě obsažení zovou se elektrobudíči prvního řádu, všickni ostatní vodičové, jichž nelze do řady napnutosti vřaditi, jmenovitě všechny kapaliny zovou se elektrobudíči druhého řádu.

Elektrická difference jest tím větší, čím jsou elektrobudíči v řadě této od sebe vzdálenější, neboť se rovná elektrická difference dvou elektrobudíčův této řady součtu difference všech členův mezi oběma elektrobudíči v řadě stojících.

Vložíme-li mezi desku cinkovou a měděnou desku olověnou, nezmění se napnutost krajních desk (cinkové a měděné); v cinkové desce skládá se však volná $+e$ z $+e_1$ a $+e_2$, jež uvolňují se dotýkáním se cinku s olovem a olova s mědí; taktéž skládá se volná $-e$ mědi z $-e_1$ a $-e_2$, jež vznikly dotýkáním se olova s cínem a mědi s olovem. Jest tudíž $+e = e_1 + e_2$, $-e = -e_1 - e_2 = -(e_1 + e_2)$.

b) Veškeré kovy jakož i uhl nabývají též električnosti, když kapaliny se dotýkají, a sice má každý jednotlivý kov, v kapalině ponořený, na konci, který z kapaliny vyčnívá, volnou $-E$ neb $+E$, kapalina má pak E protivnou.

Ponoříme-li dva rozličné kovy *současně* do též kapaliny, což shledáme, že elektrická napnutost jejich jest nestejná; ten, který má napnutost silnější, jeví na konci z kapaliny vyčnívajícím $-E$, druhý $+E$. Důležitější kovy a uhel lze pak seřaditi takto:

Cín, cín, olovo, železo, měď, stříbro, platina a uhel. Jsou-li dva z elektrobudičů této řady ponořeni do zředěné *kyseliny sirkové* neb do *hydrátu dusičného* má vždy předcházející na konci z kapaliny vyčnívajícím $-E$ a následující $+E$.

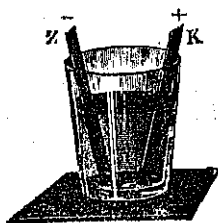
1. Vodičové nesmí v kapalině vespolek se dotýkati, pročež bývá mezi nimi dřevěná neb skleněná tyčinka.

2. Poněvadž kyselina sirková, dotýkajíc se cínku, kladně elektrickou se stává, měla by v řadě napnutosti státi *před cínkem*, z čehož patrnó, že by pak, dotýkajíc se s některým z *následujících* elektrobudičů měla ještě silnější električnost *kladnou*; poněvadž ve skutečnosti opak toho se jeví, patrnó, že není možno kyseliny sirkové aniž jiné kapaliny, které podobným způsobem se chová, do řady napnutosti vřaditi.

377. Jednoduchý řetěz galvanický skládá se ze dvou elektrobudičův prvního a jednoho neb dvou elektrobudičův řádu druhého.

Řetěz *Voltův* jest nádoba se zředěnou kyselinou sirkovou, do které jest částečně ponořena deska měděná *K* (obr. 456.) a deska cinková *Z*. Dotýkaje se kapaliny, nabývá cínk *Z* elektric-

Obr. 456.



Obr. 457.



nosti $-E$, kapalina pak $+E$, měď nabývá taktéž $-E$, kteráž jest však mnohem slabší než u cínku, pročež konec mědi *K* jeví $+E$. Řetěz takto upravený jest *otevřen*. Spojíme-li však oba z kapaliny vynikající konce kovů č. *póly* dobrým *vodičem uzavracím* č. tak zvaným *drátem polárným*, jest řetěz *uzavřen* (obr. 457.) a elektrická napnutost se ruší, poněvadž obě protivné električnosti vodičem se vyrovnávají. Drátem polárným jde pak proud jako při vybijení láhve Leydenské a sice z pólu kladného k zápornému proud *kladný* a z pólu záporného ke kladnému proud *záporný*.

Kladný proud směřuje mimo kapalinu z mědi k cínku a v kapalině z cínku k mědi. Jest tudíž měď mimo kapalinu pólem *kladným* a v kapalině pólem *záporným*, cínk jest mimo kapalinu pólem *záporným* v kapalině pólem *kladným*.

Poněvadž silou elektrobudičů v cínku $-E$ a v mědi $+E$

povstává tak dlouho, pokud tyto elektrobudičí kapaliny se dotýkají; *jest proud v řetězu uzavřeném nepřetržitý.* Obyčejně přihlíží se pouze ku směru proudu kladného.

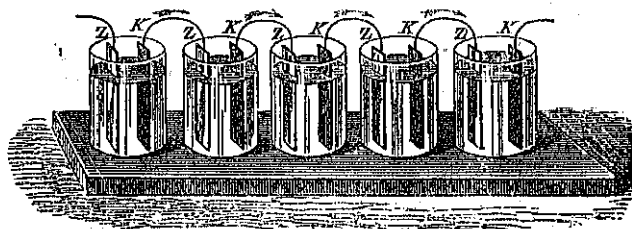
1. *Volta* se domníval, že kapaliny nejsou elektrobudičí a vykláda tudíž vznik proudu v řetězu pouze dotýkáním se cinku a mědi pomocí drátu polárního, kapalinu pokládal pak za *pouhého vodiče* tohoto proudu. Později dokládali silozpytci, že pomocí kapaliny se proud zesiluje a sice tím, že $+E$ které cink nabývá účinkem síly elektrobudičí, dotýkaje se mědi, odtéká z cinku kapalinou k mědi a mimo kapalinu z mědi k cinku; dotýkáním se kovů kapaliny povstává pak také proud, který mimo kapalinu z mědi k cinku a v kapalině z cinku k mědi postupuje. Oba tyto proudy, majíce též směr, pal se vespolek zesilují.

2. Jiní silozpytci pokládají za původ proudu hlavně dotýkání se kovů kapalinou, poněvadž směr proudu kladného kapalinou se řídí, i domnívají se že spojením obou kovů drátem proud tento se toliko zesiluje.

3. *Davy* a *Faraday* mají za to, že proud při dotýkání se kovů kapalinou účinkem elektrobudičí síly povstává, za původ delšího trvání proudu pokládají pak chemický rozklad kapaliny.

378. Složený řetěz galvanický. a) Spojíme-li více jednoduchých řetězů vespolek tak, aby cink Z každého předcházejícího spojen byl s mědí K každého následujícího (obr. 458.), tož vznikne řetěz složený č. *galvanická batterie*. Volný konec mědi řetězu po

Obr. 458.



sledního jest pak *pólem kladným* a volný konec cinku článku prvního jest *pólem záporným*. Spojíme-li oba tyto póly drátem polárným, jest batterie uzavřena i vzniká proud *silnější* než v řetězu jednoduchém, poněvadž na pólech napnutost elektrická jest tím *větší*, čím více jednoduchých řetězů v batterie bylo spojeno.

V batterie galvanické ubývá elektrické napnutosti od obou pólův do středu, tak že v středu jest napnutost nullou; spojíme-li však jeden pól dobrým vodičem se zemí, bude elektrická napnutost na pólu tomto nullou, na pólu druhém pak se napnutost zdvojnásobí.

1. V následujícím přehledu sestavena batterie ze 6 jednoduchých řetězů z nichž každý označen písmeny O (cink), K (kapalina), M (měď); v každém vzbuzuje se silou elektrobudičí električnost (*) a každým rozvádí se volná električnost pólu řetězu sousedního.

OKM	OKM	OKM	OKM	OKM	OKM
-e +e*	+e +e	+e +e	+e +e	+e +e	+e +e
-e -e	-e +e*	+e +e	+e +e	+e +e	+e +e
-e -e	-e -e	-e +e*	+e +e	+e +e	+e +e
-e -e	-e -e	-e -e	-e +e*	+e +e	+e +e
-e -e	-e -e	-e -e	-e -e	+e +e*	+e +e
-e -e	-e -e	-e -e	-e -e	-e -e	+e +e*
Úhrnem: -6e-4e	-4e-2e	-2e 0e	0e+2e	+2e+4e	+4e+0e

Spojíme-li jeden pól, ku př. cink se zemí, objeví se napnutost takto :

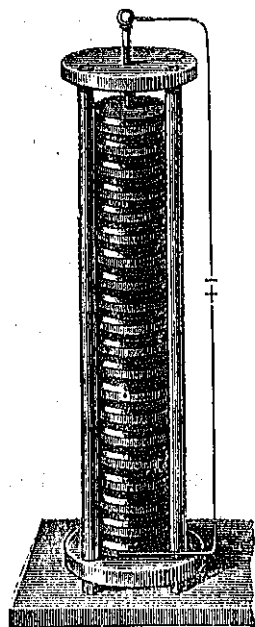
OKM	OKM	OKM	OKM	OKM	OKM
0e +2e*	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e
0e 0e	0e +2e*	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e
0e 0e	0e 0e	0e +2e*	+2e +2e	+2e +2e	+2e +2e
0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e +2e*	+2e +2e	+2e +2e
0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e +2e*	+2e +2e
0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e 0e	0e +2e*
Úhrnem: 0e +2e	+2e +4e	+4e +6e	+6e +8e	+8e +10e	+10e +12e

2. Spojíme-li voškeré desky cinkové všech jednoduchých řetězů vespolek a taktéž i voškeré desky měděné vespolek, vznikne řetěz *velkodeskový* s deskou měděnou i cinkovou tolikráté větší, kolik desk spolu jest spojeno.

b) *Volta* sestrojil (1800) řetěz složený způsobem poněkud jiným, než v odst. a) vytknuto. *Voltův složený řetěz* č. *sloup galvanický* skládá se z většího počtu desk cinkových a měděných a z kotoučův plstěných neb vlněných, slanou neb nakyslou vodou navlhčených. Obvyčejně bývá každá deska cinková s deskou měděnou spájena v celek, tak zvaný *článek Voltův*. Prvý článek položí se na desku skleněnou, a jednotlivé články kladou se na sebe a sestavují se mezi skleněnými tyčinkami v sloup tím způsobem, že u všech článků cinkové desky dole a měděné desky nahore se nalézají a vždy dva sousední články plstěným kotoučem v slané neb nakyslé vodě smočeným od sebe odděleny jsou (obr. 459.). Prvá deska cinková jest pólem kladným a poslední deska měděná pólem záporným. Spojíme-li oba tyto póly drátem polárným, povstává proud tím *silnější*, čím více článkův v sloup bylo spojeno, neboť přibývá napnutosti na obou pólech tou měrou, kterou přibývá počtu článků, což možno odvoditi přehledně tímž způsobem jako výše v odst. a).

c) Vahou kovových desk vytlačuje se kapalina z kotoučů plstěných, čímž činnost sloupu *Voltova* vždy více a

Obr. 459.



více ochabuje. Když pak kotouče zcela vyschly, nerozvádějí električnosti a sloup jest nečinným. *Zamboni* sestrojil sloup z kotoučkův z nepravého zlatého a stříbrného papíru, při kterých zlatový povrch hlavně z mědi *M* a stříbrný z cinku a cínu *C* se skládá. Papír *P*, který vždy více méně vlhký zůstává, slouží ku rozvádění volné električnosti jako kotoučky plstěné při sloupu Voltově. Sestavíme-li mnoho (500—2000) kotoučkův dle vzorce!

CPM CPM CPM CPM CPM

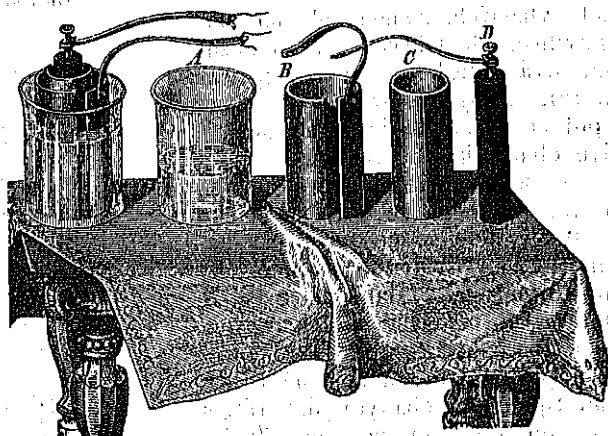
tož vznikne tak zvaný sloup *Zambonský* č. sloup suchý, na jehož jednom konci *C* nahromaděna volná $+E$ a na druhém konci *M* volná $-E$.

1. Aby nebylo potřeba každý kotouček zvláště vystřihovati, položí se mnoho archů nepravého papíru zlatého a stříbrného na sebe a jednoduchým ocelovým nožikem okrouhlým vyrábí se vždy více kotoučkův současně.

2. Poněvadž papír vlhkost ze vzduchu přijímá, bývají kotoučky stlačeny ve skleněné, pokostem potížené rohuře a končí na obou stranách kotoučkem kovovým, který jest pak na jednom konci pólem kladným, na druhém pólem záporným.

3. Sloup *Zambonský* jest podstatnou částí elektroskopu *Fechnerova* (viz odst. 354). — Zavěsíme-li na hedbávné nitce kuličku z bezové duše neb korku mezi oba póly sloupu *Zambonského*, bude kulička ustavičně střídavě

Obr. 460.



od jednoho pólu ke druhému se pohybovatí (průč?). Přístroj ten zove se *elektrické kyvadlo* aneb *elektrický samohyb* (*perpetuum mobile*). Kyvadla elektrického chtěli někteří fysikové použítí ku pohybu stroje hodinového, což se však nezdařilo.

4. Suchý sloup sestrojil nejprve *Ludloke* (1801), *Zamboni* jej pak opravil (1812).

379. Řetězy stálé. a) Řetěz i sloup Voltův, jakož i batterie z jednoduchých řetězů Voltových složená dávají dosti silný proud jen krátkou dobu, neboť brzy ochabují a konečně téměř žádného

účinku více nejeví. Nastala tudíž potřeba sestrojiti řetězy *stálé*, jejichž proud po delší čas (aspoň několik hodin) stejně silným zůstává. Řetězův takových sestrojeno více druhův, z nichž důležitější jsou:

1. Řetěz *Daniellův* č. *cinkoměďový* (obr. 460.), který se skládá ze skleněné nádoby (A), ve které jest nasycený roztok skalice modré, do něhož se staví deska měděná (B) válcovitě zahnutá, a z nádoby pórovaté, z nepolévané hlíny zhotovené (C), která obsahuje kyselinu sirkovou, vodou rozředěnou, do níž se staví válec cinkový (D). Měď jest pólem *kladným* a cink pólem *záporným* toho řetězu.

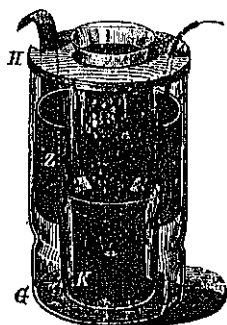
1. Pořadí jednotlivých článkův řetězu Daniellova může býti též převrácené, tak že dává se do nádoby A zředěná kyselina sirková a cink a do nádoby pórovaté C roztok skalice modré a měď.

2. Kyselina sirková zřeďuje se vodou tak silně, že míchá se žejdlík kyseliny asi s 10 žejdlíky vody.

3. Pórovatá nádoba může býti též ze sádry aneb jest nádoba skleněná, jejíž dno z měchyře jest zhotoveno. Poněvadž cink účinkem proudu se tráví, nutno použítí silnějšího sloupce cinkového. Aby zůstal roztok skalice vždy solí nasycen, můžeme do nádoby, ve které roztok se nachází, zavésti pevnou skalici modrou. Po delší činnosti řetězu nutno též kyseliny sirkové do nádoby přidati.

2. Řetěz *Meidingerův* (1859) záleží v tenkostěnném, krátkém, dutém válci měděném K (obr. 461.) a výše zavěšeném, delším a tlustším válci cinkovém Z. Cinkový válec jest v nádobě G, do které se dává roztok *hořké soli*, a měděný válec jest v nádobě S, roztokem skalice modré naplněné, do které jest ponořena skleněná nálevka s kousky skalice modré. Poněvadž obě kapaliny jen velmi pozvolna spolu se směšují, není potřebí, pórovatou nádobou jich od sebe oddělovati. Spojíme-li volný konec drátu z mědi vycházejícího a v guttaperčové rource uzavřeného s proučkou H, která s cinkem souvisí, jest řetěz uzavřen.

Obr. 461.



1. Řetěz tento dává proud slabý, ale stálý a o 50–80% lacinější než řetěz Daniellův. Po 1–6 měsících naplní se nálevka skalicí, za rok jednou dává se do nádoby G čerstvý roztok hořké soli a je-li potřebí nahradí se cinkový válec jiným. Měď nutno pouze očistiti.

2. Roztok hořké soli připravuje se z 1 dílu váhy soli a 6–10 dílů měkké vody. Čím méně vody v roztoku, tím silnější jest proud.

3. Řetěz *Groveův* č. *cinkoplatinový* (1839) liší se od Daniellova pouze tím, že v něm na místě mědi *platina* a na místě roztoku skalice modré *sehnaná kyselina dusičná* se nalézá.

1. Deska platinová bývá tenká a aby povrch její byl větší, ve tvaru písmene S zahnutá.

2. Řetěz *Robertův* (1837) liší se od Groveova pouze tím, že v něm na místě desky platinové lacinější sloupec železný hvězdotvaru průřezu příčného, aby měl povrch větší. (Srovnej odst. 363. c.)

4. Řetěz *Bunsenův* č. *cinkouhlový*, vlastně od *Coopera* (1839) sestrojený, liší se od Groveova pouze tím, že má v kyselině dusičné na místě platiny uhel k tomu cíli zvláště připravený.

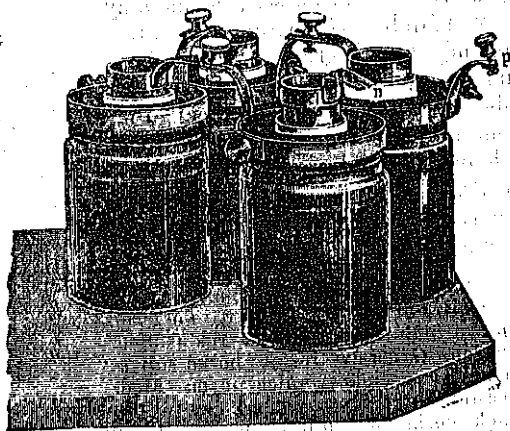
K řetězu Bunsenovu nemožno použití uhlí dřevěného, kteréž jest příliš pórovaté a nevodivé. Nejlépe hodí se k řetězu uhlí, které na vrchní stěně krivulí při dobývání svítiplynu se usazuje. Nejtvrdší kusy tohoto uhlí se rozmělní, s trochou mouru kamenouhelného a syroblem v tuhé těsto rozdělají, které pak ve válce se zdělá a na tvrdo upálí. Ostatně možno použití též prášku a kousků koku, jimiž nádoba se naplní, načež kyselina dusičná na ně se nalije.

5. Řetěz *Smeeův* (1840) záleží v tenké desce stříbrné, jemně rozmělněnou černí platinovou (Platinmohr) povlečené, kteráž mezi dvěma silnými deskami cinkovými, vně spolu spojenými tak zavěsena jest, aby nikde jich se nedotýkala. Desky jsou ve společné nádobě, zředěnou kyselinou sirkovou naplněné.

1. K účelům telegrafickým brává se na 80 dílův objemu vody 1 díl kyseliny sirkové.

2. *Callan* použil na místě desky stříbrné desky olovené poplatinované, neb ze železného plechu zhotovené, nejprve olovem povlečené a pak na povrchu

Obr. 462.



poplatinované. Místo kyseliny sirkové užíval *Callan* směsioniny ze 2 dílů kyseliny dusičné, 4 dílů kyseliny sirkové a 2 dílů roztoku salystru.

3. *Wollastonův* řetěz podobá se řetězu *Smeeově* a záleží v desce měděné, ve tvaru písmene U zahnuté, do prostřed jest pak zavěsena deska cinková, kterou tudíž deska měděná s obou stran obklopuje nikde se jí nedotýkají. Kapalina jest táž jako v řetězu *Smeeově*.

6. *Řetěz Satorickýj* (1854) skládá se z *uhlí*, černí, platinovou povlečeného, *cinku*, na dně nádoby vodorovně položeného a několik čárek zvýší rtuťí pokrytého, a kyseliny sirkové asi 10krátě větším objemem vody zředěné. Řetěz tento dává prý déle než rok stálý proud, anž potřebí čeho k němu přičiniti.

Rtuťí amalgamuje se deska cinková vždy poznovu. I v ostatních řetězích bývá cink na povrchu amalgamován.

b) Sestavíme-li více jednoduchých řetězů stálých tak, aby vždy kladný pól jednoho byl spojen se záporným pólem druhého, vznikne řetěz složený 6. batterie Daniellova, Groveova, Bunsenova atd. (obr. 462.). Spojíme-li pak všechny kladné póly vespolek a taktéž všechny záporné póly vespolek, povstane řetěz *velkodeskový*, jehož účinek jest tentýž jako řetězu jednoduchého o deskách rovnajících se součtu desk jednotlivých.

Batterie Smeeova bývá upravena tak, že kovové desky jsou zavěšeny v rámu dřevěném, tak že všechny současně do nádob s kapalinou se spustí neb z ní vytáhnouti se mohou.

2. *Mechanické, fysiologické a chemické účinky proudu galvanického.*

380. Mechanické účinky galvanického proudu jeví se pouze slabě u batterie otevřených. Každý z obou pólů silně, z mnoha jednoduchých řetězův složené batterie galvanické, působuje, byv s citlivým elektroskopem pozlátkovým spojen, slabě odpuzování pozlátek. Spojíme-li jeden pól dobrým vodičem se zemí, zdvojnásobí se napnutost elektrická na pólu druhém a pozlátka odpuzují se pak v úhlu dvakrátě tak velikém. O ostatních účinech mechanických pojednáno v odstavcích pozdějších.

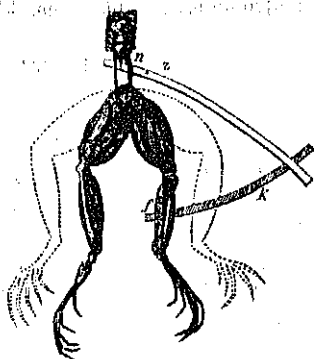
381. Fysiologické účinky galvanického proudu.

a) *Zkouška galvanická.* Na obr. 463 viděti zadní část těla žáby právě usmrcené.

S nohou jest kůže svlečena a dva neb tři poslední obratle jsou z páteře odejmuty, aby dva do nohou vbíhající svazky nervův *n* se odkryly a zadní nohy s páteří pouze těmito nervy souvisely. Dotkneme-li se

nervův *n* proužkou cinkovou *z* a svalův nohy *f* proužkou měděnou *k* a dotýkají-li se obě kovové proužky vespolek, vzniká uzavřený jednoduchý řetěz Voltův, jehož proud svaly a nervy probíhá a při každém uzavření a otevření řetězu silně trhání svalův působuje.

Obr. 463.



1. Jeden kov musí vždy dotýkati se nervů a druhý svalů a oba kovy musí v těch místech, kde těla žabího jakož i kde vespolek se dotýkají, míti povrch čistý a lesklý.

2. Stehénka žabí potrhují sebou v prvé hodině po usmrcení žáby účinkem proudu galvanického tak snadně, že jsou nejlépeším galvanoskopem.

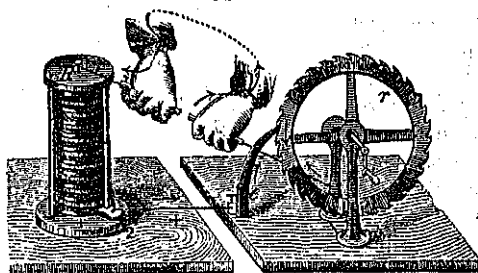
3. Podobně trhání sebou svalův jeví veškeré oudy živočišné, pokud jsou ještě čerstvé. Pijavice se smršťuje a roztahuje, dotýká-li se dvou kovů vespolek spojených; čerstvý zvířecí jazyk stahuje se velmi mocně, prochází-li jím proud galvanický; i na mrtvolách lidských byly zvláště od lékařů anglických podobné zkoušky konány.

4. Proud galvanický působí mocně též v čidla. Dotkneme-li se jedním koncem polárního drátu zavřeného víčka očního a druhým tváře, zasvitne se v oku; vložíme-li konce polárního drátu do uší, uslyšíme zvláštní hučení; na jazyku zplozkuje pól kladný chuť kyselou, záporný chuť žiravou; v nose působuje pól kladný necitelnost, záporný kýchání atd.

b) *Rány elektrické.* Navlhčíme-li u každé ruky jeden prst vodou slanou neb nakyslou, aby byla kůže lépe vodivou, a dotkneme-li se jedním prstem pólu kladného a druhým pólu záporného sloupu Voltova asi z 50 článkův složeného, ucítíme okamžité otrávení, t. j. ránu elektrickou, která jest tím silnější, čím více jednotlivých článkův v sloup spojeno. V okamžiku, kde prsty obou pólův se dotýkati přestanou, ucítíme opět ránu elektrickou, kteráž jest silnější než při uzavření sloupu. Pokud jest sloup tělem lidským uzavřen, nevzbuzuje žádného pocitu, vyjímaje pouze proud velmi silný, který v místech, kde do těla vchází, palčivost působuje.

Mají-li elektrické rány rychle za sebou následovati, potřebí, aby sloup (neb batterie) rychle se uzavíral a otevíral, čehož možno docíliti nejjednodušším způsobem, klepáme-li rychle prsty na oba póly, kovovými

Obr. 464.



kulemi neb válci ukončené. K rychlému přerušování proudu užívá se často zvláštních přístrojův, z nichž zobecnělo nejvíce kolečko Neefovo (1836), t. j. ozubené kolečko měděné r (obr. 464), které pomocí proužky e s jedním pólem sloupu Voltova spojeno jest a klikou okolo osy rychle se otáčí, čímž

proužka hned zubu kolečka se dotýká, hned opět vzduchem s jednoho zubu na druhý přeskakuje, tak že proud rychle se přerušuje.

1. Na místě ozubeného kolečka používá se též kotouče měděného, na obvodu četnými výřezy, blízko sebe stojícími a slonovinou neb dřevem vyplněnými, opatřeného. Při rychlém otáčení kotouče dotýká se proužka e (obr. 404) hned mědi, hned opět slonoviny neb dřeva, čímž proud rychle se přerušuje.

2. Spojíme-li jeden konec polárního drátu s válcem kovovým, jež vezmeme do ruky, slanou neb nakyslou vodou navlhčené, je-li druhý konec drátu spojen s pilníkem a vezmeme-li do druhé taktéž navlhčené ruky válec kovový, špičatě ukončený, a posouváme-li špičku válce rychle sem a tam po pilníku, tož působí pilník právě tak jako Neefovo kolečko.

3. Je-li proud dosti silný, ucítí i více lidí, kteří za navlhčené ruce se držíce řetěz utvoří a z nichž první jednoho a poslední druhého pólu sloupu Voltova se dotýká, ránu elektrickou, kteráž jest tím slabší, čím více lidí se řadíno.

4. Fysiologických účinkův proudu galvanického užívá se v době největší též v lékařství ku křesení zdnalivě mrtvých jakož i k jiným účelům.

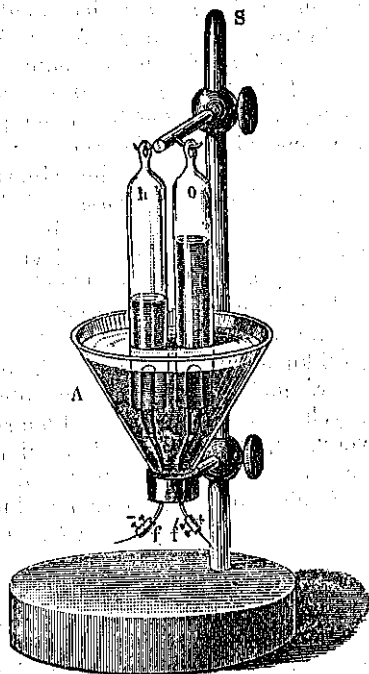
382. Chemické účinky galvanického proudu. a) *Rozklad vody.* Spojíme-li drát f' (obr. 465.), který v malou desku platinovou vybíhá, s pólem kladným a druhý takový drát f s pólem záporným silného řetězu galvanického a naplníme-li nádobu A , jakož i obě nádoby o a h vodou, do které něco kyseliny sirkové přidáno, aby byla vodivější, tož vylučuje se na kladném pólu kyslík o a na pólu záporném vodík h . Jsou-li nádoby o a h v stejné díle rozděleny, shledáme, že na kladném pólu jeden objem kyslíku a na pólu záporném dva objemy vodíku se vylučují, z čehož patrnó, že proudem voda v prvky své se rozkládá.

b) *Rozklad jiných těl.* Podobným způsobem jako voda rozkládají se galvanickým proudem též mnohá jiná chemicky složená těla jmenovitě *kysličníky kovův*, jež rozkládají se tím způsobem, že vždy na pólu kladném kyslík a na pólu záporném kov se vylučuje, z čehož patrnó, že kyslík záporně a kov kladně elektrickým jest. Rozkládají-li se proudem sloučeniny kovů s chlórem, jódem a brómem, vylučuje se chlór, jód neb bróm na pólu kladném.

Rozkládá-li se proudem sůl, vylučuje se kyselina na pólu kladném a zásada na pólu záporném. Kyselina jest tudíž záporně a zásada kladně elektrickou.

1. Chemické účinky proudu batterie galvanické jsou tím mocnější, čím více jednoduchých řetězův v batterii složeno.

Obr. 465.



2. Má-li tělo proudem se rozložit, musí býti dobrým vodičem elektrického proudy. Pevná těla musí se tudíž v kapalině rozpustiti aneb se roztopiti, aby zkapalněla.

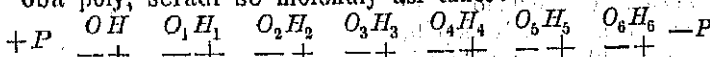
3. Rozklad soli možno jednoduchým způsobem znázorniti. Zbarvíme-li ku př. roztok soli Glauberovy (NaO.SO_3) modrou rostlinnou barvou (ku př. lakmusem), objeví se kapalina na pólu kladném *červená*, na pólu záporném *zelená*, což důkazem, že na + pólu kyselina (SO_3) a na záporném zásada (NaO) se vyloučila.

4. Rozklad vody proudem galvanickým pozoroval nejprve *Nicholson* (1800). Pověstnou ohromnou baterii rozložil *Davy* později (1807) mnohá těla, jmenovitě žraviny a zeminy, jež až po tu dobu za prvky se pokládaly, a objevil takto mnohé až do té doby neznámé prvky, jako ku př. draslík (rozkladem hydrátu draselnatého), sodík a j.

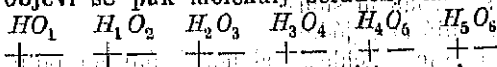
c) *Elektrochemické názvosloví*. Faraday nazval chemický rozklad, účinkem proudu elektrického povstávající, *elektrolysou*; těla, která proudem se rozkládají, nazval *elektrolyty*. Oba póly batterie zovou se *elektrody* a sice kladný *anoda*, záporný *kathoda*. Části elektrolytu jmenují se *iony*; část, která na + pólu se vylučuje, slove *anion*, část na — pólu se vylučující zove se *kation*.

383. Theorie elektrolytická. a) Rozkládá-li se proudem voda, soudil by každý, že na pólu kladném při vyloučení každé rovnomocniny kyslíku (O) *uvolňuje se* jedna rovnomocnina vodíku (H) a že taktéž na pólu záporném při vyloučení každé rovnomocniny vodíku (H) *uvolňuje se* jedna rovnomocnina kyslíku (O). Zkušenosť učí však, že na pólu kladném *pouze kyslík* a na pólu záporném *pouze vodík* se objevuje.

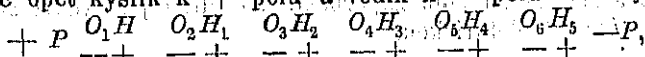
Grotthuss (1805) vykládá tento výjev následovně: V každé molekule vody dotýkají se vespolek vodík a kyslík, čímž stává se vodík H kladně (+) a kyslík O záporně (—) elektrickým. Električnosť kyslíku a vodíku nemůže jeviti se, poněvadž jsou molekuly tak nepravidelně rozloženy, že obě protivné električnosti v účinech svých vespolek se ruší. Ponoříme-li však oba póly batterie do vody, seřadí se molekuly mezi nimi ležící tak, že + el. vodík směřuje k — pólu a — el. kyslík k + pólu. Značí-li tudíž $+P$ a $-P$ oba póly, seřadí se molekuly asi takto:



Pól $+P$ vyloučí a přitáhne — O nejbližší molekuly a tolikéž vyloučí a přitáhne též pól $-P+H_6$ nejbližší molekuly. Volný vodík H sloučí se pak s kyslíkem O_1 , vodík H_1 s kyslíkem O_2 atd., tak že objeví se pak molekuly seřazené takto:



Dalším účinkem obou pólův převrátí se pak celá tato řada, tak že opět kyslík k + pólu a vodík k — pólu směřuje, totiž:



načež opět obě krajné molekuly se rozkládají a vše jako z prvu se opětuje.

Podobným způsobem možno vyložiti též rozklad každého jiného elektrolytu.

b) Ze zkoušek seznány následující zákony elektrolytické:

1. *Rozlišovací síla č. chemická činnost proudu elektrického jest v každém průřezu polárního drátu stejně veliká.* Vložíme-li do drátu polárního více přístrojův k rozkladu vody upravených a jakkoliv od sebe vzdálených, rozloží se v každém z nich za tentýž čas totéž množství vody.

2. *Váha těla proudem rozloženého jest poměrna onomu množství električnosti, kteréž za určitou dobu tělem tím bylo prošlo.* Vedeme-li polární drát do přístrojek rozkladu vody, rozloží se za jistý čas jisté množství vody; rozdělíme-li však drát ve dvě větve a vedeme-li každou větev do jednoho přístroje s vodou, rozloží se za týž čas jako dříve v obou přístrojích dohromady právě tolik vody, kolik se jí bylo rozložilo dříve v přístroji jediném.

Prochází-li elektrolytem nkrát více električnosti, rozloží se ho taktéž nkrát více. Přihlížíme-li též ku času, můžeme z množství rozloženého elektrolytu sílu proudu posouditi. Jestliť zajisté onen proud nkrát silnější, který v témž čase nkrát více elektrolytu rozkládá. V tom zakládá se *Faradayův chemický proudoměr* č. tak zvaný *voltametr* (obr. 465.), kterým síla proudu z množství rozložené vody se určuje.

Za jedničku síly proudu beže se dle *Jacobiho* onen proud, kterým zplozují se z vody za 1 minutu 1 krychlený centimetr třáskavého plynu při teplotě 0° a tlaku vzduchu 760^{mm} .

Ve voltamtru netřeba každý plyn sám o sobě jímati, obyčejně jímají se v jediné, na stejné síly objemu rozdělené nádobě. Poněvadž voda jen silnějším proudem se rozkládá a proud, když delší čas ve voltamtru působí, značně ochabuje, tak že pouze průměrnou, nikoliv však původní sílu jeho lze měřiti, užívá se ku měření síly proudu jiných dokonalejších přístrojů.

3. *Prochází-li tentýž proud elektrolyty rozličnými sloučeninami (podvojnými neb počtvěrnými), jsou ty které váhy vyloučených částí v témž poměru jako chemické rovnomocniny jejich.*

Rozloží-li tudíž proud v jistém čase ku př. 9 grammů vody v 8 dílů kyslíku a 1 díl vodíku, tož rozloží týž proud za týž čas 143.5 grammu chlóridu stříbrnatého v 35.5 dílů chlóru a 108 dílů stříbra.

c) Ze zákonův elektrolytických vykládali někteří znamenití učenci (*Davy, Bérzelius a Faraday*) na počátku tohoto století slučivost chemickou v ten způsob, že dva různorodé atomy, dotýkajíce se vespolek, stávají se protivně elektrickými. Čím větší jest pak hustota električnosti, tím silnější jest též chemická slučivost atomův. Řada napnutosti (odst. 376.) značí tudíž také větší neb menší chemickou slučivost těch kterých prvkův. Důležitější prvky jsou pak seřaděny z nabytých zkušeností takto: (—) O, S, N, Cl, Br, J, P, As, C, Cr, Sb, Pt, Au, Pd, Hg, Ag, Cu, Bi, Co, Ni, Fe,

Cd, Sn, Pb, Zn, H, Mn, Al, Mg, Ca, Sr, Ba, Li, Na, K, Rb, Cs (+).
Oba krajné prvky jsou tudíž (-) O a (+) Cs.

1. Mají-li dvě látky tutéž električnost, nemohou vespolek chemicky se sloučiti (*Davy 1824*). Dotkneme-li se desky měděné cínkem, nahývá měď —*E* a nemůže se sloučiti s kyslíkem, který má taktéž —*E*. Z toho patrné, že proudem elektrickým chemická slučivost překaziti se může, jmenovitě možno zameziti okysličování kovu jednoho pomocí kovu druhého s ním spojeného, kterýžto poslední pak ovšem tím silněji se okysličuje.

Davy navrhoval, aby na měděný plech, kterým bývají lodí pobity, upevnily se sem tam prouhy cínkové neb železné, kteréž by měď chránily tak, že by zůstala v mořské vodě zcela čistá. Poněvadž však na čisté mědi živočichové mořští se osazují, nechrání se plech měděný na lodích před škodlivým účinkem mořské vody. — Železná kotle v solivarech bývají cínkem před okysličováním chráněny. — Železné hřeby, kterými měděný plech na střechy se přibíjí, zrezaví velmi brzy. — Rtuť jinými kovy znečištěná okysličuje se velmi rychle. — Ocelové nože s cínkovými sířenkami nezrezaví.

2. Železný drát, ponořený do zředěné kyseliny dusičné, mající menší hustotu než 1.35, rozpouští se v kyselině velmi snadně, v sehnané kyselině dusičné pak se nerozpouští. Byl-li drát dříve do sehnané kyseliny dusičné ponořen, nerozpouští se pak ani v kyselině zředěné a chová se tudíž chemicky netečně čili (dle *Schönbeina*) *trpně*. Tato chemická netečnost železa vykládá se tím, že pokrývá se železo v sehnané kyselině dusičné jemnou vrstvou kysličníku železitého neb železnatého. Poněvadž pak vrstva kysličníku záporně elektrickou jest, nemůže železo vrstvou tou pokryté dále se okysličovati a neruší se tudíž ve zředěné kyselině dusičné.

Podobným způsobem jako železo mohou i jiné kovy jako: měď, cín, vismut atd. chemicky netečnými se státi.

384. Polarizace galvanická. a) Vyloučíme-li oba proužky platinové z voltmetru (obr. 465.), když v něm voda proudem nějakou dobu se rozkládala, a spojíme-li je drátem, tož vzniká proud, jehož směr jest *protivný* směru proudu původního, z čehož patrné, že původní proud, ve voltmetru kolující, tímto protivným proudem se *oslabuje*. Původ tohoto protiproudu zove se *elektrickou* č. *galvanickou* neb *voltovskou polarizací*.

Příčina protiproudu jest ta, že na kladném pólu záporně elektrický kyslík a na pólu záporném kladně elektrický vodík se zhušťuje a že oba tyto plyny pak co elektrobudiči působí. Polarizovaný voltmetr jest tudíž téměř galvanický řetěz, ve kterém jsou na místě kovů plyny.

Polarizace galvanická vzniká i v jiných případech, když součástí kapalin proudem rozložených na obou pólech se nahromadí na povrchy kovů v řetězu obsažených pokrývají.

b) *Proud polarizační trvá jen krátký čas.* Spojíme-li oba póly voltmetru drátem, přerušivše proud původní, tož rozkládá

se protivným proudem voda; na pólu, na kterém dříve vodík se vylučoval a se zhustil, osazuje se nyní kyslík, který s vodíkem se spojuje, což také na pólu druhém se děje, pročež proud polarisačný brzy se ruší.

c) *Batterie polarisačná* skládá se z desk platinových v sloup tak seřazených, že mezi dvěma deskami sousedními jest vždy plstěný kotouč, navlhčený slanou neb nakyslou vodou. Spojíme-li obě krajné desky drátem, nedává batterie proudu žádného. Prochází-li však dříve deskami silný proud galvanické batterie, tož dává pak batterie, když tento proud se přeruší, silný proud polarisačný, kterým voda se rozkládá a který jeví vůbec všecky účinky proudu galvanického. Proudem původním rozkládá se totiž voda a na každé desce platinové osazuje se s jedné strany kyslík a s druhé strany vodík, pročež každá jednotlivá deska stává se řetězem jednoduchým, majícím oba póly.

Dle návodu *Ritterova* (1803) potřebí ku polarisování této batterie silného proudu galvanického, poněvadž proud ten musí vodu rozkládati a silný odpor kapaliny přemáhati. Dle návodu *Poggendorfova* (1844) možno polarisovati batterie proudem jediného řetězu jednoduchého, sestaví-li se platinové desky v ten způsob, aby vždy po dvou skládaly voltametr. Spojíme-li pak jednu řadu desk těchto voltametrů s pólem kladným a druhou řadu s pólem záporným řetězu jednoduchého, přerušíme-li velmi brzy a rychle proud a spojíme-li pak desky vespolek tak, aby vždy kladná jednoho voltametru stýkala se se zápornou druhého, tož vznikne proud polarisačný, který jest tím silnější, čím více desk platinových použijeme.

1. Tak zvané *batterie plynové* (ku. př. *Groveova*) liší se od batterie polarisačných pouze tím, že plyny z venčí ku deskám se přivádějí.

2. Poněvadž proud polarisačný pouze krátkou dobu trvá, musí batterie často a rychle za sebou se polarisovati, k čemuž slouží zvláštní od *Poggendorfa* sestavený přístroj. — Velmi silnou batterie polarisačnou s jediným řetězem jednoduchým sestrojil *Thomson* (1864).

385. Chemická činnost proudu v řetězech galvanických. a) V řetězu *Voltově* (odst. 377.) rozkládá se účinkem proudu voda zředěné kyseliny sirkové a sice osazuje se kladný vodík na záporné mědi, záporný kyslík pak na kladném cinku, kdež vzniká pak kysličník cinečnatý (ZnO), který s kyselinou sirkovou v síran cinečnatý ($ZnO.SO_2$) se slučuje a ve vodě se rozpouští, načež proudem opět se rozkládá. Záporná kyselina sirková osazuje se pak na kladném cinku a kladný kysličník na záporné mědi, kdež pak záporný kyslík kysličníku s kladným vodíkem na mědi vyloučeným ve vodu se slučuje a tudíž cink na mědi se osazuje. Poněvadž postup ten ustavičně se opětuje, pokrývá se pohnáhlu měděná deska na celém povrchu cinkem. Osazováním se vodíku přestává deska měděná hned s počátku se dotýkati kapaliny, pozdějším osazováním se cinku dotýčnost ta ještě

více se zamezuje, čímž proud značně ochabuje. Kromě toho vzniká dotýkáním se vodíku a cinku s mědí v řetězu proud nový, jehož směr jest protívny směru proudu původního, čímž proud hlavní ještě více se zeslabuje, tak že konečně, když deska měděná cinkem zcela se pokryla proud hlavní zcela přestává ano někdy i proud ve směru protívném vzniká.

b) V řetězu Daniellově (odst. 379. 1.) prochází proud pórami nádoby hlíněné, poněvadž částice kapaliny póry tyto vyplňují; síran cinečnatý, který na cinku se byl utvořil, nemůže však pórami těmito pronikati, pročež zůstává v zředěné kyselině sirkové rozpuštěn u cinku. Síran měďnatý rozkládá se pak proudem v kyslíčnk měďnatý, který na mědi se osazuje, kdež pak záporný kyslík s kladným vodíkem, který z vody proudem rozložen tam se byl nashromáždil, vodu skládá a vyloučená čistá měď desku měděnou pokrývá, pročež měď vždy čistou zůstává. V řetězu Daniellově jest tudíž proud tak dlouho stálý, pokud zůstává roztok skalice modré nasycen.

c) V řetězu Groveově a Bunsenově (odst. 379. 3., 4.) zůstává taktéž síran cinečnatý při cinku, vodík na platině a uhlu vyloučený spojuje se však s částí kyslíku dusičné kyseliny, čímž vzniká voda a kyselina dusičelá, kteráž co pára uniká. Platina a uhlí zůstávají tudíž vodíku prosty.

d) V řetězu Smeeově (odst. 379. 5.) zabráňuje drsný povrch černí platinové osazování se vodíku na desce stříbrné.

Poněvadž ve všech řetězech cink s kyslíkem se slučuje a tudíž ustavičně se ruší, brávají se desky cinkové velmi silně, aby déle vytrvály.

Používání chemických účinků proudu galvanického.

386. Galvanoplastika. a) Jak v předcházejícím odstavci vytknuto, osazuje se kov, z příslušné soli proudem vyloučený, vždy na záporném pólu řetězu. V řetězu Daniellově pokrývá se měděná deska za nějaký čas mědí tak úplně, že povstává nová deska měděná, kteráž s desky prvotní sloupnouti se může. Jsou-li na prvotní desce zvýšeniny a prohlubiny, objeví se na desce, jež na ní byla se osadila, otisk jejich obrácený č. negativní, t. j. zvýšeniny budou prohlubeny a prohlubiny zvýšeny. Použijeme-li pak tohoto negativního otisku co pólu záporného, vytvoří se na něm z mědi nový otisk pozitivní, který desce prvotní zcela se podobá. Takovýmto způsobem možno dělati otisky rozličných výrobků uměleckých, ku př. rytin, peněz, medailí, pečetí, pamětných desk, sošek a jiných věcí ozdobných, matic tiskařského písma, listů a plodů rostlinných atd., jakož i stereotypy a jiné oplesky (cliché) knihtiskařské atd.

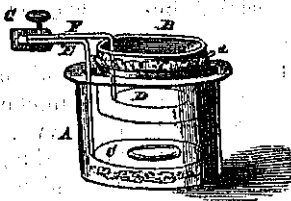
b) Ku galvanickému otiskování užívá se rozličných přístrojů, z nichž jednodušší mají úpravu řetězu Daniellova, ve kterém před-

mět, jehož otisku chceme nabýti, na záporný pol. dobrým vodičem se připevňuje.

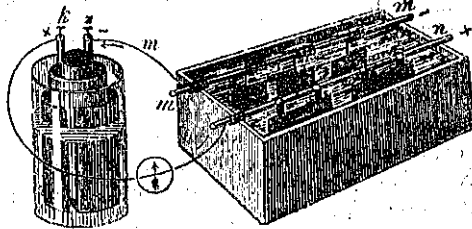
Jednoduchý přístroj galvanoplastický znázorněn obr. 466. Do skleněné nádoby *A* zavěsí se kratší a užší válec skleněný *B*, na spodu kusem navlhčeného měchýře obvázaný. Do nádoby *A* nalije se roztok modré skalice a do nádoby *B*, jejíž dno měchýř tvoří, zředěná kyselina sirková. Do roztoku skalice modré dá se pak měděná deska *C*, na kterou připevní se peníz aneb předmět, který má se otisknouti, a do zředěné kyseliny dá se deska cinková *D*. Dráty neb kovové proužky *E* a *F*, z nichž jest jedna spojena s mědí, druhá s cinkem, spojí se pak šroubkem *G* vespolek, načež jest řetěz uzavřen a proud chemickou činností svou započne.

K otiskování větších předmětů slouží dřevěné uvnitř vysmolené aneb olověnými deskami pokryté truhlíky, roztokem modré skalice naplněné, do kterých zavěsí se desky měděné vždy po dvou naproti sobě (obr. 467.). Jedna z desk spojí se s pólem kladným, druhá s pólem záporným slabého řetězu galvanického. Předmět

Obr. 466.



Obr. 467.



kteřý se má otisknouti, připevňuje se na té desce, která jest se záporným pólem spojena. Při této úpravě přístroje vylučuje se ze skalice měď a osazuje se na předmětu, uvolněná kyselina sirková, která na pólu kladném se vylučuje, spojuje se tam ihned s kyslíkem a mědí a tvoří opět skalici, tak že roztok vždy solí nasycen zůstává, pročež potřebí teprv po delším čase měděné desky, jež s pólem kladným se spojují, novými nahraditi.

1. Účinkem endosmosy (str. 160.) směšuje se v jednoduchém přístroji galvanoplastickém roztok skalice modré s roztokem skalice bílé a jest tudíž potřebí za nějaký čas roztok modré skalice jiným čistým roztokem nahraditi.
2. Poněvadž cink proudem se ruší a z roztoku skalice modré měď se vylučuje, nutno po čase cink jiným čistým a na povrchu amalgamovaným cínkem nahraditi a o to pečovati, aby zůstal roztok skalice vždy nasycen. K tomu cíli zavěsí se do roztoku vyhraněná skalice a roztok se častěji zaměchá, aby byl ve všech vrstvách stejnoměrně skalicí nasycen.
3. Dráty *E* a *F* (obr. 466.) musí býti tlusté, poněvadž proud lépe vodí. Aby vyloučená měď na drátu *B* a na desce *C* se neosazovala, pokrývá se drát vrstvou vosku aneb jiného špatného vodiče.
4. Čím rychleji měď na katodě se sráží, tím hrubší, zrnatější a křehčí

jest pak otisk. Má-li měď jen pozvolna na předmětu se osazovati, musí být proud *slabý*, proto brává se kyselina sirková silně zředěná (na 1 díl kyseliny 20—40 dílů vody). Ochábne-li později proud, může se něco kyseliny přidati.

5. Předmět, který má se otisknouti, musí být na povrchu čistý a potře se slabě olejem olivovým, aby osazený otisk snáze s něho sloupnouti se mohl, načež měkkým pijavým papírem se osuší. Někdy postačí, když pouze okraj předmětu se potře. Otisk sloupne se nejnáze ostrým nožiku. Místa, na kterých nemá měď se osaditi, pokryjí se vrstvou špatného vodiče (vosku, stearinu a t. p.). Často dělají se *negativné* otisky z vosku a stearinu neb gutaperčy, kteréž pak, když ztuhly, jemnou štětičkou práškem tuhým se natírají, aby byly vodivé, načež do přístroje se vloží. Tím ušetří se práce a uchrání se předmět před pohromou. Z penězův a medailí hotoví se dva otisky, které se pak spájí a na pájce osadí se opět měď. Taktéž dělají se otisky předmětů větších v několika oddílech, kteréž pak se spájí. — Listy a plody rostlinné se nejprve práškem tuhým potírají a pak teprv do přístroje galvanoplastického kladou. — Dle návodu *Auerova* kladou se usušené listy rostlinné aneb i jiné předměty mezi desku ocelovou a olověnou; obě desky protáhnou se pak mezi dvěma válci a stlačí se tak silně, že na olověné desce vznikne negativný otisk, z něhož pak galvanoplasticky otisky pozitivné se zhotovují.

6. *Kastner* pozoroval prý nejprve (1821), že stříbrný peníz v roztoku modré skalice mědi se povlekl, když cinkem se ho dotknul. — *Jacobi* podal (1838) nejprve návod, kterak by se mělo užívati srážení se mědi k účelům praktickým. Brzy na to oznámil *Spencer*, kterak si galvanoplasticky opatřil odlišky penězů, jež nazval elektrotypy. — Nejznamenitější dílny galvanoplastické jsou v státní tiskárně ve Vídni, v zeměpisných ústavech v Gothě a Výmaru a dílna Ondryho v Paříži, kteráž ročně 1000 centů modré skalice a 2400 centů cinku spotřebuje.

387. Galvanické pokovování. Povelkání předmětů tenkou vrstvou kovu, ku př. zlata, stříbra, platiny atd., čili galvanické *pozlacování, postříbřování, poplatinování* atd., zakládá se ve vylučování se kovu na pólu záporném právě tak, jako galvanoplastika. Na místě roztoku skalice modré užívá se kapalin jiných, z nichž ten který kov (zlato, stříbro, platina atd.) proudem galvanickým se vylučuje. Přístroje bývají upraveny obyčejně tak, aby kapalina zahřívati se mohla (obr. 468.), poněvadž zvýšením teploty kapalin vylučování kovu se urychluje.

1. Má-li se pozlatiti neb postříbiti pohár neb jiný dutý předmět jen uvnitř, ovino se drát pólu záporného vně okolo poháru, do poháru dá se pak ta která kapalina, do níž ponoří se drát pólu kladného tak, aby se poháru nikde nedotýkal. Aby zůstal roztok vždy nasycen, zavěšuje se na + drát plátek toho kovu, který má se na poháru srážeti.

2. Než předmět do přístroje se vloží, musí být dokonale očistěn, předměty železné neb ocelové, mají-li být pozlaceny, povlekají se nejprve galvanoplasticky mědi. Jiné předměty z látek nevodivých potírají se práškem tuhým, pak se povlekají mědi a potom teprv se pozlacují. Místa, na kterých vyloučený kov osazovati se nemá, pokryjí se špatným vodičem.

3. K *pozlacování* brává se 1 díl chloridu zlatnatého, 8 dílů kyanidu draselnatého a 100 dílů vody. — Ku *postříbřování* slouží 1 díl chloridu stříbrnatého, 6 dílů kyanidu draselnatého a 100 dílů vody. — K *poplatinování* užívá se 1 dílu kyanidu platinatého, 10 dílů krevné soli a 100 dílů vody. — K *poměďování* potřebují kyanidu mědnatého a draselnatého. — Použijeme-li příslušných kapalin, můžeme předměty též *pocínovati, pocínkovati* atd.

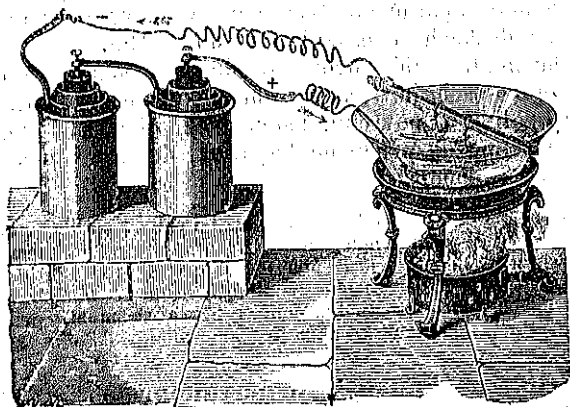
4. Menší předměty pozlacují a postříbřují se, vložíme-li je do kapaliny, která asi k 60°C se zahřála a do které trochu kuchyňské soli bylo přidáno,

a dotýkáme-li se jich cinkovou tyčinkou. — Velmi tenká vrstva kovu sráží se na předmětu, když do příslušného roztoku se ponoří, aniž potřebí jiným kovem předmětu se dotýkati. Vylučujeť se totiž z roztoku ku př. zlato a osazuje se na předmětu, na místě vyloučeného zlata roztéká se pak v kapalině kov, z něhož předmět byl zhotoven.

5. Jak silná jest vrstva zlata neb stříbra, která na povrchu předmětu se usadila, seznáme z váhy, které pozbylo zlato neb stříbro na pólu kladném zavěšené, vypočteme-li, mnoho-li se osazuje zlata za jistou dobu na povrchu určité velikosti.

6. Předmět musí se vícekrátě z kapaliny vyjmouti a pomocí drátěného kartáčku práškem z vinného kamene očistiti.

Obr. 468.



7. Druhdy pozlacovaly a postříbrovaly se předměty pouze v ohni. K tomu cíli vložil se vyčištěný předmět do kapaliny portulovací, kdež se pokryje tenkou vrstvou rtuť, načež rozetře se na něm štětkou amalgama zlatá neb stříbrná. Vypálí-li se pak předmět, odchází rtuť v parách a zlato neb stříbro zůstává na něm co vrstva houbovitá, která hladce oceli se vyleští. — Jiný způsob jest tak zvané plátování. Silná deska měděná spojí se horkem s tenkým plochem zlatým neb stříbrným, který na plech potřebné tloušťky se vyválí a z něhož pak rozličné předměty se hotoví. — Galvanické pozlacování a postříbrování poskytuje mnohých výhod, jmenovitě i té, že možno lesk povrchu zvýšiti neb snížiti. Přidá-li se ku př. do roztoku chlórdu stříbrného něco sirouhlíku, osazuje se stříbro dokonale lesklé. Vrstva zlata neb stříbra může se udělati jakkoliv silná, nesmí však býti příliš slabá, poněvadž zlato ku předmětu nelze nikdy tak pevně jako když byl v ohni pozlacen.

8. Brugnatelli povlekl již r. 1803 dva stříbrné peníze pomocí proudu galvanického vrstvou zlata.

388. Galvanochromie (Metallochromie). a) *Barevné kruhy Nobiliho.* Pokryjeme-li vodorovně položenou, pečlivě vyčištěnou desku měděnou, stříbrem plátovanou, asi 2^{mm} zvýší roztokem octanu olovnatého, spojíme-li desku s pólem kladným slabé galvanické batterie a ponoříme-li platinový drát jedním koncem s pólem záporným spojený, druhým zašpičatělým koncem do roz-

toku octanu, tak aby od desky $\frac{1}{2}$ ''' odstával, tož se vytvoří na desce velmi pěkné, barevné kruhy, které *Nobili* (1826) nejprve pozoroval. Je-li deska plátovaná zlatem neb platinou, jsou kruhy tyto ještě krásnější. Je-li deska pokryta octanem mědnatým a spojena s pólem záporným a je-li drát platinový spojen s pólem kladným, vzniknou taktéž barevné kruhy, kteréž slovou „zápornými“, na rozdíl předešlých, jež „kladnými“ se nazývají.

b) *Nobili* jakož i jiní fysikové činili zkoušky s rozličnými kapalinami a shledali, že jsou kruhy tím krásnější, čím záporněji elektrická jest deska kovová (odst. 383. c); na deskách silně kladně elektrických nepovstávají žádné kruhy.

c) Barevné kruhy vznikají tím, že účinkem proudu z kapaliny kladně neb záporně elektrické látky se vylučují a ve vrstvách tenkých na deskách se osazují (viz odst. 266.).

d) Chceme-li malé kovové předměty (poháry, zvonky atd.) před rezavěním zachrániti aneb jim pěkné barvy dáti, vyčistíme je nejprve bedlivě na povrchu, načež je spojíme s + pólem slabé batterie a vložíme do příslušné kapaliny, do které pak drát s — pólem spojený se ponoří.

1. Nejjednodušším způsobem povstávají kruhy *Nobiliho*, nalijeme-li na hadkou lesklou desku stříbrnou octanu mědnatého a dotkneme-li se pak desky shora skrze kapalinu přístřenou tyčinkou cinkovou.

2. Trvá-li proud déle aneb je-li silnější, osadí se silnější vrstva látky, z kapaliny vyloučené, na předmětu, čímž i barva se mění, pročež potřebí k tomu přihlížeti, aby předmět z kapaliny se vyňal, jak mile žádané barvy nabyt.

389. Galvanokaustika a galvanografie. a) Potřeme-li čistou desku měděnou pokostem a vyryjeme-li na ní nějaký nákras, tož bude deska v těch místech, jež nákras zaujal, pokostu prosta. Spojíme-li pak desku s kladným pólem a zavěsíme-li ji do přístroje galvanoplastického, tož utvoří se na mědi v místech pokostu sproštěných kysličník mědnatý, který s kyselinou sirkovou v síran mědnatý se sloučí a pak ve vodě roztoku se rozpustí, čímž v desce vyhlubený nákras povstane. Galvanoplastický otisk této desky dá pak nákras vypuklý. Tento způsob leptání kovu zove se *galvanoleptačství* č. *galvanokaustika*.

Vynálezcem galvanokaustiky jest *Osann*.

b) *Galvanografie* č. zobrazování kresby proudem galvanickým záleží v tom, že na měděné, postříbené desce dobře vyčistěné a uhlazené, vymaluje se obraz příslušnou barvou (rudkou, s roztokem vosku utřenou a v terpentínové silici, do níž něco dammarské pryskyřice přidáno, rozpuštěnou) tak, aby byly vrstvy barvy tím silnější, čím temnější jsou místa obrazu. Když pak jest obraz hotov, potře se práškem tuhovým a dá se do přístroje galvanoplastického, kdcž tak dlouho se ponechá, až dosti silná vrstva mědi na něm se usadí. Ta se pak odloupne a užívá se k tisku.

Galvanografií vynalezl *Kobell* v *Mnichově* (1842).

3. Účinky světla a tepla proudu galvanického.

390. Galvanické světlo a teplo s ním spojené. a) Při každém uzavření a otevření řetězu galvanického objevuje se na dotýčeném místě vodiče malá jiskra, kteráž jest tím *jasnější*, čím čistší jest polární drát v tom místě, kde proud se přerušuje neb uzavírá. Je-li drát v tom místě amalgamován, jeví se jiskra velmi jasná, poněvadž rtuť neb uhlí proudem se spaluje.

K účinkům světla a tepla užívá se nejčastěji řetězů *velkodeskových*, čehož příčiny vyloženy jsou na místě příslušném. Nejlépe možno pozorovati jiskry na kolečku *Naefově* (obr. 464.).

b) Vedeme-li od obou pólů silné batterie Bunsenovy neb Groveovy dráty, kuželi z uhlí neb koku ukončené, a postavíme-li kužele špičkami proti sobě až se dotknou, načež je opět od sebe vzdálíme, tož se objeví, pokud jsou si špičky blízko, mezi nimi světlý oblouk, nad míru jasný, složený ze světla žhavých částec uhlí, jež od jednoho pólu ke druhému se přenášejí. Při tom rozpaluje se uhlí až do běla a v světlém oblouku taví a vyparuje se zlato, stříbro ano i platina již za několik vteřin.

1. Poněvadž částice uhlí od jednoho pólu ke druhému, nejvíce však *od kladného pólu k zápornému* přecházejí, ubývá uhlí čím dále tím více, tak že vzdálenost obou kuželů stává se vždy větší a světlo vždy méně jasné. Potřebí tudíž kužele čas po čase opět k sobě přiblížiti, k čemuž užívá se přístrojů, o kterých pojednáno v odst. 399.

2. Ve prostoru vzduchoprázdném jest žhavý oblouk mnohem jasnější a uhlí tak silně nenubývá, neboť nespaluje se, nemaje potřebného kyslíku. V bání skleněné, neprodyšné uzavřené, stráví se kyslík ve vzduchu obsažený velmi brzy, načež i spalování uhlí ustane.

3. Veliká jasnost světla elektrického vzbudila ihned myšlenku, nedalo-li by se užiti ho k účelům praktickým, jmenovitě k osvětlování ulic, majákův atd. Seznalo se však brzy, že světlo, na blízku až příliš jasné, ve vzdálenosti již značně se trátí a tudíž k osvětlování náměstí a ulic z jednoho místa se nehodí. Rozvádění však proudu na více míst zůstalo by bez prospěchu pro drahotu zřídla proudu. K osvětlování místností uzavřených nehodí se pro elektrické světlo pro lesk oslňující. V Paříži a Londýně užíválo se s spěchem světla elektrického při stavbách v noci. Nejlépe slouží však světlo osvětlené krajín podmořských, poněvadž nepotřebuje kyslíku. Užívá se to k osvětlování krajín podmořských, kdež slunce jím se nápodobuje, při zkouškách optických, zvláště při *fluorescenci* (str. 314.); taktéž může sloužiti vhodně i fotografům.

4. Na pólu záporném se objevuje nejprve světlo, na pólu kladném nejprve teplo. I později dává pól záporný více světla a pól kladný více tepla. Porovnáním dokázalo se, že batterie 40 Bunsenových řetězů obyčejné velikosti dává světlo též světlosti jako 500 voskových svíček. Ze 100 řetězů povstává světlo již tak mocné, že oči sněsí ho nemohou a plameny svítiplynu, od něho osvětlené, stíny dávají. Opatříme-li konce drátu polárního kuželi železnými, jež špičkami k sobě přiblížíme, tož objeví se taktéž na pólu záporném světlo a na pólu kladném teplo.

391. Galvanické teplo a světlo s ním spojené. a) Spojíme-li póly galvanického řetězu *tenkým, krátkým* drátem *železným*,

aneb velmi tenkým a kratičkým drátem platinovým, tož se rozžhává dráty brzy až do běla a spalují neb roztápi se. Nejlépe zdaří se pokus, užijeme-li řetězu Groveova neb Bunsenova aneb řetězu velkodeskového z těchto jednoduchých řetězů složeného. Řetězem velkodeskovým rozžhává se i silnější drát platinový a vypaňují se toninké lístky zlaté a stříbrné.

Největší účinky tepla jeví řetěz galvanický tak zvaný *deflagrator* od Američana Hareu sestroyený. Jest to velmi dlouhá deska měděná s deskou cinkovou stejné délky do závitů tak svinutá, aby desky vespolek někde se nedotýkaly, čehož docílí se vyvinutím tlusté niti mezi ně. Závit ten staví se do kyseliny sirkové, vodou zředěné.

b) Dle zkoušek, jež Lenz (1844) a jiní fysikové konali, jest teplo galvanickým proudem v drátě polárném zplozené poměrně odporu vodiče a čtverci síly proudu.

c) Čím méně drát električnost vodí a čím kratší a tenší jest, tím snáze a tím silněji za okolností jinak stejných proudem se rozžhává.

d) Tenkých železných drátů, proudem galvanickým rozžhavených, užívá se s prospěchem k zapalování prachu střelného v nábojích, jimiž skály a jiné předměty i pod vodou se trhají.

1. Přístroj k trhání skal skládá se: a) z řetězu velkodeskového, b) z dvou drátů měděných, z nichž každý s jedním pólem řetězu jest spojen, c) z krátkého a tenkého drátu železného, který proudem se rozžhává, a d) z náboje, který rozžhaveným drátem se zapaluje. Oba měděné dráty jsou na konci pokostovanými nitěmi ovínuty a stočeny v provazec, který skrze zátku korkovou do náboje jest zastrčen. Konec drátu pak v náboji od sebe poněkud odstávají, tvoříce vidlici, jejíž oba hroty spojuje tenký a krátký drát železný, který proudem se rozžhává. Náboj skládá se z rourky z tenkého skla neb tenkého plechu aneb guttaperčy, kteráž jest střelným prachem naplněna a na obou koncích zátkami korkovými uzavřena.

2. Mají-li se trhati skály pod vodou, musí býti měděné dráty guttaperčou povlečeny a náboj musí býti v pouzdru nepromokavém (z guttaperčy neb kaučuku) uzavřen.

3. Američan *Beardslee* použil v době novější (1864) ku zapalování nábojů válečku dřevěného asi o 3" délky a 9" průměru. Na jednom konci jest váleček papírem zalepen. Druhý konec jest uzavřen dřevěnou zátkou, kterouž dráty polární procházejí, zůstávajíce na vnitřní stěně válce asi 1 1/2" od sebe vzdáleny. Mezi oběma konci udělá se několik tlustých čar obyčejnou tužkou na dřevo. Zavře-li se řetěz, jde proud od jednoho drátu ke druhému oněmi čarami z tuhý, při čemž tuha v plamen se vznímá a zápalnou látku, kterou váleček jest naplněn, zapálí, jež pak, papír protrhnuvši, i celý náboj, do něhož jest vložena, k výbuchu přivádí.

4. Proudem galvanickým není tak snadno více nábojův současně zapalovati jako jiskrou elektrickou (odst. 370.).

5. Drátů proudem rozžhavených použil při trhání skal nejprve ruský sbor inženýrský (1829) a Američan Hare (1834).

6. Grove navrhoval, aby osvětlovaly se doly, z nichž nerosty se dobývají, delšími a silnějšími, spirálně stočenými dráty, proudem do běla rozžhavenými, kteréž by do skleněných bání neprodyšně se uzavřely, aby třáskavé plyny, tak zvané *bici větry* nemohly se jimi zapáliti.

7. V ranhojičství užívá se s dobrým prospěchem tenkých drátů platinových proudem rozžhavených k odnímání rozličných chorobných částí lidského

těla. Drát přiloží se k části, která má se odejmouti, ve způsobu oka neb nože, načež se jím proud propustí a žhoucí oko se zatáhne aneb co nůž tak protáhne jako čmí mydlář při řezání mýdla drátem. Na tento operativní způsob upozornil nejprve *Steinhel* (1843), důkladně přístroje k tomu cíli sestavil pak *Middeldorpf*. Výhody způsobu toho jsou značné, neboť možno provést operaci rychle a i na takých místech, kam jiným nástrojům není přístupu, ku př. v krku, a zamezuje se zároveň i krvácení.

4. Magnetické účinky galvanického proudu.

a) Působení proudu v jehlu magnetickou.

392. Odchylka jehly magnetické účinkem proudu galvanického. a) Vedeme-li proud měděnou páskou *bedfg* (obr. 469.), kteráž u *b* s pólem kladným a u *g* s pólem záporným galvanického řetězu spojena a plochou svou v magnetickém poledníku postavena jest, a postavíme-li úchylkovou jehlu magnetickou velmi blízko ku páске, ku př. nad aneb pod část *cd* aneb nad část *fg* aneb závěsíme-li ji před aneb za část *bc* neb *fd*, tož odchýlí se jehla z magnetického poledníku, v němž by účinkem magnetičnosti zemské setrvala měla, působením proudu vždy v jistém směru, který polohou jehly a směrem proudu se řídí.

1. *Oersted*, professor v Kodani pozoroval nejprve (1820) při přednášce o účincích proudu elektrického, že jehla magnetická, nedaleko drátu polárního stojící, vždy se kolísala, když drátem proud galvanický procházel počal.

2. Spojíme-li konec *b* pásky se svodičem kladným a konec *g* se svodičem záporné električnosti jakékoliv elektriky, bude proud páskou procházející působiti v jehlu jako proud galvanický.

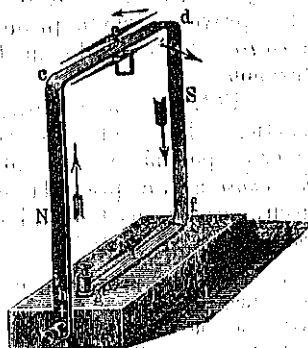
b) Směr, kterým jehla magnetická v každém jednotlivém případě účinkem proudu z poledníku magnetického se odchyluje, možno stanoviti nejsnáze dle pravidla *Ampérea*.

Myslíme-li si sebe samy plovoucí v proudu, tak, aby proud od nohou ku hlavě směřoval a abychom obličejem byli obráceni k jehle magnetické, tož odchýlí se vždy severně pól její k levici a jižně ku pravici naší.

Na obr. 469. značí větší šipky směr proudu a menší šipky směr, kterým jižní pól jehly z poledníku magnetického se odchyluje. Podobně lze stanoviti směr, kterým jehla z magnetického poledníku se odchyluje, při každé jiné poloze jehly, jakož i v případě, když by páska u *b* s pólem záporným a u *g* s pólem kladným se spojila.

c) Drát, kterým proud prochází, působí v každém místě svého obvodu v pól magnetický ve stejných vzdálenostech stejně

Obr. 469.



mocně. Účinek proudu jest pak v převráceném poměru ku vzdálenosti pólu od osy vodiče č. od středu proudu.

d) Proud galvanický snaží se, postaviti jehlu kolmo na svůj směr. Nalézá-li se nad aneb pod drátem polárným *astatická* jehla magnetická (odst. 343.) v poloze s drátem rovnoběžné, tož postaví se jehla do polohy na směr drátu téměř kolmé ihned, jakmile drátem proud kolovati počne. Není-li jehla *astatickou*, působí v ní síla proudu a magnetičnost zemská, pročež staví se jehla do směru výslednice obou těchto sil a úhel odchylky jest patrně tím větší a přibližuje se úhlu pravému tím více, čím silnější jest proud.

Má-li polární drát směr kolmý na osu jehly, v klidu v poledniku magnetickém se nalézající, a vedeme-li drátem proud tak, aby severní pól jehly byl po levé straně směru proudu, tož jehla netoliko z polohy své se neodchyluje, nýbrž tím úsilněji v ní setrvává, o čemž snadno se přesvědčíme, vyříváme jehlu z polohy této.

e) Proud působí v magnetický pól směrem *kolmým* na rovinu pólem a vodičem proudu vedenou. Je-li severní magnetický pól hybný, odchýlí se v levo od této roviny, pól jižní odchýlí se od ní v pravo. Účinek proudu nejví se tudíž *přitahováním* a *odpuzdováním*, nýbrž kolmým tlakem na rovinu pólem a vodičem položenou.

393. Galvanoskopy a galvanoměry. a) Pomocí jehly magnetické, kolem kteréž vodič, drát neb proužka kovová s póly řetězu spojená a od jehly nepatrně vzdálená, se vede, možno *jsoucnost* a dle pravidla Ampéreeva i směr galvanického proudu určití, pročež přístroj takový *proudověstem* č. *galvanoskopem* neb *rheoskopem* se nazývá.

Myslíme-li si magnetickou jehlu zavěšenou u prostřed čtverhranu *bedfg* (obr. 469.), tož vyřínají dle pravidla Ampéreeva části *bc*, *cd*, *df* a *fg* jehlu tímž směrem z polohy její, pročež účinek proudu páskou, kolem jehly vedenou se značně zesiluje.

b) Je-li galvanoskop upraven tak, abychom úhlem odchylky jehly mocnost proudu měřiti mohli, zove se pak *proudoměrem* č. *galvanometrem* neb *rheometrem*.

1. *Multiplikátor*. Aby i slabý proud mohl v jehlu působiti, vede se osamotěný drát polární v závitěch co možná úzkých několikrát okolo jehly, tak že pak účinek proudu tolikrát se zvětší, kolik závitů okolo jehly se nalézá. Poněvadž přístrojem takovým síla proudu se množí, zove se přístroj ten *multiplikátor* č. *množitel*. (*Schweigger* 1820.)

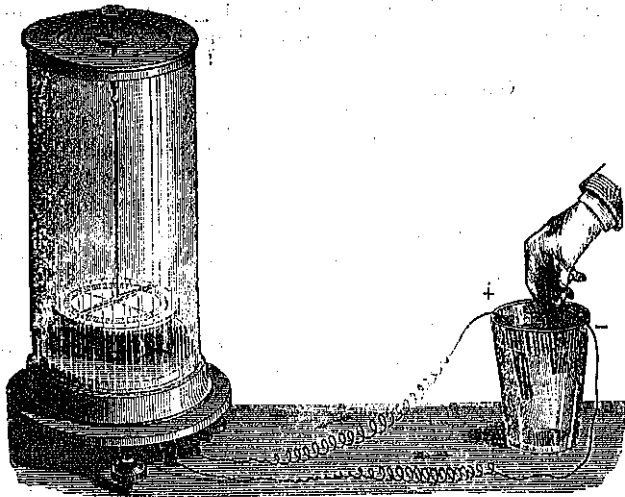
Počet závitův drátu jest obmezený a multiplikátor musí postaviti se vždy tak, aby závitů byly rovnoběžny s jehlou, načež teprv oba konce drátu s póly se spojí.

Magnetická jehla multiplikátoru bývá obyčejně *astatická* (343. a), ze dvou jehel složená. (*Nobili* 1826.) Obě spolu spo-

jené jehly jsou pak zavěšeny na hedbávném vlákne (obr. 470) tak, že jedna z nich u prostřed závitů drátu, hedbávím opředeného a na dřevěném rámcí navinutého, druhá pak nad závity těmi se nalézá. Dle pravidla Ampérea odchylují se proudem obě jehly v témž směru ze své původní polohy. Poněvadž v jehlu astatickou magnetičnosť zemská nepůsobí, jest multiplikator s jehlou takovou velmi citlivý.

1. Hořejší jehla ukazuje na kruhu ve stupně rozděleném velikost úhlu odchylky. Není-li jehla astatickou, bývá s jehlou u prostřed závitů se nalézající spojena tyčinka, která co ukazovatel slouží. Někdy užívá se pouze jediné jehly, která pomocí magnetické tyče astatickou se stává (343. b).

Obr. 470.



2. Polární drát v závitě jest z mědi, kteráž nemá býti železem znečištěna, poněvadž pak drát sám o sobě v jehlu působí, i tenkrát, když proud jím neprochází. Oba konce drátu jsou připevněny k mosazným sloupkům, s nimiž pak též oba póly řetězu se spojí.

3. Multiplikator jest tím citlivější, čím silnější magnetické jsou jehly a čím blíže jsou závitům drátu.

4. Chceme-li měřiti mocnosť proudu električnosti, třením vzbuzené, musíme použiti multiplikatoru se závity velmi mnohými z drátu tenkého, dobře osamotěného.

5. Pomocí multiplikatoru velmi citlivého (s 33.000 závity) shledal Quincke (1859), že vzniká elektrický proud, protlačuje-li se voda pórovatou stěnou (z hlíny, písku atd.). Směr proudu jest týž, kterým voda ze stěny se tlačí a mocnosť proudu jest tím větší, čím větší tlak vodu skrze póry pučí. Ostatně řídí se mocnosť proudu též jakostí pórovatě stěny. Z rozličných důvodů nutno souditi, že nevzniká proud třením částic vody v pórách stěny, anobrž zdá se spíše, že dotýkání se vody se stěnou jest původem této električnosti.

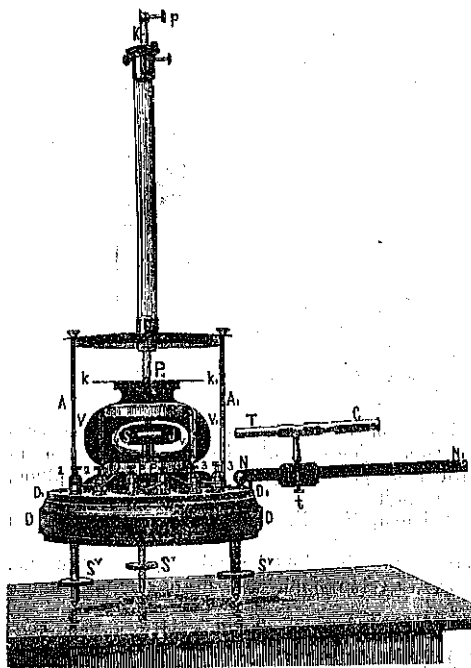
Směr proudu stanoví se z odchylky jehly k východu neb západu, známo-li jen, jakým směrem jest drát na rámcí navinut.

Velikost odchylky jehly spravuje se počtem závitů, tvarem, délkou a tloušťkou drátu *a. j.*, tak že z úhlu odchylky lze mocnost proudu pouze *posouditi*, aneb proudy vespolek porovnávatí. Má-li multiplikátor sloužiti ke skutečnému měření mocnosti proudu, musí se porovnávatí se skutečnými proudoměry.

Mocnost proudu neměří se prvou odchylkou jehly; nýbrž úhlem, který svírá jehla s původní svou polohou, když již v klidu se nalezá.

2. Zengrov universální rheometr. Ze zkušeností v oboru tom nabytých vyplývá, že by bylo potřebí pro každý proud zvláštního multiplikátoru, aby jehla účinkem proudu toho z polohy původní co nejvíce se odchýlila. Hlavně užívá se však multiplikátorů dvojitých, a sice ku měření mocnosti proudu, který, máje malé množství električnosti, jinak veliký odpor přemáhá, bere se multiplikátor se závitými mno-

Obr. 471.



hými, drátu dlouhého a tenkého; ku měření mocnosti proudů, jež nemohou přemáhati odporu značného, poněvadž jest napnutost električnosti malá, slouží multiplikátory pouze o několika závitěch drátu tlustého.

Prof. Zenger na polytechnickém ústavě v Praze sestrojil proudoměr, jehož možno užívati ku měření mocnosti proudu velikého i malého odporu a jež proto universálním rheometrem nazval.

Na podstavci *D* (obr. 471.), který pomocí šroubů *S* vodorovně se staví, jest kotouč *D₁* z tvrzeného kaučuku, na němž postaven eliptický vydutý válec *VV₁*, taktéž z kaučuku. Ve válci tom jest válec *vv₁* z plechu měděného, jehož osamotěné

konce *ii* proužkami *pp* se sloupky 11 spojeny jsou. U prostřed válceku *vv₁* jest magnetická jehla *SJ* na hedbávném vlákně u *K* zavěšená, která pomocí šroubku *P* spustiti neb vytáhnouti se může. S jehlou jest spojena tyčinka ze slonoviny, kteráž na vodorovné desce kruhové *kk₁* v stupně rozdělené úhel odchylky naznačuje. Kolem válce *vv₁*

jsou dvojité závití velmi tenkého, hedbávím opředeného a pokostovaného drátu měděného, jehož oba konce jsou spojeny se sloupky 22 a 33. Závitě těch bývá 1200—25.000. Proud může se vésti buď pouze měděnou páskou vv_1 buď drátem jedním, buď dráty oběma. Vedeme-li oběma závití dva proudy směrem protivným, značí odchylka jehly rozdíl mocnosti jejich, pročež přístroj ten i co proudoměr rozdíllový (*galvanometr differencialný*) sloužiti může. Na tyč NN_1 , měřítkem opatřenou, klade se magnet, jímž jehla SJ více neb méně astatickou se stává, čímž proudoměr větší neb menší citlivosti nabývá. Mimo to jest v mosazné rource C tyčinka z měkkého železa, která ku jehle SJ více neb méně přiblížiti se může a k tomu slouží, aby jehla úplně astatickou učiniti se mohla.

3. *Bussola tangentová* skládá se ze silné měděné neb mosazné, v kruh ohnuté pásky aa_1 (obr. 472.), v jejímž středu jest malá jehla magnetická. Elektrický proud páskou aa_1 procházející zove se *proudem kruhovým* a je-li plocha kruhu v poledniku magnetickém, snaží se proud ten vyšinouti jehlu z polohy její tak, aby postavila se kolmo na poledník magnetický. Je-li jehla u přirovnání ke průměru kruhu malá, stává se účinkem kruhového proudu kolmo na poledník magnetický i tenkrát, když již z poledníku magnetického se vyšinula.

Značí-li cv směr poledníku magnetického a poměrnou velikost magnetické síly M , v jehlu působící, je-li pak ca směr a poměrná velikost veškerého účinku proudu kruhového P , tož bude ca výslednicí těchto dvou sil a jehla postaví se do polohy ca . Poněvadž pak ca : cv aneb P : $M = \sin\beta$: $\sin\alpha = \sin\alpha$: $\cos\alpha$, tož jest $P = M \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = M \cdot \operatorname{tg}\alpha$, t. j. při témž proudu kruhovém jest trigonometrická tangenta úhlu odchylky poměrná mocnosti proudu.

Z týchž důvodův jako výše bude na témž místě a při též bussolě tangentové mocnost jiného proudu $P^1 = M \cdot \operatorname{tg}\alpha^1$, pročež P : $P^1 = \operatorname{tg}\alpha$: $\operatorname{tg}\alpha^1$.

1. Kolmo stojící části pásky jakož i dráty, kterými páska s póly fotězu se spojuje, jsou spolu rovnoběžny, aby účinek proudu do bussoly vystupujícího rušil se účinkem proudu z ní vycházejícího. Dráty bývají dlouhé, aby nemohl zdroj električnosti v jehlu působiti, a tlusté, aby nobylo v nich příliš velikého odporu.

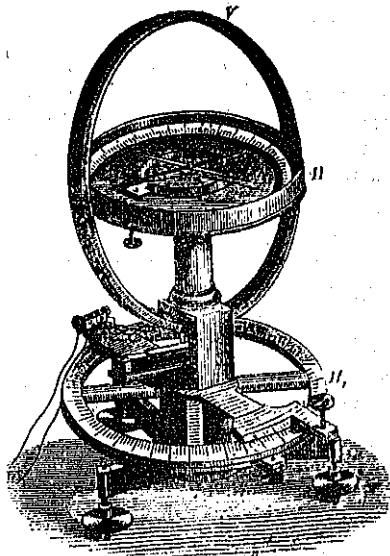
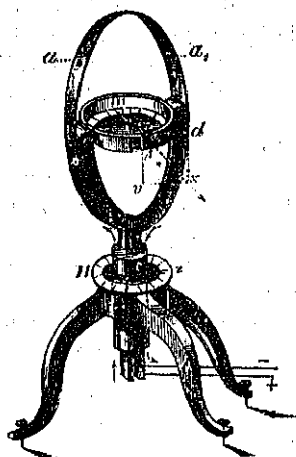
2. Čím kratší jest jehla u přirovnání ku průměru kruhu, tím dokonalejší jest přístroj. Dle *Despretze* jest mocnost proudu poměrná tangentě úhlu odchylky jen tenkrát, když délka jehly 0.03 délky průměru kruhu obnáší. Bussola s jehlou takovou zove se pak *normalnou*. Pro obyčejné potřeby stačí, když jest délka jehly $\frac{1}{15}$ délky průměru kruhu. U menších bussol možno stupnici zkusmo dle veliké normalné bussoly určití. Poněvadž jest jehla krátká, bývá na koncích opatřena ukazovateli skleněnými, aby bylo možno i menší odchylku na stupnici měřiti.

3. Prvou tangentovou bussolu se závití drátu sestrojil *Nervoandlar* (1835), *Pouillet* ji pak opravil (1837). Bussola výše popsaná (obr. 472) jest sestavena od *Webra* (1848).

Dokonalá bussola tangentová musí býti veliká a jest pak při práci nepohodlná. *Gaugain* sestrojil (1853) tak zvanou *výstřední* (excentrickou) bussolu, jejíž kruh může míti průměr malý a při které délka jehly pouze $\frac{1}{5}$ neb $\frac{1}{6}$ průměru kruhu obnáší. Jehla není pak ve středu pásky, nýbrž *po straně* její, tak že osa jehly se nalézá v kolmé přímce na střed kruhu sestrojené ve vzdálenosti asi $\frac{1}{4}$ průměru kruhu od pásky. Aby byl přístroj citlivější bývá nahrazena pásky závitý drátu, kteréž tvoří pak oblinu zkomoleného kužele, jehož vrchol by se nalézal ve středu jehly!

Obr. 478.

Obr. 472.



1. Při obyčejné bussole tangentové s kruhem malým odchylní se oba konce jehly příliš daleko od pásky. Při bussole výstřední se však jeden konec jehly od pásky vzdaluje, druhý pak k ní přibližuje, tak že účinek proudu na jeden konec odchylkou jehly právě tak ochabuje jak na druhý konec se zvětšuje.

2. *Helmholtz* (1849) a *Bravais* (1853) podali theorii bussoly výstřední matematikou vyšší, *Pierre* odvodil pak (1855) theorii její na základě matematiky elementární.

4. *Bussola sinusová*. Je-li pásky bussoly tangentové kolem kolmé osy otáčivá, tož můžeme ji za jehlou, z magnetického poledníku vyšinitou, posouvatí tak dlouho, až jehla v ploše kruhu zůstane, t. j. až magnetická složka, která jehlu do magnetického poledníku nazpět puďí a která tím větší jest, čím dále z poledníku jehla se vyšinula (odst. 345.), rovná se mocnosti proudu. Poněvadž magnetická složka jest poměrna sinusu úhlu odchylky α (odst. 345.), bude $P: P^1 = \sin \alpha : \sin \alpha'$, působí-li proud po celou

dobu odchylky kolmo v jehlu, což ovšem se děje, nalézají se jehla v rovině vodiče proudu. V tom základě jsou sestrojeny *bussoly sinusové*.

1. Obr. 473. znázorňuje *Pouilletovu bussolu sinusovou*. V jest kolmý obruč dřevěný, na němž jest navinut měděný, hedbávním opředený drát. V středu obruče jest osa jehly úchytkové. Jehla i obruč mohou se otáčeti okolo kolmé osy a velikost úhlu, kterým obruč se otočil, měří se na stupňovaném kruhu H . Velikost a magnetická síla jehly může býti při tomto přístroji jakákoliv, poněvadž přibývá účinku magnetičnosti zemské tou měrou jako účinku proudu.

2. Bussola jest tím citlivější, čím menší jest obruč a čím více závitů drátu na něm navinuto. Jehla může býti též na hedbávném vlákne zavěsena.

3. Každý multiplikátor může sloužiti co bussola sinusová, může-li rámeček, na kterém jest drát navinut, na stupňovaném kruhu se otáčeti.

4. Bussolou sinusovou měří se obyčejně mocnost slabších proudů.

5. *Proudoměry se stupnicí zkusmo určenou*. Každý multiplikátor možno opatřiti stupnicí *zkusmo* určenou, porovnáme-li odchylku jehly při nezměněné poloze závitů s polohou onou, do které týmž proudem se vyšine, když multiplikátoru použijeme co bussoly sinusové. Tabulka k tomu cíli zvláště sestavená slouží pak ku stanovení mocnosti proudu z úhlu odchylky jehly multiplikátoru.

1. *Mohr a Ritchie* sestrojili multiplikátor tím způsobem, že zavěsili jehlu na pružném vlákne neb drátu, který jako při vahách Coulombových (obr. 445.) protivným směrem se skrucuje, aby jehla v poledníku magnetickém sotřvala. Úhel, kterým drát byl skroucen, jest pak poměrný mocnosti proudu.

2. Prochází-li proud současně galvanoměrem a voltmetrem (str. 487), tož shledáme, že účinek chemický jest poměrný účinku magnetickému. Taktéž jsou účinky mechanické i účinky tepla poměrný účinkům magnetickým. Běže-li tudíž jeden z účinkův za jedničku mocnosti proudu, můžeme účinky ostatní na účinek tento převáděti a takto z kteréhokoliv účinku proudu mocnost jeho posuzovati aneb i přímo měřiti.

b) Magnetování železa a ocele proudem galvanickým.

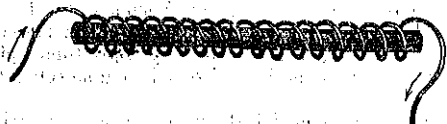
(*Elektromagnetičnost v užším smyslu.*)

394. Základné výjevy elektromagnetické. a) Měděný drát, kterým prochází proud galvanický, přitahuje železné piliny a udržuje je kolem sebe, pokud proud trvá. Čím silnější jest proud, tím tlustší vrstva pilin se na drátu osazuje (*Arago 1820*).

b) Vedeme-li okolo tyče z měkkého železa směrem kolným na podélnou osu tyče galvanický proud, promění se tyč okamžitě v magnet, jehož magnetická osa s podélnou osou splývá. Má-li býti magnet tento dosti silným, musí (dle *Ampéra 1820*) galvanický proud kolem tyče vícekrát v témž směru měděným drátem, hedbávním opředeným, se vésti, čehož docílíme, zastrčíme-li tyč z měkkého železa do závitů osamotěného drátu, kterým proud galvanický prochází (obr. 474.). Podobným způsobem lze zmagnetovati tyče tvaru jakéhokoliv a tudíž i tyče v podkovu zahnuté.

Jak mile proud drátem procházeti přestane, pozbývá železo magnetičnosti. Přiléhá-li však těsně ku tyči podkovovité kotva, tož podržuje podkova část magnetičnosti tak dlouho, pokud kotva se ne vzdálí. (*Watkins 1833.*)

Obr. 474.



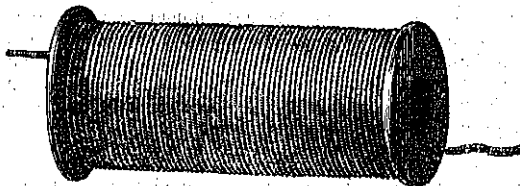
Železná tyče, jež účinkem galvanického proudu magnetickými se stávají a magnetičnosti pozbývají, jak mile proud se přeruší, zovou se *elektromagnety*.

Prof. v. *Waltenhofen* dovedl (1863), že v železe *tm méně* magnetičnosti zbývá, čim rychleji proud se přerušuje; v železe velmi měkkém méně se při tom neztrádká póly magnetické, z čehož možno souditi, že skládá se tyč z otáčivých molekul magnetických (obr. 416.).

c) Magnetické póly elektromagnetu stanoví se dle pravidla *Ampèreova*. Plavec v proudu plovoucí a obličejem k elektromagnetu obrácený má po levé ruce pól severní, na druhém konci tyče jest pak pól jižní.

d) Byla-li tyč drátem ovinutá z ocele, podrží magnetičnost účinkem proudu nabytou i po přerušení proudu; proudu galvanického užívá se nyní vesměs k hotovení silných magnetů ocelových.

Obr. 475.



1. Pro magnetování tyčí užívá se nejčastěji dřevěných provrtaných cívek (obr. 475.), měděným, hedbávním opředěným drátem v mnohých závitěch ovinutých, do kterých tyč se zastrčí. Je-li tyč v podkovu ohnutá, zastrčí se každé rameno její do jedné takové cívky (obr. 476.) a konce drátu obou cívek se pak přiměřeným způsobem spolu spojí.

2. Má-li mít magnetická osa tyče směr jiný než její osa podélná, musí býti drát vnut směrem kolmým na směr, který chceme dáti ose magnetické. — Bylo-li měkké železo dřívě hlinou obaleno a vypáleno, hodi se lépe za elektromagnet.

395. Mocnost, přitažlivost a nosivost elektromagnetů.

a) Účinek přímé tyče elektromagnetické na vzdálenou jehlu úchylkovou (odst. 346.) zove se (dle *J. Mullera*) *mocností* (*Stärke*) elektromagnetu. Mocnost přímé, válcovité tyče elektromagnetické jest poměrná *mocnosti proudu* a rovná se součtu účinkův všech jednotlivých závitů, není-li proud příliš mocný a tyč příliš tenká.

1. Dosáhla-li mocnost elektromagnetu určitého stupně, není možno ani zesílením proudu ani větším počtem závitů jí zvýšiti. Čím tenčí jest tyč, tím dříve jest „nasyčena“, t. j. tím dříve dosahuje *největší* mocnosti magnetické.

2. Se šířkou závitů přibývá vzdálenosti proudu od tyče, spolu přibývá však působících částic proudu, tak že jest účinek proudu rozšířením závitů téměř nezměněn. Zkušenosťi osvědčeno však, že užší závitý jsou vhodnější.

3. Tloušťka drátu v závitěch může býti jakákoliv, prochází-li jimi proud stejně mocný a je-li počet závitův stejný. Je-li drát tenčí, nutno použití batterie mocnější, má-li drátom tím procházeti proud tak mocný jako drátom tlustším o stejném počtu závitův.

4. Někteří fysikové tvrdí, že mocnost elektromagnetu jest poměrná průměru tyčí, jiní dokládají, že jest poměrná druhým kokenům z průměru jejich. — Duté i hmotné tyče válcovité jeví za okolností jinak stejných stejnou mocnost magnetickou.

b) *Přitažlivost* a *nosivost* elektromagnetu stanoví se závažím, jehož potřebí, aby kotva, kterou elektromagnet přitahuje, od něho se odtrhla, a sice měří se *přitažlivost*, nalézá-li se mezi kotvou a elektromagnetem jiné tělo (ku př. papír atd.), *nosivost* pak, dotýká-li se kotva přímo elektromagnetu (obr. 476.). Z četných zkoušek vyplývají zákony následující:

a) *Přitažlivosti* ubývá vzdalováním kotvy od elektromagnetu *velmi rychle*; přitažlivost obnáší pak jen velmi malou část *nosivosti*, kteráž jest tím větší, čím *dokonaleji* kotva elektromagnetu se dotýká.

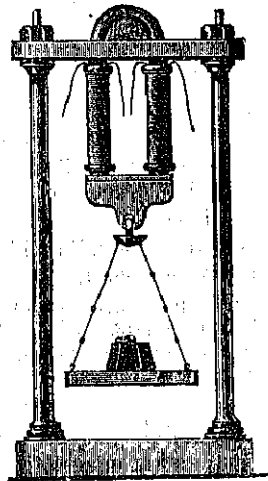
β) *Přitažlivost* i *nosivost* tyčí přímých i podkovovitých jsou poměrný součinu čtverce mocnosti proudu se čtvercem počtu závitův.

γ) *Přitažlivosti* i *nosivosti* elektromagnetů přibývá tím více, čím blíže pólům jsou závitý nahromaděny.

δ) *Přitažlivost* i *nosivost* jest tím větší, čím větší jest hmota kotvy neb elektromagnetu.

Nosivost měří se buď přímo, zavěšením závaží na kotvu (obr. 476.) buď pomocí páky. — Kotvy válcovité. — Místo kotvy možno použití druhého elektromagnetu. — Poněvadž jest nesnadno, tyče do tvaru písmeno U ohybatí, užívá se na místě podkov dvou tyčí přímých, železnou přímou tyčí spolu spojených.

Obr. 476.



396. Magnetování ocele proudem galvanickým. Stálé magnety o veliké nosivosti hotoví se z ocele účinkem proudu galvanického, dáme-li do cívky, na níž navinut drát, kterým proud probíhá, na místě tyče železné tyč ocelovou. Poněvadž ku magnetování tyče potřebí toliko, aby mocný proud elektrický v každý jednotlivý bod ocelové tyče působil, možno tyč proudem toliko potíratí a není tudíž nutno jí celou závitý drátu obklopiti. Dle

návodů *Eliasova* (1844) opatří se ocelová tyč na koncích měkkým železem (*zbrojí*) a protáhne se 6—10krát sem tam kruhem úzkým, složeným pouze z několika závitů drátu 4—5^{mm} tlustého; když pak závitů právě u prostřed tyče se nalézají, otevře se řetěz. Podobným způsobem magnetují se též tyče v podkovu zahnuté, jež musí býti při tahu kotvou z měkkého železa opatřeny.

K účinkům magnetickým befo se řetěz *velkodeskový*, asi ze 4 větších jednoduchých řetězův Bunsenových složený.

Velmi tvrdé a tlusté tyče ocelové magnetují se, třeme-li je způsobem v odst. 335. a 336. vytknutým póly silného elektromagnetu.

397. Elektromagnetické vzbuzování zvuku. (*Page 1838.*) Železný drát asi 1^m dlouhý a 1^{mm} tlustý, na samostrunu napnutý a ve skleněné trubici uzavřený chvěje se podélně neb příčně, někdy i obojím způsobem současně, a *dává jistý tón*, vedeme-li závitů drátu, na skleněné trubici navinutého, *silný proud galvanický, zhuští přerušovaný* (ku př. pomocí kolečka na obr. 464.). Chvění příčné vzniká zvláště tenkrát, když jest drát *mimo střed* magnetujících závitův.

Znění drátu účinkem proudu galvanického vykládá se takto:

Železný drát, okolo něhož galvanický proud obíhá, stává se magnetem. S touto změnou železa jest spojena změna v souvislosti molekul ve směru osy, čímž vzniká jakýsi mechanický náraz. Přerušením proudu přestává drát býti magnetem, načež molekuly opět v předešlý stav se vrací, čímž vzniká jaksi náraz směrem protivravným předešlému. Přerušuje-li se proud rychle po sobě, vznikají i nárazy rychle po sobě, čímž i tón se zplozuje.

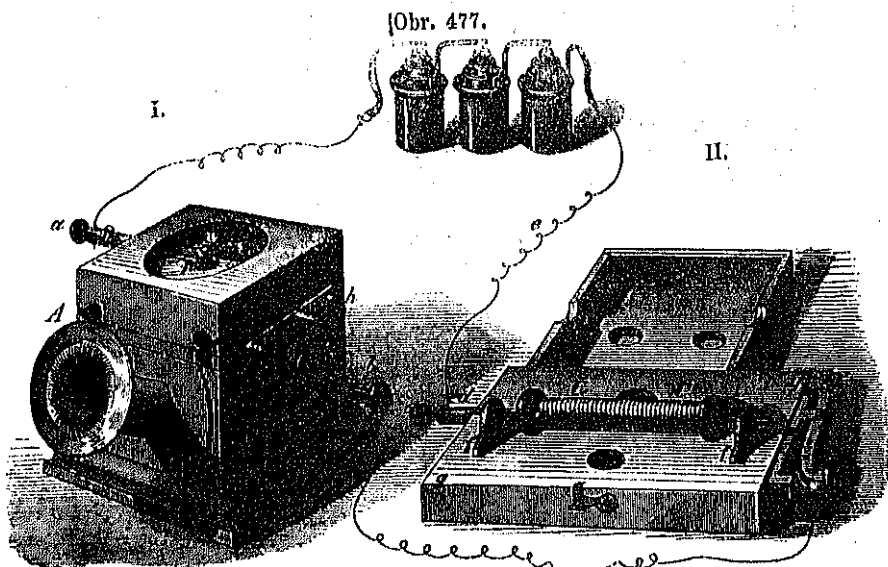
Podobným způsobem jako drát železný přivádějí se ku chvění a znění i dráty z látek *nemagnetických*, ano i kapaliny (rtuť, kyseliny atd.), vedeme-li jimi a současně kolem nich silný proud galvanický a přerušujeme-li jeden z proudův velmi rychle po sobě.

V znění elektromagnetu a chvění blan a vzduchu zakládá se *telefon*, jež *Reis* (1861) sestrojil a který jest zároveň telegrafem elektromagnetickým a akustickým. V obr. 477. značí I. přístroj na stanici, kde znění se zplozuje, a II. přístroj na druhé stanici, kde zvuk jest slyšeti.

Na stanici první jest dutý truhlík, do kterého nálevkovitou násadkou *A* tóny se zpívají. V hořejší desce má truhlík otvor, uzavřený blanou *m* ze střeva vepřového, ztuha napnutou, na které uprostřed přilepen tenký plátek platinový *p*, jehož se dotýká bodec platinové proužky *n*, která jest na truhlíku tak upevněna, že bodec plátku se dotýká, pokud blána v klidu trvá. Z galvanické batterie jde drát polární ke šroubku *a* vodivě spojenému s proužkou *n*, kdežto plátek *p* spojen jest se šroubem *b*, od něhož jde drát ke druhé stanici, kde vede se proud do závitův *CC* a odtud šroubkem *d* a drátem *e* neb zemí k baterii nazpět. V cívice

CC jest zastrčen tenký drát železný, spočívající v konci na podstavcích f v resonančné desce zapuštěných.

Zapěje-li se nějaký tón do truhlíku, učiní blána m za vteřinu jistý počet výchvějův a tolikráte vzdálí se též bodec n od plátku p a tolikráte rovněž přeruší se proud v závitech CC. Tím vzniká v drátu f právě tolik výchvějův podélných, kolik příčných



v m , i dává tudíž drát tón, resonančnou deskou ještě zesílený. Přístroje h a kl na obou stanicích slouží k podání prvního znamení.

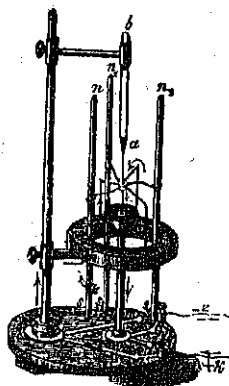
První zkoušku učinil Reis se svým telefonem r. 1861, kdež nápad mluvy zazpívaný do vzdálenosti 300' přístrojem zřetelně byl dodán. Od té doby byl telefon značně opraven.

308. Otáčivé přístroje elektromagnetické. a) Severní pól hybného magnetu odchyluje se účinkem elektrického proudu dle pravidla Ampérova vždy směrem levé ruky plavce. Obrací-li se plavec vždy opět obličejem k severnímu pólu, což patrně, že bude pól ten jevíti snahu, otáčeti se v kruhu okolo vodiče směrem s pravé strany v levo, což vyplývá z toho, že kolmý tlak, kterým proud v magnetický pól působí (odst. 302. a), zůstává stejný, pokud pól od drátu stejně vzdálen jest. Poněvadž jižní pól jeví snahu otáčeti se směrem protivrtným účinkem síly stejně veliké, což nemůže za okolností obyčejných magnet okolo vodiče v kruhu se otáčeti. Působí-li však (dle návodu Faradayova 1821) proud pouze v jeden pól magnetu aneb v jednu polovici magnetické

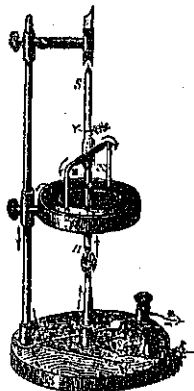
tyče, tak že jest nehybný vodič s osou magnetu rovnoběžný, aneb působí-li proud v jednu polovici magnetu mnohem úsilněji než v druhou, tož otáčí se pak skutečně magnet v kruhu okolo vodiče.

V obr. 478. znázorněn otáčivý přístroj *Pohláv.* Tři magnetické tyčinky, stejnojmennými póly m_1, n_2 nahoru a s_1, s_2 dolů obrácené, jsou spolu tak spojeny, že kolem kolmé osy otáčeti se mohou. Proud vehází ze krajního sloupku, s pólem kladným spojeného, do rtuti ve vyhlubeném, dřevěném kroužku vodorovném a jde odtud dráty, do rtuti ponořenými a s osami magnetů rovnoběžnými do osy, nahoře tyčinkou ze slonoviny ab osamotěné, z osy pak k sloupku prostřednímu s pólem záporným spojenému. Pomocí pásek vv_1 a ww_1 , tak zvaných *proudovratů* (*commutator*) možno směr proudu převrátiti (jako na obr. 479.), načež magnety směrem protivným se otáčejí.

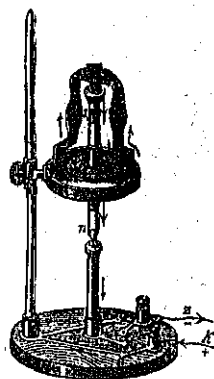
Obr. 478.



Obr. 479.



Obr. 480.



Obr. 479. znázorňuje jiný přístroj s jedinou magnetickou tyčinkou, kterou proud od pólu severního n až do polovice protéká a kteráž účinkem proudu směrem šipkou naznačeným okolo své osy se otáčí (*Ampère* 1821). Směr proudu naznačen šipkami. Ostatně má přístroj tutéž úpravu jako předcházející.

b) Je-li magnet nehybný, vodič pak hybný, tož otáčí se vodič v kruhu okolo magnetu (*Paradayovo* kyvadlo 1821. obr. 480.).

Směr, kterým vodič se otáčí, jest protivný směru onomu, jímž by otáčel se magnet, kdyby byl hybným, vodič pak nehybným.

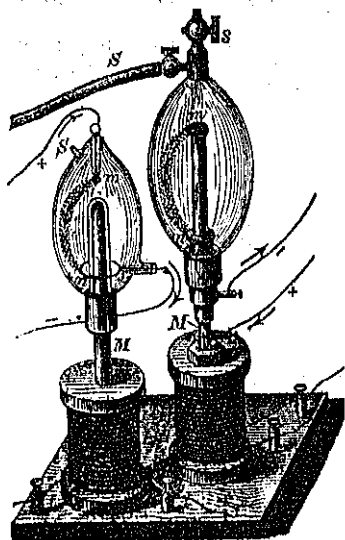
1. U starších přístrojů pohybovaly se magnety na dolejších koncích platinou obtížených aneb horejších konců zavěšených okolo vodiče ve rtuti. — Místo magnetů obecných lze použiti ku přístrojům těchto elektromagnetů.

2. Pohyb kapalných vodičů okolo nehybných magnetů. — Otáčení světlého oblouku, účinkem galvanického proudu mezi špičkami uhlí vznikajícího (odst. 390. b), okolo pólu magnetického.

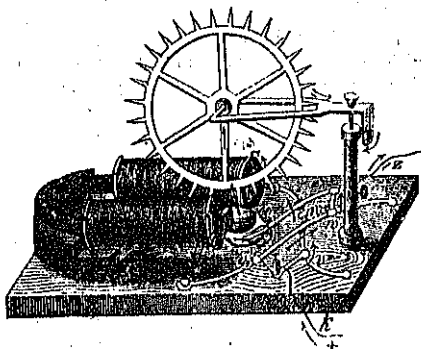
c) Přečázejí-li (obr. 481.) ve skleněné bání, ve které *vzduch* jest *zředěn*, elektrické jiskry v oblouku ze železné tyče *m*, která jest s jedním pólem spojena, na kroužek *mosazný* neb *měděný* *n*, s druhým pólem spojený a s tyčí soustředný, od ní však špatným vodičem, ku př. pryskyřicí, tvrzeným kaučukem atd. oddělený, aneb na stěnu bání přiložený, a dotýká-li se železná tyč jedním koncem silného elektromagnetu *M*, tož stává se železná tyč magnetem a *světlý oblouk* otáčí se *okolo ní* v *kruhu* jako *hybný vodič*, v němž působí pouze jedna polovice *nehybného magnetu*.

Směr proudu mění se, změní-li se póly elektromagnetu *M* aneb směr proudu, který světlý oblouk zplozuj.

Obr. 481.



Obr. 482.



1. V menší bání (obr. 481.) jest pól *m* od železné tyče oddělen.
2. Světlý oblouk dává buď elektrika návodná, buď silná batterie galvanická.
3. Přístroj obr. 481. znázorněný sestavil *De la Rive* (1858). Větší od téhož učence (1863) ku nápodobení severní záře (str. 443.) upravený přístroj skládá se ze dvou skleněných vodorovně položených bání.

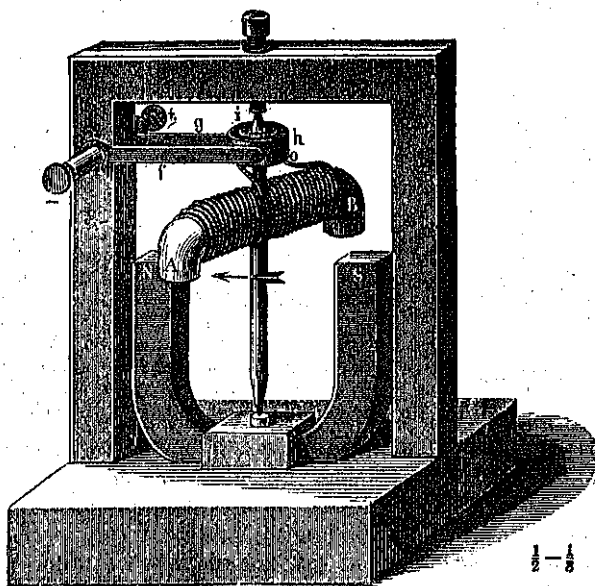
d) Otáčení se *kolečka Barlova* (obr. 482.), z mědi zhotoveného, dlouhými zuby opatřeného, kolem vodorovné osy *velmi snadně* otáčivého a *velmi lehkého* zakládá se v rychlém přerušování proudu. Kolečko otáčí se mezi póly magnetu, probíhá-li jím proud elektrický od zubův k ose aneb od osy k zubům. V dutině podstavce nalézá se rtuť, která jest spojena s kladným pólem batterie, kolečko jest pak upraveno tak, že vždy jeden zub jeho rtuť se dotýká, tak že proud ze rtuťi do zubu a odtud k ose kolečka přichází, odkudž pak k pólu zápornému odchází. Účinkem téhož proudu magnetuje se měkké železo a póly elektromagnetu působí pak v kolečko tak, že se pošine, čímž ovšem zub ze rtuťi se zdvihne a proud v kolečku se přeruší. Poněvadž však ihned ná-

sledující zub rtuti se dotkne, vzniká v kolečku opět nový proud a kolečko pošine se opět dále tímž směrem jako dříve. Poně- vadž jeden zub po druhém do rtuti přichází, otáčí se kolečko ne- přetržitě směrem, který dle pravidla Ampéreova snadně lze ur- čiti. — Mysleme si na místě kolečka v ose jeho zavěšen měděný drát, snadně pohyblivý, tož vznikne *Barlovo kyvadlo*. Dotýká-li se drát dolejší koncem svým rtuti, probíhá jím elektrický proud a účinkem pólův magnetu vyšine se drát ze svisné své polohy, při čemž dolejší konec jeho oblouk opíše a rtuti se dotýkati pře- stane. Tím přeruší se proud ve drátu, který pak, vahou svou puzen, opět do svisné polohy se vrací, rtuti opět se dotkne a znovu účinkem pólův ze svisné polohy se vyšine, což ustavičně se opětuje.

1. Kolečka i kyvadla Barlova (1823 sestrojeného) možno použití ku rychlému přerušování silných proudů galvanických.

2. Proužky *vv*, a *ww*, slouží k tomu, aby směr proudu, který závitů elektromagnetu probíhá, změnit se mohl, čímž mění se též póly elektromagnetu a kolečko neb kyvadlo směrem protivným se pohybuje.

Obr. 483.



e) *Ritchieův elektromagnetický přístroj oddělivý* (1833) zakládá se v proměňování směru proudu a záleží v silném magnetu pod- kovovém *NS* (obr. 483.) a elektromagnetu *AB* na kolmé, snadně otáčivé ose připevněném, jehož oba póly *AB* nad póly magnetu *NS* se staví. Na otáčivé ose jest nad elektromagnetem nasazen

dřevěný kotouč *hi*, s dvěma mosaznými polokruhovitými pásy, ve dvou protívých místech dřevem neb slonovinou od sebe oddělenými. Jeden konec drátu závitového spojen s jedním, druhý pak s druhým tímto pásem. K pásům přiléhají pružné pásky *fg* s polárními dráty spojené. Je-li proud uzavřen, stává se tyč *AB* elektromagnetem a má ku př. v *B* pól severní, v *A* pól jižní. Severní pól *N* magnetu *NS* bude pak jižní pól *A* přitahovati a taktéž přitahují se póly *S* a *B*. Elektromagnet otočí se pak směrem šipky tak že *A* nad *N* a *B* nad *S* se postaví. V témž okamžiku však, kde póly elektromagnetu nad póly magnetu *NS* se octnou, dotknou se pásky *fg* dřeva neb slonoviny, jimiž mosazné pásky na kotouči *hi* od sebe jsou odděleny, čímž proud se přeruší. Setrvačností pohybuje se však elektromagnet o něco dále, tak že v nejbližším okamžiku přijdou pod pásky *fg* protívne vodivé části kotouče *hi*, čímž i proud v závitech a tudíž i póly elektromagnetu se obrátí, pročež odpuzování pólů, jež právě se přitahovaly, nastává. Pohybem přichází pak opět *A* nad *S* a *B* nad *N*, kdež opět proud se obrátí a vše jako znovu se opětuje. Tak se otáčí elektromagnet nepřetržitě vždy týmž směrem.

Nehybný magnet *NS* mážo se nahraditi elektromagnetem, ve kterém magnetičnosť proudem tétož batterie se zplouze.

c) Používání magnetických účinkův proudu galvanického.

1. Elektromagnetické rovnání (regulování) elektrického světla.

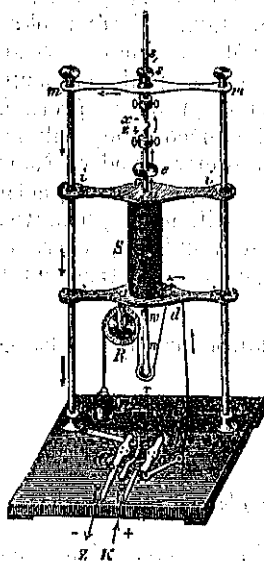
399. Rovnatelé (regulatoři) světla elektrického. a)
Rovnatel Archereauův. Jak v odst. 300. vytknuto, jest galvanické světlo kuželův uhelných při jisté mocnosti proudu nejjasnější, když kužele v určité vzdálenosti od sebe se nalézají. Aby kužele vždy v této přiměřené vzdálenosti od sebe zůstávaly, užívá se přístrojů rozličných, z nichž nejjednodušší znázorněn v obr. 484. *S* jest magnetující závit drátu, jehož jeden konec *d* vodivě spojen s kladným pólem batterie, druhý pak s kovovým pokrajem cívky, na které jest drát navinut. V cívce pohybuje se nahoru i dolů velmi snadně železná tyčinka *c*, která taktéž kovového pokraje cívky se dotýká. Na dolejší konci železná tyčinka jest tyčinka mosazná *w* připevněna, kteráž závažím *P* do cívky *S* vzhůru se tlačí a taktó tyčinku *c* a kužel z uhlu *z* u *e* s ní spojený do výšky zdvihá a ke kuželi druhému *α*, s pólem záporným spojenému, přibližuje. Probíhá-li přístrojem galvanický proud směrem šipkami naznačeným, pohybuje se (dle odst. 417 b.) železná tyčinka dolů do cívky, čímž špičky *α* a *z* od sebe se vzdalují. Příkladáme-li pak do nádoby *P* poněnáhlu závaží, tož můžeme špičky kuželův k sobě přiblížiti, až jest světlo jejich nejjasnější. Když pak uhlu ubývá, vzdalují se špičky od sebe, proud

jest tudíž slabší a magnetující síla závitův S ochabuje, čímž stává se, že dolejší špička z k hořejší x opět se přibližuje.

Přibývá-li mocnosti proudu, vzdalují se špičky kuželův od sebe; neboť vniká pak tyčinka c hlouběji do cívky.

Přidáváním aneb ubíráním závaží v P možno přiměřené vzdálenosti obou kuželův docíliti. Jak patrně; řídí se tento rovnatel účinkem *elektromagnetičnosti a těžné síly*.

Obr. 484.



Drát v závitěch S jest silný, aby proudem se neroztavil. Obvyčejně bývá dolejší kužel x s kladným pólem batterie spojen. Proudovratem C možno však spojení hořejšího kužele s pólem kladným a dolejšího s pólem záporným docíliti.

b) *Rovnatelé jiné úpravy*. Při rovnatelích jinak upravených *vzdaluje se jedna špička uhlu od druhé účinkem elektromagnetu, který přitahuje kotvu, jejíž pohyb pákovými přístroji neb kolostroji aneb šrouby ke kuželi uhlému se převádí, kdežto opět závažími (dle Bretona) aneb pružnými péry (dle Duboscqua a Foucaulta) kužele k sobě se přibližují. Nejlepší úpravu mají rovnatelé, při kterých oba kužele podobným ústrojím se pohybují.* (Přístroje takové zhotovili: *Serrin, Foucault a Duboscq.*)

Dle *Ferneta* (1868) může býti jeden kužel nehybný, druhý pohybuje se pak pružným pérem. Dle zákona o odpuzování se obou elektrod (odst. 413.) stává se pak špičky do vzdálenosti přiměřené.

Prvý rovnatel elektrického světla zhotovil r. 1847 *Saito*.

2. Elektromagnetičnost co síla hybná.

400. Elektromagnetické hybostroje. a) *Návod Jacobiho*. V obr. 483. znázorněn přístroj, kterého možno použití ku pohybu strojů, postaráno-li o proud dostatečně silný. *Jacobi* sestavil (1835) v základě tomto elektromagnetický hybostroj se 4 hybnými a 4 nehybnými elektromagnety.

1. V roce 1839 plul *Jacobi* s 12 osobami po Nevě v lodici, elektromagnetickým strojem pohybované.

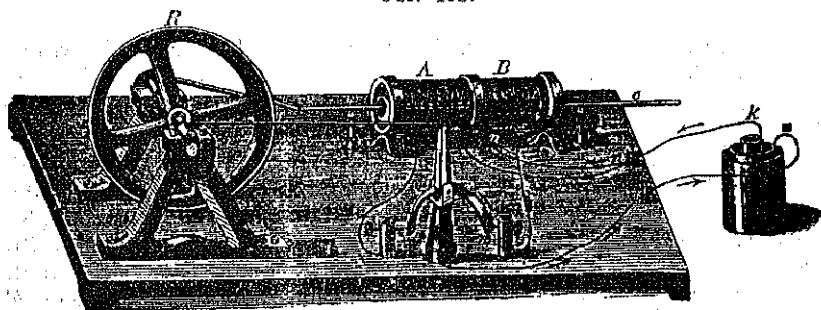
2. Za vynálezce hybostrojů elektromagnetických pokládá se *dal Negro*, který se pokusil r. 1831 o sestavení takového stroje. Prof. *Jedlík* sestavil však elektromagnetický hybostroj již r. 1820.

b) *Návod Pageův* (1846). Obr. 485. a 486. znázorňují elektromagnetický hybostroj, jež *Page* sestavil a *Fessel* opravil.

Na dvou dřevěných, dutých cívkách *A* a *B* jest navinut drát hedbávním opředený a v dutině cívek těch pohybuje se válcovitá tyč železná, spojená na koncích s mosaznými tyčinkami *cc*, jež na kladkách se posouvají.

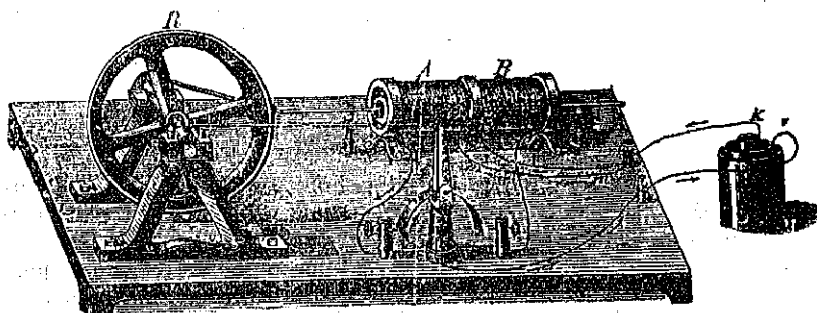
Vedeme-li drátem na cívce *B* (obr. 485.) galvanický proud, tož vznikne železná tyč do této cívky, přeruší-li se však náhle

Obr. 485.



proud a vznikne-li současně proud v závitěch na cívce *A* (obr. 486.), tož pohybuje se tyč z cívky *B* do cívky *A*. Střídá-li se tudíž proud v závitěch *A* a *B*, pohybuje se tyč střídavě z jedné cívky do druhé a pohyb její převádí se pak klikou na kolo *R*, s nímž možno jiný stroj spojit. Proudovratem (*w* na obr. 485.

Obr. 486.



a v na obr. 486.), který strojem saným se pohybuje, převádí se proud ze závitův cívky jedné do závitův cívky druhé. Směr proudu značí šipky na obrazcích.

1. *Kravogl* zjednodušil pohyb tohoto přístroje (1866) použív cívek kruhovitých, jež okolo oblouku železného se otáčejí a do nichž proud střídavě se svádí.

2. V přístroji Pageově, jakož i v přístrojích podobných vznikají u v a w elektrické jiskry, pročez potřebí proudovrat v těch místech, kde sloupky se dotýká, platinovými plíšky opatřiti.

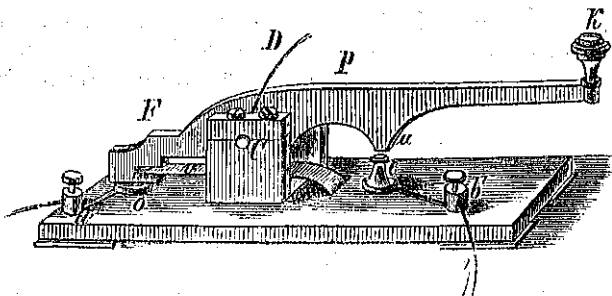
3. Hybostroje jiné úpravy sestrojili *Stöhrer, Froment, Schwarz* a j. Poněvadž se v bateriích mnoho cinku spotřebuje a tudíž hybostroje značného nákladu vyžadují, nelze očekávati, že by elektromagnetičnost co síla hybná vešla kdy v užívání všeobecné.

3. Elektromagnetické telegrafy.

401. Morseův telegraf zapisovací skládá se, jako vůbec každý telegraf elektromagnetický ze čtyř podstatných částí, totiž z *batterie galvanické*, z *klíče*, z *vodiče*, kterým proud z jedné stanice do druhé se vede, a z *přístroje zapisovacího*.

a) *Klíč* jest mosazná páka dvouramenná P (obr. 487.), kolem vodorovné osy C otáčivá. Obě ramena této páky mají na straně dolejší malé kovové kužele, pod nimiž se nalézají kovové sloupky o a e . Je-li klíč v klidu, přiléhá rameno F kuželem svým ku sloupku o , jsouc k němu zpruhou v přitlačeno. Stlačíme-li však přední rameno dřevěným kotoučem K dolů, zdvihne se rameno F a klíč přestává býti vodivě spojen se sloupkem o , za to však

Obr. 487.

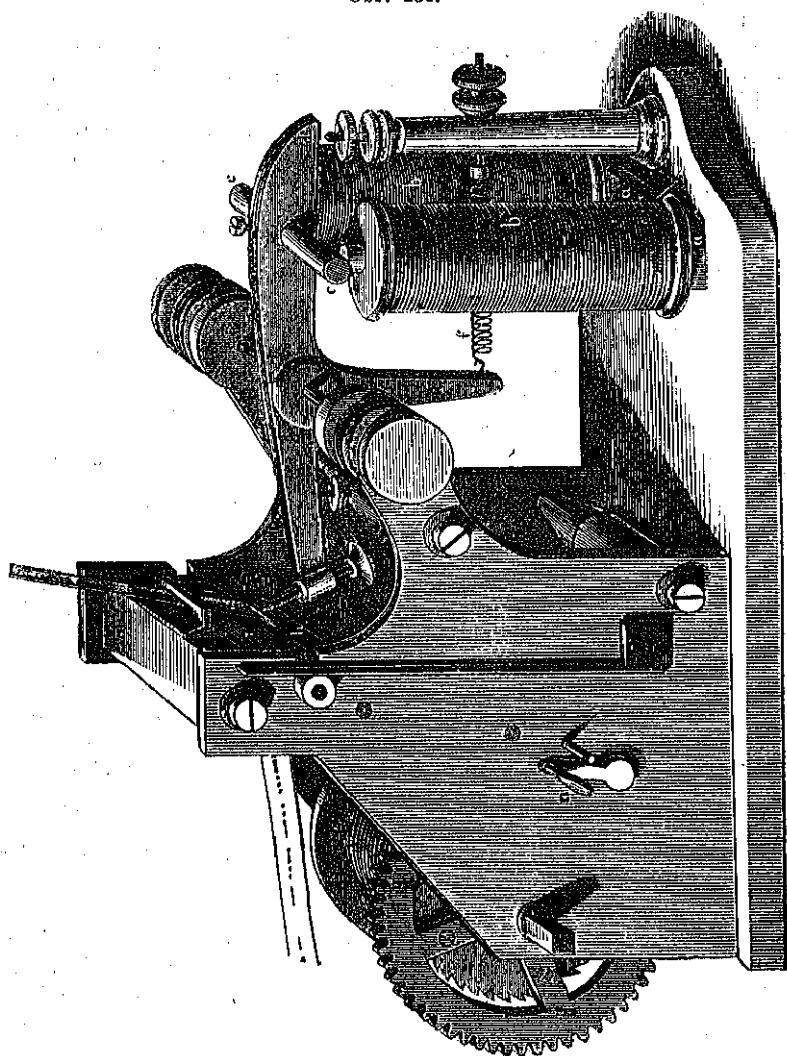


vstupuje kužel u ve spojení se sloupkem e . Sloupky o a a' jakož i sloupky e a b' jsou spolu vodivě spojeny. Ze sloupku a' vchází drát do přístroje zapisovacího na též stanici, sloupek b' jest pak spojen s jedním pólem *batterie*. Z klíče aneb kovové osy jeho vede se pak drát D ke druhé stanici. Stlačíme-li klíč kotoučkem K , vchází proud z b' do e a z e do klíče, odkudž pak jde drátem D do přístroje zapisovacího na stanici druhé.

b) *Přístroj zapisovací* skládá se z elektromagnetu bb (obr. 488.), nad jehož póly leží železná kotva cc , zasazená v rameni páky dd , otáčivé kolem vodorovné osy, a ze stroje hodinového g , jímž proužka papíru mezi dvěma válečky hi stále ku předu se posouvá. Stlačíme-li klíč, přichází proud drátem D (obr. 487.) do drátův na cívkách bb , čímž železné tyčinky do nich zastrčené

a dole železnou příčkou *aa* spojené se zmagnetují a kotvu *cc* přitáhnou. Tím zdvihá se levé rameno páky a bodec přitlačí se na proužku papíru v místě, kde váleček *i* nařobvedu rýhou jest opa-

Obr. 488.



třen, a udělá v ní prohlubenou známku. Přerušil-li se proud, t. j. přestane-li se klíč na druhé stanici stlačovati, mizí magnetičnost elektromagnetu *bb* a zpruha *f*, k dolejšímu rameni páky připev-

něná, odtrhne kotvici *cc* a stlačí tudíž bodec opět dolů. Poněvadž elektromagnet, dotýká-li se ho kotva, podržuje část magnetičnosti tak dlouho, pokud kotva se nevzdálí, přiléhá páka, stlačená dolů tím koncem, do kterého jest kotva zasazena, ke sloupku kolmému, tak že kotva k elektromagnetu se přibližuje, jeho však dotknouti se nemůže.

Pokud jest batterie uzavřena, zůstává bodec ku papíru přitlačen. Stiskne-li se tudíž klíč jen na okamžik, dotkne se bodec papíru taktéž jen okamžitě a udělá v něm pouze tečku, drží-li se klíč déle stlačen, udělá bodec na papíře čárku. Z těchto dvou znakův skládají se znaménka všech písmen, číslic i rozdělovacích znakův.

V Rakousku užívá se ku naznačení písmen následujících znakův:

a	. —	g	— — .	m	— —	t	—
b	—	h	. . . .	n	— .	u	. . . —
c	—	ch	— — — —	o	— — — —	v	. . . —
d	—	i	. . . .	p	. . . .	x	—
e	. . . .	j	— — — —	q	— — — —	y	—
é	. . . .	k	—	r	. . . .	z	— — . . .
f	. . . .	l	. . . .	s	. . . .	

Ku naznačení číslic slouží znaky následující:

	obecně:	skráceně:		obecně:	skráceně:
1	. — — — —	. —	6	—	—
2	. . — — —	. . —	7	— — . . .	—
3	. . . — —	. . . —	8	— — — . .	—
4	. . . . —	. . . . —	9	— — — — .	—
5	0	— — — — —	—

Znaménka rozdělovací jsou pak:

;	;	?
;	—	;	—	!	—

c) Z toho, což bylo až posud pověděno, zdálo by se, že potřebí čtyř drátů vodivých, aby ze stanice *A* do *B* a z *B* do *A* mohlo se telegrafovat, a sice: 1) z klíče v *A* k zapisovacímu přístroji v *B*, 2) ze zapis. přístroje v *B* k batterii v *A* nazpět, 3) z klíče *B* k zapis. přístroji v *A* a 4) ze zapis. přístroje v *A* k batterii v *B* nazpět.

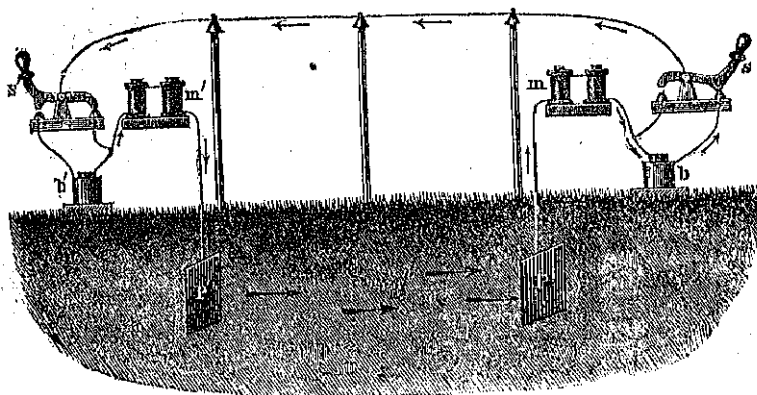
Jak obr. 489. znázorňuje, postačuje však jediný drát ku telegrafickému spojení dvou sousedných stanic. Značí-li *s* a *s'* klíče, *m* a *m'* zapisovací přístroje, *b* a *b'* batterie dvou sousedných stanic *A* a *B* a je-li klíč *s* stlačen, tož jde proud z batterie *b* do klíče *s*, odtud vodivým drátem do klíče *s'*, z něhož vchází k elektromagnetu *m'* a když závity byl proběhl, do veliké měděné desky *P'*, pak postupuje zemí ku druhé měděné desce *P*, z ní ku přístroji zapisovacímu *m* a odtud k batterii *b* nazpět.

Až do roku 1838 užívalo se při všech telegrafech alespoň dvou drátů vodivých; toho roku shledal však *Steinheil*, že možno země čí zpátečného vodiče proudu použítí, opatří-li se polární drát dosti velikou měděnou deskou, čímiž sloup země značného průměru jaksi do řetězu se vloží. Novější náhled o věci

té jest ten, že nejde proud od jedné desky v zemi ke druhé, nýbrž že deskou elektrická síla do země se odvádí, čímž pól s deskou spojený neelektrickým se stává, protože na pólu druhém elektrická napětost se zdvojnásobí (viz odst. 378.). Proto bývá na jedné stanici pól kladný a na druhé pól záporný s deskou v zemi spojen.

d) Při velikých vzdálenostech zeslabil by se proud odporem vodivého drátu tak značně, že by nepostačoval ku přitážení kotvy elektromagnetu v přístroji zapisovacím, k čemuž potřebí síly značné, má-li bodec k papíru řádně se přitlačovati. Nedostatek tento odstraněn přístrojem, který obyčejně francouzským jmenem *relais*, t. j. *přenášec* se nazývá. Přístroj ten má za úkol, sebe slabším proudem hlavním uzavřítii batterii postavenou na stanici, na které zpráva se přijímá. Batterie tato zove se *místní*, kdežto hlavní řádovou slove. Batterie místní skládá se pouze z několika řetězův. Úprava přenášече jest následující: *AA* (obr. 490.) jsou dva elektromagnety, nad jejichž póly leží kotva *BB*, zasazená v páce

Obr. 489.



C kolem osy velmi snadně otáčivé. Slabé pérko *D* drží, pokud jest přístroj v klidu, kotvu od elektromagnetu vzdálenou. Proud ze vzdálené stanice vstupuje sloupkem *a* do závitův a odtud sloupkem *b* do země aneb do vodivého drátu k třetí stanici. Na druhé straně má přenášec opět dva sloupky *d* a *e*. Jeden z nich jest spojen přímo s jedním pólem místní batterie, druhý s přístrojem zapisovacím, od něhož jde pak drát polární ke druhému pólu místní batterie. Sloupek *d* jest vodivě spojen se sloupkem *E*, *e* se sloupkem *F* a tím i s pákou *C*. Vstoupí-li proud batterie řádové do závitův *AA*, přitáhnou elektromagnety kotvu, čímž přichází ve styk čípek *o* s dolejšíím šroubkem sloupku *E* a místní batterie se uzavře. Přeruší-li se však hlavní proud zdvihne pruha *D* kotvu *BB* vzhůru, tak že rameno páky, v kterém kotva

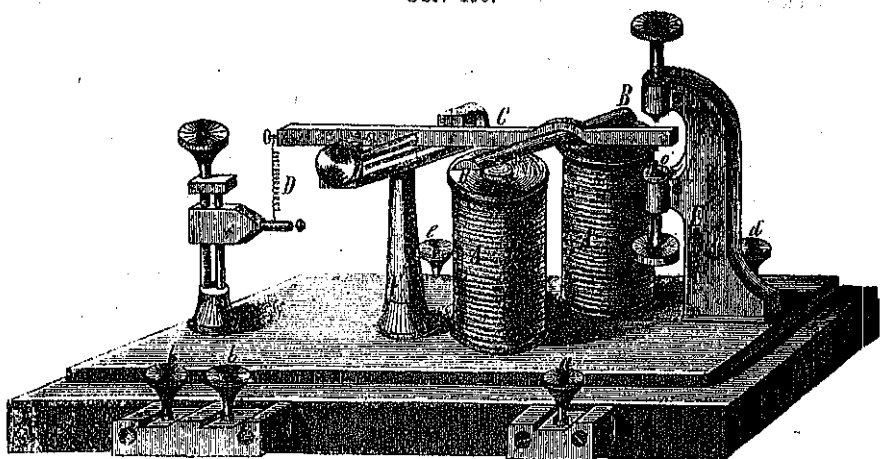
zasazena jest, dotýká se hořejšího šroubku ve sloupku *E*. Šroubek ten má pak na špičce nasazený čípek ze slonoviny, tak že, dotýká-li se ho páka, vodivé spojení páky se sloupkem *E* se přerušuje a místní batterie se otevírá.

1. Američan *Morse* sestrojil telegraf svůj r. 1837, ač krajané jeho tvrdí, že již r. 1832, cestuje z Evropy do Ameriky, na lodi nález svůj učinil. Prvý telegraf dle návodu Morseova zřízen r. 1844 mezi Washingtonem a Baltimorem. V Evropě zaveden telegraf Morseův r. 1849 a sice nejprve v Rakousku.

2. *Wheatstone* vynalezl přenáščeč r. 1837 a používal ho (1840) při svých elektromagnetických hodinách. Roku 1849 odstranil *Robinson* přenáščečem vadu telegrafu Morseova, výše vytknutou. Od té doby užívá se přenáščeče všeobecně.

3. Při velmi veliké vzdálenosti jedné stanice od druhé seslabuje se galvanický proud konečně tak velice, že by nebyl ani s to, snadně pohyblivou kotvou přenáščeče pohnouti. Má-li se tudíž zaslati telegramm do míst velmi vzdálených, děje se to dle návodu, jež rakouský direktční rada telegrafů

Obr. 490.



Maiszenauer (1847) a po něm prof. *Steinheil* provedl. Návod *Steinheilův*, jehož hlavně se užívá, záleží v tom, že zapisovací stroj poslední stanice, až po kterou účinek batterie řádové od každé stanice dostatečně se jeví, působí co klíč této stanice, kterým pak nová řádová batterie na tomto místě se zavírá. Zapisovací přístroj bývá pak upraven tak, že při každém přitažení kotvy přiléhá páka ke sloupku, který jest spojen s pólem nové řádové batterie, na té stanici umístěné, z níž pak proud do páky vstupuje a z páky do následující stanice se vede. Zapisovací přístroj takto upravený zove se pak *translator* (převáděč) a stanice s přístrojem takovým zove se *translační* (převáděcí).

4. Čech *Teich* zavedl v době nejnovější důležitou opravu telegrafu, ježž velikou výhodou jest, že k telegrafování na libovolném počtu stanic není potřebí než dvou batterie řádových, na krajních stanicích postavených, tak že na všech stanicích prostředních potřebí udržovati pouze batterie místní. Klíč na stanicích prostředních má pod zadním ramenem páky dva kužele, a nimiž páka při stlačení ve vodivé spojení vstupuje. S jedním děje se to způsobem obyčejným, s druhým pomocí pružného pérka na spodu klíče připevněného, jak to u klíče *K*, (obr. 491) naznačeno. Přenáščeč bývá pak upraven tak, že

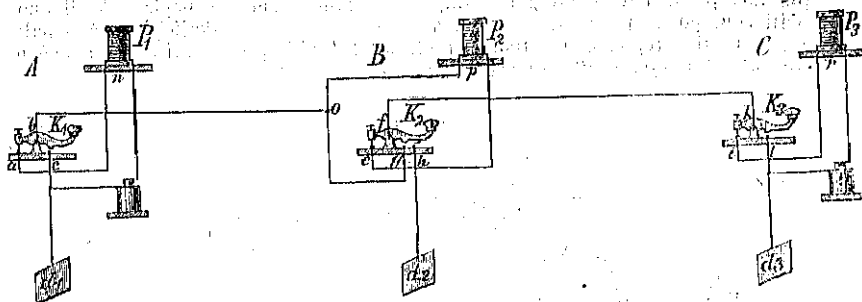
páka C (obr. 490) uzavírá proud místní batterie, když buď dolejšího buď hořejšího šroubku ve sloupku E se dotýká, pročež musí býti oba tyto šroubky mezi sebou osamotěny. V případě obyčejném zavedeno jest spojení obyčejné, totiž při dotknutí se páky šroubku dolejšího; kdyby však nastalo přerušení proudu hlavného, tak že by prostřední stanice toliko s jednou krajnou stanicí byla spojena, zavede se spojení druhé.

Stlačí-li se klíč K_1 na stanici A , vyloučí se patrně batterie této stanice a přenašeč P_1 v A zůstává v klidu, batterie v C počne pak působiti a sice půjde proud od pólu kladného v C do přenašeče P_2 , pak dále dráhou *rikfep* do přenašeče P_2 , odtud dráhou *podč₁d₁* k pólu zápornému v C nazpět. Stlačení klíče K_2 na stanici C vyloučila by se batterie na této stanici a přenašeči P_2 a P_1 vešli by v pohyb.

Stlačíme-li klíč K_2 na stanici B přichází osa jeho f ve spojení se sloupky g a h a obě řádové batterie se uzavrou, tak že půjde jeden proud z A dráhou *naboghd₂d₂*, a druhý proud z C dráhou *rikfhd₂d₂*, tak že nyní působí přenašeči v A a C , nikoli však v B . Je-li prostředních stanic více, vyloučí se z proudu vždy jen přístroj zapisovací té stanice, odkud se telegrafuje, ostatně zůstává věc nezměněna.

Kdyby na některém místě spojení telegrafické se přerušilo, ku př. mezi stanicemi A a B , bude přece možno ze stanice B všemi ostatními ku C a

Obr. 491.



odtud zase nazpět ku B telegrafovat. K tomu cíli přeruš se spojení sloupky h s deskou d_2 a deska ta spojí se přímo s bodem o . Pokud jsou oba klíče v B i C v klidu, jde při takovém spojení proud v C do r a odtud dráhou *rikfep* do přenašeče P_2 a odtud dále dráhou *podč₁d₁* k batterii nazpět. Poněvadž jsou v tom případě kotvy obou přenašečů P_2 a P_3 přitaženy, zavede se spojení batterie místní s pákou přenašeče šroubem hořejším.

Stlačí-li se nyní klíč v C přeruš se proud u i , stiskne-li se však klíč v B přeruš se proud u h , kteréž nyní s deskou d_2 nesouvisí; v obou případech přestávají elektromagnety přenašečů P_2 a P_3 působiti; kotva se tudíž zdvihne a páka dotkne se šroubu hořejšího, čímž zavře se batterie místní, tak že na přístroji zapisovacím znamená povstane.

Soustava Teirichova má kromě toho, že se ušetří batterií řádových na stanicích prostředních, i tu výhodu, že se usnadňuje dohlídka nad telegrafováním, neboť nelze z jedné stanice do druhé telegrafovat, aby nevěděla o tom aspoň jedna ze stanic krajných.

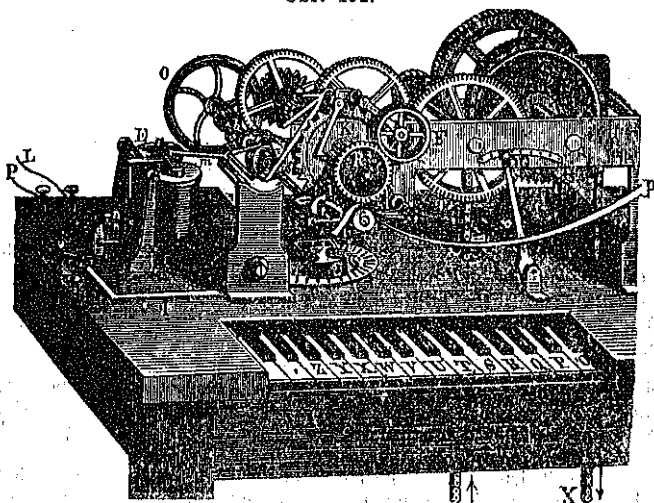
5. Má-li současně telegrafovat se ze stanice A do B a z B do A , potřebí na každé stanici dvou úplných přístrojů telegrafických a dvou drátů vodivých. Čech dr. V. Gintl podal však návod, kterak možno pomocí jediného drátu vodivého současně protivrannými směry telegrafovat. Až posud nevyšel však návod ten pro některé překážky v užívání všeobecné.

6. K *batterím* užívá se v Rakousku nejvíce *řetězů Daniellových*. — *Vodivý drát* musí býti všude dobře osamotěn. K tomu cíli zasazují se do země dřevěné tyče se železnými roubíky, na nichž jsou nasazeny porculánové neb železné tvrzeným kaučukem osamotěné zvonky, opatřené nahore paličkou (viz obr. 489.), kolem níž drát jednou neb dvakráte se otočí, než dále se vede. Jde-li drát kolem povného stavení, bývají železné roubíky se zvonky do zdi zasazeny. Dříve užívalo se k telegrafům drátu měděného, poněvadž električnost výborně vodí, nyní užívá se lacinějšího drátu železného, při němž špatnější vodivost tloušťkou se vyrovnává.

7. *Telegrafické dráty* musí býti *hromosvodem* opatřeny. Obvykle bývá tento hromosvod upraven takto: *Rádový proud* vede se v některém místě drátem mosazným mezi dvěma sloupky napnutým. Sloupek, do něhož přichází proud ze sousední stanice, má po straně kužel s ostrým platinovým bodcem, čelcím ku blízkému kuželi s prvým z obou stejnému a drátem s deskou podzemní spojenému. Přijde-li blesk po drátu ke stanici, přechází z prvního kužele k druhému a tím pak do země. Kdyby však přece ubíral se od prvního sloupky ke druhému, roztápí mosazný drát a tudíž další cestu sám si uzavírá.

8. Zapustíme-li do kuličky teploměru, kolmo zavěšeného a nahore otevřeného, platinový drát, s pólem galvanické *batterie* spojený, a pohybuje-li se hodinovým strojem občasné jiný, delší drát platinový, s druhým pólem *batterie* spojený, ve rtuti teploměru nahoru a dolů, tož bude *batterie* tím déle uzavřena, čím výše rtuť v teploměru stojí. Je-li v druhém drátu vložen *zapisovací přístroj telegrafu Morseova*, tož zůstane bodec na papír tak dlouho přitlačen, pokud proud trvá. Z délky čar na papíře vznikajících možno pak výšku rtuť v teploměru a tudíž i teplotu stanoviti, pročež přístroje takového co *teploměru zapisovacího* se užívá. (*Wheatstone 1842.*)

Obr. 492.

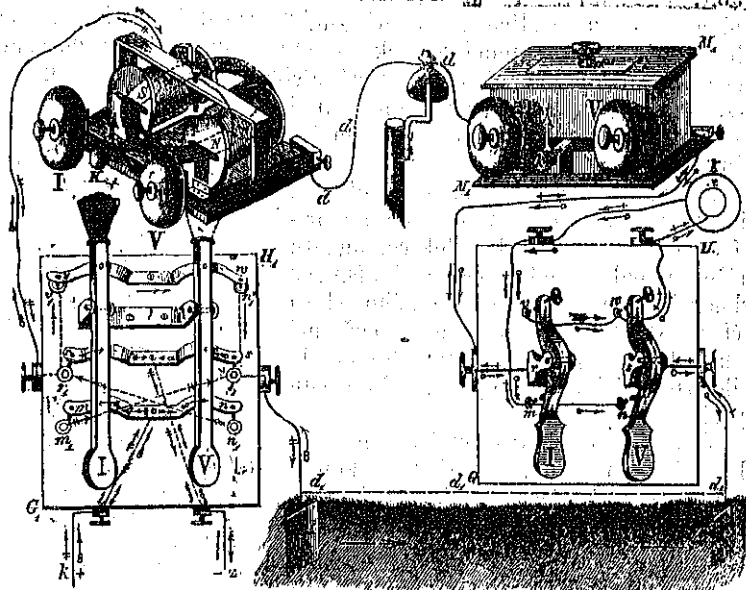


402. Telegraf Hughův. Stlačíme-li některý z klávesův, z nichž každý jiným písmenem označen (obr. 492. a 493.), tož vystoupí příslušný nýtek z roviny kotouče *S* vzhůru a přichází ve vodivé spojení s deskou *s*, velmi rychle okolo své osy se otá-

jež mohou rozličným způsobem vespolek se seřaditi a písmena, číslice a znaky rozdělovací naznačovati.

V tom základě spočívá úprava telegrafu *Bainova*, jež znázorňuje obr. 494. Dva polokruhové magnety *NS*, příčkou spolu spojené, stejnojmennými póly *NN* a *SS* proti sobě obrácené a tudíž astatické, pohybují se okolo kolmé osy v dutých cívkách, na kterých navinut jest drát, jímž proud koluje. Účinkem proudu pohybují se póly severní buď v levo, buď v pravo a jižní póly současně směrem protivným, čímž příčka, oba magnety spojující, paličkou *k* buď na zvonek *I*, buď na zvonek *V* naráží. Poněvadž dávají zvonky tóny rozličné výšky, možno znaky přístroje netoliko

Obr. 494.



zrakem, nýbrž i sluchem pojmuti. Trvá-li proud déle, zůstává palička na zvoncek ležeti, čímž vzniká tón přidušený. Jakmile proud se přeruší, musí magnety do původní polohy své se navrátiti, k čemuž slouží magnet *ns*, který póly magnetů *NN* a *SS* přitahuje a nad magnety na vrchu skřínky *M*, *M*₁ se nalézá.

Stlačíme-li na proudovratu *GH* (novější úpravy) páku (klíč) číslem *I* označenou, tož jde proud směrem, označeným šipkami, křížkem ukončenými, od pólu *k* ku sloupku *m*, když vchází do klíče *I*, odtud jde do osy klíče *r* a do šroubku po levé straně proudovratu, pak do přístroje *M*₁, z něhož vede se vodivým drátem *dd* do přístroje na stanici druhé, kdež způsobuje náraz paličky na zvonek *I* a vchází do

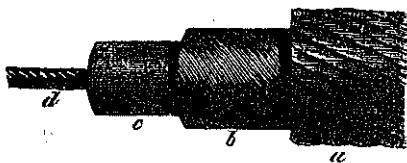
proudovratu G_1H_1 (úpravy starší), z něhož pak vede se dráhou $r_1v_1vw_1s_1d_1$ do země ku kovové desce E . Zemí vrací se proud k druhé desce E , odtud do šroubku po pravé straně proudovratu GH a jde pak osou s a klíčem do sloupku w a odtud ke druhému pólu batterie. Stlačíme-li na proudovratu GH páku číslem V označenu, tož jde pak proud směrem, označeným šipkami, kroužkem ukončenými, dráhou nsd_1 a zemí nejprvé do proudovratu G_1H_1 , z něhož pak vchází dráhou $s_1w_1vw_1r_1$ do přístroje znaky dávajícího, odkudž, způsobiv náraz paličky k na zvonek V , vrací se drátem dd a přístrojem M_1M_1 do proudovratu GH , z něhož pak jde dráhou rvw k druhému pólu batterie.

Při proudovratu úpravy starší G_1H_1 jsou mn , rs a vw kovové proužky, jež možno stlačit konci jejich na platinové kotoučky m_1n_1 , r_1s_1 a v_1w_1 . Pokud se netelegrafuje, spočívá v na v_1 a w na w_1 . Stlačíme-li pak páku I , vzdálí se v od v_1 a r dotýkají pak se plátkův m_1 a r_1 , čímž vzniká proud směrem, označeným špičkami, dvěma křížky ukončenými, kterým na druhé stanici palička ke zvoncek I se pudí. Stlačí-li se páka V , má proud směr, označený šipkami s dvěma kroužky.

Základ k telegrafu této úpravy položili *Gauss* a *Weber* (1838). *Bain* sestrojil telegraf svůj r. 1846. Obráz 494. podává úpravu *Bainova* telegrafu od *Ecklinga* ve Vídni opraveného.

404. Telegraf podmořský. Při telegrafu podmořském nežívá se přístroje Morseova, poněvadž elektrický proud, do tak veliké dálky vedený, tak velice se zeslabuje, že by přístroj zapisovací určitých znakův nedával. Dle návrhu *Thomsonova* přivádí se malá jehla magnetická proudem v kolísání a pootáčí při tom zrcadélkem, jež jest na ní upevněno, asi tak, jak se to děje při úchytkoměru *Gaussově* (obr. 426.). Od zrcadélka odráží se pak plamen silného světla, čočkou soustředěného, ku proužce papíru,

Obr. 495.



Obr. 496.



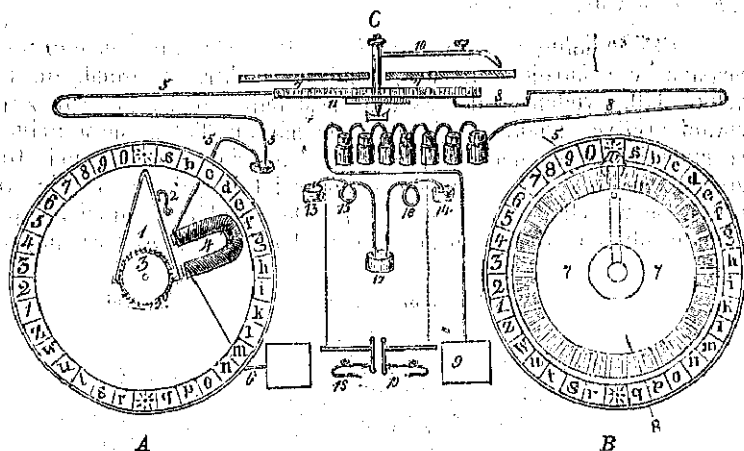
černými čarami ve stupně rozdělené. Z odchylky jehly a zablesknutí paprsku v pravo neb v levo a zastavení se jeho na rozličných místech stupnice sestavují se pak znaky jednotlivých písmen a číslic. Vodivý drát, tak zvaný *kabel* vyžaduje však zvláštní úpravy, neboť musí býti, dotýkaje se všude vody, velmi dobře osamotěný a dostatečně silný.

Kabel skládá se z několika měděných drátů d (obr. 495. a 496.) v provazec spletených, osamotěných gutta-perčovým obalem c a vrstvou

b. ze šnár konopných, dehtem napojených, kteráž pak dráty železnými a se opřádá. Kladení kabelu do moře počalo r. 1857 a ukončeno po překonání ohromných překážek r. 1866, kdež docíleno telegrafického spojení Valencie (na pobřeží irském) s Novým Foundlandem (v Americe).

405. Telegraf s ukazovatelem od Wheatstone (1840) sestrojený znázorňuje obr. 497., kdež značí *A* vnitřní jeho úpravu, *B* zevnější jeho podobu a *C* kolmý průřez. Dá-li telegrafista znamení, což stane se tím, že ručičku na desce *B* o jedno písmeno v pravo pošine, tož jde proud od kladného pólu batterie drátem vodivým na druhou stanicí, obíhá tam ve drátu elektromagnetu, vchází pak do měděné desky v zemi a vrací se zemí k zápornému pólu batterie nazpět. Uzavření proudu posouvnutím ručičky děje se pak takto: Ručička, na desce *B* viditelná, jest v *C* označena číslicí 10. S ručičkou tou souvisí osou kolečko 11 o tolika zubůch (totiž 34), kolik jest na znamenací desce písmen a jiných známek, kdežto jich má kolečko 3 (na desce *A* viditelné) dvakráte

Obr. 497.



tolik (tudíž 68). Na kolečku 11 jsou mezery mezi zuby vyplněny slonovinou neb jinou nevodivou látkou, ku které zpruha 5 přiléhá, když se netelegrafuje. Posouvne-li se však ručička o jedno písmeno dále, postoupí kolečko 11 také o jeden zub, při čemž přejde zpruha 5 přes kov kolečka; v tom okamžiku jde proud od kladného pólu batterie polárným drátem 8 do kolečka, z něho zubem do zpruhy 5 a odtud vodivým drátem ke druhé stanici, kdež oběhne závitý kolem elektromagnetu 4, načež vchází deskou 6 do země a postupuje zemí k desce 9 a z této k zápornému pólu batterie nazpět.

Elektromagnet, stav se účinkem proudu magnetickým, přitáhne železnou kotvici 1, která jsou pérem 2 přitlačována, do zubů kolečka 3 zasáhá. Jakmile ji však elektromagnet přitáhne, opustí na okamžik zuby kolečka, které, puženo závažím o jeden zub se pootočí, poněvadž hned na to druhé rameno kotvice, zasáhnuvši mezi zuby, další otáčení jeho zamezí. Postoupením kolečka o jeden zub pošine se také ručička s ním spojená o kousek dále. V tom okamžiku přerušil se však již zase proud, poněvadž zpruha 5 na nevodivou část kolečka 11 přišla. Tím přestává býti 4 magnetem, péro 2 stlačí kotvu v původní polohu zpět, při čemž kolečko 3 opět o jeden zub se pootočí a ručička další pohyb svůj k písmeni sousednímu vykoná. Mají-li tudíž přístroje na obou stanicích stejnou polohu (pro jistotu staví se ručička vždy ku znaménku * u písmene *a*), tož postupuje každým pohnutím ručičky o jedno písmeno ručička na stanici druhé též o jedno písmeno.

Ku spojení stanice jedné s druhou slouží dráty 15 a 16, jež jsou zasazeny do misky 17, která spojena jest s elektromagnetem, a sahají druhými konci do misek 13 a 14, od nichž jdou vodivé dráty ku dvěma stanicím sousedním, z nichž tedy odejmutím drátu 15 neb 16 jedna se vyloučiti může.

Telegrafu *Wheatstoneova* užívá se v Anglii a dle úpravy *Siemensovy* a *Halskeovy* tu a tam v Prusku a Belgii, zvláště ku potřebě železnic. Telegrafování tímto přístrojem jest sice velmi snadné, ale poněkud zdlouhavé, poněvadž ručička pouze jedním směrem se pohybuje a často větší část kruhu obejít se musí, než k žádoucímu písmeni se dojde, u kterého pak ručička déle zůstati musí.

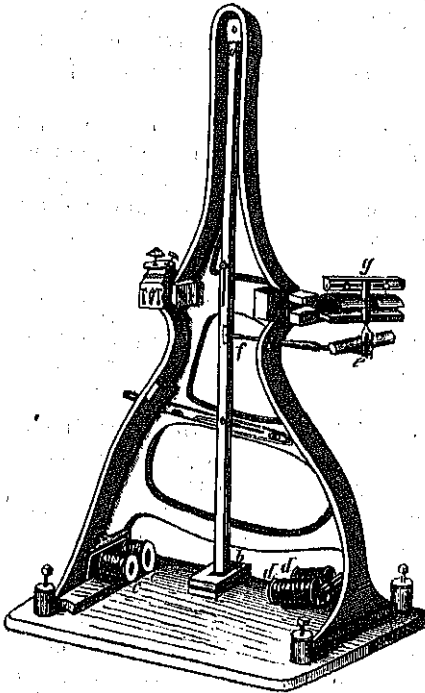
406. Telegraf elektrochemický. Nejhlavnější částí telegrafu tohoto jest nýtek, spojený s drátem vodivým, jímž proud z jedné stanice do druhé se vodí, a přiléhající stále na proužku papíru, hodinovým strojem se posouvající a chemicky připravenou. Nejjednodušší úpravu má elektrochemický telegraf *Gintlův* (1853), který se skládá z proužky papíru jódidem draselnatým a škrobem napuštěné, k níž nýtek stále přiléhá. Stisknutím klíče spojí se nýtek s jedním pólem řádové batterie, proud vchází pak do nýtku a nýtkem do papíru, ve kterém jód se vylučuje a škrob na modro zbarví, čímž povstávají na papíře buď tečky buď čárky. Z papíru vchází proud do válce, na kterém papír se posouvá, a odtud do země.

407. Telegraf Caselliho, pantelegraf aneb autotelegraf nazvaný, podává zprávu tak, jak se byla napsala neb nakreslila, jakýmikoliv znaménky, tak že telegrafování jím lze nazvati skutečně dopisováním.

Na každé stanici jest zavěšeno kyvadlo *ab* (obr. 498), asi sáh dlouhé, těžkým kusem železa *b* ukončené. Účinkem elektrického proudu batterie místní stává se jeden z elektromagnetů *cc* neb *dd* magnetem a přitáhne železo *b*; v tom okamžiku přeruší

se však proud, kyvadlo klesne vahou svou zpět a přiblíží se ke druhému elektromagnetu, který v tom okamžiku stává se magnetickým, tak že kyvadlo přitáhne. Takovým způsobem kývá se kyvadlo *ab* nepřetržitě. Asi u prostřed kyvadla jest s ním spojeno táhlo *ef*, jehož pohyb se převádí na psací stroj *g* v obr. 499. ve větším rozměru znázorněný. Táhlo *ef* jest spojeno v *e* s pákou *eh*, otáčivou okolo osy, ve stolku *ik* zasazené. Na stolci tom spočívají dvě kovové desky *m* a *n*, na něž se připevňuje stanniol, na který samotným inkoustem telegramm se napíše. Na páce *eh* jest pravouhelně připevněna příčka *pp*, která pomocí táhla *ef* v kývavý pohyb se přivádí. Ve

Obr. 498.



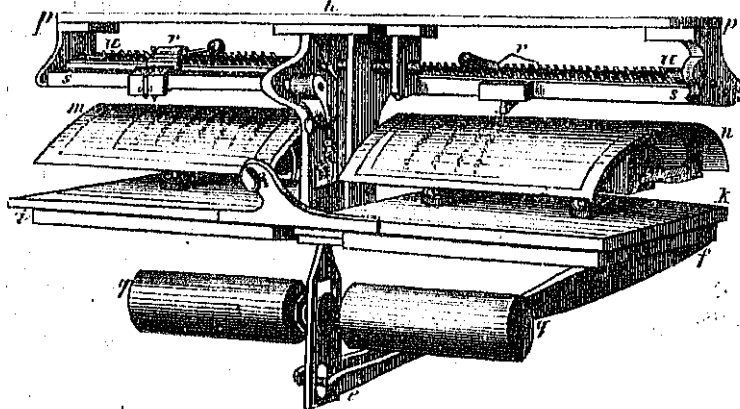
přičce *pp* jest otáčivý šroub bezkonečný *uu*, na němž posouvají se matice *rr* podél bidélek *ss*. V maticích zasazené jsou malé bodce železné, jež ku stanniolu, na který telegramm se napsal, stále přiléhají. Mezi částmi *pp* jest pak přístroj, kterým šroub *uu* při každém kývnutí o určitý díl obvodu se pootočí a maticí podél *ss* dále posouvne. Po ukončení každého kyvu opsal nýtek na stanniolu čáru; před následujícím kyvem popošel však nýtek asi o $\frac{1}{3}$ mm dále tak že opisce pak opět čáru k prvé rovnoběžnou a téměř vedle ní ležící, čímž ponenáhlu celou plochu stanniolu proběhne. Na stanici, ze které telegramm se zasílá jest, jak výše řečeno, telegramm na stanniolu samotným inkoustem napsán a list ten položí se při telegrafování

na desku *m*. Na stanici, kde telegramm se přijímá položí se na desku list papíru, roztokem kyanidu draselnatého napojený. Jakmile jde proud nýtkem, papíru se dotýkajícím vznikne na dotýčeném místě na papíře rozkladem kyanidu modrá skvrnka.

Telegrafické spojení dvou stanic jest pak následující: Od kladného pólu řádové batterie stanice zasílací jde proud k nýtku, z něhož vchází do stanniolu a k desce *m*, kteráž se stolcem *ik* vodivě jest spojena. Ze stolku *ik* vchází pak proud do země. Kromě toho jest

nýtek spojen drátem vodivým s nýtkem stanice, která telegramm přijímá. Záporný pól jest spojen přímo se zemí. Pokud není prvá kratší dráha přerušena, jde proud od kladného pólu na stanici nýtkem ku stolci *ik*, k zemi a k pólu zápornému. Dotýká-li se však nýtek samotného inkoustu, jest tato dráha přerušena a proud jde pak z nýtku stanice své ku nýtku na stanici druhé, kdež působuje rozklad kyanidu a stolkem do země vchází, načez zemí k zápornému pólu své stanice se vrací. Pokaždé tedy, když nýtek přijde na místo inkoustem po-

Obr. 499.



psané, udělá nýtek na druhé stanici na papíře modrou skvrnu a poněvadž nýtek celou plochu stanniolu přejde, vzniká na stanici druhé původní dopis zcela zevrubně.

Mají-li býti dopisy zřetelné, musí kyvadla kývati se stejnodobě.

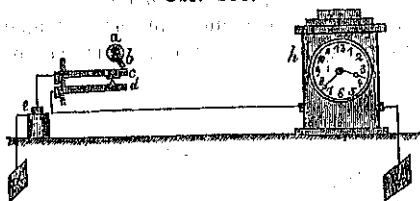
Vynálezem telegrafu léto úpravy jest, jak se zdá, *Wheatstone* (1845) první telegraf takový sestrojil *Muskwil* (1847) a později *Bain* (1850). *Caselliho* pantelegraf zaveden byl ve Francii r. 1865 a počal činnost svou mezi Paříží a Lyonem dne 16. února.

4. Elektromagnetické přístroje časoměrné.

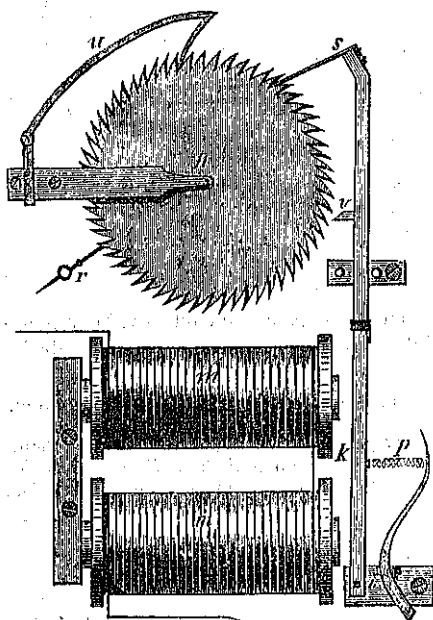
408. Elektromagnetické hodiny. a) Na obr. 500. viděti u *a* hřídelek kolečka, které ústrojím řídicích hodin za minutu jednou se otáčí. Na hřídelku tom vystává malý čpček *b*, který tedy každou minutu jednou v nejnižší polohu svou přijde a ocelové pérko *c* dolů stlačí, tak že toto čpčku pérka *d* se dotkne. Pérko *c* jest spojeno s jedním pólem batterie *e*, pérko *d* však se závity elektromagnetu v hodinách *h*, odkudž vede se pak drát do země k desce *d*₂, tak že proud zemí od desky *d*₂ k desce *d*₁ a ke druhému pólu batterie se vrací. Dotknou-li se pérka *c* a *d* vespolek, zavře se řetěz a stroj hodin *h* vejde v pohyb.

Stroj hodinový skládá se z elektromagnetu *mm* (obr. 501.), před nímž jest kolmá kotvica *k*, kolem osy *i* otáčivá. Kolečko *n* má 60 zubů a na ose jeho jest připevněna ručička minutová *r*. Zavře-li se řetěz, vstoupí proud do závitů elektromagnetu, který pak kotvu *k* přitáhne. Kotva zasáhne pak noscem *s* do zubů kolečka, čímž kolečko se pootočí. Poněvadž se proud hned opět přeruší, postoupí ručička *r* o minutový stupeň ku předu. Zároveň vyzdvihne se pérko *u* a zapadne mezi zuby, zpruha *p* odtrhne pak kotvu od elektromagnetu. Tak postupuje kolečko *n* každou minutu o jeden zub ku předu. Kdyby bylo *a* (obr. 500.) hřídelem kolečka vteřinového, postupovalo by kolečko *n* každou vteřinu o jeden zub ku předu a vykonalo by tudíž oběh svůj za jednu minutu. S kolečkem *n* spojuje se pak kolečko s ručičkou hodinovou. Hodinami řídicími možno docílití pohybu minutového neb vteřinového kolečka mnoha jednotlivých strojů hodinových a všechny ukazují pak tutéž hodinu i minutu (nebo vteřinu) jako hodiny řídicí.

Obr. 500.



Obr. 501.



1. Řetěz galvanický může se otvíratí a zavíratí i jiným způsobem, ku př. vteřinovým kyvadlem řídicích hodin, stlačuje-li se jím proužka *b* ku proužce *d* aneb je-li vodivý drát, kterým proud do elektromagnetu vchází, spojen s kyvadlem, které při každém kyvu dotýká se zpruhu *s* jedním pólem baterie spojené, tak že při každém kyvu proud se uzavře, po dotýkání se kyvadla zpruhu pak hned opět se přeruší.

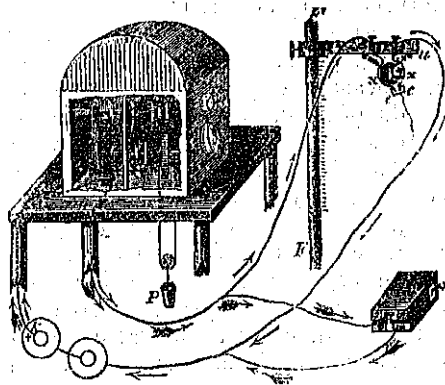
2. *Steinheil* dal r. 1839 podnět k nálezu hodin elektromagnetických; příštího roku sestavil pak *Wheatstone* první dokonalejší hodiny v tom základě. Obr. 500. a 501: znázorňují úpravu elektromagnetických hodin dle návodu

Siemens a Halskeho. Prospěch hodin jest hlavně ten, že všechny hodiny ukazují stejně s hodinami řídicími. V Lipsku bylo již r. 1864 dvanácte ulic a náměstí takovými hodinami opatřeno.

b) *Houdin, Detouche, Bain, Hipp* a jiní fysikové sestrojili *elektrické hodiny*, jež jména toho v plné míře zasluhují, poněvadž bez závaží a per toliko kyvadlem a proudem galvanickým v pohybu se udržují. Hodiny *Houdinovy* mají vteřinové kyvadlo, které samo každou vteřinu řetěz galvanický uzavírá, čímž malý elektromagnet kotvici přitáhne a zařízením v obr. 501. znázorněným vteřinové kolečko o jeden zub pošine, zároveň pak pružné péro napíná, jež po puštění kotvice hnutím zpátečným udílí kyvadlu ráz, aby nepřestalo se kývati. Kolečko vteřinové jest pak spojeno s minutovým a hodinovým. — Kyvadlo *Bainovo* (1840) jest opatřeno dole na místě čočky elektromagnetem, který v tom okamžiku magnetickým se stává, kdy kyvadlo zpruhy, s jedním pólem batterie spojené se dotýká. Elektromagnet zavěšen jest mezi severními póly dvou ocelových magnetů, z nichž jeden stejnojmenný pól elektromagnetu odpuzuje a druhý nestejnojmenný pól jeho přitahuje. Kyvadlo výšine se tudíž ze své polohy, čímž však přeruší se proud v závitech elektromagnetu, načež kyvadlo opět do předešlé polohy se vrací a vše jako dříve se opětuje.

409. Elektromagnetická časoměry (chronometry). a)
Na obr. 502. viděti hodinový stroj s dvěma číselníky, jež jsou na obvodu ve 100 dílův rozděleny. Ručička jednoho oběhne jej za 10 vteřin, na druhém ale za $\frac{1}{10}$ vteřiny, tak že jeden oddíl číselníku na jednom $\frac{1}{10}$ a na druhém $\frac{1}{1000}$ vteřiny značí. Ručičky pohybují se však jen tenkrát, když nejde žádný proud závitů elektromagnetu *MM*. Přerušil-li se tudíž galvanický proud jen na dobu velmi kratičkou, bude možno tímto přístrojem dobu tuto stanoviti.

Obr. 502.



b) Pokud tělo *k* ve vodivé vidlici u *aa* spočívá, prochází závitů elektromagnetu *M* galvanický proud směrem neopřerýných šipek, tak že přitahuje elektromagnet kotvu, čímž pohyb ručiček se zamezuje. Odtrhneme-li však vodivý svěrák *ee*, padá tělo, elektrický proud jest přerušen tak dlouho, pokud tělo padá a *po tuto dobu pohybují se ručičky*. Když pak tělo na mostek *B* dopadne, přicházejí vodivé části mostku *n*

a v ve spojení a okolo elektromagnetu koluje nový proud směrem, šipkami opeřenými naznačeným, tak že elektromagnet opět kotvu přitáhne a pohyb ručiček se přeruší. Mezi vypuštěním těla z a a dopadnutím jeho na mostek B opsaly tudíž ručičky dobu, jaké bylo potřeba, aby tělo z a do B dopadlo. Doba tato může se pak porovnat s dobou theoreticky určenou $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$ (odstavec 109. rovn. 7.).

1. Dráha, kterou tělo k padajíc z a do B proběhnouti musí, může se posouváním ramene a na tyči FF' vzhůru neb dolů prodloužiti neb skrátliti.

2. Mostek B musí býti upraven tak, aby vodičí v a n ihned ve spojení vešly, jakmile tělo mostku se dotkne.

c) Podobným způsobem lze měřiti dobu, které potřebuje koule z ručnice neb z děla vystřelená, aby určitého cíle dosáhla. Přes otvor hlavně jest napnut tenký drátek, kterým jest řetěz uzavřen. Opouštějíc hlavěň, přetrhne koule tento drátek, čímž přerušuje se proud, tak že elektromagnet kotvu pustí a ručičky chronometru otáčeti se počnou. Dostihne-li pak koule vytknutého cíle, podobným způsobem jako mostek B upraveného, uzavírá se opět řetěz a ručičky vrátí se opět v klid.

Prvý elektromagnetický chronometr sestrojil dle návodu pruské dělostřelecké zkušební komise hodinář Leonhard v Berlíně (1838), Wheatstone sestavil (1845) chronometr na obr. 502. znázorněný, Hipp pak jej opravil (1843).

410. Elektromagnetické chronografy slouží k tomu, aby velmi kratičká doba naznačovala se delší přímku, jejíž délka jest dotýčené době poměrná.

a) Mysleme si, že otáčí se pomocí hodinového stroje veliký, bílý papírem povlečený válec rovnoměrně a rychle okolo své osy a současně že posouvá se zvolna a rovnoběžně s osou válce ku předu přístroj, opatřený elektromagnetem, kterým pomocí vteřinového kyvadla délka jedné vteřiny na papíře válce se naznačuje. V okamžiku, kde nějaký výjev nastal, stlačí pak se klíč a uzavře se galvanický řetěz, tak že proud koluje v závitěch druhého elektromagnetu, který kotvu přitáhne, čímž přitlačí se k papíru úzká, inkoustem naplněná rourka a vzniká na válci čára tak dlouho, pokud výjev trvá. V okamžiku, kdy výjev přestal, pustí se klíč, elektromagnet pozbývá magnetičnosti a kotva se odtrhne, čímž i rourka s inkoustem od válce se vzdálí. Z délky čáry, kterou rourka na papíře udělala, možno stanoviti dobu, jak dlouho výjev trval a možno tudíž i částice vteřiny měřiti.

b) Je-li papír koptem počerněn, přitlačuje se k němu kovový bodec a ten dělá pak na válci, rychle se otáčejícím, bílé čárky. Chceme-li stanoviti rychlost, kterou pohybuje se koule z děla vystřelená, může míti přístroj úpravu následující. Do vodivého drátu jsou v jisté vzdálenosti od sebe vloženy dvě drátěné síť. V okamžiku, kdy vystřelená koule prvou síť protrhne, pře-

5. Používání elektromagnetů ku studiu diamagnetickým.

411. Diamagnetičnost. a) Roku 1845 vyskoumal Faraday, že silný elektromagnet ve všechny hmoty působí, jedny k sobě táhna, druhé od sebe puď. Hmoty od magnetu přitahované nazvány jsou *magnetickými* čili *paramagnetickými*, hmoty pak od magnetu odpuzované zovou se *diamagnetickými*. Účinkem silného elektromagnetu nabývají hmoty zvláštního stavu, který u přitahovaných *paramagnetičností*, u odpuzovaných pak *diamagnetičností* se nazývá.

b) Tyčinka ve vodorovné rovině snadně otáčivá a mezi póly silného elektromagnetu zavěšená (obr. 503.) zůstává, je-li ze hmoty paramagnetické, v poloze *NS*, která oba póly elektromagnetu spojuje; polohu tuto nazval *Faraday osovou* (axial). Je-li však tyčinka ze hmoty diamagnetické, odpuzují ji oba póly elektromagnetu stejnou silou a tudíž staví se do polohy $n_1 s_1$ na osovou polohu kolmé, a tato poloha slove *rovníková* (aequatorial). Z polohy, kterou tyčinka mezi oběma póly silného magnetu zaujímá, možno tudíž posouditi, zdaž jest hmota tyčinky *magnetickou* neb *diamagnetickou*.

1. Obr. 503. znázorňuje přístroj diamagnetický. Na pólech elektromagnetu *EE*, spočívají kolmé sloupky železné, kterými jsou prostrčeny vodorovné tyčinky *N* a *S*, jež možno k sobě přiblížiti. Tyčinky tyto jsou pak póly elektromagnetu. Tyčinka, ve kterou elektromagnet působí, zavěsena jest na vlákně *aa* a proudovrat *O* slouží k tomu, aby směr galvanického proudu, okolo elektromagnetů obíhajcího, mohl se měniti.

2. Ze zkušeností v té příčině nabytých nutno souditi, že každé tělo účinkem magnetu dosti silného buď magnetickým buď diamagnetickým býti se jeví. Kromě *Faradaye* zaměstnával se *Plücker* (1848) skoumáním diamagnetičnosti.

3. a) Silně magnetické jeví se: železo a mnohé sloučeniny jeho, pak nikl, kobalt, mangan a platina; slabě magnetické jsou: papír, pečeti vosk, tuš, asbest, tuba, šelak, dřevěný uhel a j.

b) Silně diamagnetické jsou: vismut, fosfor, antimon, cín, olovo, měď a j. v.; velmi slabou diamagnetičnost lze pozorovati na sklé šlitovém (olovnatém).

4. Má-li tělo ve všech směrech stejnou rozsáhlost (jako ku př. koule, krychle), zůstává v jakékoliv poloze mezi póly magnetu v klidu a staví se teprv pak do polohy osové neb rovníkové, když rozměr jeho v jednom směru převládá, t. j. když má tělo tvar jehlice neb tyčinky.

5. Má-li tělo v některém směru větší hustotu než v jiném, tož působí pól magnetu zvláště v tomto směru a tělo staví se tudíž tímto směrem do polohy osové neb rovníkové. Hraně jednoosé nestaví se vždy směrem své největší délky, nýbrž směrem největší hustoty do jedné z těchto vytknutých poloh.

6. O původu diamagnetičnosti není nic určitého známo. Někteří fysikové domnívají se, že v tělech diamagnetických buď se návodem magnetičnost a sice tak, že na konci k pólu severnímu obráceném pól severní a při pólu jižním opět jižní pól vzniká, čímž odpuzování se pólů stejnojmenných a poloha rovníková povstává. Jiní fysikové jinak diamagnetičnost vykládají.

c) Chceme-li skoumatí, zdaž jest nějaká kapalina *magnetická* neb *diamagnetická*, naplníme kapalinou tou rourky tenkostěnné ze skla, jež žádného železa neobsahuje, a zavěsíme je jako tyčinky ze hmot pevných mezi póly silného elektromagnetu, aneb posouvňnou se vodorovně, na koncích klínovitě přístřené tyčinky k sobě tak blízko, aby mohlo vložiti se na ně skélko hodiněk kapesních, do kterého nalije se pak něco té které kapaliny. Je-li kapalina magnetická, vznikne v ní vrch směrem osovým, kterým i kapalina průměr svůj zvětší. Kapalina diamagnetická prodlouží průměr svůj směrem rovníkovým a týmž směrem viděti v ní vrch.

Magnetické kapaliny jsou mnohé roztoky magnetických kovů. — Diamagnetické kapaliny jsou: voda, líh, kyselina sírková, téměř všechny šťávy ústředně, i krev (železo obsahující).

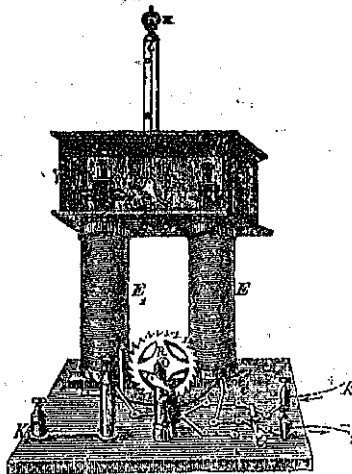
d) Byla-li skleněná rourka nějakým plynem naplněna, zůstávala v každé poloze mezi póly magnetu v klidu, neboť bylo plynu v rource jen málo obsaženo. Nebylo tudíž možno, plyny skoumatí tak jako kapaliny. Později shledalo se však, že plamen hořících plynův mezi oběma póly silného magnetu tvar svůj velmi nápadně mění. Tato proměna tvaru plamene nasvědčuje pak tomu, že jsou plyny diamagnetické.

Magnetičnosť plynů, jež nehoří, skoumá se, naplníme-li bubliny mýdlové neb tenkostěnné bábky skleněné těmi plyny a přiblížíme-li je nejprvé k jednomu a pak ke druhému pólu.

Kromě kyslíku jsou všechny plyny a páry diamagnetické. (Faraday 1847 a Plücker 1848.)

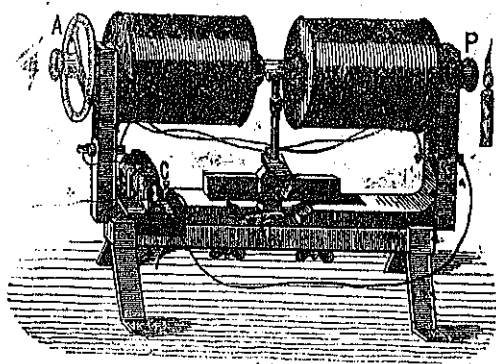
412. Kruhová polarisace světla v tělech diamagnetických. a) Mysleme si dlouhou rouru cukroměru (str. 343.) závitý drátu obklopenou a naplněnou kapalinou *prohlednou*, *diamagnetickou*, ve které světlo v kruhu se nepolarisuje; přístroj polarisující a analysující budiž postaven tak, že zorný prostor jest *temný*. V okamžiku, kdy závitý drátu silný galvanický proud projde, objeví se zorný prostor *jasným*, z čehož patrno, že rovina polarisačná v kruhu se otočila a sice *tím směrem, kterým proud v závitěch drátu obíhá*. Také *pevná, prohledná těla diamagnetická*, ve kterých polarisačná rovina *jinak se neotáčí*, jeví polarisaci kruhovou, obíhá-li okolo nich proud galvanický. U plynův nebyla kruhová polarisace, účinkem proudu vznikající, posud pozorována.

Obr. 503.



b) Jsou-li dva veliké elektromagnety po délce provrtány (obr. 504.) a je-li mezi oběma póly jejich v poloze osové tělo diamagnetické a na jednom konci přístroje analyseur *A*, na druhém pak polariseur *P* tak postaven, že zorné pole temným se jeví, tož objeví se zorné pole ihned *jasným*, jakmile proud pomocí proudovratu *C* závity drátu se propustí a elektromagnet magnetickým se stává. I zde jeví se plocha polarisačná otočena tím směrem, kterým proud obíhá. — *Paraday* 1845.

Obr. 504.



c) Čím silněji diamagnetické jest tělo, čím silnější proud, čím lomnější světlo a čím delší vrstvou těla prochází, tím větší jest úhel, v němž plocha polarisačná se oddělí.

V látkách, ve kterých světlo již původně v kruhu se polarisuje, jest velikost úhlu, kterým rovina polarisačná se oddělí, když proud aneb elektromagnet v tělo působí, rovna algebraickému součtu obou dotýčných úhlův.

5. Elektrodynamika.

a) Vzájemné působení proudů galvanických.

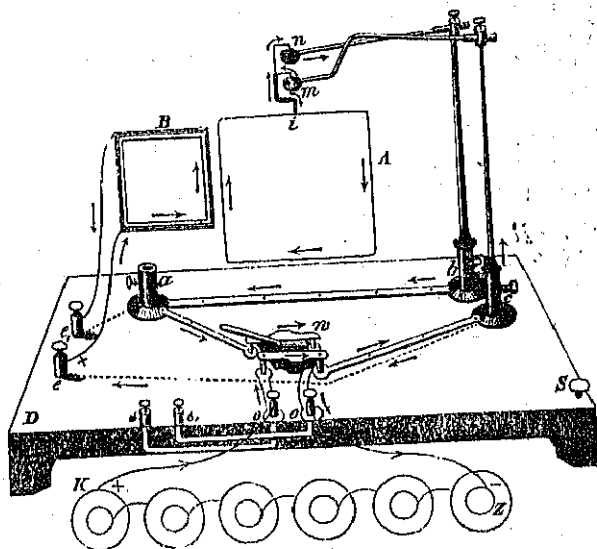
413. Zákony elektrodynamického přitahování a odpuzování. (*Ampère* 1821.) a) *Rovnoběžné, týmž směrem postupující proudy se vespolek přitahují, rovnoběžné, protivným směrem postupující proudy pak se vespolek odpuzují.*

Ku dokladu těchto jakož i následujících zákonů elektrodynamických jest potřeba, zavěsiti vodiče, kterými proud prochází, tak aby byl velmi snadně pohyblivý a aby jiný vodič, kterým taktéž proud se vede, mohl snadně k vodiči prvému se přiblížiti.

V obr. 505. znázorněn elektrodynamický přístroj *Ampèreův*. Konce drátu *A* vyčníhají v bodce dolů obrácené, jež nad sebou v mističkách *m* a *n* rtuť naplněných zavěsena jsou, tak že drát *A* velmi snadně se pohybovati může. Mističky spojeny jsou pak se sloupky *b* a *c*, ku kterým proud batterie *KZ* se vede. Směr proudu označen jest šipkami. Sloupky *ee*, spojeny jsou taktéž s póly batterie, tak že proud též drátem *B* koluje.

1. Drát *A* bývá aluminiový, poněvadž jest dobrý vodič električnosti a velmi snadně se pohybuje, jsa velmi lehký.
2. Pomocí proudovratu *w* možno směr proudu obrátiti, tak že do sloupku *b* vchází a sloupkem *c* vychází. Chceme-li obrátiti směr proudu pouze

Obr. 505.

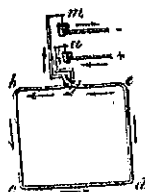


ve vodiči *A*, nikoli však ve vodiči *B*, spojíme vodič *B* se sloupky *aa*. — *Z* příčin později vyložených staví se podstavec *DS* vždy směrem od východu k západu.

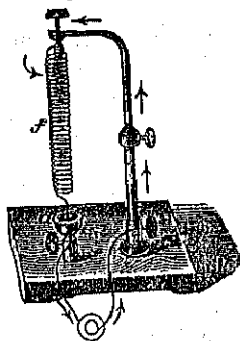
3. Směr proudu možno též převrátiti, vyjme-li drát *A* z místiček a zavěsíme-li do nich drát *abcdem*, nahoře křížem přeložený (obr. 506).

4. Probíhá-li proud rovnoběžnými závity drátu spirálně zavinutého *f* (obr. 507.), jehož hořejší konec jest ve sloupku upraveném a dolejší rtuti v *a* se dotýká, tož přitahují se závity vespolek, čímž dolejší konec ze rtuti se zdvihá a proud se přerušuje. Vahou klesá však opět ihned dolejší konec do rtuti, čímž řetěz opět se uzavírá a vše jak prvě se opětuje. Drátu takového možno tudíž použiti k rychlo se střídajícímu otevírání a uzavírání řetězu.

Obr. 506.



Obr. 507.



b) Směřují-li dva proudy (obr. 508. v levo) současně k vrcholu úhlu aneb vycházejí-li oba od vrcholu toho úhlu, tož se vespolek

přitahují; směřuje-li však jeden proud k vrcholu úhlu a vychází-li druhý od vrcholu téhož úhlu (obr. 508. v pravo), tož se vespolek odpuzují.

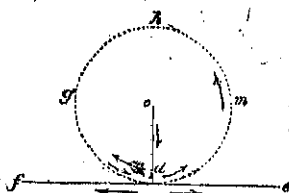
Z toho vyplývá, že dva přímočarné, vespolek se křížující proudy snaží se, postaviti se spolu rovnoběžně a že částice téhož přímočarného proudu jakož i póly galvanické se vespolek odpuzují.

O pravosti zákona toho možno přístrojem Ampérovým (obr. 505) se přesvědčiti. Bereme-li úhel, v jehož vrcholu oba proudy protivného směru se stýkají $= 2R$, tož patrné, že částice téhož proudu přímočarného se odpuzují.

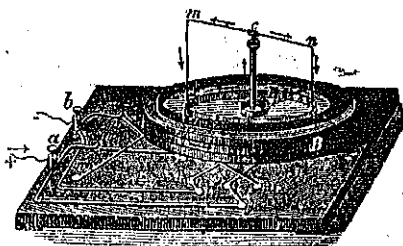
c) Mocnosť vzájemného působení dvou proudů jest v rovném poměru k součinu mocností obou proudův a délek vodičův a v převráceném poměru ku čtvercům vzdáleností jejich.

414. Elektrodynamické kolotání. Dle Ampérea zove se elektrický proud *omezeným*, jde-li pouze k vrcholu úhlu, jež s proudem jiným tvoří aneb nesahá-li ani až k vrcholu úhlu toho (viz proud *cd* na obr. 508.); *neomezený* jest pak proud, který jde

Obr. 508.



Obr. 509.



po obou stranách jiného proudu (*ef* obr. 508.) aneb který do sebe sama se vrací (*ghm* obr. 508.).

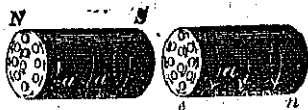
Je-li omezený proud *cd* (obr. 508.) okolo osy *o* pohyblivý a značí-li šipky neopeřené směr proudu, tož bude omezený proud kolem proudu *ghm* směrem opeřenou šipkou naznačeným kolováním. Změní-li se směr proudu v jednom z vodičův, nastane kolotání směrem protivným.

Na obr. 509. značí *B* závit drátu, kterým galvanický proud koloje, *mncz* jest pak drát měďný, v *c* zavěšený, dole ukončený, kroužkem *z*, který ve vodě nakyslé v měděné misce *a* obsažené ponořen jest. Spojíme-li sloupek *c* s pólem kladným *a* a misku *a* s pólem záporným *b*, tož probíhá drátem proud šipkami naznačený a jde-li spolu závit *B* proud směrem šipkou naznačeným, otáčí se drát okolo osy *o* směrem opeřenou šipkou u *z* vytknutým. Pomocí proudovratu možno směr proudu ve drátu *mn* neb v závitě *B* změnit.

b) Vzájemné působení galvanických proudů, obecných magnetů a magnetičnosti zemské.

415. Ampéreeva theorie magnetičnosti. a) *Magnet.* Dle domněnky *Ampéreeovy* (1820 a 1821) obíhá každou magnetickou molekulu galvanický proud kruhový směrem kolmým na osu molekuly (obr. 510.). Veškeré tyto uzavřené proudy galvanické (molekulární) působí pak dohromady co jediný proud uzavřený (výsledný), který okolo každého průřezu magnetu obíhá směrem na osu magnetu kolmým. Magnet má pak dle pravidla *Ampéreeova* (odst. 392. b) pól jižní na tom konci, na kterém obíhá proud týmž směrem jako ručička na číselníku hodin, díváme-li se na konec ten z předu.

Obr. 510.



1. Přitahování a odpuzování pólů magnetických zakládá se tudíž v přitahování aneb odpuzování se proudů uzavřených, rovnoběžných, týmž aneb protívým směrem kolujících.

2. Kterak proud galvanický vzniká a kterak možno, aby proudy tyto v dobrých vodičích podle sebe kolovaly, není až posud vyloženo.

b) *Magnetování.* V tělech *nemagnetických* obíhají dle náhledu *Ampéreeova* proudy galvanické směry velmi rozmanitými, tak že účinky jejich vzájemně se ruší. *Magnetováním* obrací se tudíž směr uzavřených proudů tak, aby byly všechny vespolek *rovnoběžny* a aby obíhaly směrem na osu magnetu kolmým.

c) *Magnetičnost zemská.* Původem *magnetičnosti zemské* jest dle domněnky *Ampéreeovy* elektrický proud, který zemí od východu k západu obíhá.

Za původ proudu tohoto pokládají fysikové proměnu tepla slunečního a vnitřního tepla zemského.

416. Působení magnetu v pohyblivého vodiče proudu dá se z *Ampéreeovy* theorie magnetičnosti snadně vyložiti (*Ampéree* 1822). a) *O působení magnetů obecných* v proud bylo pojednáno již v odst. 398. Položíme-li magnetickou tyč pod drát *A* (obr. 505.) tak, aby osa tyče byla s dolejší vodorovnou částí drátu rovnoběžna a tyč drátu co možná nejvíce přiblížena, otočí se drát tak, aby se našel severní pól po levé ruce plavce v proudu plovoucího a obličejem k magnetu obráceného. Drát snaží se pak postaviti se plochou svou kolmo na osu magnetu.

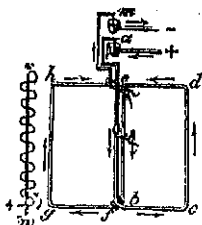
b) Účinkem *magnetičnosti zemské* staví se do čtverhranu aneb do kruhu zahnutý drát, v mističkách *mn* (obr. 505.) konci svými zavěšený, vždy tak, aby rovina jeho byla kolmo na poledník magnetický a aby proud dolejší část drátu směrem od východu k západu probíhal. Vyšíneme-li drát z této polohy, vrací se, kolisav po nějakou dobu, opět do ní nazpět. Drát takový jest tudíž

takřka magnet s osou velmi krátkou. Obrátíme-li pomocí proudovratu *w* (obr. 505.) směr proudu, otočí se zavěšený drát o 180° tak že proud v dolejší jeho části opět od východu k západu směřuje.

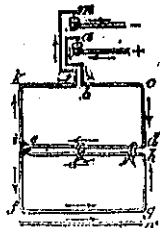
V obr. 511 znázorněn závěs složený, ve kterém účinek proudu, v jednom čtverhranu kolujícího, ruší se účinkem proudu ve čtverhranu druhém. V drát ten nemůže tudíž magnetičnost zemská působiti, pročež zove se závěs takový *astatickým*. Ku zkouškám elektrodynamickým užívá se raději astatických závěsův, poněvadž závěs takový, nejsa magnetičností zemskou v určité poloze udržován, jest citlivější pro účinky proudu, který v něj působí. Závěs na obr. 511. slouží ku skoumání účinkův proudů kolmých *vw* a zove se tudíž *kolmým závěsem astatickým*. Na obr. 512. viděti astatický závěs *vodorovný* ku skoumání proudů vodorovných *vw*. Položíme-li pod *fg* magnet, postaví se *fg* kolmo na osu magnetu. Změní-li se směr proudu, otočí se závěs okolo kolmé osy v úhlu 180° .

417. Solenoid (Ampère 1823). a) Drát spirálně zavinutý č. tak zvaný *solenoid* (obr. 513.) možno pokládati za složený z velmi mnohých kruhovitých magnetův (416. b), jež v účincích svých se vespolek sesilují. Je-li tudíž solenoid volně pohyblivý, postaví se vždy tak, aby podélná osa jeho *ns* byla v poledníku

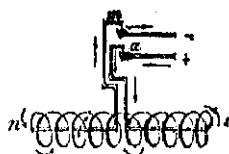
Obr. 511.



Obr. 512.



Obr. 513.



magnetickém a aby proud v dolejších částích závitů od východu k západu směřoval. Solenoid podobá se v mnohé příčné úchylové jehle magnetické a má severní pól magnetický po levé ruce plavce v proudu plovoucího a obličejem k ose solenoidu *ns* obráceného.

1. Poněvadž v solenoidu spirálně svinutém netoliko kruhový, nýbrž i podélný proud vzniká, bývá drát, jak to obr. 513. patrně naznačuje, také rovnoběžně s osou jeho tak veden, aby účinek proudu podélného se zrušil.

2. Přitahování a odpuzování jehly úchylové solenoidem. — Vzájemné přitahování a odpuzování se dvou solenoidů.

b) Z předcházejícího lze sobě vysvětliti, proč hybná železná tyč do dutiny drátu spirálně svinutého aneb do dutiny cívky, na které drát jest navinut, *směrem s osou rovnoběžným* vniká, když

drátem galvanický proud koluje. Síla, která tyč do dutiny puří, jest čtverci mocnosti proudu poměrna.

6. Odpor vodičův.

418. Odpor vodičův. a) Prodloužíme-li polární drát řetězu, ukazuje multiplikator do drátu vložený, že proud prodloužením drátu polárního *se zeslabil*; *zkrátíme-li* drát polární, *jeví se proud silnějším*. Z toho patrno, že každá část drátu polárního *rozvádění proudu odporuje* a že tímto *odporem vodiče rychlost i mocnost elektrického proudu se umenšuje*.

b) Z četných zkoušek vyplývá, že odpor vodičův se mění, mění-li se hmota jejich, a že jest tím větší, čím větší jest teplota vodiče. *Zůstává-li hmota i teplota vodiče stejná, jest odpor v rovném poměru ku délce a v převráceném poměru ku průřezné ploše vodiče*, tak že jest odpor $O = A \cdot \frac{L}{P}$, v čemž značí A činitele, hmotou a teplotou vodiče se spravujícího, L délku a P průřeznou plochu vodiče.

Zavřeme-li řetěz drátem 2., 3., 4., ... *krátě delším*, jeví se proud 2., 3., 4., ... *krátě slabším* a tudíž odpor 2., 3., 4., ... *krátě větší*; zavřeme-li pak řetěz dráty stejné délky ale nestejné průřezné plochy, bude odpor 2., 3., 4., ... *krátě menším*, je-li průřezná plocha drátu 2., 3., 4. ... *krátě větší*. V obou těchto případech musí pak býti dráty ze stejné hmoty a musí míti stejnou teplotu. Pomocí drátů z rozličné hmoty a nestejné teploty ale stejné délky i průřezné plochy možno přesvědčiti se, že spravuje se velikost odporu též hmotou i teplotou vodiče.

c) Odpor drátu, jehož délka = 1, průřezná plocha = 1 a teplota = 0°C, zove se *měrným odporem* a drát takový slove *drátem normálním*. Odpor vodiče délky, tloušťky a teploty jakékoliv zove se *odporem prostým* č. *odporem vůbec*.

d) Je-li odpor $O = A \cdot \frac{L}{P}$ (dle b), tož bude též odpor $o = a \cdot \frac{l}{p}$; je-li pak $O = o$, $A = 1$ a $P = 1$, tož musí býti $L = a \cdot \frac{l}{p} = O$, t. j. odpor vodiče jakéhokoliv lze vyjádřiti určitou délkou drátu normálního a odpor délkou touto stanovený zove se *převedeným* (*redukovaným*) *odporem vodiče*.

419. Vodivost kovů. Čísla, kterými označují učenci vodivost električnosti *téhož kovu*, liší se od sebe často velmi značně, což možno vyložiti tím, že i *nepatrné znečištění kovu jinou látkou u vodivost jeho mění*, jakož i že každá *proměna hustoty, tvrdosti a seřadění molekul*, zvláště pak *proměna teploty kovu*, jmenovitě *mědi* způsobuje vždy i *proměnu vodivosti*.

Kovy nabývají tím menší vodivosti električnosti, čím více teplota jejich se zvyšuje. Dle Mathiessena (1862) ubývá čistým, pev-

ným kovům mezi 0° a 100° C vodivosti téměř tou měrou, kterou teploty jim přibývá.

Některé slitiny kovů pozbývají zvýšením teploty jen málo část své vodivosti a sice mnohem méně, než kovy, ze kterých slitina se skládá.

1. Dle *Mathiessena* (1864) vodi električnost nejlépe stříbro. Značí vodivost stříbra při 0° C číslice 100, tož bude značiti vodivost mědi 99·95, zlatu 77·96, cinku 29·02, platiny 17·99, železa 10·81, ctnu 12·36, olova 8·32 a rtuti 1·9.

2. Čísła, která značí vodivost električnosti kovů, jsou v rovném poměru s čísly, která značí vodivost tepla těchto kovů (*Franz a Wiedemann* 1859).

3. Vodivost električnosti argantanu snížila se (dle *Mathiessena* 1864) mezi 0° a 100° C o 4·39%

Vodivost slitiny platiny a stříbra se 16·65% objemu platiny snížila se o 3·10%

Vodivost slitiny palladia a stříbra se 23·28% objemu palladia snížila se o 3·40%

Vodivost slitiny železa a zlata s 10·96% objemu železa snížila se o 3·34%

4. Ze slitin, jež snadno lze sobě opatřiti, ubývá zahřátím z 0° na 100° argantanu nejméně vodivosti, proto užívalo se druhdy argantanu co drátu normálního. Jak patrně, ubývá však slitině platiny a stříbra zahřátím z 0° na 100° ještě méně vodivosti, i dá se tudíž očekávati, že bude užívati se drát z této slitiny co drátů normálních.

420. Jednička odporu. Za jedničku odporu užívalo se dle r. 1846 k návrhu *Jacobiho* drátu měděného, válcovitého, 1 met dlouhého, o 1 millimetru průměru. Měď hodí se však nejméně jak v odst. 419. vytknuto, za drát normální. Poněvadž pak rtu snadně zcela čistou si možno připravit a poněvadž veliký odpor rtuti pouze krátkého sloupce vyžaduje a teplotou valně se nemění navrhl *Siemens* (1860) za jedničku odporu hranol rtutový 1^m dlouhý o 1^{mm} průřezu při teplotě 0° .

V době nejnovejší (1864) přijala společnost anglických učencův „*British Association*“ po bedlivém skoumání za jedničku odporu drát ze slitiny platiny a stříbra, kteráž, jak výše (odst. 419. 3.) vytknuto, zahřátím z 0° na 100° C nejméně procent vodivosti své pozbývá.

Drátu ze slitiny platiny a stříbra používal co drátu normálního nejprve *Weber* (1846). Společnost „*British Association*“ nazvala tuto jedničku odporu *Ohmadou*, na počest učenca *Ohma* (viz odst. 423.).

421. Rheostat. a) *Rheostat Wheatstoneův*. Na obr. 514 viděti u *A* dva válce stejného průměru. Válec *a* jest dřevěný, má na obvodu šroubové závitě těsně u sebe ležící, mezi kterým spočívá tenký drát, jehož části dřevěnými závitě jsou mezi sebou osamotěny. Válec *b* jest mosazný, aneb dřevěný, mosazem povlečený. Otáčíme-li válec *b* klikou 2, stáčí se drát s válce *aa* navinuje se na válec *b*, otáčíme-li pak válec *a* klikou 1, stáčí se drát s válce *b* a navinuje se mezi šroubové závitě válce *a*. Možno tudíž jakoukoliv část celé délky drátu na válec *a* navinouti a délku drátu

na a navinutou pomocí měřítka ss a stupnice m určit. Vložíme-li přístroj ten způsobem z obrazce patrným do drátu polárního, tož probíhá proud částí drátu na dřevěném válci a navinutou, přechází pak k válci mosaznému, na kterém nalézá velmi malý odpor (poněvadž jest průměr válce toho veliký), a vrací se z válce b k druhému konci drátu polárního. *Potřebí tudíž přihlížeti pouze k odporu drátu na válci dřevěném. Poněvadž možno délku tohoto drátu zvětšiti neb zmenšiti, patřno, že možno i odpor drátu a tudíž i mocnost proudu elektrického, přístrojem procházejícího, změnit, aniž potřebí proud přerušiti. Je-li síla proudu nestálá, možno přístrojem tím i toho docíliti, aby proud vždy toutóž mocností působil, odkudž přístroji tomu dáno jméno *rheostat* aneb *spravovatel proudu*.*

1. Proud vede se do rheostatu na obr. 514. A sloupkem d , a jde odtud zpruhou v k mosazné pásce x , z níž pak do drátu s ní spojeného a na válci a navinutého vchází, načež, přešed na válec b , zpruhou w do sloupku e se odvádí.

2. Měřítka ss naznačuje na kolika závitěch válce a drát jest navinut, ručička m ukazuje pak ještě 0.01 jednoho celého závitu.

b) *Rheostat Jacobiho* (1841) na obr. 514. u B znázorněný skládá se z válce aa , na kterém jest navinut mezi závity šroubovými drát, s kterým jest ve vodivém spojení posouvňá deska b . Místo desky b užívá se někdy kovové kladky r , která silnými zpruhami vw ku drátu se přitlačuje a otáčením válce klikou z po něm v jednom neb druhém směru se posouvá.

1. Čím tenčí a čím méně vodivý jest drát rheostatu, tím kratší část drátu potřebí, aby proud se změnil. Obvyčejně bývá drát rheostatu tenký (poloměr $r = \frac{1}{2}$ neb 1mm) a dělá se z argantanu neb mosazi.

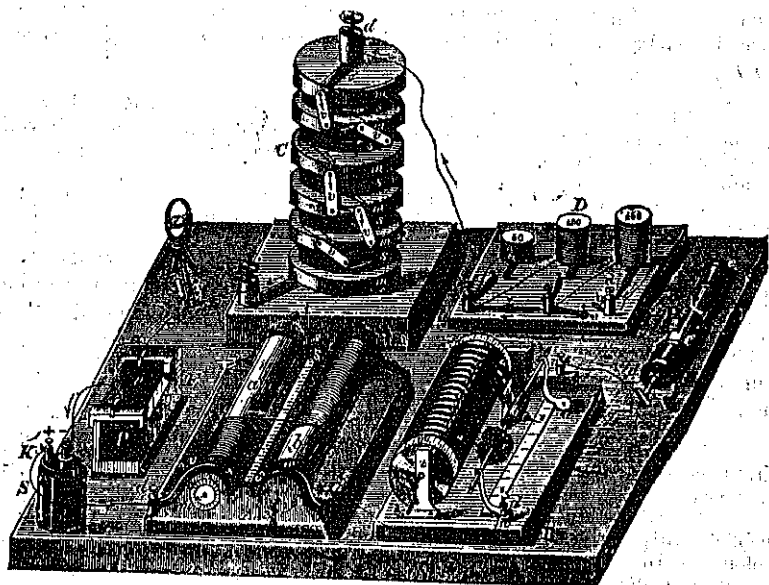
2. Rheostatu možno použiti též ku převedení jakéhokoliv odporu na jedničku odporu. Prochází-li proud nějakým vodičem a pak tangentovou bussolou T (obr. 514.), tož vyloučíme vodiče z proudu a vložíme na místě něho do drátu polárního tak velikou část drátu z rheostatu, až odchylka jehly v bussolě jest právě tak veliká jako dříve. Z délky drátu do proudu vloženého možno pak odpor vodiče, jež drát ten zastupuje, vypočísti a na jedničku odporu převésti, je-li známo, jak veliká část drátu na rheostatu má též odpor jako jednička odporu.

c) *Sloup Eisenlohrav* (1852) jest dřevěný válec C (obr. 514.), na jehož vyhlubených částích s navinut velmi tenký, hedbávním opředený drát argentanový. Vypuklé části sloupu m a proužky v , tak zvané *mostky*, jsou mosazné. Drát na každé jednotlivé cívice jest spojen jedním koncem s hořejším a druhým koncem s dolejší pásem mosazným m . Spojíme-li sloupek d s jedním a sloupek e s druhým pólem řetězu a jsou-li veškeré mostky uzavřeny, t. j. jsou-li veškeré pásky m proužkami v spolu spojeny, tož jde proud od sloupku d páskami ku sloupku e , nenalézáje valného odporu. Je-li pak mostek některé cívky otevřen, musí probíhati proud drátem, na této cívce navinutým jako ku př. drátem na cívce druhé s horá a' prvé z dola (obr. 514. C). Je-li délka drátu na

této cívice navinutého známa, možno pak odpor drátu toho stanoviti. Podobným způsobem jsou též upraveny sloupky u *D* na obr. 514. znázorněné.

Průměr drátu argentanového na sloupku Eisenlohrově obnáší $\frac{1}{100}$ palce. Odpor drátu na prvé cívice navinutého rovná se odporu 100 závitův drátu na rheostatu Wheatstoneově, odpor na cívce druhé rovná se odporu 200, na třetí 300, na čtvrté 500, na páté 1000, na šesté 2000, na sedmé 3000, na osmé 5000 závitův drátu na rheostatu Wheatstoneově.

Obr. 514.



422. Odpor kapalin jest mnohem větší, než odpor kovů, neboť skládá se z vlastního odporu hmoty a z polarisace.

Na obr. 514. jsou u *E* a *F* znázorněny přístroje ku měření odporu kapalin, a sice u *E* přístroj *Wheatstoneův* (1844) a u *F* přístroj *Horsfordův* (1847). Posouváním platinových desk *P* možno délku sloupce kapaliny, jímž proud prochází, zvětšiti neb zmenšiti; v nádobě *F* lze pak i výšku a tudíž i průřeznou plochu sloupce kapaliny zmenšiti a měřítkem určit.

Prochází-li kapalinou v *E* neb *F* proud a vedeme-li jej pak do bussoly tangentové *T*, kdež odchýlí se jehla v úhlu ω , tož vypočteme převedený odpor kapaliny, vyloučíme-li ji ze proudu a nahradíme-li odpor její odporem drátu v rheostatu, jež upravíme k tomu cíli tak, aby jehla bussoly opět v úhlu ω se odchýlila.

Nehledíme-li ku polarisaci, jest i u kapalin $O = A \cdot \frac{L}{P}$.

(418. b). Přibývá-li kapalinám teploty, *ubývá* odporu kapaliny (u pevných hmot jest to naopak, jak bylo výše vytknuto).

Nejmenší odpor jeví kyseliny, větší jest odpor žiravin a roztoků solí, velmi značný pak jest odpor vody.

Odpor vody zmenšuje se, rozpustíme-li v ní soli, odporu vody neubývá však tou měrou, kterou soli v roztoku přibývá. Tělo lidské obsahuje mnoho kapalin a jeví tudíž značný odpor při rozvádění proudu.

Plyny vodí električnost špatně a teprv tehdy, když elektrická napnutost vysokého stupně dosáhla. *Horké* plyny jsou *lepšími* vodiči než studené. Ve prostoru *vzduchoprázdném* se električnost *nerozvádí* (viz str. 189.).

423. Zákon Ohmův. a) *Mocnost elektrického proudu P galvanického řetězu jest v rovném poměru k síle elektrobudící E a v převráceném poměru ku veškerému převedenému odporu O , tak že*

$$P = \frac{E}{O}.$$

b) Veškerý odpor O skládá se z odporu řetězu R , který jest velmi značný, poněvadž v řetězu proud kapalinami se rozvádí, a z odporu v drátu polárném r , pročež $P = \frac{E}{R+r} \dots \dots (1)$.

V řetězu Voltově a vůbec ve všech řetězích o proudu nestálém nutno od síly elektrobudící E odečísti polarisaci, kteráž působí ve směru protivném.

c) Spojíme-li n jednoduchých *stejných* řetězů v baterii obyčejným způsobem, t. j. spojíme cink řetězu prvního s mědí druhého, cink druhého s mědí třetího... a cink posledního s mědí prvního *týmž drátem polárným*, jehož odpor jest r , tož bude patrně mocnost proudu $P_1 = \frac{nE}{nR+r} \dots \dots (2)$.

d) Spojíme-li veškeré desky měděné vespolek a taktéž veškeré desky cinkové vespolek v *řetěz velkodeskový* a zavřeme-li řetěz opět týmž drátem polárnými, tož bude mocnost proudu $P_2 = \frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{nE}{R+nr} \dots \dots (3)$.

Síla elektrobudící E zůstává totiž v tomto případě stejná, neboť neřídí se velikostí desk, odpor řetězu bude však *nkráté menší*, poněvadž jest průřezná plocha kapaliny *nkráté větší*.

e) Z předcházejícího vyplývá: 1. Je-li odpor r v drátu polárném tak veliký, že odpor řetězu R i nR u přirovnání k němu téměř mizí a tudíž v počtu vynechati se může, tož bude:

$$P = \frac{E}{r}, \quad P_1 = \frac{nE}{r} = nP \quad \text{a} \quad P_2 = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r} = P, \quad \text{t. j.}$$

při velmi velkém odporu vodiče, jímž proud řetězu se vede, přibývá mocnosti proudu tou měrou, kterou přibývá počtu řetězů jednoduchých v baterii složených, řetěz velkodeskový dává však v případě tom proud tak mocný jako řetěz jednoduchý.

2. Je-li odpor ve vodiči tak malý, že r i nr u přirovnání ku značnému odporu R řetězu téměř mizí a tudíž v počtu výnechati se může, tož bude

$$P = \frac{E}{R}, P_1 = \frac{nE}{nR} = P \text{ a } P_2 = \frac{nE}{R} = nP, \text{ t. j. při}$$

malém odporu vodiče, jímž proud řetězu prochází, přibývá mocnosti proudu tou měrou, kterou přibývá počtu řetězů jednoduchých, v řetěz velkodeskový spojených, batterie dává však v tom případě proud též mocnosti jako řetěz jednoduchý.

Ze zákonů právě odvozených patrně, že k účinkům chemickým a fyziologickým, při kterých proud veliký odpor ve vodičích přemáhati musí, bude výhodné použití batterie z mnohých, byť i malých řetězů složené; k účinkům tepla a k účinkům magnetickým, při kterých krátkých a tlustých vodičů o malém odporu se užívá, bude prospěšnější použití řetězu velkodeskového. K účinkům tepla a k účinkům magnetickým, jež mají jeviti se ve značné vzdálenosti, tak že potřebí vodičů dlouhých, nutno použití mnohých, velkodeskových řetězů, ku kterémuž cíli sestaví se nejprve řetězy velkodeskové a z těch pak batterie.

Největší mocnosti dosahuje proud, sestavíme-li řetěz tak, aby odpor řetězu rovnal se odporu vodiče, což ze zákonu Ohmova lze snadně dovoditi.

D. Návod elektrodynamický.

1. Návod voltovský.

424. Proud navedený. a) Každý elektrický proud vzbuzuje dle Faradaye (1831) v tom okamžiku, kdy řetěz, z něhož proud ten vychází, se otevře aneb uzavře, v jiném vodiči uzavřeném, na blízku pólnárního drátu se nalézajícím a s ním rovnoběžném, elektrický proud okamžitý, který proudem vedlejším, podružným aneb navedeným se nazývá. Proud navedený má v okamžiku, kdy proud hlavní č. prvotný vzniká, směr protivný, v okamžiku pak, kdy hlavní proud přestává, směr souhlasný se směrem proudu hlavního.

Zastrčíme-li cívkou H (obr. 515.), na které jest navinut tlustý a krátký osamotěný drát, s póly řetězu E spojený, do cívky J , na které jest navinut drát dlouhý a tenký, hedbávim opředený, tož vznikne při každém otevření a uzavření řetězu E v drátu na cívce H navinutém proud navedený, jehož směr a mocnost multiplikátorem II stanovíti možno. Směr a mocnost proudu hlavního určuje se multiplikátorem I .

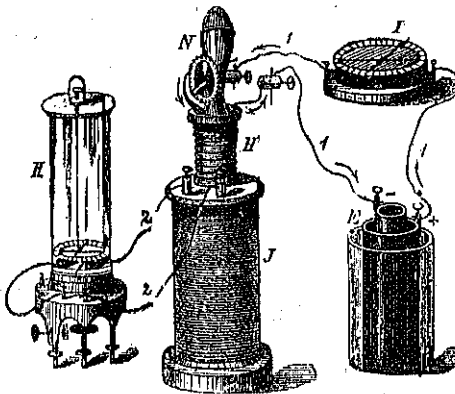
b) Vedlejší proud vzniká též, kdykoliv oba dráty k sobě *přibližujeme* neb je od sebe *vzdalujeme*, aneb když prvotný proud *sesilujeme* neb *seslabujeme*.

Rychlým zastrkováním cívky *H* (pomocí rukověti *N* obr. 515.) do cívky *J* jakož i vytahováním *H* z *J* vzniká vedlejší proud právě tak, jako když cívka *H* v cílce *J* zůstává a hlavní proud se přerušuje.

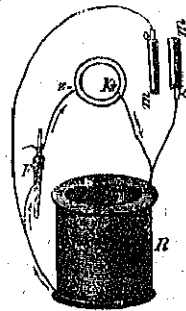
c) Mocnost proudu vedlejšího jest tím větší, čím mocnější jest proud hlavní a čím delší jsou dráty na obou cívkách navinuté.

425. Proud protivný. V drátu polárném vzniká při každém uzavření a otevření řetězu vedlejší proud týchž vlastností jako proud v jiného uzavřeného vodiče navedený. Tento v drátu

Obr. 515.



Obr. 516.



polárném vznikající vedlejší proud zove se proudem *protivným* a *seslabuje* proud hlavní při uzavření řetězu, při otevření řetězu pak jej *sesiluje*.

Navineme-li na cívku *R* (obr. 516.) jen jediný dlouhý drát, na obou koncích rozvětvený, spojíme-li jednu z větví s pólem řetězu a druhou s kovovým válečkem *m*, tož bude, jsou-li válečky ty sobě na blízku, při každém otvření i uzavření řetězu přeskakovati z jednoho válečku na druhý elektrická jiskra, při otvření řetězu jest však jiskra tato mocnější. Vozmeme-li do každé ruky jeden z válečkův, ucítíme při každém otvření i uzavření řetězu mocné otřesení.

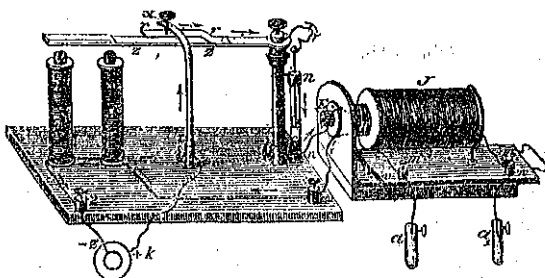
Mocnost proudu protivného jest tím větší, čím mocnější jest proud hlavní a čím delší jest drát.

426. Účinky proudu navedeného. Proud vedlejší jakož i proud protivný jeví zvláště mocné účinky *fysiologické*. Poněvadž

však proud navedený jen okamžik trvá, nutno postarati se o to aby proud hlavní velmi rychle se přerušoval, t. j. aby řetěz rych a střídavě se uzavíral a otevíral, čímž docílí se proudů vedlejších rychle za sebou následujících. Rychlým otáčením Neefova kolečka N (obr. 515.), aneb voděním drátu po pilníku F (obr. 516.) lze proud hlavní rychle přerušovati. Nejčastěji užívá se však ku přerušování proudu *kladívka Neefova* (obr. 517.).

Zavřeme-li řetěz (obr. 517.), tož vchází proud do šroubku x odtud do zpruhu rr a do kotvy zz , kterou vede se pak do drátu 1 cívice H navinutého. Tímto proudem hlavním vzniká ve drátu na cívi J proud vedlejší okamžitý, jehož účinek (ráz) uctíme, navlhčíme-li ru

Obr. 517.



vodou slanou aneb nakyslou a vezmeme-li do jedné ruky svodič a do druhé svodič a_1 . Proběhnuv drátem na cívce H , vejde proud do závitův elektromagnetu a vrací se odtud k zápornému pólu řetězu nazp. V okamžiku, kde proud závitův elektromagnetu probíhá, stává elektromagnet magnetickým, přitáhne kotvu zz , čímž zpruha rr od šroubku x se vzdálí a tudíž hlavní proud se přeruší, protože v drátu opět okamžitý proud směrem dřívějšmu protivný povstává. Přerušení proudu hlavního pozbývá elektromagnet magnetičnosti, kotva se odtrhne a zpruha rr dotkne se opět šroubku x , čímž proud opětně se uzavře a vše jako zprvu se opětuje. Poněvadž řetěz takto rychle po sobě se uzavírá a otevírá, vznikají v těle, jímž vedlejší proudy probíhají rychle po sobě rázy mocné.

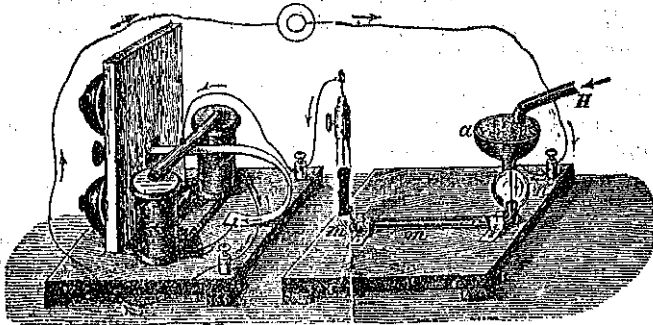
1. Přístroj právě popsany sestrojil *Wagner* (1839) a popsal *Neef*, c kudy i kladívkem Neefovým nazván. Neefova kladívka užívají v některých p padech lékaři.

2. Přístrojů, pomocí jichž proud sám řetěz otevírá, užívá se též k m hým jiným účelům. Vedeme-li rourou H svítiplyn na hliněnou desku a (o 518.), tož vniká pórami desky plyn rychle do spojité nádoby mm a tlačí r v ní obsaženou v levém rameně vzhůru, čímž batterie se uzavře, elektromag magnetickým se stane a kotvu přitáhne. V okamžiku však, kde kotva mag se dotkne, jest proud přerušon, načež kotva opět od elektromagnetu se vzd a řetěz zase uzavírá. Pohyben kotvy dolů a nahoru způsobuje se však nár palíčky na zvonky, které pak znějí a přítomnost plynu v nádobě oznamu Přístroj takto upravený může též přítomnost „bicích větrů“ v dolcích oznam

vati. Týmž způsobem bývají též upraveny zvonicí přístroje, o kterých pojednáno v odst. 410. d 2.

Při samohláskovém přístroji Helmholtzově (str. 243) a jiných přístrojích akustických přivádějí se znějící vidlice ve chvíli tím, že ramena jejich se pohybují mezi póly elektromagnetů, které rychlým zavíráním a otevíráním řetězu magnetičností rychle po sobě nabývají a pozbývají. Proud přerušuje se pak chvěním vidlice, která ve vteřině určitý počet výchvátů koná.

Obr. 518.

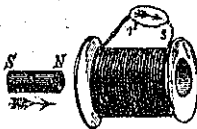


2. Návod magnetický.

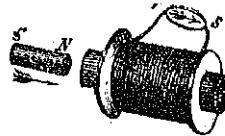
427. Proud magnetičnosti navedený. a) Vsouváme-li do duté cívky, na které jest hedbávím opředený drát navinut, magnetickou tyčinku NS (obr. 519.), vznikne ve drátu na cívce navedený proud. Vytáhneme-li tyčinku z cívky, vzniká v drátu proud navedený, ve směru protivném směru proudu dřívějšího. Vsouváme-li aneb vytáhneme-li *týmž* otvorem cívky druhý pól magnetu, vznikají v drátu proudy, ve směrech předešlým *protivných*.

b) Naplníme-li dutinu též cívky tyčinkami ze železa zcela měkkého (obr. 520.) a přiblížíme-li se k tyčinkám po délce aneb

Obr. 519.



Obr. 520.



ku koncům jejich s jedné strany pólem silného magnetu, tož *zma-gnetují* se tyčinky a v drátu povstává *navedený proud*. Vzdálíme-li magnet od tyčinek, *pozbývají magnetičnosti* a v drátu vzniká opět *navedený proud*, jehož směr směru proudu předešlého jest *protivný*. Je-li magnet nehybný, přibližujeme cívku k němu aneb vzdalujeme ji od něho.

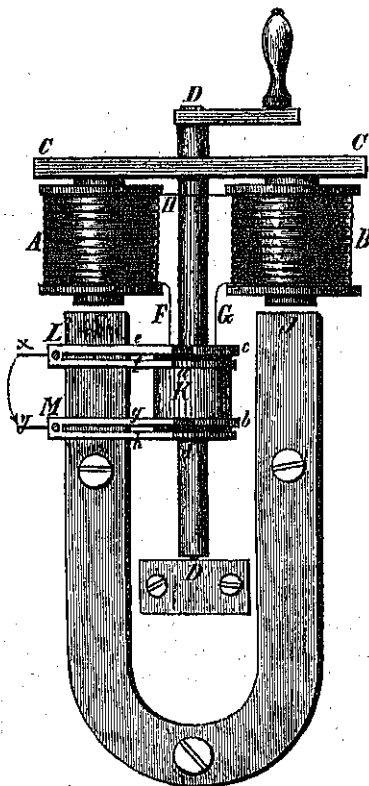
Působí-li v tyčinky, do cívky vložené, na obou koncích *současně* protivně pólý dvou magnetů, bude navedený proud tím *mocnější*.

c) Směr proudu magnetičností navedeného jest *protivný* směru onomu, jež by proud týmž drátem probíhající mlti musil, aby účinkem jeho póly magnetu právě tak se pohybovaly, jak se to děje při vsouvání a vytahování magnetu silou mechanickou.

d) Čím *silnější* jest magnet a čím *rychleji* do cívky se vsouvá a z ní opět se vytahuje, tím *mocnější* jest proud magnetem navedený. *Mocnosti proudu přibývá též tou měrou, kterou přibývá počtu závitův drátu na cívce*, jsou-li závity všechny stejné veliké.

428. Magnetoelektrický stroj otáčivý. V základě odst. 427. b) spočívá úprava magnetoelektrických strojů otáčivých, kterými možno pomocí silných magnetů v uzavřených vodičích navedené proudy k účelům fyziologickým, chemickým a fysikalným vzbuzovati. V obr. 521. znázorněn takový stroj úpravy starší. Naproti pólům *SJ* batterie silných podkovových magnetů jsou

Obr. 521.

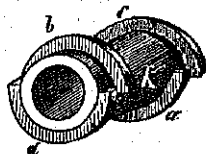


dvě železné tyčinky v cívkách dřevěných *AB*, osamotěným drátem ovinutých, zastrčeny a na železné příčce *CC* připevněny. Příčka *CC* jest přidělena na ose *DD*, která klikou se otáčí. Jeden konec drátu jest u *F*, druhý u *G* připevněn na proudovratu *K*, jež obr. 522. a 523. znázorňuje. Na obou koncích mosazné trubice *K* jsou připájeny dva ocelové hřebeny *a* a *b* zrovna naproti sobě ležící a jeden přes druhý trochu sáhající. Uvnitř ve trubici *K* jest jiná mosazná trubice, od vnější rourou z tvrdého dřeva osamotěná. (Dřevěná roura jest na obr. 522. černě naznačena.) Na koncích vnitřní mosazné trubice jsou opět dva ocelové hřebeny *c* a *d* týmž způsobem upraveny jako *a* a *b*. Konec drátu *F* jest

Obr. 522.



Obr. 523.



spojen s hřebenem a , konec drátu G spojen s hřebenem c a proudovrat K upevněn jest na hřídeli, s kterým zároveň se otáčí. Dvě tenká, plošká péra ocelová L a M jsou na podstavci připevněna a přední vidlicovitě rozeklané konce jejich ef a gh přiléhají zlehka ku hřebenům proudovratu, tak že proud do pěr L a M vstupuje. Spojíme-li konce jejich vodičem xy , tož koluje ve vodiči tom elektrický proud. V poloze, kterou obrazec 521. znázorňuje, přiléhá péro f na hřeben a , péro h na hřeben d , péra e a g jsou pak volná. Jde-li v okamžiku tom proud od G ku H , tož jde v cívce druhé směrem protivným od H ku F a vstupuje tudíž z F do hřebenu a , odtud do péra f a pérem do vodiče xy . Proběhnuv vodiče xy vchází pak proud do péra h a do hřebenu d , jenž jest s hřebenem c vodivě spojen, tak že proud opět do G se vrací. Otočí-li se klika, tak že cívky od magnetů se vzdálí a přička CC úhel 90° opíše, tož pozbývají železné tyčinky v cívkách magnetičnosti své, čímž vzniká proud *druhý*, jehož směr jest protivný směru proudu předešlého. Bude tudíž kolovati v jedné cívce směrem od H ku G a v druhé od F ku H , spolu otočil se však též proudovrat o 90° , čímž přichází péro e ve vodivé spojení s hřebenem c a péro g ve vodivé spojení s hřebenem b , péra f a h jsou pak volná. Proud má tudíž nyní směr $Gcexygba.FH$ a probíhá vodičem xy v témž směru jako dříve. Otočí-li se pak klika o dalších 90° , tož přichází cívka v obraze 521. v pravo vyobrazená nad pól S a cívka v levo vyobrazená nad pól J , tím vzniká pak proud *třetí*, jehož směr jest směru proudu *prvého* protivný a tudíž se směrem proudu *druhého* souhlasný. Poněvadž péro e hřebenu c a péro g hřebenu b dotýkati se nepřestalo, bude vodičem kolovati opět proud směrem xy . Otočí-li se klika opět o dalších 90° , povstává v drátu $G.H.F$ proud *čtvrtý* ve směru protivném směru proudu *třetího* a tudíž *souhlasném* se směrem proudu *prvého*. Poněvadž však tímto otočením péro f opět do spojení s hřebenem a a péro h ve spojení s hřebenem d vešlo, probíhá proud nyní opět vodičem ve směru xy . Otočí-li se klika ještě o 90° , přicházejí cívky do původní na obr. 521. naznačené polohy, proud tím vznikající jest s čtvrtým proudem souhlasný, pročež probíhá vodiče opět směrem xy . Při každém následujícím otočení cívek opakuje se vše jako dříve.

Poněvadž proud prvý s čtvrtým a druhý s třetím mají směr souhlasný, vznikají otáčením osy DD vlastně jen *dvě* protivné proudy, proudovratem možno pak docíliti toho, že vodičem xy proud vždy týmž směrem probíhá.

Pomocí přístroje právě popsaného možno použití proudu navedeného právě tak jako proudu galvanického k účinkům rozmanitým. K účinkům *chemickým* a *fysiologickým* brávají se cívky AB s drátem *tenkým* a *velmi dlouhým*, k účinkům *tepla* a *světla* jakož i k účinkům *magnetickým* užívá se cívek s drátem *tlustým* a *krátkým*.

1. Bývalý profesor na universitě Pražské a sourodák náš *Petřina* upevnil na otáčecí ose čtyry cívký návodné, z nichž vždy dvě proti sobě stojící k sobě náležejí; na jednéch byl drát tenký a dlouhý, na druhých tlustý a krátký navinut, tak že mohlo se užíti buď proudu cívek prvých k účinkům chemickým a fyziologickým, buď proudu cívek druhých k účinkům tepla a světla neb k účinkům magnetickým. Každou dvojici cívek opatřil *Petřina* proudovratem velmi jednoduchým, záležejícím ze dvou kovových proužků přistřížených a na dřevěném válci s osou spojeném navlečených tak jak to obr. 524. naznačuje. Péra *L* a *M* (viz obr. 521) jsou pak jednoduchá a přiléhají konci svými ku dvěma protějším místům válce, ku př. u *a* a *b* a drát cívek spojen jest jedním koncem s proužkou *bc* a druhým s proužkou *ad*.

2. Druhdy uživalo se malých magnetických přístrojů otáčivých v lékařství, v době novější užívá se jich co zdroje elektrického proudu pro telegrafy (Stöhrer, Markus), galvanoplastiku a elektrické světlo.

3. Magnetoelektrický otáčivý přístroj sestavil r. 1832 *Picci*. Od té doby byl přístroj ten značně opraven a rozmanitě proměněn. V době novější sestrojili zvláště *Siemens* (1857), *Wilde* (1866), *Wheatstone* a *Siemens* (1867) a *Ladd* (1867) magnetické otáčivé přístroje velmi dokonalé, které od popsaného značně se liší, o kterých však tuto pojednati nemožno.

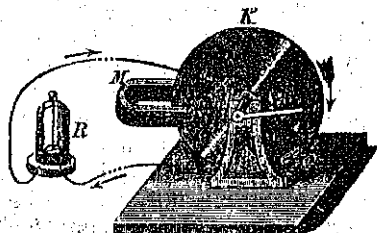
429. Působení magnetu v otáčející se kotouči kovový.

a) Snadně pohyblivá, krátká jehla úchylková, ku ploše kotouče měděného, okolo kolmé osy se otáčejícího přiblížená, odchyluje se

Obr. 524.



Obr. 525.



ze své polohy v tom směru, kterým kotouč se otáčí, a odchylka jehly jest tím větší, čím více jehla ku kotouči se přiblíží, čím silněji magnetická jest jehla, čím hmotnější jest kotouč a čím rychleji se otáčí. Nabyli-li kotouč určité rychlosti, otáčí se též jehla tímž směrem a sice tím rychleji, čím rychleji kotouč se otáčí a čím lepší elektrovodičem jest.

b) Výjev tento vložil *Faraday* (1832) následovně: Účinkem magnetičnosti jehly vzniká v kotouči jako v uzavřeném vodiči návodem elektrický proud, který pak v jehlu působí a ji v otáčivý pohyb uvádí; že proud takový skutečně vzniká, dokazuje se přístrojem od *Faradaye* sestrojeným a v obr. 525. znázorněným. Otáčí-li se kotouč *K* mezi póly silného magnetu *M* v pravo neb v levo, ukazuje multiplikátor *R* že vzniká proud směrem odu středu desky ku pokraji jejímu aneb směrem protivným. Není-li drátů spojovacích, koluje proud tento v kotouči samém.

c) Je-li kotouč *nehýbný*, bude jehlu okolo osy své se otáče-

jší v pohybu zadržovati. Za tou příčinou bývá pod aneb nad jehlou, která, byvši z klidu vyšinuta, brzy opět v klid navrátí se má (jako ku př. v multiplikatoru), měděný kotouč nehybný.

3. Návod elektromagnetický.

430. Návod elektromagnetický. a) Vložíme-li do dutiny cívky, okolo které hlavní proud obíhá, sloupek z měkkého železa, tož sesílí se zvláště fyziologické účinky proudu navedeného i protivného. Na místě jediného sloupku klade se do cívky svazek tenkých osamotěných (pokostem potřených aneb hedbávím opředěných) tyčinek železných, čímž mocnějších účinkův se docílí. Je-li svazek tyčinek dutým válcem kovovým obklopen, jest navedený proud opět slabší a sice tím slabší čím lepší vodič jest válec.

b) Sesléní proudu vedlejšího a protivného vykládá se tím, že měkké železo účinkem proudu hlavního elektromagnetem se stává. Přerušením hlavního proudu přestává býti železo magnetem, čímž povstává vedlejší i protivný proud, ve směru proudu hlavního, pročež při přerušení proudu hlavního proud vedlejší i protivný se zesiluje. Jsou-li tyčinky z měkkého železa kovovým válcem obklopeny, vzniká přerušením proudu hlavního návodem elektrický proud ve válci, pročež tyčinky déle magnetickými zůstávají. Jediný sloupek železný možno pokládati za mnoho tyčinek jednotlivých v obalu společném, pročež účinky jediného sloupku mnohem slabší jsou, než účinky mnoha tyčinek jednotlivých.

c) Vložíme-li do cívky *H* (obr. 517.) železné tyčinky *E*, sesílí se účinky proudu vedlejšího v drátě cívky *J* vznikajícího, jakož i účinky proudu protivného v drátě cívky *H*. Opatří-li se vyčnívajícím koncem tyčinek železným příklopem, mohou sloužiti současně i co elektromagnet ku přerušování proudu hlavního, čímž přístroj na obr. 517. znázorněný jednodušším se stává.

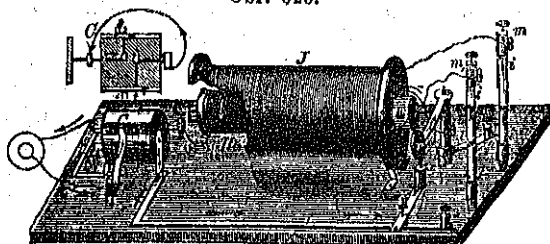
431. Návodný přístroj Ruhmkorffův. Proud navedený jeví zvláště silné účinky fyziologické, z čehož dá se souditi, že jest příbuzný s proudem, který vzniká při vybíjení batterie láhví Leydenských. K příbuznosti obou proudů poukazuje též okamžitě jejich trvání. *Ruhmkorff* sestavil (1851) přístroj návodný, kterým možno docíliti týchž účinkův, jako proudem električnosti, třením vzbuzené. Aby pak navedený proud měl velikou napnutost, jsou u přístroje *Ruhmkorffova* dráty na obou cívkách značně dlouhé a jednotlivé závity jejich jakož i jednotlivé vrstvy velmi dobře osamotěné.

V obr. 526. jest *H* cívka s drátem *tlustým*, kterým probíhá hlavní proud stálého řetězu galvanického. Do cívky jest vložen svazek železných drátů *E*. *J* jest cívka s drátem *tenkým*, kterým probíhá proud navedený. Dráty jsou na obou cívkách týmž směrem navinuty. K rychlému přerušování proudu slouží kladívko *r*,

spočívající na sloupku α ; přitáhne-li elektromagnet kladívko γ , jest proud přerušen. Konce drátu m a m_1 na cívce J navinutého vrbhají k šroubkům na skleněných sloupcích δ upevněným. Šroubky tyto slouží k připevnění kovových hrotů, drátů atd.

Při každém přerušení proudu hlavního povstává ve drátu cívky H proud *protivný*, stejného směru s proudem hlavním. Proud tento měl by za následek, že by svazek drátů železných déle magnetickým zůstal. K uvarování toho bývá přidán ku přístroji *kondensator*, t. j. veliký kus (9' dlouhý a $\frac{1}{2}$ ' široký) voskové dykty pokostem potřené a po obou stranách jako deska Franklinova stanniolem pokryté tak aby dosti široký okraj nepřikryt zůstal. Jeden pokryv stanniolový jest spojen se sloupkem 3. a druhý se sloupkem 4. Aby pak kondensator do malého truhlíku v pod-

Obr. 526.



stavci přístroje vložiti se mohl, jest dykta složena, při čemž oba pokryvy stanniolové mezi sebou osamotěny zůstávají, jsouce celé pokryty voskovou dyktou, vyjímaje pouze v místech, kde jeden sloupku 3 a druhý sloupku 4 se dotýká a kdež vodivého spojení sloupeků s pokryvy potřebí. Po přerušení proudu hlavního vchází proud protivný do kondensatoru, v němž se téměř utají, tak že dalším účinkům proudu hlavního vaditi nemůže.

Proudovrat C jest válec ze slonoviny s příslušnými páskami kovovými a slouží pouze k tomu, aby drátem cívky H proud hlavní jedním neb druhým směrem mohl se vésti. Otočí-li se proudovrat o 180° , změní proud svůj směr, jinak zůstává směr proudu hlavního vždy tentýž.

1. Aby byl drát závitů dobře osamotěn, jest hedbávím opředen a pokostem lakovým aneb stearinem, voskem a olejem, parafinem atd. povlečen. Jednotlivé vrstvy drátu a kondensatoru bývají pokostovaným papírem, kaučukem neb guttaperčou, pokostovaným hedbávím atd. od sebe odděleny a osamotěny.
2. Drát, kterým proud hlavní prochází, jest při větších přístrojích 2^{mm} tlustý a činí 300 závitů, drát proudu navedeného jest $\frac{1}{2}^{mm}$ tlustý a 5 neb 10.000 metrů dlouhý. V cívce H jest asi 1000 drátů $\frac{1}{4}^{mm}$ tlustých a dříve vypálených.

Účinky proudu, jichž možno pomocí přístroje Ruhmkorffova docílití, jsou velmi značné. Mezi póly m a m_1 řinou se neustále

jiskry 2—3" dlouhé. Položíme-li mezi póly m a m_1 kousek křídý, cukru, skla atd., stávají se jiskry velmi jasnými. Zápalné látky se jiskrami těmito velmi snadně zapalují. Spojí-li se oba póly m a m_1 drátem železným neb platinovým, rozžhavi se drát velmi snadně. Nejkrásnější úkaz jest však světlo elektrické, vzbuzené tímto přístrojem ve prostoru se zředěným vzduchem neb jiným plynem. Jsou-li totiž póly m a m_1 ukončeny kuličkami, zasazenými do skleněné bány, ze které vzduch se vyčerpá, obaluje se záporná kulička září fialovou s jednotlivými jasně zářícími body světelnými, kladná pak světlem ohnivě červeným; od jedné kuličky ke druhé táhne se pak jednobarevná pruha světlá, vrstvami tmavými proložená. Je-li v báni plyn hořlavý, objevuje se na záporném pólu světlo pěkně zelené. Zvláště krásné jsou pak výjevy fosforescence a fluorescence v rourách Geisslerových (obr. 329.). — Přiblížíme-li prst k pólu m neb m_1 přeskakují do prstu červenavé jiskry, jež způsobují značnou bolest. Spojí-li celá řada lidí oba póly m a m_1 vespolek, ucítí každý jednotlivec silné rány elektrické.

Elektrikou návodnou obr. 449. lze podobných výjevů docílit jako přístrojem Ruhmkorffovým.

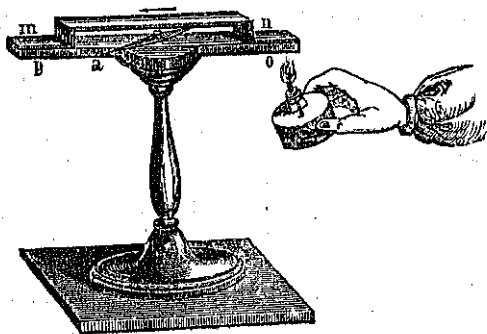
E. Thermoelektričnost.

432. Výjevy thermoelektrické. Na *vismutovou tyč op* (obr. 527.) připájí se na obou koncích *antimonová tyč mn*, ohnutá tak, že mezi ní a mezi tyč *vismutovou* vsaditi se dá jehla úchylková, načež přístroj tak se postaví, aby byla jehla celá uprostřed mezi oběma tyčemi. *Zahřejeme-li tyče v jednom místě, kde jsou spolu spájeny*, ku př. v *o*, odchýlí se jehla z magnetického poledníku, což důkazem, že jde tyčemi proud, je-li *a* pól severní, směrem *onmpo*, t. j. na místě *zahřátém* od vismutu k antimonu, na místě *chladnějším* pak od antimonu k vismutu.

Proud jest tím *mocnějším*, čím *větším* jest *rozdíl teplot* obou míst, *ve kterých* oba kovy jsou *spájeny*.

Zvláště *mocným* jest *tudíž* proud, když kovy v jednom místě, kde pájkou jsou spojeny, se *zahřívají* a v druhém takovém místě *současně* se *ochlazují*.

Obr. 527.



Električnost tímto způsobem vzbuzeaná zove se *thermoelektričnost* (*električnost vzbuzeaná teplem*).

Což bylo právě řečeno o vismutu a antimonu, *platí i o jiných kovech*, ač v míře poněkud menší.

Spojení dvou kovů ku př. vismutu a antimonu k tomu cíli, aby zahříváním místa, kde kovy jsou pájkou spojeny, povstal proud elektrický, zove se *jednoduchým řetězem thermoelektrickým*.

433. Thermoelektrická řada napnutosti. Ze zkoušek, jež pomocí multiplikátoru o málo závitů silného drátu konány byly, sestaveny jsou některé kovy v řadu následující:

Antimon, železo, cín, zlato, měď, mosaz, olovo, cín, stříbro a vismut.

Spojíme-li dva z těchto kovů způsobem v obr. 527. naznačeným a *zahříváme-li* je v místě, kde jsou spájeny, vzniká proud elektrický, který směřuje od kovu v řadě pozdějšího ke kovu v řadě předcházejícímu, ku př. od vismutu ku mědi, od mědi k antimonu atd. Proud jest pak tím mocnější, čím jsou kovy v řadě od sebe odlehlejší.

1. Dle *Bunsena* (1864) povstává mnohem silnější řetěz thermoelektrický, nahradíme-li vismut *kyzem měděným* a antimon *mědi* aneb slitinou ze 2 dílů *antimonu* a 1 dílu *cínu*.

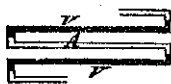
2. Dle *Stefana* (1864) jsou mnohé nerosty mocní thermo-elektrobuďiči, z čehož dal by se vyložití vznik elektrických proudů zemi naší obhájících.

3. Proudy thermoelektrické jsou slabé a rozvádějí se z té příčiny pouze dráty tlustými, pročež termomultiplikatory pouze asi ze 200 závitů drátu 1^{mm} tlustého se skládají.

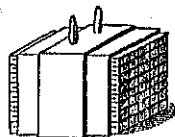
4. Řada napnutosti má platnost pouze do zahřátí na 100°C. — Vyšší teplotou, jakož i značením kovů aneb proměnou souvislosti částic jejich (ku př. hraněním) proměňuje se tato řada.

434. Sloup thermoelektrický. a) Přiměřeným spojením více jednoduchých řetězů thermoelektrických (obr. 528. a 529.) vzniká *thermoelektrický řetěz složený* č. *sloup thermoelektrický* (Thermosäule). Sloup takový může

Obr. 528.



Obr. 529.



býti upraven způsobem rozličným a z kovů rozličných, musí však býti sestaven vždy tak, aby kovy pouze v těch místech vespolek se dotýkaly, kde jsou pájkou spolu spojeny (pročež bývají ve všech ostatních místech pryskyřiči, sádrou, sídou atd. od sebe odděleny) a aby teplota 1., 3., 5., 7.... aneb teplota 2., 4., 6., 8.... místa, ve kterém kovy spájeny, vždy *současně* mohla se měniti. Oba volné a *osamotěné* konce jsou pak *póly* sloupu thermoelektrického.

Thermoelektrický sloup nejmocnějších účinků sestavil v době nejnovější (1864) vídeňský mechanik *Markus*. Kladně elektrickým kovem sloupu toho jest slitina mědi (10 dílů), cínku (6 dílů) a niklu (6 dílů),

kovem záporně elektrickým jest pak slitina antimonu (12 dílů), cianku (5 dílů) a vismutu (1 díl). Sloup tento možno zahřívati až k 600°C , čímž docílí se velikého rozdílu v teplotě a tím mocných účinkův. Sloup takový z 10 jednoduchých řetězů složený rovná se účinky svými řetězu Daniellově. Větším počtem řetězů (až 64) možno pak docílití veškerých účinkův proudu galvanického.

b) Mocnost proudu thermoelektrického sloupu jest za okolností jinak stejných poměrna součtu mocností proudů, vznikajících v řetězech jednotlivých, z nichž sloup se skládá, přibýváť mocnosti tou měrou, kterou přibývá míst, ve kterých kovy pájkou vespolek jsou spojeny.

435. Účinky proudu thermoelektrického. a) Proud thermoelektrický má tytéž účinky jako proud řetězu galvanického. Zvýšením počtu řetězů ve sloup spojených, větším rozdílem teploty a vložením cívky s drátem návodným do proudu možno velmi mocných účinkův docílití.

Aby zůstal proud thermoelektrický stálým, bývá sloup upraven tak, že možno jej na jedné straně parami vodními ke 100°C zahřívati a současně na druhé straně tajícím ledem na 0°C ochlazovati.

b) Thermoelektrický sloup může býti tak citlivým, že jehla multiplikatoru se sloupem spojeného odchyluje se ze své polohy, jak mile teplota míst pájkou spojených na jedné straně sloupu liší se jen poněkud od teploty míst pájkou spojených na druhé straně sloupu. Sloup thermoelektrický s multiplikátorem spojený jest tudíž nejcitlivějším teplověstem č. thermoskopem (Melloni a Nobili 1838).

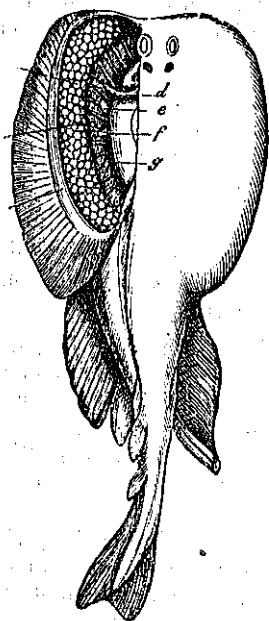
c) *Žároměr Becquerelův* (1863) jest řetěz thermoelektrický z drátu kadmiového a platinového. Řetěz ostává se místem pájkou spojeným účinku žáru, konce drátů jsou pak spojeny s multiplikátorem, jehož stupnice dle jiného žároměru se zhotovuje.

F. Električnost fyziologická.

436. Električnost živočišná. — Elektrické ryby. O vzniku elektrického proudu účinkem vzrůstu rostlin není až posud nic určitého známo, že však životnými výkony živočichův električnost se vzbuzuje, jest mnohými zkušenostmi dokázáno. Největší elektrická napnutost jeví se však v těle některých ryb, jmenovitě v těle elektrického rejnoka, elektrického úhoře a elektrického sumce. Ryby tyto mají v těle zvláštní ústrojí, jež by nejlépe mohlo se přirovnati se sloupem Voltovým, skládajíc se v těle elektrických rejnoků (obr. 580.) z velikého počtu sloupekův bluanami od sebe oddělených a vedlé sebe kolným směrem ode hřbetu k břichu postavených. (Na obr. 580. jest jedna strana rejnoka odkryta, aby bylo sloupky tyto viděti.) V úhoři elektrickém (obr.

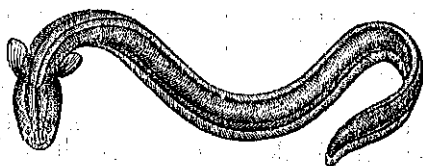
581.) leží ústrojí elektrické po obou stranách páteře od hlavy až do konce ocasu a jest po celé délce rozděleno asi 30 nad sebou ležícími přehrádkami, jež opět mnohými kolnými stěnami příčnými v podélné články rozvrženy jsou. *Sumec elektrický* jest ústrojím elektrickým jako dutým válcem od hlavy až k ocasu obalen. Ústrojí toto skládá se z tělísek čočkovitých, kapalinou naplněných a bývá na prst tlusté, tak že ryba tučnou býti se zdá.

Obr. 580.



Ze zkoušek s rybami těmi konaných shledalo se, že u rejnoka jde proud při vybití vodou v oblouku po obou stranách od hřbetu k břichu, u úhoře od hlavy ku konci ocasu a u sumce od ocasu k hlavě. Proto může dávatí rejnok elektrické rány na přech v každé poloze těla, úhoř a sumec se však při tom ohybají v oblouk, při čemž zvláště úhoř okolo zvířete se zavine. Vybití jest zvláště mocné, když byly ryby podrážděny, a skládá se z velmi mnohých velmi rychle za sebou následujících rázů. Rány elektrické, jež ryby dávají, záleží úplně na vůli jejich a mohou býti slabší neb silnější. Po úplném vy-

Obr. 581.



bití elektrická ochabuje, po odpočinku a posilnění potravou nabývá však ryba opět električnosti.

1. Električnost ryb vybití se nejlépe, vložíme-li rybu mezi dvě osamotěné desky stříbrné, dosti veliké. Desky možno pak spojití s proudoměrem aneb tělem, jemuž chceme električnost živočišnou sdělití.

2. Již starým národům bylo známo, že *elektrický rejnok* zvláštní rány dává, elektrický proud v těle *elektrického sumce* pozoroval nejprve Adamson (1752) a proud v těle *elektrického úhoře* nejprve Richers (1782).

437. Elektrický proud ve svalectech a nervech kolující.

a) Vložíme-li zadní nohy žáby právě usmrcené do sklenice s roztokem kuchyňské soli a páteř do druhé sklenice, taktéž roztokem kuchyňské soli naplněné, a spojíme-li obě kapaliny mokrým knotem asbestovým neb bavlněným, tož *potrhují sebou* nohy žáby účinkem proudu elektrického, který v nich kóluje. Poněvadž není

éto žádných jiných elektrobudičův, nutno souditi, že původ svůj ve svalech záby.

ceí velmi citlivého multiplikatoru (o 4650 závitcích átu) dokázal *Du Bois Raymond* (1848—1860) že svaly, pokud není umrtven, jest záporně elektrickým ze podélnému, kterijž jeví se kladně elektrickým na příčnému.

nutno si mysliti sval co válec neb hranol, jehož k průřezem podélným a jehož obě plochy základně příčný. Proud jde pak od průřezu podélného do l, odtud ku průřezu příčnému a z tohoto k průřezu

ší část svaly (molekula svaly) chová se v této pří- k jako celý sval.

nervů řídí se týmiž zákony jako proudy svalů. dou z větví ku vzniku nervu, zovou se proudy vzstu- v kolující směrem protivným jmenují se sestupující.

úsobení električnosti v ústroji živočišné. Elek- může buď pohyb svalů způsobiti, buď proud ve sva- ch kolující proměnití.

obí-li električnost buď přímo buď pomocí nervův ve umžik, smrští se sval velmi rychle, napíná se však t. j. sval sebou trhá a trhnutí toto dochází pomocí ch ku vědomí živočicha, tak že je živočich počítí.

čnost způsobuje pohyb svalů jen tehdy, když jest na- nestálá. Čím rychleji a úsilněji mění se napnutost proudu, tím značnější pohyb svalů se proudem tímto

ující i sestupující slabé proudy způsobují smrštování okamžiku, kdy se přerušují; proudy poněkud mocnější i vystupování i sestupování smrštění při každém otevření řetězu. Silným proudem sestupujícím smrštuje se při uzavření řetězu, silným proudem vzstupujícím smr- l pouze při otevření řetězu (*Plüger* 1858).

stává-li sval po delší dobu smrštěn, tu jest ve stavu, s se nazývá. Udržíme-li sval po delší dobu smrštěný, isujeme. Působí-li ve sval elektrický proud, navedený vním, velmi rychle po sobě přerušovaným, tož nezbývá aby se opět vypnul, i zůstává tetanisován.

umžiku, kdy sval tetanisován býti počíná, ukazuje mul- že moci proudu svalového ubylo, z čehož nutno elektrobudící síla svaly se zmněšila. Za příčinu tohoto ly elektrobudící pokládá *Matteucci* a s ním i jiní fysi- ité obrácení se směru proudu svalového. ným způsobem jako svaly chovají se též nervy citící rybovací, byly-li tetanisovány.

c). Vedeme-li částí nervu rovnoměrně silný proud galvanický, jeví nerv po celé své délce a tudíž i v těch částích, kterými galvanický proud nekoluje, nové síly elektrobudící, jimiž účinek sil již dříve působících se zdánlivě zesiluje; jde-li proud galvanický týž směrem jako proud nervový, aneb zdánlivě ochabuje, má-li proud galvanický směr protívný směru proudu nervového. Jak *Du Bois Reymond* dokázal, není původem zesilování a ochabování proudu nervového proud galvanický, nýbrž proudem galvanickým vznikají v nervu nové síly elektrobudící, kteréž od místa, ve které galvanický proud působí, se rozšiřují. Tuto proměnu původního stavu elektrobudících sil nervův účinkem proudu galvanického nazval *Du Bois Reymond* „*elektrotonus*.“

Oddíl jedenáctý.

Základové astronomie.

A. Základné výjevy a pojmy astronomické.

439. Obzor. Hledíme-li s vysokého místa vůkol po zemském povrchu, zdá se nám býti povrch ten okrouhlou rovinou, v jejíž středu se nacházíme. Rovina tato slove *obzorem zdánlivým* č. *přirozeným* (scheinbarer o. natürlicher Horizont) a obvod kruhový, ve kterém klenba nebes, *duť polokouli* podobná, s rovinou touto se stýká, jako by ji protínala, zove se *obzorníkem zdánlivým* č. *přirozeným* (natürlicher Horizontlinie).

Rovina okrouhlá xx_1w (obr. 532.), která jde středem země c až ku klenbě nebeské rovnoběžně s obzorem zdánlivým, jmenuje se *obzorem skutečným* č. *nebeským* neb *astronomickým* (wahrer Horizont).

Obzorem skutečným dělí se prostor nebeský ve dvě části, z nichž jedna se nachází nad obzorem a druhá pod obzorem.

440. Úhlové světa. Každého dne ráno povznáší se nad obzor č. *vychází* slunce (\odot) v určitém místě, kteréž *východ* se nazývá. Obrátivše se obličejem k východu, máme za sebou *západ*, po levé ruce *sever* (půlnoc) a po pravě *jih* (poledne.)

Dne 21. března a 23. září každého roku vychází slunce v určitém bodu O (obr. 532.), který jest právě u prostřed strany východní, pročež bod ten *bodem východním* se nazývá.

Naproti bodu východnímu t. j. 180° od něho vzdálen, jest bod *západní* W .

Oba tyto body spojuje *přímka východozápadní* OW .

Kolmice nh , vedená v rovině obzoru středem přímky východozápadní, protíná bod *severní* N a bod *jižní* S a zove se *přímkou polední* (Mittagslinie.)

Jmenované čtyry body obzoru zovou se *úhlové světa*. Ráže větrná. — Kompas.

441. Pohyb těl nebeských. *Všecka* nebeská těla konají společně za 24 hodin *jednou zdánlivý pohyb* okolo země od východu k západu.

V okamžiku, kdy tělo nebeské obzor na východní straně protíná, říká se, že *vychází*, v okamžiku pak, kdy obzorem na straně západní prochází, praví se, že *zapadá*.

Vzdálenost bodu východního neb západního toho kterého těla nebeského od východního neb západního bodu obzoru zove se *ranní* neb *večerní* *dálkou* toho těla.

442. Těla nebeská. a) Téměř všechny hvězdy, jež na obloze spatřujeme, zajímají k sobě vespolek vždy jedinstevná místa; *pohybující se zdánlivě společně* ani k sobě se nepřibližují, ani se od sebe *navzdalují*. Proto slovou hvězdy tyto *stálíce* (Fixsterne). Již za dob nejstarších rozeznávali hvězdáři rozličná skupení těchto hvězd co *souhvězdí* č. *shvězdění* a jmenovali je dle podoby jejich jmeny známých předmětů. Některá skupení hvězd objevují se i dalekohledem co pouhé bělavé obláčky a zovou se *mlhoviny* (Nebelflecke). — *Dráha mléčná*.

b) Některé hvězdy zaujímají k jiným den co den *jiná místa*, brzo tu, brzo tam se objevují a pohyb *zdánlivě nepravidelný* konajíce, pročež *oběžnicemi* (planetami) se nazývají.

c) Zvláště nápadné jsou tak zvané *vlasatice* (komety) dle více méně dlouhým pruhem světla, který hvězdu co ohon sleduje, dle proměnlivosti svého stanoviska, kteráž jest mnohem značnější než při oběžnicích, neboť vlasatice často náhle se objevují a mizí a jiné teprv za velmi mnoho let se objevují.

1. Až posud známo 90 oběžnic, z nichž 5 pouhým okem lze viděti. Jsou to: *Merkur* (Dobropán), *Venuše* (Krasopán, známá co *jitřenka* č. *dennice* a *večernice*), *Mars* (Smrtonoš), *Jupiter* (Kráslomoc) a *Saturn* (Hladolot).

2. Stálíce mají světlo třpytivé a objevují se oku i nejlepší dalekohledem opatřenému co pouhé světlé body. Oběžnice se netřpytí a větší viděti dobrým dalekohledem co malé světlé plochy okrouhlé.

3. Komet jest, jak se zdá, velmi mnoho; až posud známo jich asi 600.

443. Stanovení polohy hvězdy na nebi dle soustavy obzorové. Vede-li se přímka svisno tělem pozorovatele, půjde prodloužený směr její středem země *c* (obr. 532.) a bodem *z*, který se nalézá na obloze svisno nad hlavou pozorovatele. Tento bod *z* zove se arabským jmenem *zenit* (*nadhlavník*). Druhý konec této prodloužené přímky protíná pak oblohu pod nohama téhož pozorovatele v bodu *f* a slove *nadír* (*podnožník*).

Menší kruhy s obzorem rovnoběžné zovou se *kruhy výškové*.

Zenitem a nadírem možno si mysliti vedené kruhy, jako ku př. *zmfz*, které jsou na obzoru *kolmo* a přímku *zf* obsahují. Kruhy tyto zovou se *kruhy kolmými*. Jedna polovice každého kruhu takového jest nad obzorem, druhá pod obzorem.

Výška hvězdy s jest oblouk *ms* kolmého kruhu od obzoru až ku hvězdě. Oblouk ten stanoví se stupni.

Vzdálenost hvězdy od zenitu stanoví se obloukem *zs* mezi zenitem a hvězdou ležícím.

Kolmý kruh *zurfhz*, který bod *severní* a bod *jižní* protíná,

zove se *poledníkem* (Mittagskreis, Meridian). Nalézá-li se *střed slunce* v poledníku některého místa, jest v místě tom právě *poledne*.

Kolmá tyč v stanovisku pozorovatele vrhá o polední stín svůj k severu právě na poledník stanoviska toho. — Sloupu kolmého, na půdu vodorovnou stín meřajícího, užívalo se v astronomii za starodávna ku měření výšky slunce. Z výšky sloupce toho, *gnomon* nazvaného, a z délky stínu jeho určovala se výška slunce. — *Sluneční hodiny*.

Úhel α na zenitu, jenž značí odlehlost kolmého kruhu nějaké hvězdy od poledníku, slove *azimut* této hvězdy. Azimut měří se obloukem *obzorovým mr.*

Výškou a *azimutem* nějaké hvězdy stanoví se pro určitý okamžik poloha této hvězdy na nebi vzhledem k určitému místu pozorovatele.

444. Stanovení polohy hvězdy na nebi dle soustavy rovníkové. Těla nebeská otáčejí se zdánlivě v kruzích vespolek *rovnoběžných*. Tyto rovnoběžné kruhy protínají středem svým kolmo přímkou, kteráž *osou světovou* se nazývá.

Oba body, ve kterých osa světová oblohu protíná, zovou se *póly (točny) světové*, a sice světový pól n (obr. 532.), nad obzorem naším ležící, pól *severní*, druhý pól p , pod naším obzorem ležící a nám tudíž neviditelný, jest pól *jižní*.

Největší rovnoběžný kruh aq , od obou pólů rovně vzdálený, rozděluje prostor nebes v polokouli *severní* a *jižní* a zove se *rovníkem světovým* (Gleicher, Aequator).

Největší kruh *nsp* póly světovými a hvězdou nějakou kolmo na světový rovník vedený jmenuje se *kruhem odklonovým* č. *deklinacním* (Abweichungskreis, Deklinationskreis) této hvězdy.

Odklon č. *deklinace* (Abweichung) hvězdy jest oblouk *vs* příslušného kruhu odklonového mezi hvězdou a rovníkem.

Vzdálenost hvězdy od pólu stanoví se obloukem *ns* příslušného kruhu odklonového mezi pólem a hvězdou.

Úhel β , jež svírá při pólu poledník s kruhem odklonovým, jest *hodinový úhel* té hvězdy. Úhel tento měří se obloukem *vg* světového rovníku.

Oblouk Fv rovníku mezi tak zvaným *bodem jarním F* (o kterém pojednáno v odst. následujícím) a mezi kruhem odklonovým té které hvězdy zove se *přímým vzestupem* (Rectascension) té hvězdy.

Vytkneme-li *odklon* a *přímý vzestup* hvězdy, jest poloha té hvězdy stanovena.

445. Zdánlivý pohyb slunce. a) Od 21. března odchyluje se bod, ve kterém slunce vychází, od *východního bodu* (viz odst. 440.) *k severu*. Odchylky této přibývá den ode dne až jest konečně odchylka největší dne 21. června, kdež obnáší téměř $23\frac{1}{2}^{\circ}$.

Od 21. června zmenšuje se opět odchylka, čísmž přibližují se body, ve kterých slunce vychází a zapadá, bodu východnímu a

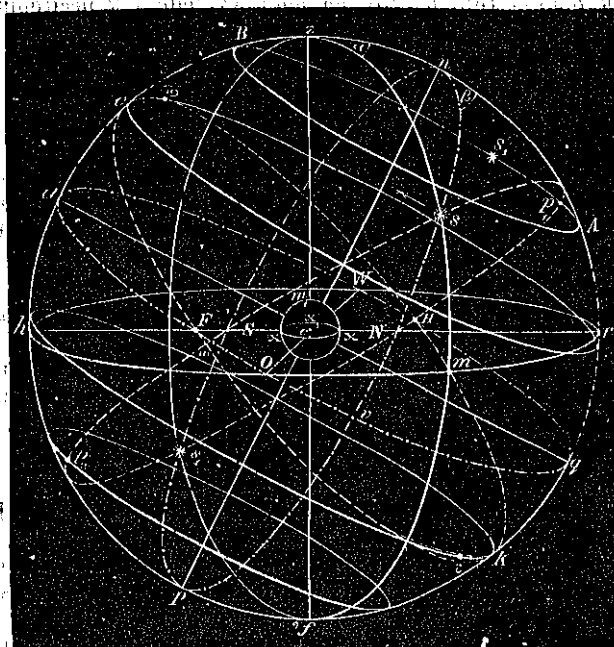
západnímu, dne 23. září vychází pak slunce opět v bodu východním a zapadá v bodu západním.

b) Od 23. září odchyluje se bod, ve kterém slunce vychází, od východního bodu k jihu, odchylky den co den přibývá až dosahuje největší velikosti $23\frac{1}{2}^{\circ}$ dne 21. prosince; načež opět jí ubývá až do 21. března, kteréhož dne slunce opět ve východním bodu vychází.

Od 21. března jednoho roku do 21. března roku příštího jest tudíž jeden rok ukončen, načež odchylky znovu počínají.

c) Slunce opisuje zřetelně každodenně na nebi oblouk kruhový, t. j. část kruhu, která obloukem denním se zove. Oblouky

Obr. 532.



denní jsou k našemu obzoru skloněny a svírají s ním k jihu úhel ostrý, tudíž k severu úhel tupý.

d) Oblouk, jež slunce v noci pod našim obzorem a tudíž nám neviditelně opisuje, zove se obloukem nočním.

Oblouk denní a oblouk noční doplňují se v kruh denní.

Na obr. 532. značí OaW oblouk denní, OqW oblouk noční, $qOaWq$ kruh denní.

e) Dne 21. března a 23. září obnášejí oblouky denní právě polovici kruhu a tolikéž tudíž i oblouky noční. Máme tudíž 21.

března a 23. září *dny a noci stejně dlouhé*, což *rovnodenním* se nazývá. Dne 21. března počíná *jaro*, pročež den ten *jarním rovnodenním* a bod F , kde toho dne slunce vychází, *jarním bodem* slove. Dne 23. září počíná *podzim*, pročež den ten *podzimním rovnodenním* se nazývá. — Denní kruh, jež slunce v tyto dva dny opisuje, spadá s rovníkem aq (obr. 532) dohromady.

f) Od 21. března do 21. června přibývá velikosti oblouku denního, pročež den jest *delší* noci. Dne 21. června jest oblouk denní *nejdelší*, tudíž oblouk noční *nejkratší*, jest tudíž *nejdelší den* a *nejkratší noc*. Slunce odchyluje se toho dne nejvíce od bodu východního a *léto* nastává. Bod, ve kterém slunce toho dne vychází neb zapadá, zove se *letním slunovratem* (Sommersolstitium) a kruh er (obr. 532.), který slunce toho dne opisuje, zove se *obratníkem raka* aneb *obratníkem severním*, poněvadž slunce opět k bodu východnímu a západnímu obraceti se počíná.

g) Od 21. června do 23. září ubývá délky oblouků denních, až dne 23. září nastává *rovnodenní podzimní*.

h) Od 23. září do 21. prosince ubývá dnů a přibývá nocí. Dne 21. prosince nastává *zima* a téhož dne máme tudíž *zimní slunovrat* (Wintersolstitium). Kruh hk (obr. 532), který slunce toho dne opisuje, zove se *obratníkem kozorožce* neb *obratníkem jižním*.

i) Od 21. prosince vrací se slunce opět k bodu východnímu a západnímu, dnů přibývá a noci ubývá, až dne 21. března opět rovnodenní nastává.

446. Eklíptika. V čas slunovratu letního dne 21. června o polední nalezá se slunce, jak v odst. předcházejícím vytknuto, v bodu e a za půl roku, o půl noci 21. prosince jest v bodu k , odkudž za půl roku opět se vrátí do e . Tato výroční dráha sluneční může se tudíž naznačiti kruhem $eFkHe$, který *eklíptikou* aneb *slunníkem* se nazývá.

Rovina eklíptiky protíná rovinu rovníku v úhlu $23\frac{1}{2}^\circ$ a týmž úhlem jest tudíž *osa eklíptiky*, t. j. přímka střed eklíptiky protínající a na rovině jest kolmo stojící, k ose světové nakloněna. Body p_1 a p_2 , ve kterých osa eklíptiky oblohu protíná, zovou se *póly eklíptiky*.

Rovnoběžný kruh AB (obr. 532.), severním pólem p_1 osy eklíptiky procházející, slove *severním kruhem poldárním* (*točnovým*), rovnoběžný kruh, jižní pól p_2 osy eklíptiky protínající, jest pak *jižní kruh poldárný*.

Konají se *zdánlivě* za rok dráhu $eFkHe$ a současně též *zdánlivě* dráhu každodenní, jako všechna těla nebeská působuje slunce výjevy v předešlém odstavci vytknuté.

447. Stanovení polohy hvězdy na nebi dle soustavy eklíptiky. a) Eklíptika $eFkHe$ (obr. 532) protíná rovník ve dvou protivných bodech F a H , kteréž body *rovnodenními* (*body rovnosti dne a noci*) se nazývají. Bod F , z něhož slunce zdánlivě do severní polokoule vystupuje, zove se *bodem jarním*, bod H jest *bod podzimní*.

Kruh p, sw, p_1, p_2 , póly ekliptiky p_1 a p_2 a hvězdou s vedený a na ekliptice kolmý, jest *kruh šířky* té hvězdy. Šířka její značí se pak obloukem sw toho kruhu, mezi ekliptikou a hvězdou ležícím, *odlehlost její od pólu ekliptiky*: stanoví se obloukem p_1s dotýčného kruhu šířky.

Oblouk Fw ekliptiky, který značí odlehlost kruhu šířky této hvězdy od bodu jarního zove se *délkou* té hvězdy.

Vytkneme-li šířku a délku nějaké hvězdy, jest poloha její na nebi *dokonalé určena*. Délka a šířka nestanoví se však přímým pozorováním, nýbrž vypočítává se již asi 200 let (od Tychoha de Brahe) z *odklonu a přímého vzestupu* hvězdy (viz odst. 444.).

1. Severní výšky, odklony a šířky značí se znaménkem +, jižní znaménkem —.

2. Nejčastěji určuje se poloha hvězdy dle soustavy rovníkové, vyjímaje pouze polohu oběžnic, kteráž stanoví se obyčejně dle soustavy ekliptiky.

b) Má-li dvě neb více hvězd délku tutéž aneb o 90° neb 180° se lišící, praví se, že jsou v *konjunkci, kvadraturě* aneb *opposici*.

448. Vrcholení a hlubočení. Ve svém denním běhu musí každá hvězda poledníkem některého místa dvakrát procházeti a sice jednou nad obzorem, podruhé pod obzorem. Při průchodu poledníku nad obzorem dosahuje hvězda své největší výšky, pročež průchod ten *vrcholením* č. *kulminací* (obere Culmination) se zove; průchod pod obzorem, kde tudíž hvězda v největší hloubce se nalézá, zove se *hlubočením* (untere Culmination). U *hvězd obtočnových* (Circumpolarsterne) jest vrcholení i hlubočení patrné, hvězdy tyto tudíž nezapadají, opisujíce za den *rovnoběžný kruh úplný*, a nalézají se při hlubočení v nejnižším bodu toho kruhu nad obzorem. Doba vrcholení slunce zove se *poledne* (srovnej odst. 443.), doba hlubočení jeho slove *půlnoc*.

449. Zvěřetník. Hvězdy, ležící v *ekliptice*, kterou slunce za rok jednou *zdánlivě* probíhá, byly sestaveny již za starých dob ve 12 skupení č. *souhvězdí*, jež *zvěřetníkem* (Zodiacus, Thierkreis) se nazývají. Jedno z těchto souhvězdí jmenuje se *skopec* ♋, ostatní směrem od západu k východu za ním ležící jsou pak: *bjlk* ♌, *blíženci* ♍, *vák* ♎, *lev* ♏, *panna* ♐, *váhy* ♑, *štír* ♒, *střelec* ♓, *kozorožec* ♈, *vodák* ♉, *ryby* ♊.

Měsíc probíhá zvěřetníkem od západu k východu jednou za jeden měsíc. Oběžnice pohybují se, vyjímaje pouze některé, takéž uvnitř tohoto kruhu. Vlasatice probíhají prostor světový směry velmi rozmanitými.

450. Předstoupání rovnodenností. Souhvězdí zvěřetníku postupují každoročně asi o 50 vteřin v oblouku *od východu k západu*, čímž se zdá, že bod jarního a podzimního rovnodenní o 50 vteřin v oblouku každoročně ku předu postupuje, což *předstoupáním rovnodenností* č. *praecessí* slove.

Následkem tohoto předstoupání musí bod rovnodennosti asi v 26.000 letech ve veškerých souhvězdích zvířetníku se octnouti neboť $\frac{360^\circ}{50''} = \frac{360^\circ \times 60' \times 60''}{50''} = 360 \times 6 \times 12 = 25.920$ let, kterážto doba velikým *rokem platonickým* se zove.

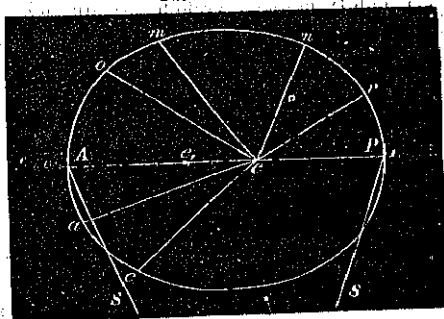
Asi před 2000 lety byl bod jarní rovnodennosti na počátku souhvězdí skopce. Tehdáž bylo tedy astronomické jaro, když slunce *do souhvězdí* tohoto vstoupilo. Ač se nyní nalézá slunce na počátku jara již v souhvězdí ryb, říká se přece posud dne 21. března, že vstoupilo *do znamení* skopce, čemuž sluší rozuměti takto: Ekliptika jest rozdělena ve 12 rovných dílův, po 30° ; každý oddíl jest pak naznačen zvláštním znamením a sice první znamením skopce Υ , druhý znamením býka ♉ atd. v témž pořadí, jako následují za sebou od západu k východu souhvězdí zvířetníku. V tom místě, kde slunce na počátku jarní rovnodennosti se nalézá, jest počátek *prvého oddílu* ekliptiky č. počátek *znamení skopce*, protož říká se, že slunce vstupuje dne 21. března do znamení skopce.

451. Ekliptika jest ellipsa. a) Důkladným měřením *zdánlivého* průměru slunečního shledalo se, že průměru toho asi od 1. července do 1. ledna každodenně o něco *přibývá* a od 1. ledna do 1. července každodenně o něco *ubývá*. Průměr sluneční jeví se tudíž oku každodenně v jiném úhlu zorném, z čehož nutno souditi, že vzdálenosti slunce od země *přibývá* tou měrou, kterou velikosti zdánlivého průměru slunečního ubývá.

b) V témž čase, ve kterém zdánlivého průměru slunečního *ubývá*, ubývá též *rychlosti* zdánlivého pohybu jeho v ekliptice. Oblouky, kterými slunce každodenně v ekliptice postupuje, jsou tudíž v rozličných dnech rozličné. Oblouky tyto jakož i úhly jim příslušné byly důkladně změřeny.

c) Je-li země v *e* (obr. 533.) a vedeme-li *provodiče em, eo, ea* atd. k bodům, do kterých *zdánlivě* přichází slunce každodenně od 1. července některého roku až do 1. července roku příštího a jsou-li velikosti těchto *provodičů* z pozorované velikosti zdánlivých průměrů slunečních určeny jakož i úhly, jež *provodičové* spolu skládají, z délky příslušných obloukův ekliptiky, jimiž slunce *kaž-*

Obr. 533.



dodenně probíhá, ustanoveny, tož sestrojíme zdánlivou dráhu sluneční spojením konečných bodův všech vodičů křivkou *moAAC* *Prm*. Křivka tato, jež zdánlivou dráhu sluneční č. ekliptiku označuje, jest *ellipsa* od kruhu málo rozdílná. Myslíme-li si, že slunce ellipsu tuto skutečně za rok proběhne, tož musí býti země v jednom z ohnisek e neb e_1 , velmi blízko u sebe položených.

B. Země a její pohyby.

452. Země. Malý oddíl země, jež můžeme přehlednouti, jeví se co *okrouhlá* plocha s vyvýšeninami a prohlubninami. Ze mnohých příčin nutno však souditi, že *má země tvar koule*. Koule zemská vznáší se ve prostoru světovém i musí tudíž jeden bod její ležeti svísnu pod severním pólem nebeským. Tento bod jest pak *severním pólem zemským*. Přímkou, která od severního pólu zemského vycházejíc střed země protíná a až ku protějšnému pólu zemskému prodloužena jest, zove se *osou zemskou* a bod, ve kterém zemi naproti severnímu pólu protíná, jest *zemský pól jižní*.

Že má země tvar *kulovitý*, vyplývá z následujícího: a) Obzor jest vždy okrouhlý a tím větší, čím výše pozorovatel se nalézá. — b) Cestujeme-li od severu k jihu aneb od jihu k severu, zapadají nám hvězdy známé a vycházejí nové, neznámé. — c) *Blíží-li* se koráb ku břehu, jest viděti nejprve vrchole stežňův jeho, později objevují se dolejší části stežňův a posléze teprv koráb celý; *vzdaluje-li* se koráb od břehu, mizí ponenáhlu zraku části jeho zdola nahoru. — d) Stín země jeví se při zatmění měsíce okrouhlým. — e) Plavci vykonali již často cestu okolo země, vrátivše se, ač vždy týmž směrem byli pluli, tam, odkud byli vyšli. — f) Dalekohledy spatřujeme všeska těla nebeská co koule, nutno tudíž souditi, že i země naše má tvar kulovitý.

453. Otáčení země okolo osy. Všecka nebeská těla konají společně za 24 hodin jednou pohyb okolo země směrem *od východu k západu*. Zdánlivý tento pohyb možno však vyložiti tak, že země okolo své osy, kteráž s osou nebeskou v jednu přímkou splývá, *od západu k východu jednou ve 24 hodinách se otáčí*.

Jestli pak zajisté pravdě podobnější, že země okolo své osy se otáčí, než že nesčíslná, *veliká* těla nebeská, ve velmi rozličných vzdálenostech od země se nalézající, *současně* okolo *malé* země se otáčejí. Že země skutečně okolo své osy se otáčí, nutno souditi ze mnohých velmi důležitých důvodův.

Otáčení se země kolem osy dosvědčují: a) *Zákony pohybu středoběžného* (odst. 126.). — b) *Zkouška Foucaultova* (str. 119.). — c) *Větry passátní* (str. 417.). — d) *Padání těl s veliké výšky*. Každá vysoká hmota opisuje při pohybu v kruhu vrcholem svým větší oblouk

než úpatím, proto odchyluje se hmota, s vrchole vysoké věže padající, podržuje za příčinou setrvačnosti své větší rychlost ve směru od západu k východu, poněkud k východu. — e) Sploštění země na točnách (str. 129.). f) Otáčení se oběžnic kolem osy.

454. Otáčení země kolem slunce. Země se pohybuje v *ellipse* kolem slunce, jež v jednom ohnisku *e* (obr. 533.) této ellipsy se nalézá. *Eklíptika* jest tudíž dráhou zemskou a nikoliv dráhou sluneční. Z výskumův vědeckých jest totiž známo, že slunce objemem i hmotou zemi daleko převyšuje, a tudíž jest pravdě podobnější, že tělo o menší hmotě pohybuje se okolo těla o hmotě větší, než naopak. Z důvodův v odstavech následujících vytknutých vyplývá, že nelze ani mysliti, že země v klidu se nalézá a slunce okolo ní obíhá. Zdánlivě nepravidelný oběh planet jeví se ihned pravidelným, myslíme-li si, že země jakož i všechny oběžnice okolo slunce se otáčejí.

Při ročním pohybu země kolem slunce zůstává osa zemská k ekliptice vždy v úhlu $66\frac{1}{2}^{\circ}$ skloněna, neboť jest ekliptika skloněna ku rovníku v úhlu $23\frac{1}{2}^{\circ}$.

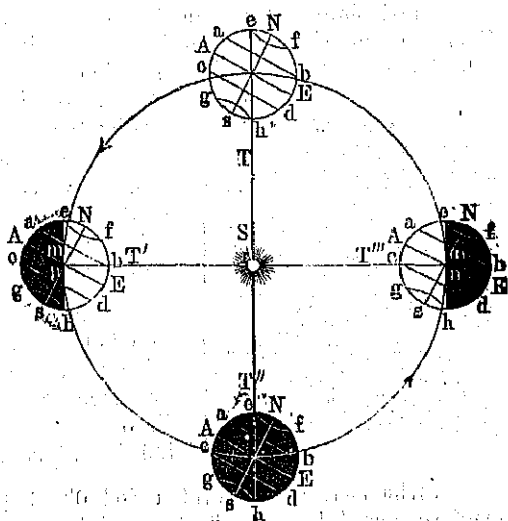
Že země kolem slunce v ellipse se pohybuje, tomu nasvědčují: a) aberrace světla (str. 254.), b) zákony gravitace (odst. 462.). — Tellurium.

Ze sklonu ekliptiky k rovníku a osy zemské k ekliptice možno vznik čtyř ročních období vyložití následovně:

Na obr. 534. značí *S* slunce, *T* zemi, *Ns* osu zemskou, *AE* rovník zemský. Patrně osvětluje a zahřívá se vždy jen polovice země k slunci obrácená, *T* značí polohu země s počátku jara dne 21. března, kde paprsky sluneční kolmo na rovník dopadají a kruh, hranici osvětlení naznačující, oběma póly *N* a *s* prochází. V této poloze trvá tudíž na všech místech země den a noc stejně dlouho i máme tudíž *jarní rovnodenní*.

Z polohy *T* přichází země, prohřnuvši čtvrtinu své dráhy, za čtvrt roku t. j. dne 21. června do polohy *T'*, kdež paprsky sluneční

Obr. 534.



nejvýše ($23\frac{1}{2}^{\circ}$) nad rovníkem kolmo na obratník raka ab , dopadají a u nás léto jakož i *nejdelší den a nejkratší noc* nastává. Severní pól N a značný okolní díl povrchu jeho zůstává po celé denní otáčení země osvětlen, tak že den trvá tam 24 hodin. Opak toho děje se v tom čase na jižní polokouli, kdež po ten celý čas na točně s ani ve dne slunce není viděti a tudíž noc 24 hodin trvá. Na rovníku i toho dne trvá den a noc stejně dlouho, neboť rovná se osvětlený díl kruhu nE dílu tmavému mA . V každém místě severně od rovníku jest den delší noci a v místech jižně od rovníku noc delší dne.

Dne 23. září octne se země v T'' , kdež vše jako v poloze T' se opakuje a u nás rovnodenní *podzimní nastává*.

Dne 21. prosince jest země v T''' , kdež padají paprsky sluneční kolmo na obratník kozorožce cd . Toho dne mají obyvatelé polokoule severní nejkratší den a nejdelší noc, na polokouli jižní pak nejdelší den a nejkratší noc. Obyvatelům jižního točnového pásu ghs toho dne slunce ani nezapadá a obyvatelům severního točnového pásu eNf ani nevychází. Na rovníku však trvá den opět tak dlouho jako noc.

Obyvatelům pásu ležícího mezi oběma obratníky ab a cd , jež *horkým* δ . *meziobratníkovým* (*tropicým*) *pásem* nazýváme, nemění slunce svého postavení po celý rok valně, tak že paprsky jeho dopadají téměř vždy kolmo aneb aspoň skoro kolmo. V pásu tom jest tudíž stále největší horko, i není valných rozdílů teploty, kterýmiž by se různily od sebe počasí roční.

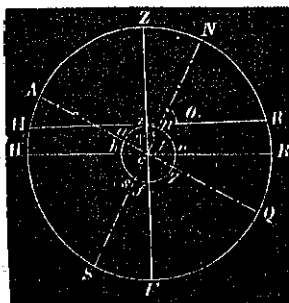
Mezi obratníky a kruhy točnovými jsou *pásky mírné* $abef$ a $cdgh$. Uvnitř těchto pásků nedopadají paprsky sluneční nikde kolmo na zemi a horko nedospívá tu nikdy nejvyššího stupně. V pásech těchto střídají se čtyři roční počasové a pozorují valné rozdíly teploty v rozličných částech roku.

V pásech eNf a ghs , do kterých slunce po celý rok jen šikmá paprsky vysílá a delší čas na obzoru ani se neobjevuje, jest největší zima, pročež pásky tyto *studenými* se nazývají.

455. **Zeměpisná šířka a délka.**
a) Úhel ψ (obr. 535.), jež svírá kolmice z místa z s rovníkem zemským aq , zove se *zeměpisnou šířkou* místa z . Tato šířka měří se obloukem az poledníku $zhfrz$ toho místa.

Šířka měří se od rovníku (od 0°) k pólu (90°). Severní šířka značí se znaménkem $+$, jižní znaménkem $-$.

b) *Zeměpisná šířka nějakého místa rovná se výšce pólu toho místa.* Výška pólu jest pak vzdálenost pólu N od obzoru H_1R_1 pozorovatele v dotýčném místě z se nalézajícího. Jestliže $\sphericalangle N_1CA = \sphericalangle Z_1CR = \sphericalangle 90^{\circ}$. Odečteme-li od obou úhlův úhel α , zbuďte



$\angle \psi = \varphi$ a poněvadž $\angle \varphi = \angle O_1$, bude též $\angle \psi = O_1$ t. j. zeměpisná šířka místa z rovná se výšce pólu toho místa.

c) *Zeměpisná délka* nějakého místa jest úhel, který rovina poledníku toho místa svírá s rovinou poledníku onoho, jež za poledník první bereme. Úhel tento měří se obloukem rovníku oběma poledníky obmezeným.

Za první poledník pokládají Francouzové onen, který protíná *Paříž* neb ostrov *Ferro*, Angličané počítají od poledníku *Greenwichského* a Němci někdy od poledníku *Berlínského*.

d) Zeměpisnou šířkou a zeměpisnou délkou nějakého místa určuje se poloha místa toho na zemi.

Přeneseme-li rozličná místa země naší dle zeměpisné délky a šířky jejich na kouli, na které osa, rovník a prvý poledník byly dříve určeny, vznikne zmenšená zeměkoule č. *zemský globus*. Vyznačením míst dle pravidel projekce na ploše rovné povstává *mapa*. — *Globus nebeský*.

C. Měsíc země naší.

456. Dráha měsíční. a) *Měsíc (luna)* jest ze všech nebeských těl zemi nejbližší (asi 50.000 mil neb 60 zemských poloměřů) a provází ji kolem slunce, každým měsícem jednou okolo ní obíháje. Má podobu koule nesploštělé a jeví se nám co kotouč o zdánlivém průměru 31' 34". Skutečný průměr jeho obnáší 469·2 mil.

b) Je li měsíc některého dne při jisté stálici, objevuje se druhého dne již více než 13° od západu k východu od této stálice vzdálen, druhého dne obnáší ta vzdálenost více než 26° atd.

Po uplynutí průměrně 27 dnů, 7 hodin, 48 minut a 11½ vteřin objevuje se měsíc opět při též stálici. Doba právě vytknutá zove se *siderickým měsícem*.

c) Z týchž příčin, z nichž nutno souditi, že jest ekliptika ellipsou, nutno míti též za to, že i měsíc obíhá okolo země v ellipse, v jejším jednom ohnisku země se nalézá. Okolo slunce pohybuje se měsíc v cykloidě.

Rovina dráhy měsíční jest k rovině dráhy zemské v úhlu 5° 8' 40" skloněna a protíná ji ve dvou místech, jež *uzly* slovou. Přímka, oba tyto uzly spojující zove se *čarou uzlovou*.

d) K naší zemi obrací se měsíc vždy toutéž svou polovicí, což zakládá se v pohybu jeho kolem osy, padajícím v jedno s dobou oběhu.

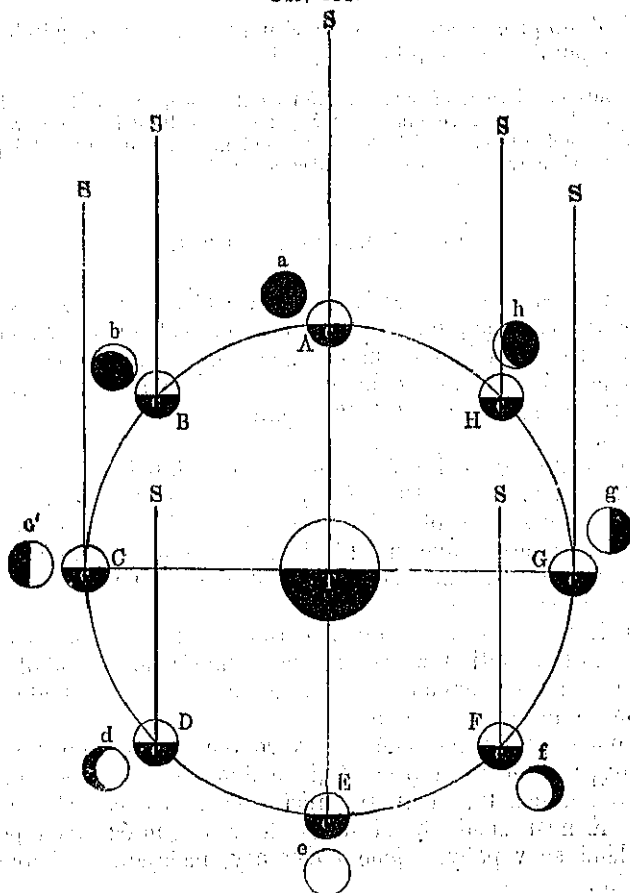
457. Proměny měsíce (Mondesphasen). Ze všech těl nebeských jeví toliko měsíc pouhému zraku podivuhodné *proměny své podoby*.

Poněvadž jest měsíc sám o sobě tmavý a veškerého světla pouze od slunce nabývá, jsou rozličné podoby měsíce č. *proměny*

jeho jen následek ustavičně se měnícího vzájemného postavení slunce, země a měsíce.

Pro velkou vzdálenost země a měsíce od slunce možno pokládati veškeré paprsky světla od slunce vycházející a na zemi a měsíc dopadající za rovnoběžné. Značí-li tudíž SA , SB atd. (obr. 536.) rovnoběžné paprsky sluneční, T zemi naší a c měsíc v rozličných polohách dráhy jeho $ABC\dots$, tož patrné, že, když jest

Obr. 536.



měsíc se sluncem v *konjunkci* (odst. 447. b), t. j. když se nalézá v A , jest tmavá polovice jeho k zemi obrácena, i máme pak *nový měsíc* (☉).

Po několika dnech objevuje se měsíc v B na krátkou dobu po západu slunce co skvoucí od slunce odvrácený úzký srp b ,

který v kvadratuře (odst. 447. b) u C dospívá osmého dne v první čtvrti c (\odot), obrací se k nám polovicí své od slunce osvětlené strany od západu slunce až k půlnoci.

Odtud přibývá měsíci světla vždy více a více, až 15. dne dospěje v E v *opposici* (odst. 447. b), kdež nám ukazuje celou svou stranu osvětlenou co *úplněk* (\ominus); v tu dobu vychází měsíc, když slunce zapadá, svítí celou noc a zapadá při východu slunce.

Od úplňku počínaje, začíná měsíci světla ubývat i vychází každodenně *později*. Sedmého dne po úplňku jest měsíc v G v druhé kvadratuře (270° východně a 90° západně od slunce), vychází pak o půlnoci a svítí v druhé polovici noci, i jest pak *poslední čtvrt* (\odot).

Odtud ubývá měsíci světla, i jeví se co srp vždy užší a užší a vychází každodenně *později* po půlnoci, až konečně po 7 od poslední čtvrti uplynulých dnech opět *nový měsíc* nastává.

Lunarium.

D. Oběžnice a vlasatice.

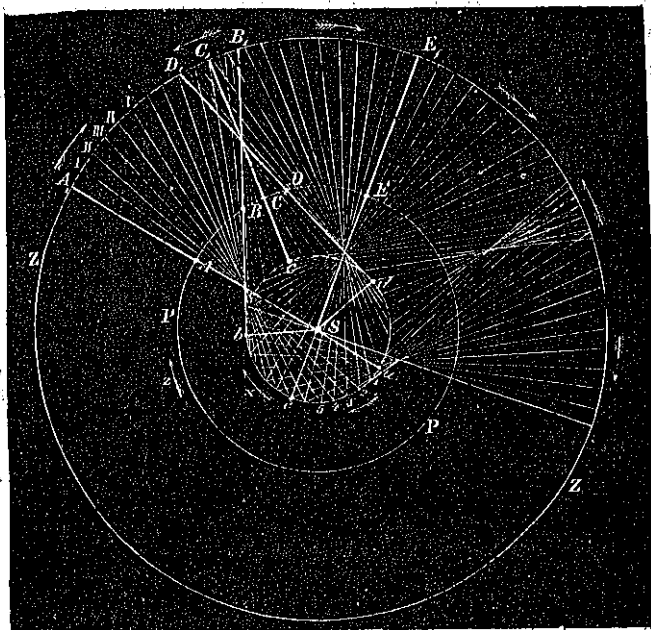
458. Zdánlivý pohyb oběžnic. Porovnááme-li oběžnice se sousedními stálicemi, tož *zdají se* nám oběžnice postupovati po jistou dobu *od západu k východu* z počátku *rychle*, *později* pak rychlosti pohybu ubývá, až konečně *zdá se*, že oběžnice po několik dní *stojí*. Za nějaký čas na to postupuje oběžnice *zdánlivě nazpět*, t. j. od východu k západu, při čemž *zdá se*, že tato dráha *zpětběžná* s dráhou dřívější, *pravoběžnou* jaksi oko tvoří. Z té příčiny objevují se oběžnice po kratší neb delší době opět u těch stálic, ode kterých k východu postupovati počaly.

Tento zdánlivý pohyb oběžnic lze vyložit takto: Mysleme si v S (obr. 537.) slunce, *aeboda* budiž dráha země, směrem šipky α obíhající, $ADEPPA$ dráha oběžnice, obíhající směrem šipky α , a $ZD_1C_1B_1E_1Z$ značí průřez nebeské koule, nesmírně vzdálené. V témž čase, kdy se nalézá země v a , jest oběžnice v A . Když země vykonala dráhy $a1$, 12 , 23 , 34 , 45 , $5e$, eb , vykonala oběžnice dráhu AB . Vedeme-li zorné přímky, tož patrné, že uvidíme oběžnici postupně u stálic A_1 , I , II , III , IV , V , $D_1C_1B_1$. Vykonala tudíž oběžnice *od západu k východu* dráhu *pravoběžnou* A_1B_1 . V B_1 zůstává pak zdánlivě nějakou dobu státi. Když pak postoupila země z b do c , vykonala oběžnice dráhu BC ; vedeme-li opět zorné přímky, objeví se oběžnice u stálic C_1 , tak že *zdánlivě* z B_1 do C_1 *nazpět se* pohybovala. Je-li země v d , nalézá se oběžnice v D a zorné přímky ukazují zdánlivý pohyb *zpětný* z C_1 do D_1 . V D_1 stojí pak oběžnice opět nějakou dobu. Octla-li se země v e jest oběžnice v E a zorné přímky ukazují opět *pravoběžný* pohyb její z D_1 do E_1 , kterýž změní se opět v *zpětběžný* atd.

— Planetarium.

459. Pořadí hlavních oběžnic. Oběžnice *Merkur* (Dobropán) a *Venuše* (Krasopán) jsou slunci bližší než země a zovou se oběžnicemi *dolními*, ostatní, od slunce vzdálenější, kteréž tudíž vně země okolo slunce obíhají, slovou oběžnicemi *horními*.

Obr. 587.



Pořadí oběžnic jest pak následující: Nejbližše slunce obíhá *Merkur* ☿ (Dobropán), pak následují otáčejíce se ve vzdálenostech vždy větších a větších: *Venuše* ♀ (Krasopán), *Země* ♂, *Mars* ♂ (Smrtonoš), *Jupiter* ♃ (Králomoc), *Saturn* ♄ (Hladolet), *Uranus* (Nebeštanka) a *Neptun* (Vodan). Ve prostoru mezi drahami Marse a Jupitera koluje množství malých oběžnic, jež nazvány jsou *planeloidy* neb *asteroidy*.

Vzdálenost oběžnic od slunce a od země, velikost jejich a doba, již potřebují k celému oběhu okolo slunce a okolo své osy vyznkuta v následujícím přehledu:

Oběžnice	Průměrná vzdálenost millionů mil		P r ů m ě r		Doba oběhu		Sklon dráhy k ekliptice
	od slunce	od země	zdánlivý	skutečný	okolo slunce	okolo osy	
Merkur	8	10—30	12 6"—4 4"	671 mil	87 dní 23 h. 16'	24 h. 5'	7°0'14"
Venuše	15	5—35	66"—10"	1694 mil	224 d. 16 h. 49'	23 h. 21'—22"	3°28'32"
Země	20	—	—	1718 mil	365 d. 5 h. 48' 48"	23 h. 56' 4"	—
Mars	32	7—54	25 4"—3 5"	938 mil	686 d. 23 h. 31'	24 h. 37' 28"	1°58'5"
Jupiter	107	81—124	rovničku osy 38 4"—35 6"	rovničku : 20018 mil osy: 18524 mil	11 let 312 d. 20 h. 14'	9 h. 55' 26"	1°18'42"
Saturn	197	165—299	rovničku osy 17-053"—15-38"	16290 mil	29 let 166 d. 23 h. 16'	10 h. 30'	2°59'29"
Uranus	396	—	4 8"—3 5"	7500 mil	84 let 5 d. 19 h. 14'	—	46'30"
Neptun	421	594—648	2 6"—3"	7653 mil	164 let 215 d.	—	—

460. Koprníkova soustava oběžnic. Merkur a Venuše jakož i země naše prozrazují pohybem svým zcela patrně, že okolo slunce obíhají. Podobným způsobem lze dovoditi i o všech ostatních oběžnicích, že v *drahách elipsovitých* okolo slunce obíhají. Kdybychom mohli oběh jejich ze středu slunečního t. j. z jejich *heliocentrického* místa pozorovati, viděli bychom že směrem od západu k východu se otáčejí, *nekonajíce žádných pohybů protiběžných.*

Dle soustavy *Ptolomaeovy* stojí země u prostřed a okolo ní obíhají Merkur, Venuše, slunce, Mars, Jupiter a Saturnus. *Koperník* pojal u prostřed XVI. věku myšlenku pravé soustavy oběžnic, položiv slunce do prostřed a veda okolo něho oběžnice v kruzích *výstředních*, ve kterých bylo slunce poněkud ode středu vzdáleno. *Kepler* odvodil pak později dokonale zákony pohybu oběžnic.

461. Zákony Keplerovy. *Kepler* odvodil následující zákony pohybu oběžnic:

1. Dráhy oběžnic jsou elipsy o jednom společném ohnisku, ve kterém slunce se nalézá.

2. Provoďič opisuje v *stejných* dobách plochy *stejně* velikosti, z čehož vyplývá, že *rychlosti* oběžnice v rozličných místech dráhy jsou v převráceném poměru s kolmicemi, jež vedeme z ohniska elipsy ku tečnám těch kterých bodův dráhy (odst. 126. a b).

3. Čtvercové časův oběhu dvou oběžnic mají se k sobě jako krychle střední vzdálenosti jejich od slunce t. j. jako krychle polovin velos jich *eliptických* drah (odst. 126. c).

462. Newtonovy zákony gravitace. a) Zákony Keplerovy odvodil theoreticky *Newton* (1682, asi 60 let po Keplerovi) ze zákonův *pohybu středoběžného* (odst. 126.) a ze zákonův všeobecné tíže neb *gravitace* (odst. 86.), v základě tomto:

Všecká těla nebeská přitahují se vespolek silami, jež jsou v rovném poměru se součiny hmotností a v převráceném poměru se čtverci vzdáleností jejich.

V základě toho zákona dokázal pak *Newton*, že oběžnice a vlasatice okolo slunce, měsíce okolo země, *vedlejší oběžnice* č. *družice* (měsíce) okolo svých hlavních oběžnic účinkem všeobecné síly *těžné* dle zákonů Keplerových pohybovati se musí. Všeobecná síla *těžná* č. *gravitace* působí při tomto pohybu co síla *dostředivá* a jiná *původně* na tuto sílu kolmá co síla *tečnová* (odst. 125.). Účinkem této *původní* síly *tečnové* pohybují se pak těla *nebeská středoběžně.*

b) Oběžnice přitahují se vzájemně účinkem všeobecné síly *těžné*; působením všech oběžnic v jednu oběžnici může účinek *gravitace* mezi sluncem a touto oběžnicí působící poněkud se měniti, čímž vzniká pak *nepravidelnost* v oběhu této oběžnice. *Nepravidelnost* ta slove se *poruchem* č. *výtržkou* *pravidelnosti* dráhy. *Výtržky* tyto jsou však pro malou hmotnost oběžnic u přirovnání

jí ku hmotnosti slunce a pro velikou vzdálenost jich od slupce jen velmi nepatrné.

Z poruchu pravidelnosti dráhy oběžnice Uranu dovodil *Leverrier*, že za Uranem musí být ještě jedna oběžnice. Výsledek svého počítání a místo této neznámé oběžnice oznámil pak *Gallovi* do Berlína, který tuto oběžnici, totiž *Neptuna* od vytknutého místa sotva 1° odchýlenou skutečně našel.

c) Ze zákonův všeobecné gravitace byla hmotnost, prostá váha a hutnost slunce, oběžnic a jich družic jakož i zrychlení těl na blízku povrchu některého těla nebeského padajících stanovena. U planet, jež mají družice (měsíce), byly vypočteny tyto veličiny z oběhu planet a jich měsícův; u planet, jež nemají měsícův, byly určeny tyto veličiny z poruchův, jež v pravidelnosti dráhy jiné oběžnice aneb komety způsobují, aneb jež samy od jiné oběžnice utrpěly.

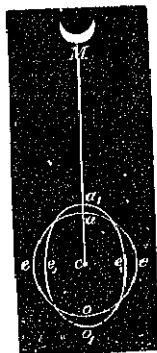
463. Vlasatice (komety) skládají se z látky hmotné, kteráž světla od slunce nabývá, avšak tak náramně skrovné hutnosti jest, že i nejhutnější částí její, tak zvaným *jádrem*, světlo vzdálených stálíc prosvítá se spatřuje. Mlhovitý obal jádra vybihá ve světlý *ohon*, dlouhým vlasům podobný a od slunce odvrácený.

Vlasatice obíhají v drahách *směru velmi rozličného* rychlostí velmi proměnlivou. Jedna část jich pohybuje se od západu k východu, druhá od východu k západu. Dráhy jejich jsou ellipsy o velmi veliké velose, v jednom ohnisku ellipsy této jest slunce, působící dle zákona Newtonova silou dostředivou. Čas oběhu větší části vlasatic obnáší přes 100 let, některé objevují se opět teprv po několika tisících let.

464. Příliv a odliv. Měsíc *M* (obr. 538) přitahuje účinkem gravitace ony části země, jež jsou mu *blíže* (jako ku př. část *a*) silou *větší*. Toto působení měsíce v pevnou část země naší jeví se pouze nepřímou, ale voda moří, jež pokrývají největší část povrchu zemského, zdvihá se mocí své pohyblivosti na straně k měsíci obrácené, čímž vzniká na této straně stoupání č. přibývání vody, které se zove *příliv* (Fluth) (a_1 na obr. 538).

Na straně od měsíce odvrácené vzniká současně též *příliv* (o_1), neboť přitahuje měsíc částice vody na této straně ležící (o , obr. 538) silou *menší* než střed země, který mu jest mnohem *blíže*, čímž střed země a pevné jádro její ku měsíci poněkud se přibližuje a moře, jež pro setrvačnost svou okamžitě za středem sledovati nemůže, za ním zůstává.

Obr. 538.



Když pak moře proudí současně ke dvěma protilehlým bodům a_1, a_2 , aby tam co příliv vystoupilo, opadá zajisté v končinách mezi těmi body ležících, čímž nastává v končinách těchto odliv e_1, e_2 (Ebbe), kterýž jest patrně největší právě v místech ee , kteráž, jsouce od obou přílivů 90° vzdálená, právě u prostřed obou leží.

Ve 24 hodinách jeví se příliv v témž místě *dvakráte* a sice vždy za dobu 12 hodin. V též době, kdy u nás příliv nastal, vystupuje moře též u protinožců našich.

V době novější dokázáno, že též v ovzduší země naší *příliv a odliv* se střídá.