

Fysika

pro

nižší třídy středních škol.

Sepsal

Václav Pošusta.

Vydání pro reálky.

S 255 obrazci.

Třetí přepracované vydání.

Schváleno výnecením vysokého c. k. ministerstva vyučování a duchovních záležitostí ze dne
19. června 1900, č. 15.250.

Cena neváz. 1 K 50 h, váz. 2 K.

V PRAZE a ve VÍDNI.

NÁKLADEM F. TEMPSKÉHO.

1900.

I. Úvod.

1. Pojmy silozpytné. Co hmatem a ostatními smysly znamenáme, nazýváme **hmotou** (Materie).

Hmota obmezená sluje **těleso**.

Jablko jest těleso. Na stromě je vidíme; spadne-li, uslyšíme je; můžeme je ohmatati, okusiti ho a k němu přivoněti. Oblázek jest rovněž těleso, které lze viděti, hmatati a slyšeti. Vzduch klidného nepociťujeme žádným smyslem; avšak vítr slyšíme a hmatáme celým tělem a cítíme v chůzi jeho odpor. Horký vzduch také vidíme, když se nad žhavým železem aneb nad vyhřátou půdou mlhá.

Všecka tělesa se mění.

Voda v zimě zmrzne, v létě na slunci se vypaří. Železo se v ohni rozžhaví a zmékne, žhavé železo ve vodě se ochladí a ztvrdne, ve vlnku za delší dobu zreziví. Dřevo shoří a zůstane z něho popel a. t. d.

Každá změna tělesa slove výjev či úka z. Soubor všech těles a jejich změn zoveme **přirodou**. Výjevy, které sami provádíme chtice je pozorovati, slují **pokusy** (experiments).

Pozorujíce bedlivě některý výjev seznámíme, že nastává zároveň s jiným neb s několika jinými výjevy, že na nich závisí. Podaří-li se nám závislost výjevu na rozhodujících okolnostech vyjádřiti, známe **přírodní zákon**.

Silozpyt či fysika*) (Naturlehre) zpytuje zákony přírodní.

2. Prostornost (Raumlichkeit). Každé těleso jest v prostoru omezeno a na způsobu, jak jest omezeno, závisí: a) jeho tvar, b) jeho velikost či objem.

K měření délky, plochy i objemu užívá se u nás známé míry metrické.

3. Skupenství (Aggregatzustand). Tvar a objem jest u některých těles stále týž. To jsou tělesa tuhá.

Předměty dřevěné, kamenné, skleněné, kovové a t. d.

Jiná tělesa mají jen při nepatrném objemu určitý tvar, totiž kulíček, kapek neb krúpčí, při objemu větším mění se tvar jejich dle nádob, do kterých se dají. Voda, rtut, lih.

Vlijeme-li 1 kg vody do láhvě, do konvice aneb do mísy, objem její bude vždy 1 dm³, avšak tvar vody bude pokaždé takový, jaký má nitro nádoby.

Tělesa, která mají sice samostatný objem, ale tvaru vlastního při větším množství nemají, nazýváme **kapalinami**.

*) fysis = příroda.

Otevřeme-li kohoutek plynovodu na několik vteřin, učitíme řána všech místech učelnou zápalu po svitiplynu. Plyn, který měl před tím tvar i objem roury plynovodové, rozšíří se po celé učebně a nabude jejího tvaru i objemu.

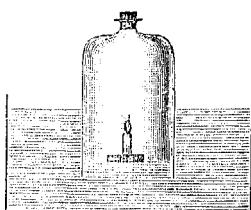
Tělesa, která nemají ani samostatného tvaru ani objemu nazýváme vzdušinami. Vzduch, svitiplyn, pára.

Přičinu těchto vlastností hledáme v rozličném sestavení čili skupení nejmenších částic hmoty a myslíme pak o skupenství těles tuhých, kapalných a vzdušných.

Některá tělesa vyskytují se ve všech třech skupenstvích, jako na př. voda a sůl, jiné jen ve dvou, jako na př. salmiak a jod a některá jen v jednom jako na př. dřevo.

4. Neprostupnosť (Uundurchdringlichkeit). Každé těleso vyplňuje prostor tak, že v něm nemůže být současně těleso jiné.

Obr. 1.



Vnoříme-li rukou do nádoby vodou až po kraj naplněné, voda přeteče. Nálevkou těsně k hrdu přiléhající nelze do láhve vody nalít. Stlačíme-li bezednou láhev, ježíž hrdo korkem ucpáno jest, pod vodu, voda do ní nevnikne, což odtud patrno, že pod ní světlo může hořet. (Obr. 1.) Potopí-li se i hrdo pod vodu a vytáhne-li se zátka, vzduch unikne a láhev se vodou naplní. — Postavíme-li na dno nádoby závaží a klopíme přes ně prázdnou sklenici, vzduch z ní uniká v podobě bublin. Potápěcí zvon. Kterak lze určiti objem tělesa nádobkou v krychlové centimetry rozdělenou?

5. Pohyb. Mění-li těleso své místo, říkáme, že se pohybuje, setrvá-li na témtě místě, jest v klidu.

Čára, kterou těleso opisuje, sluje dráha jeho a jest buď přímá neb křivá. Dráha přímá má na všech místech směr týž, dráha křivá má v každém místě směr jiný, totiž směr tečné k tomu bodu vedené.

Dráha koule na kulečníku od pláště k pláště jest přímá, dráha míče vrženého křivá.

Délku dráhy vztahujeme vždy k době, která uplyne, než ji těleso vykoná.

Vykoná-li těleso v témtě čase dráhu dvakrát, třikrát větší než jiné, pravíme, že jest rychlosť jeho dvakrát, třikrát větší. Proběhne-li těleso to už dráhu v době dvakrát, třikrát větší než jiné, jest rychlosť jeho dvakrát, třikrát menší.

6. Setrváčnost. 1. Položme na sklenici kartu s penízem. Odrazíme-li náhlé kartu, peníz setrvá tam, kde byl a spadne do sklenice. Naplňme sklenici vodou a šoupněme jí rychle po stole. Na počátku pohybu vyšplhne se voda vzad, na konci pohybu v před.

Každé těleso setrvá v klidu neb v pohybu potud, pokud jiné těleso stavu jeho nezmění.

2. Šoupneme-li kouli po prkně kuželníku, pohybuje se tak dlouho, až ji kuželky a koly za nimi na bidélku zavěšené zarazí. Vrhne-li se koule slabě, zastavi ji odpor drsné půdy již před kuželkami.

Kus ledu vržený po rovném hladkém kluzišti pohybuje se v přímé dráze velmi daleko. Z toho soudíme:

Kdyby nebylo žádných překážek, pohybovalo by se každé těleso jediným popudem v přímé čáře neustále.

Obě tyto pravdy tvoří zákon setrváčnosti (Trägheit), který výslovil první Galilei r. 1638.

7. Síla. Žádné těleso nezačíná ani nekončí pohybu samo od sebe. Každá změna ve stavu jeho má svou vnější přičinu a tu nazýváme silou (Kräft).

Sily mohou být rozmanitého původu. Mluvíme o síle svalů, kterou se zdvívají břemena, o síle větrů a vody, kterou se točí mlýnská kola, o síle páry, která pohybuje vlak at. d. Odpor brzdy, kterým se zastavuje vlak rozjetý, jest rovněž síla.

Síla jest dokonale určena, známe-li: a) její působiště; b) její směr, c) její velikost.

Působiště síly jest ten bod tělesa, který by se pohyboval, i kdyby s ostatními částmi spojen nebyl.

Háček ve stropě, na kterém visí lampa, jest působiště její váhy. Hřeb uprostřed vah, k nimž jsou zapřaženi koně, jest působiště síly koní.

Směr síly jest přímka, kterou by se působiště pohybovalo, kdyby nebylo žádných překážek. Směr síly koňské ukazují napjaté postránky. Směr síly dělníků vytahujících do výše železný beran jest patrný z napjatého provazu, za který každý táhne.

Velikost síly posuzujeme podle účinku, který se jeví buď tahem nebo tlakem aneb pohybem.

Podle rovných účinků soudíme o rovnosti sil.

Zatěžují-li provázek na jednom konci upevněný poněnáhlu závažími, až se strhá na př. při 5 kg , a přetrhnu jej pak podruhé rukama, jest síla má v tom případě rovna 5 kg .

Sily zobrazujeme úsečkami. Začáteční bod znamená působiště, směr úsečky jest směrem síly, a délka úsečky představuje velikost její.

II. O tíži.

8. Směr tíže, váha, těžiště. 1. Jsou-li tělesa volná, padají čili těhou k zemi. Neznámou přičinu toho výjevu nazýváme tíží (Schwere).

Směr této síly stanoví se olovnicí, totíž šňůrou závažím napjatou a slove svislý (vertical). (Obr. 2.)

Obr. 2.



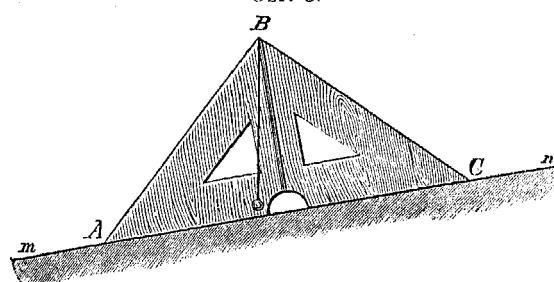
Svisné stojí všude na hladině vodní kolmo, a protože má země tvar koule, všecky svisné protínají se ve středu země. Ramena úhlů jimi sevřených jsou 6367 km dlouhá, proto mohou se blízké svislé pokládati za rovnoběžné. Každá rovina na svislé přímce kolmá zove se vodorovnou (horizontální).

Vodorovný směr určuje se krovkicí. (Obr. 3.)

2. Nemůžeme-li těleso padati, tříze jeví se tlakem na podložku, a tlak ten nazýváme váhou naprostou. Za jednotku váhy běže se gram, t. j. váha krychlového centimetru čisté vody (při 4°C).

3. Podepřeme-li přímou tyčinku ostrou hranou uprostřed, nepadne; účinek tříze ruší se podporou. Jiný bod tyčinky této vlastnosti nemá.

Obr. 3.

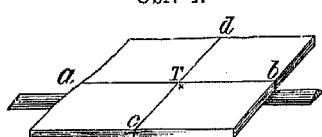


Bod, v kterém se těleso podepírá, aby nepadlo, nazýváme tříštěm (Schwerpunkt).

Tříště přímky jest uprostřed.

Tříště tělesa určuje se obyčejně zkusmo. Chceme-li určiti tříště prkénka, položme je na hranu trojbokého hranolu (obr. 4.) a posunujeme

Obr. 4.



je tak dlouho až přestane padati. Pak jest tříště prkénka nad podporou v přímce $a\,b$. Potom položme prkénko na hranu směrem jiným $c\,d$, a nepadne-li, jest tříště jeho také v přímce $c\,d$. Podepřeme-li pak prkénko hrotom v bodě T' , kde se obě přímky protínají, zůstane v poloze vodorovné a nespadne. Tříště prkénka jest v bodě T .

Tříště tělesa může ležeti i mimo hmotu, jako na př. tříště obrače. Napneme-li na obruč dvě nitě směrem průměrů a podepřeme průsek jejich koncem tužky, obruč nespadne. Tříště obrače jest v jeho středu.

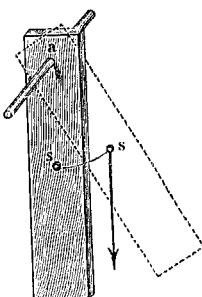
9. Poloha těles zavěšených a podepřených. 1. Vyšineme-li pravítko, které se kolem osy nad tříštěm (obr. 5.) volně otáčeti může, z polohy svislé, tříště jeho se zdvihne a polohuje se pak po oblouku ss

až zajme polohu nejnižší. Poloha tělesa, při které těžiště každým pošinutím se zdvívá, sluje stálou (stabilní).

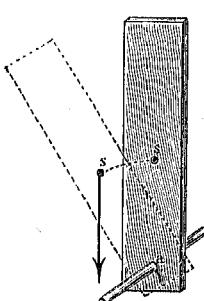
2. Otočí-li se pravítko tak, aby bylo těžiště kolmo nad osou (obr. 6.), zůstane také v této poloze; však těžiště jeho sníží se každým pošinutím, a klesá pak, až zaujmeme polohu nejhlubší.

Poloha tělesa, při které těžiště každým pošinutím se sníží, sluje vratkou (labilní).

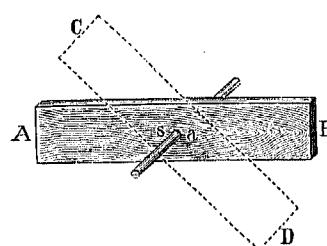
Obr. 5.



Obr. 6.



Obr. 7.



3. Koule veskrz stejná zůstane na rovině vodorovné v každé poloze; pošinutím koule těžiště ani nestoupá ani neklesá. Podobně zůstane pravítko v každé poloze, prochází-li osa jeho těžištěm (obr. 7.).

Rovnováha, při které těžiště pošinutím tělesa ani nestoupá ani neklesá, sluje volnou (indifferentní).

Obecně platí o tělesech, na která pouze tíže působi, tento zákon:

Těleso nepadá, protiná-li svísná vedená těžištěm podporu, necht jest touto pouhý bod aneb celá plocha.

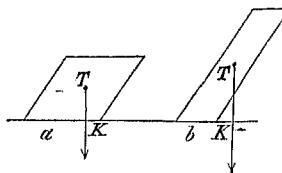
Tak jest tomu na př. u tělesa *a*, nikoliv však u tělesa *b* (obr. 8.).

Nakloněné věže v Pise a Bologni.

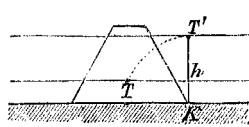
Pohyby těla lidského musí být takové, aby těžiště bylo vždy nad podporou. Neseme-li břemeno na straně jedné, nahýbáme se na stranu druhou. Chceme-li vstát sedíce, kloníme se ku předu. Kráčejíce nahýbáme se vždy poněkud na tu nohu, na kterou našlapujeme. Vykračují-li dva chodci vedle sebe nestejnou nohou, vrázejí o krok do sebe. Proto vykračují vojáci stejnou nohou. Chůze po provaze, balansování.

10. **Stálost polohy.** (Stabilität.) Má-li se těleso (obr. 9.) o hranci *K* zvrátiti, těžiště jeho musí opsatí oblouk *TT'* a zvýšiti se o délku *h*, která jest tím větší, čím blíže leží těžiště u podstavy a čím dále jest od hrany *K*, tedy čím větší jest podstava. Proto lze říci: Stálost polohy jest tím větší, čímž těžší jest těleso, čím má větší podstavu a čím bliže leží těžiště u ní.

Obr. 8.



Obr. 9.



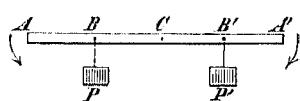
Prázdné nádoby překotí se snáze než plné, dřevěné sloupy snáze než kamenné neb železné. Úzká loď zvrhne se snáze než široká, stál jednonohý snáze než čtyrnohý. Zápasníci se rozkračují, aby pevněji stáli. Vozы se senem snáze se převrhnu než vozy s cihlami při též váze nákladu. Podstavce lamp bývají naplněny u dna olovem. Na lodi a vozy nakládá se nejtěžší zboží dospod.

11. Páka (Hébel). (Archimedes r. 212 př. Kr.) Páka jest každá pevná tyč, kterou síly kolem pevného bodu v protivných směrech otáčejí.

Pro jednoduchost zvolme si páku AA' , která se otáčí okolo osy C procházející jejím těžištěm.

Taková páka zůstane v každé poloze, kterou jí dáme. Totéž se stane, zavěsimeli v bodech B a B' od osy stejně vzdálených rovná závaží P a P' . (Obr. 10.) Říkáme, že jsou obě závaží v rovnováze. Posuneme-li však jedno závaží od osy dalej, rovnováha se poruší, a ten konec páky klesá. Nemáli klesati, musíme zavěsit ve vzdálenosti dvakrát, třikrát větší, závaží dvakrát, třikrát menší.

Obr. 10.

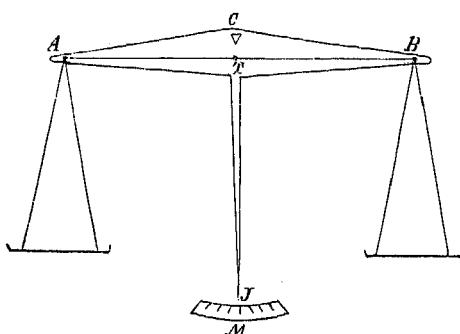


Vzdálenosti působících sil od osy slouží ramena. Jsou-li obě ramena stejná, jest páka rovnoramenná, jsou-li nestejná, ne je rovnoramenná. Můžeme tedy říci:

Na páce jest rovnováha, jsou-li velikosti sil v převráceném poměru s délkami ramen.

12. Váhy obecné skládají se z rovnoramenné páky nazvané vahadlem, opatřené uprostřed nad těžištěm ostrým klínem, kterým se o lůžka na sloupku neb ve vidlici opírá. (Obr. 11.) Na obou koncích jsou zavěšeny mísky stejně těžké. Na jednu klade se zboží, na druhou závaží. Pod osou aneb nadní stojí na vahadle kolmo jazyček J , který u jemnějších strojů ukazuje na stupník M .

Obr. 11.



Poněvadž jest těžiště vahadla T pod osou, mají váhy polohu stálou.

Váhy mají býti: 1. pravé a 2. citlivé.

1. Váhy jsou pravé, ukazují jazyček vždy na 0 stupníku, nechť jsou mísky s vahadla sňaty neb na něm tak či naopak zavěšeny, nechť jsou prázdný neb rovně zatíženy. K tomu jest třeba, aby byla obě ramena stejně

dłouhá, stejně těžká, aby těžiště jejich byla stejně daleko od osy, a aby mísky měly rovnou váhu. Proč asi?

I nepravými vahami lze správně vážiti. Na jednu mísku dá se předmět a vyváží se tarou. Pak se předmět sejmě, a zváží se tara. Váha její jest váhou předmětu.

2. Dá-li se na mísku B přívažeček, těžiště T pošine se poněkud v pravo, a poněvadž musí zaujati polohu nejnižší kolmo pod osou, rameno B se skloní a jazýček se vychýlí o jistý úhel na levo.

Váhy jsou citlivé, je-li výchylka jazýčku i při sebe menším přívažku patrná. Mají-li býti váhy citlivé, jest třeba:

- Aby bylo vahadlo dłouhé a co možná lehké.
- Aby bylo těžiště vahadla co možná blízko osy.
- Aby bylo tření osy v lůžkách nepatrné.

Vahadla vah, které jsou k účelům vědeckým, hotoví se z mosazi neb alumínia a dává se jim podoba táhlého kosodělníku, jehož strany tenkými příčkami spojeny jsou. Tím se docílí, že jsou vahadla lehká a přece pevná. Hrana ocelového klínce C spočívá pak buď na achatové neb rubinové podložce.

13. Přezmena jest páka ne-rovnoramenná sloužící k rychlému vážení. Na rameno kratší CA (obr. 12.) věši se zboží Z a po delším ramenu, rozdeleném v rovné délky, posouvá se závaží z , tak zvaný běhounek, až jest rovno-váha.

Je-li vahadlo tak zařízeno, že bez běhounu a zboží v poloze vodo-rovné zůstává, učiní se délky na delším ramenu rovnými AC . Váži-li pak běhounek 1 kg , jest váha zboží tolik kg , o kolik délku běhounek od osy jest vzdálen. Zde jest $Z = 9\text{ kg}$.

14. Kladka (Wolle). Kladka jest kotouč opatřený na obvodě žlábkem a ve středu osou, kolem které se volně otáčí. Osa spočívá jako u vah krámských ve vidlici s hákem na záhybu. Síly působi tu na koncích provazu do žlábku vloženého. (Obr. 13.)

Nemá-li se kladka otáčeti ani v pravo ani v levo, musí obě síly býti sobě rovny.

Kladky užívá se při stavbách ku zdvívání železného beranu, k zavěšování lamp a t. d.

15. Váha měrná, hustota. 1. Zvážíme-li kostičku olověnou o hranci 1 cm , seznáme, že váží 11 g ; kostička měděná téže velikosti váží 9 g , zinková 7 g , kdežto krych-

Obr. 12.

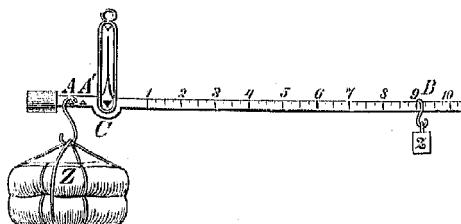


Fig. 13.



lový centimetr vody 1 g váží. Při též objemu tělesa rozličná mají váhu nerovnou. Váha jednoho krychlového centimetru (jedné míry) hmoty sluje váhou měrnou čili specifickou (specifisches Gewicht).

2. Zkušenost při koupi a prodeji potravin poučuje nás, že váha zboží jest tím větší, čím větší jest jeho množství; jest tedy váha naprostá v přímém poměru s množstvím hmoty čili s hmotností tělesa (Masse).

Hmotnost a váhu třeba rozeznávat. Zdviháme-li kouli, cítíme její váhu; valíme-li ji po hladké dráze, znamenáme její hmotnost, avšak nikoli váhu, neboť tu nese půda.

3. Jeden cm^3 olova váží 11 g, 1 cm^3 vody 1 g, proto jest hmotnost olova 11 krát větší než hmotnost vody téhož objemu. Číslo, které udává, kolikrát hmotnost tělesa větší jest než hmotnost rovného objemu vody (při 4° C.), zove se hustotou (Dichte) onoho tělesa.

Jest tedy hustota olova 11, mědi 9, zinku 7, vody 1.

Hustotu tuhého ve vodě nerozpustného tělesa lze určiti nádobkou po straně trubičkou opatřenou. (Obr. 14.) Do nádobky nalije se vody, až trubičkou vytéká.

Pak postaví se pod trubičku zvážená číši a do nádobky pusť se zvážené těleso, které vytlačí do číše rovný objem vody. Přirovnáme-li váhu tělesa k váze vody v číši, dostaneme žádanou hustotu.

Abychom určili hustotu kapaliny, vyvážíme pyknometr* t. j. láhvíčku s broušenou zátkou, naplníme jej danou kapalinou, pak vodou a po každé jej zvážíme. Poměr váhy kapaliny a váhy vody jest hledaná hustota.

Kterak se určí objem tělesa tuhého ve vodě nerozpustného nádobkou obr. 14? Kterak se ustanoví objem nádoby jakékoliv? Kterak lze objem nádoby nepravidelně rozdělit na několik rovných dílů?

III. O silách molekulových.

16. Dělitelnost (Theilbarkeit). Každé těleso lze rozmělniti v dílky neb rozetříti v prášek s celkem stejnорodý. Tělesa jsou dělitelná. Zvláště veliká jest dělitelnost kovů, voňavek, barviv a svitiv.

Rtuť lze se sádlem tak jemně rozetříti, že kulíčky rtuťové mají sotva $\frac{1}{400} mm$ v průměru. Drobek pižma naplňuje svou vůni světnici denně větranou po drahý čas a váhy mu neubývá. Roubíkem kostíku lze na chladné desce nakreslit mnoho čar, jež po tmě svítí, a váha jeho tím se nezmění. Decilitr líhu zbarví se zřetelně a rovnoměrně 0'001 g fuchsianu.

Na základě veliké dělitelnosti těles domníváme se, že každá hmota složena jest z částeček tak malých, že jich ani smysly postříci ani mechanicky dělit nedovedeme. Částečky takové zoveme molekulami.**)

*) pyknós = hustý, métron = míra. — **) molecule = břeménko.

17. Porovitost (Porosität). Tělesa nevyplňují prostoru svou hmotou dokonale, nýbrž jeví mezery čili pory, které jinou hmotou, obyčejně vzduchem vyplněny jsou. Tělesa jsou porovitá.

Pory vídáme na houbě, korku, chlebě, rákose a dřevě dubovém. Foukáme-li do vody rákosem, vystupují bublinky. Jirchou neb dřevem lze protlačiti rtuť. Pijavým papírem procezujeme kalné kapaliny. Naplníme-li trubici na jednom konci zavřenou dopola vodou a dolijeme ji pozorně zbarveným líhem, ucpeme-li ji pak prstem a zařepáme, obě kapaliny se smíchají, a trubice nebude již plna. Abychom si toto zmenšení objemu vysvětlili, vezměme ku zkoušce místo vody hrubé a místo líhu jemné broky. Zařepáme-li jimi, vyplní drobné broky mezery mezi broky hrubými a trubice nebude již plna. Totéž děje se s molekulami vody a líhu. Stojí-li voda déle na stole, stěny sklenice pokryjí se bublinkami vzduchu. Kde se vzaly?

Na některých tělesech nejsou sice pory patrné, že však objem jejich zmenšíti i zvětšiti lze, soudíme, že molekuly jejich malinkými mezerami odděleny jsou. Razí-li se z kotoučků kovových mince, stlačí se kov na všech místech kromě nápisu; to by nebylo možné, kdyby neprostupné molekuly přímo se dotýkaly.

18. Soudržnost. Checeme-li těleso v délce rozděliti, ohnouti, roztáhnouti aneb jakkoliv tvar jeho změniti, cítíme pokaždé odpor, jehož přičinou soudržnosti hmoty (cohaesio) nazýváme.

Veliká jest soudržnost u těles tuhých, malá u kapalin a nepatrná u vzdušin.

O soudržnosti kapalin přesvědčíme se těmito pokusy: Nahýbámeli láhvíčku s kapalinou poněhlu, utvoří se na okraji hrudla kapka, která se tak dlouho zvětšuje, až váha její soudržnost s ostatní kapalinou překoná, kapka se oddělí a padajíc zakulatí. Hotovení broků. Vodoměrky pobývají se po vodě jako my po zemi. Suchou jehlu lze položiti na hladinu vodní. Do sklenice vodou naplněné lze vpusťti značný počet halířů a voda nevyteče, nýbrž sklene se soudržností nad okrajem nádoby. I vzdušiny vystupují z kapalin v kulatých bublinkách.

19. Přilnavost. 1. Položí-li se na sebe dvě desky z broušeného skla, drží pevně při sobě a stěží se odtrhnou. 2. Ponoříme-li prst do vody, smočí se, voda k němu přilne. K prstu přilne také olej avšak nikoli rtuť, která se za to chytá čistých mincí, zlatých prstenů a cínového papíru (staniolu). Výjev, že různa tělesa vespolek se dotýkají k sobě hnou, zoveme přilnavostí (adhaesio).

Smáčejí-li kapaliny tělesa tuhá, jest přilnavost jejich větší než soudržnost, nesmáčejí-li jich, jest přilnavost menší než soudržnost. Prst, voda, rtuť.

Na přilnavosti zakládá se psaní, barvení, kližení, tmelení, spájení, cínování, pozlacování a j. v. Že i vzdušiny k tělesům tuhým a kapalným lno prozrazuje se někdy zápací. Čichem poznáme, bylo-li pivo v místnosti, kde se kouřilo, přišel-li někdo ze stáje, z lékárny, od kupce a t. d.

Výjevy soudržnosti a přilnavosti nasvědčují tomu, že molekuly hmot vespolek se přitahují a síly tyto nazýváme silami molekulovými. Působí do vzdáleností jen nepatrných, což již z toho vysvítá,

že zlomíme-li tyčinku skleněnou, oba díly za studena sebe větším tlakem nezcelíme. Jinak se má vše s dvěma kousky vosku neb pryže ostrým nožem rozříznuté.

20. Účinky sil molekulových jeví se rozmanitými způsoby a dle toho dělíme tělesa v pevná, tvrdá, měkká, pružná, tažná a křehlká.

1. Těleso jest pevné, činí-li veliký odpor, než se strhá, zlomí, překroutí aneb rozmačká.

Strhání odporují provazy, řetězy, tyče u řetězových mostů a t. d. Pevnost v lomu jeví rozporky, hrazdy, mostnice, trámy a j.

Překroutiti mohou se houžve, klíče, nebozezy, šrouby a p.

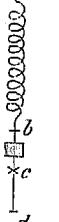
Rozmačkání vzdorují cihly a kameny ve zdích, pilířích a sloupech.

2. Tvrdé jest těleso, činí-li značný odpor při rezání, pilování nebo rýpání. Stupnice tvrdosti.

I u jednoho a téhož tělesa může se tvrdost změnit. Měkký jíl ztvrdne sušením na vzduchu a ještě více pálením v peci. Železo a ocel ztvrdnou, když se do červena zahřejí a pak náhle ochladí. Výjev ten sluje kalením. Měď kalením zmékne, kováním ztvrdne. Kový čisté bývají měkké, slitiny jejich tvrdší. Zlato a stříbro slévá se za tou přičinou s mědí.

3. Změníme-li tvar neb objem tělesa a ono ho opět nabude, nazýváme těleso pružným (elastickým).

Obr. 15. Stlačíme-li vzduch ve skleněném válci, píst vyleze zpět pružností vzduchu, jakmile tlačiti přestaneme. Rákosu lze ohnouti a opět se vzpřírní, kaučukový pásek roztáhnouti a opět se skrčí.

Zatižíme-li závitnici ocelovou závažím (obr. 15.), prodlouží se o jistou délku b a zůstane tak, pokud se závaží nesejme. Zavřené závaží jest měrou pružnosti její. Zatižíme-li závitnici závažím dvakrát větším, prodlouží se o délku b d dvakrát větší.

Velikost pružnosti jest v přímém poměru s prodloužením neb se stlačením tělesa.

Na tomto zákoně zakládá se hotovení a užívání pružných vah.

Zatěžujeme-li závitnici závažím vždy větším a větším a měříme-li pokaždé délku její sejmouce závaží, shledáme, že se při jistém zatížení trvale prodlouží. Díme pak, že se posledním závažím překročila meze pružnosti. Tato meze může se překročiti i menším závažím, působí-li po dlouhou dobu.

Žíněnky se slezí, pohovky se prosedí, péra u kožáru stlačí se časem.

Pružných těles užívá se, buď aby se docílilo jistého pohybu neb trvalého tlaku, anebo aby se zabránilo nárazům. Péro v kapesních hodinách. Spoušť u zbraně. Lučiště. Napínání píly. Klapky hudebních nástrojů. Balení křehkých předmětů do vaty, sena, slámy a t. d.

4. Změníme-li tvar nebo objem tělesa, a ono jej podrží, sluje tažným (dehnbar).

Teplá guttaperča, vosk. Na tažnosti roztaveného skla zakládá se výroba rozmanitých předmětů skleněných. Z cínu válčuje se staniol, ze zlata tepe se pozlátko, z mědi, z mosazi, ze stříbra a platiny táhnou se dráty.

5. Rozpadá-li se těleso nepatrno změnou tvaru nebo objemu, jest křehké (pröde).

Bolognské láhvíčky, skleněné krúpěje, nástroje z tvrdé oceli.

IV. O kapalinách.

21. Vlastnosti kapalin. Kapaliny jsou tělesa, která mají sice samostatný objem, ale tvaru vlastního nemají. (3.)

Přičinou toho jest, že jsou kapaliny velice pohyblivé, a že tudíž částečky dolní tlaku částeček horních na všecky strany ustupují a každý prázdný koutek v nádobě vyplní.

Přesnými zkoužkami dokázáno, že se voda v rouře 10 m dlouhé, mající v průřezu 1 cm^2 tlakem 10 kg jen o $\frac{1}{2}$ cm stlačí a že opět dřívějšího objemu nabude, jakmile tlak přestane.

Kapaliny jsou dokonale pružné avšak jen málo stlačitelné.

22. Rozvádění tlaku v kapalinách. Myslíme si nádobu naplněnou vodou a opatřenou několika trubkami téhož průřezu se zatknutými pisty (obr. 16.). Tlačíme-li píst prvý 1 kg, všecky pisty ostatní vylézají, a chceme-li, aby zůstaly v trubkách, musíme každý zatlačovati do vnitř silou 1 kg.

Tlak v kapalinách šíří se rovnou měrou ve všech směrech. (Pascal r. 1648.)

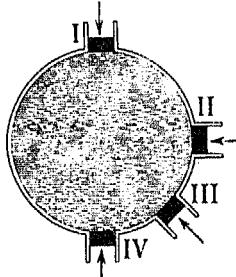
Této vlastnosti hmoty tuhé nemají. Odpor, který činí na př. dřevo tlačené šroubem, jeví se jen ve směru osy vřetena, ale nikoliv na strany.

Myslíme-li si pisty II., III., IV. těsně vedle sebe spojeny v jediný o průřezu třikrát větším, byl by tlačen silou tří kg.

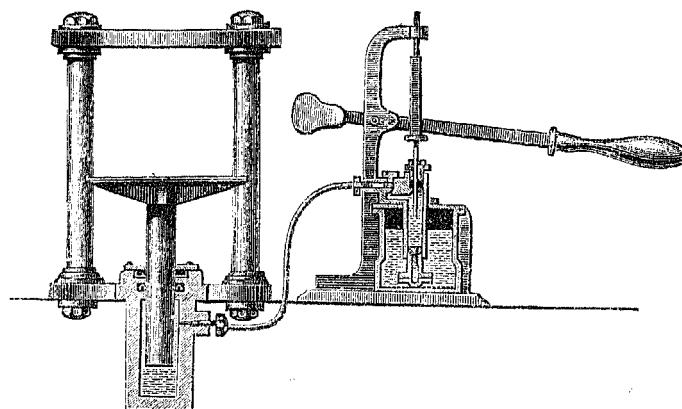
Tlak kapaliny na stěnu jest v přímém poměru s velikostí plochy tlačené.

Naplňme-li láhvíčku vodou a zatkнемe ji korkem, až se vody dotýká, a udeříme pak paličkou na korek, láhvíčka se roztrhne. (Proč?)

Obr. 16.



Obr. 17.



Této vlastnosti kapaliny užil Brahmah (r. 1795) k sestrojení vodního lisu (obr. 17.). Brahmův lis skládá se z pumpy a ze širokého válce, jehož píst mnohem větší průřez má než píst pumpy.

Spojovací rourou žene se voda z pumpy do válce, zdvíhá píst nahoru stolkem opatřený a stlačuje předměty mezi stolkem a pevnou horní deskou.

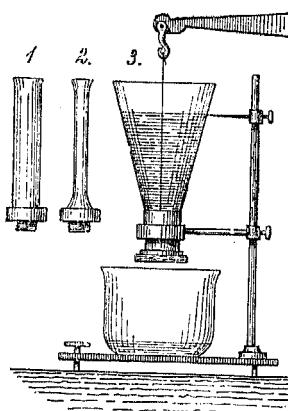
Je-li plocha pístu v lisu stokrát větší než pístu v pumpě, a tlačili se tento silou 100 kg, působí na předměty na stolku tlak 10000 kg.

23. Povrch kapaliny. Je-li kapalina v klidu, volný povrch její jest vodorovný a služe hladinou. Kdyby byl šikmý aneb křivý, pohyblivé částečky kapaliny stekly by dolů a vyplnily by prázdná místa hlubší.

Hladina moře a jezer jest částí koule na polech sploštělé. Proč?

24. Tlak kapaliny na dno. 1. Myslíme-li si v nádobě se svísnými stěnami vodu rozdělenou na samé tenké vrstvy, vrstva nejvyšší tlačí váhou svou na vrstvu pod ní ležící, obě pak na vrstvu třetí a t. d., a dno nádoby snáší tlak veškeré kapaliny v nádobě.

Obr. 18.



Je-li výška vody v nádobě 12 cm, každý cm^2 dna nese sloupec vody 12 cm vysoký a tedy tlak 12 g. Má-li celé dno 20 cm^2 plochy, snáší tlak 12 g \times 20, a ten by se zvětšil 186 krát, kdyby se užilo k pokusu rtuti místo vody.

Tlak kapaliny na dno rovná se součinu čísel udávajících plochu dna, výšku kapaliny a měrnou váhu její.

2. Zákon tento platí též o nádobách, které nemají svísných stěn, jak se strojkem Pascala-vým přesvědčí můžeme (obr. 18.).

Tento skládá se z kovového válečku s broušeným okrajem a z pohyblivého dna, které na jednom rameně vah zavěšeno jest a závažími na míse druhého ramena

k otvoru válečku se tlačí. Přišroubují-li se k strojku po sobě nádobky 1. 2. 3. a naplní se vodou do téže výše, musí být za rovnováhy na druhé místo pokaždé totéž závaží.

Tlak kapaliny na dno nezávisí ani na tvaru nádoby, ani na množství kapaliny v ní, nýbrž jedině na velikosti dna, výše kapaliny a její měrné váze. (Pascal r. 1648.)

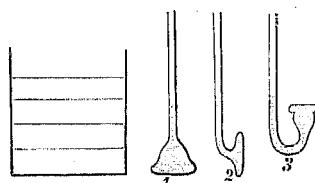
Malým množstvím kapaliny může se tedy docílit velikého tlaku, když se nádoba od širokého dna do výšky náhle súží. (Realův lis.)

25. Tlak na plochu uvnitř kapaliny. Naplníme-li barevnou kapalinou trubičku s nálevkou na konci povázanou blanou kaučukovou a ponoříme ji do nádoby s vodou, kapalina vystoupí v trubce tím výše, čím hlouběji blánu stlačíme. Výsledek pokusu jest týž, nechť jest blána obrácena dolů, na stranu neb nahoru (obr. 19.).

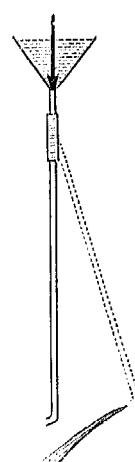
V kapalině přibývá tlaku v přímém poměru s hloubkou, a v téže hloubce jeví se ve všech směrech rovnou měrou.

Že v kapalině tlak zdola nahoru jest právě tak veliký jako shora dolů, lze ukázat těž takto: Přitáhneme-li nití desku ebonitovou *a b* k broušenému okraji skleněného válce a ponoříme tento do vody, (obr. 20.) můžeme nit pustit a deska neupadne, protože ji voda vzhůru k okraji válce tlačí. Avšak nalije-li se do válce vody až po hladinu v nádobě, deska klese svou vlastní výhou ke dnu. Tlak zdola nahoru nazýváme nadnáškou (Mustrieß).

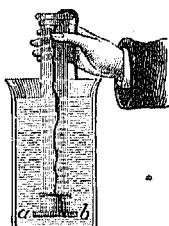
Obr. 19.



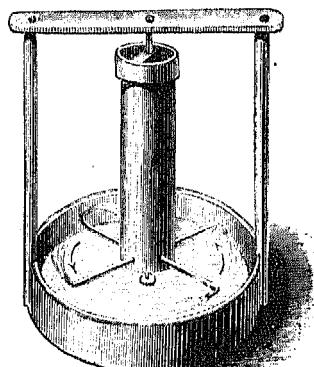
Obr. 21.



Obr. 20.



Obr. 22.



26. Tlak kapaliny na stěny. 1. Naplníme-li vodou vysokou nádobku, opatřenou na stěně několika trubičkami nad sebou, donáší vytékající proud tím dále, čím hlouběji jest otvor.

Tlak kapaliny na stěny nádoby přibývá s hloubkou v přímém poměru.

2. Spojme nálevku měkkým kaučukem s trubicí skleněnou na konci zahnutou a naplňme ji vodou. Vytáhneme-li zátku z nálevky, trubice vychýlí se z polohy svísné v protivném směru, než kterým voda vytéká. (Obr. 21.) Jest totiž levá stěna o plochu otvoru v trubičce menší, a proto má tlak na stěnu pravou převahu. Tento tlak zoveme z pátečným (Reaction).

Zpátečný tlak jest příčinou, že se kolo Segnerovo točí. Voda nalitá do dutého válce vytéká otvory trubic v touž stranu zahnutých, a kolo otáčí se ve stranu protivnou (obr. 22).

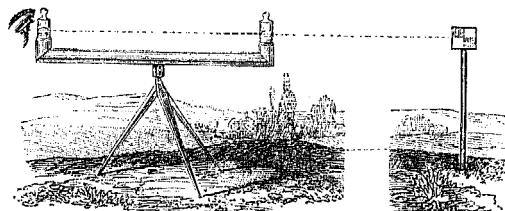
27. Nádoby spojité. (Comminicierende Gefäße.) 1. Dejme tomu, že čárkovaná část kapaliny v nádobě (obr. 23.) ztulne. Stav kapaliny se tím neporuší, a hladina zůstane i potom vodorovnou.

Avšak nádoba skládá se nyní ze tří ramen, v nichž kapalina z jednoho do druhého volně přetékati může. Takové nádoby zoveme spojitymi.

V nádobách spojitych stojí kapalina stejně vysoko (Stevin r. 1585.).

Vodovody jsou nádoby spojité. Opatří-li se trouba vodovodu na horní straně otvorem, voda stříká do výše. Tak vzniká vodoměr či vodotrysk. Půdu písčitou vniká voda z řek do sklepů a stoupá i opadá v nich tou měrou jako v řece. Váhy nivelační, kterých užívají geometři k vytáknutí směrů vodorovných, zakládají se na spojitych nádobách (obr. 24.).

Obr. 24.



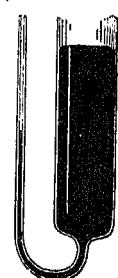
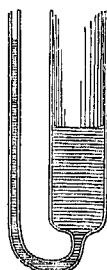
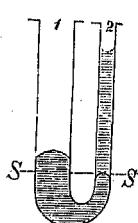
Obr. 23.



2. Nalijme do spojitych nádob rtuti až nad záhyb a pak do jednoho ramena vody (obr. 25.). Je-li výška rtuti nad společnou hladinou SS 1 cm, bude výška vody 13·6 cm. Poněvadž hustota rtuti jest 13·6 a

Obr. 26. vody 1, vyplývá z toho pokusu:

Obr. 25.



J soun-li v nádobách spojitych dvě kapaliny, které se nemichají, jsou výšky jejich v převráceném poměru s hustotami.

Mají-li býti kapaliny v obou ramenech v rovnováze, musí tlak na společnou plochu s obou stran býti rovný. Poněvadž jest voda 13'6 krát lehká než rtuť, musí sloupec její býti 13'6 krát vyšší.

3. Výjimku z těchto zákonů činí takové nádoby spojené, jejichž jedno rameno jest velmi úzké. Nalijeme-li do skleněné trubky (obr. 26.) vody, která stěny její smáčí, bude míti povrch dutý a postaví se v rameně úzkém výše než v rameně širokém (zdvih). Nalijeme-li do ní rtuti, která stěny nádoby nesmáčí, povrch její bude vypuklý a postaví se v rameně úzkém niže než v širokém (stlak). Úkazy tyto nazýváme vzlínavostí (kapillaritou*).

Knotem vystupuje olej do lampy a zdmí šíří se vlhkost půdy. Dvěře a okna při počasí vlhkém botnají. Hrachu přibude botnáním v objemu tak, že i silnou nádobu roztrhne, je-li v ní uzavřen.

28. Zákon Archimedova. Váhy, jejichž jedna míška jest vespod opatřena háčkem a visí na kratších drátech, služí hydrostatické (obr. 27.).

Postavme na míšku A válec dutý H , zavěsme na háček válec plný M , který do dutého těsně zapadá a vyvažme oba tarou. Ponoří-li se válec plný do nádoby s vodou, voda jej nadnáší, míška B klesá a rovnováha nastane teprve tenkrát, když se dutý válec vodou naplní.

Kapalina nadnáší těleso v ní ponořené silou rovnající se váze kapaliny tělesem vytlačené.

Úkaz vysvětuje se takto: Na válec $a b c d$ (obr. 28.) tláčí kapalina se všech stran. Tlaky pobočné jsou si rovny a protivny, ruší se tedy navzájem. Tlak shora na dno $c d$ rovná se výše sloupce kapaliny $c d e f$; tlak zdola na dno $a b$ rovná se výše sloupce kapaliny tak velikého, jako jest $a b e f$. Jest tedy tlak zdola větší o výšu vody, která by se vešla do prostoru $a b c d$, čili o výšu vody tělesem vytlačené.

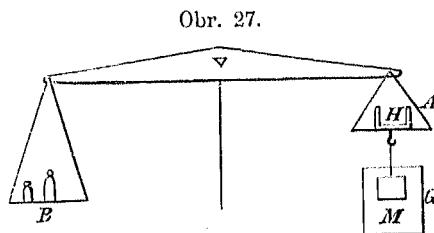
29. Plování. 1. Poněvadž váha tělesa působí svisle dolů, nadnáška svisle nahoru, jest zřejmo:

klesne ke dnu

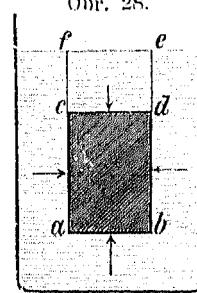
větší než

Ponořené těleso jest v rovnováze, je-li váha jeho tak veliká jako nadnáška.
vypluje na povrch menší než

Kousek stearinové svíce pluje na vodě, klesá v lihu, ve směsi obou jest na každém místě v rovnováze. Vejce neb dřevo ebenové potápí se ve vodě, pluje však v roztoču solném.



Obr. 27.



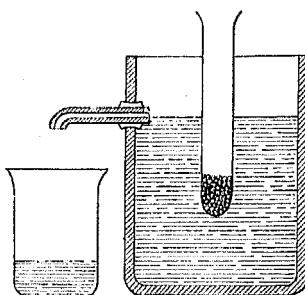
Obr. 28.

* capillus — vlasy.

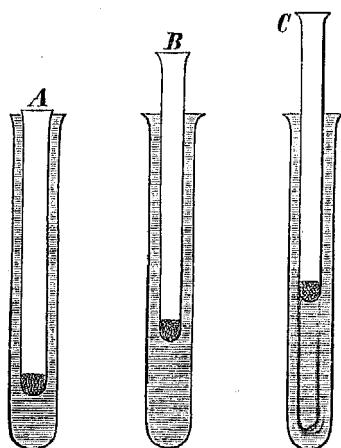
2. Naplňme nádobku (obr. 29.) vodou, až přeteče, postavme pak pod trubičku sklenici a spusťme zkoumavku broky zatíženou zvolna do vody. Krapet vody vyteče, a zkoumavka částečně potopená plove na vodě. Zvážme-li vodu v číši, jest váha její rovna váze zkoumavky.

Pluje-li těleso v kapalně, jest váha jeho rovna váze kapaliny potopenou části vytlačené.

Obr. 29.



Obr. 30.



Výsledek: Potopená čásť plovoucího tělesa jest tím menší, čím větší jest hustota kapaliny.

Zatížime-li zkoumavku broky tak, aby se v líhu až k okraji potápěla, a ponoríme ji pak do vody a do roztoku solného, vyčnívá v obou případech nad hladinu avšak v roztoku solném více (obr. 30.).

30. Stanovení hustoty váhami. 1. Zavěsme na mísku *A* hydrostatických váh (obr. 27.) drátkem sitečko, ponořme je do čisté vody a vyvažme je tarou na druhé mísece. Těleso tuhé, jehož hustotu určití chceme, položme na mísku *A* a určeme jeho váhu na př. 14 g. Dáme-li je pak na sitečko do vody, voda je nadnáší, a má-li být rovnováha, musíme na mísku *A* tolik přidat, kolik váží voda tělesem vytlačená na př. 2 g. Pak má těleso v též objemu 7 krát více hmoty než voda. Hustota tělesa jest $\frac{14}{2} = 7$.

2. Aby se určila hustota kapaliny, na př. kyseliny sírové, zavěsme platinovým drátkem na mísku *A* sklíčko a vyvažme je tarou. Ponoříme-li je do kyseliny sírové, míška *A* stoupá, a jest třeba na ni přidat na př. 3·6 g. To jest váha kyseliny sírové téhož objemu, který má sklíčko. Potom se sklíčko očistí, osuší a zváží ve vodě. Dva g, které na mísku přidáme, aby byla rovnováha, jsou váhou vody sklíčkem vytlačené. Hustota kyseliny sírové jest $\frac{3,6}{2} = 1,8$.

Hustotu a měrnou váhu jest rozeznávati. Hustota jest množství hmoty v 1 cm^3 obsažené. Hustota vody platí za jednotku a hustota jiného tělesa jest pak číslo, kterým se hmotnost 1 cm^3 vody násobití musí, aby se nabyla hmotnosti tělesa v 1 cm^3 obsažené. Měrná váha jest váha (t. j. tlak na podložku) 1 cm^3 hmoty. Protože v metrické soustavě váha 1 cm^3 vody za jednotku (gramm) platí, jsou čísla pro hustotu a měrnou váhu stejná.

31. Hustoměry (araeometry*) jsou skleněné trubice nahore i dole uzavřené, uvnitř stupníkem opatřené a rtutí neb broky zatižené, aby v kapalinách svisle stály. Jsou-li délky stupníku rovné, přístroj sluje objemoměr (volumetr). Obr. 31.

Potopí-li se přístroj ve vodě ku 100. délku, v líhu ku 125., hustota líhu x vyhledá se (dle 29.) z úměry: $x : 1 = 100 : 125$. Odtud

$$x = \frac{100}{125} = 0.8.$$

Stupník některých hustoměrů udává hustotu přímo. Takové přístroje slují densimetry.**)

V průmyslu jsou důležity hustoměry, jimiž se určuje hodnota roztoků dle procent na př.: kolik litrů čistého líhu jest v hektolitru líhoviny, neb kolik kg soli obsahuje 100 kg solanky. Takové hustoměry slují procentové.

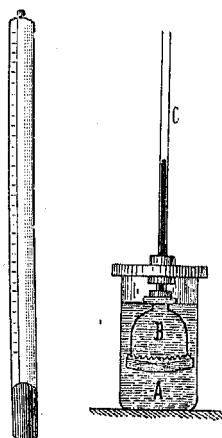
32. Prolínavost (diosmosa). Některé kapaliny lnou k sobě tou měrou, že se smíchají i tisíckrát, když se kapalina lehčí na těžší opatrнně naleje. Tomuto míchání nezabrání se ani stěnou průlinčitou, lne-li k ní aspoň jedna z obou kapalin, jak se přístrojem na obr. 32. přesvědčíme.

Láhvíčka *B* má místo dna přivázанou blánu z měchýře a jest naplněna zbarveným líhem, nádobka *A* vodou do téže výše. Po trubce *C* do nádobky *B* vteknuté posouvá se kroužek kaučukový. Po krátké době zpozorujeme, že se voda barví, a líh v trubce stoupá, což jest důkazem, že líh proniká blanou průlinčitou do vody a voda do líhu.

Míchání kapalin stěnou průlinčitou sluje prolínavost (diosmosa***).

Z uvedeného pokusu poznáváme také, že vody do líhu prolne více než líhu do vody, poněvadž voda více k měchýři lne než líh. Týž úkaz nastane, nahradíme-li líh roztokem nějaké soli, cukru nebo bílkem. — Zralé třešně, švestky a zrna hroznů nabotnají deštěm tak, až prasknou. Kořenové buňky rostlin berou diosmosou potravu ze země, krev přijímá diosmosou zažitnu ze žaludku a ze střeva.

Obr. 31. Obr. 32.



*) araiós = řídký, métron = míra.

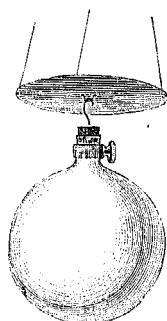
**) densus = hustý.

***) diōsmós = pronikání.

V. O vzdušinách.

33. Vlastnosti vzdušin. Vzdušiny jsou tělesa, která nemají ani samostatného tvaru, jako tělesa tuhá, ani samostatného objemu jako kapaliny. (3.) Přijmajejí tvar i objem nádob, v kterých jsou uzavřeny. Roztahuje se tlací ustavičně na stěny těchto nádob, a tlak ten zoveme napjetím (expansí*). Měrou jeho jest tlak na 1 cm^2 plochy. Veliká rozprostranivost vzdušin jest přičinou, že jsou částečky jejich značně vzdálené a že se dají tlakem sbližiti. Vzdušiny jsou velmi stlačitelné.

Obr. 33.

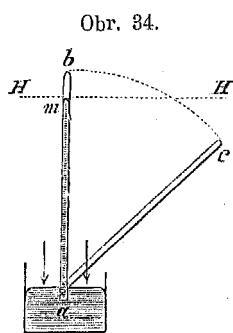


34. Váha vzduchu. Vyssajme ze skleněného balonu opatřeného kohoutkem vzduch, zavěsme jej na jednu misku vah a vyvažme tarou. (Obr. 33.) Otevřeme-li kohoutek, vzduch vnikne sykotem dovnitř, a balon klesne. Vzduch jest tedy těžký.

Přesnými zkouškami seznalo se, že litr vzduchu 1.29 g váží.

Země jest obklopena ovzduším do výše asi 100 km a proto snáší každé těleso na povrchu země tlak váhou vzduchu způsobený.

35. Tlak vzduchu. Váha vzduchu jest přičinou, že vzduch přes rozprostranivosť svou se země neprechně a všim mírem se nerozptýlí. Ač váha 1 l vzduchu jen 1.29 g čini, tlak celého ovzduší na povrch země jest přece veliký, jak dokazuje pokus, jejž prvý Torricelli r. 1643. provedl.



Obr. 34.

Naplňme rtuti trubici as 80 cm dlouhou, na dolním konci zatavenou, zavřeme ji prstem a převratme do nádobky se rtutí. (Obr. 34.) Vzdálíme-li prst, rtut poněkud klesne a zastaví se ve výši asi 76 cm nad hladinou v nádobce. V této výši setrvá rtut i když trubici nahýbáme, až přijde konec b do vodorovné roviny HH , kdež se celá trubice rtuti vyplní. Prostor $m b$ nade rtutí byl tedy prázden. (Torricelliho prázdnota.) Přičinou toho, že sloupec rtuti ve výši se udržuje, jest tlak vzduchu na povrch rtuti v nádobce.

Povytáhneme-li otevřený konec trubice ze rtuti, aby do ní bublina vzduchu vnikla, rtut klesne. Totéž se stane, má-li trubice u b kohoutek a ten se otevře, protože pak vzduch na rtut uvnitř i vně rovnou měrou tlačí.

*^o expando = rozpínám.

Prostrčíme-li trubku Torricelliovu neprodyšně hrďlem zvonu, a čer páme z něho vzduch, rtuf opadává v trubici tou měrou, kterou vzduchu ve zvonu ubývá. (Obr. 35.) Pustíme-li do zvonu vzduch, rtuf vystoupne do výše původní. Z toho patrno:

Jen tlakem vzduchu udržuje se rtuf v trubici Torricelliově.

Tlak vzduchu na 1 cm^2 plochy rovná se váze sloupee rtutového 76 cm vysokého.

Protože 1 cm^3 rtuti $13,6\text{ g}$ váží, jest váha sloupee 76 cm vysokého $13,6\text{ g} \times 76 = 1034\text{ g}$ čili 1 kg a 34 g . Tlak tento služe tlakem atmosféry.*)

Proč stoupá voda v stříkačce ruční, táhne-li se písť do výšky? (Obr. 36.)

Před Torricellim vysvětlovali úkaz ten domněnkou Aristotelovou, že má příroda prázdný prostor v očklivosti (horror vacui). Nedostatečnost tohoto učení poznala se teprv, když voda v dlouhé nové pumpě ve Florencii nevystoupila výše než 18 loket = 10 m , a když Torricelli svým pokusem na pravý výklad uhodil.

36. Tlakoměr. Pozorujeme-li trubici Torricelliovu po několik dnů, shledáváme, že výška sloupee rtutového se mění. Opatříme-li trubici stupničí, můžeme tyto změny měřiti a přístroj takto zařízený služe tlakoměr (barometr**).

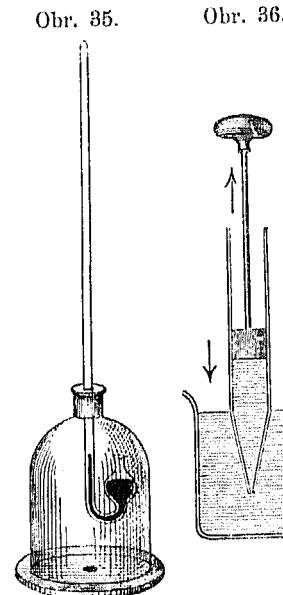
Mají-li udáni tlakoměru býti přesna, jest třeba:

1. Aby prostor nad rtutí byl dokonale prázden, protože by sloupec rtuti byl jinak vždy nižší.
2. Aby rtuf byla čistá. Je-li okysličena, lne přiliš ku stěnám a stojí výše, rovněž jsou-li v ní rozpuštěny lehčí kovy.
3. Aby nebyla trubice příliš úzká. (27., 3.)
4. Aby stupník počínal u povrchu rtuti v nádobce.

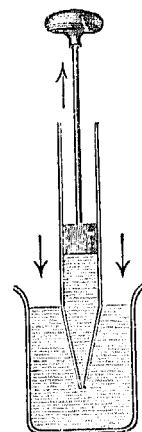
Vedle tlakoměru nádobkového (obr. 34.), jehož se na pozorovacích stanicích užívá, vidláme tlakoměr obecný (obr. 37.) a dvouramenný (obr. 38.).

Tlakoměr obecný má trubici u otevřeného konca zahnutou a v podobě brusky rozšířenou. Trubice je připevněna k prkénku, a nádobka se chrání od prachu u úrazu v uzavřené skřínce. Na prkénku bývá připovněn stupník, u starších strojů v palce, u novějších v cm rozdělený. Při zhotovení stroje dá se počítek stupníku

Obr. 35.



Obr. 36.



*) atmós = pára, sfaira = koule.

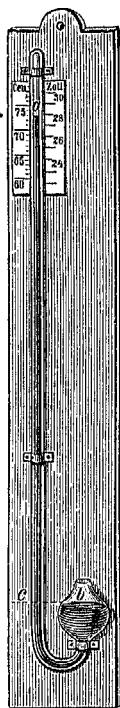
**) barýs = těžký, métron = míra.

ovšem k povrchu rtuti v hrušce *b c*, avšak klesne-li rtuf v zavřeném ramenu, počátek stupníku *c* octne se pod hladinou rtuti v hrušce. Udání tohoto tlakoměru nejsou tedy přesna. Avšak chyba jest tím menší, čím širší jest hruška.

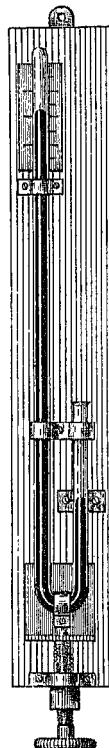
Tlakoměr dvouramenný jest trubice Torricelliova v podobě *U* zahnutá a rtuti naplněná.

Protože zde rtut v otevřeném rameně právě o tolik stoupá o kolik v rameně zavřeném klesá a naopak, jest třeba, aby byla buď trubička posuvná (obr. 38.) aneb stupník. Pak lze před každým pozorováním to neb ono posunouti tak, aby počátek stupníku byl u povrchu rtuti v rameně otevřeném. Přesných udajů docílí se též, dá-li se počátek stupníku k prostředu trubice, a scítou li se při každém pozorování odlehli ti obou vrcholů rtuti od počátku.

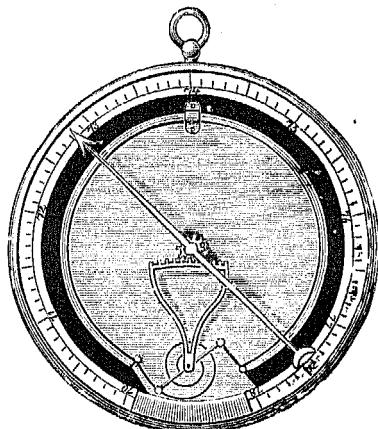
Obr. 37.



Obr. 38.



Obr. 39.



V novější době užívá se též tlakoměrů bez kapaliny, tak zvaných aneroidů^{*)}.

Aneroid Bourdonův (obr. 39.) skládá se z dutého mosazného pásu se vzduchem zředěným. Konce pásu sbližují se tlakem vzduchu, tlačí na pískové ústrojí a posunují ručíčku na stupníku.

37. Užívání tlakoměrů. 1. Teplem, větry a vodními parami mění se stále povětrnost a také sloupec tlakoměrový; proto soudíváme dle viditelných změn tlakoměrových o neviditelných změnách povětrnosti. Teplý a vlhký vzduch jest řidší než studený a suchý, a proto tlakoměr při vlažných a deštivých větích jihozápadních klesá, při chladných a suchých severovýchodních vystupuje. S vysokým sloupcem tlakoměrovým srovnává se obyčejně počasí pěkné, s nízkým deštivé; avšak z udajů

^{*)} anérós = nevlhký.

tlakoměru pouze jediného místa nelze o budoucí povětrnosti spolehlivě souditi; k tomu jest třeba znáti tlak vzduchu dalekého okoli. S určitostí lze jen tolik předpovídati, že za náhlonu změnou sloupce tlakoměrového následuje v záptěti velká změna povětrnosti.

2. Vzduch objímá zeměkouli a tlačí na všecky předměty povrchu jejího jako kapalinu. Pascal soudil, že jako v kapalinách tlaku s hloubkou přibývá, tak i v údolích tlak vzduchu větší býti musí než na horách, a pravdivost jeho domněnky byla nesčetnými pokusy dokázána.

První takovou zkoušku provedl Perier v Clermontu r. 1648., byv k tomu vyzván svým svakem Pascalem. Perier shledal, že na vrcholu hory Puy-de-Dôme (3000' v.) u Clermontu tlakoměr ukazoval 28" 2", kdežto jiný tlakoměr dole po celý den 26" 3 1/2" udával a s tlakoměrem jeho před zkouškou i po zkoušce úplně souhlasil. Pascal soudil z toho pokusu, že lze tlakoměrem určiti výšku místa pozorování nad hladinou mořskou. K tomuto účelu užívá se tlakoměrů podnes.

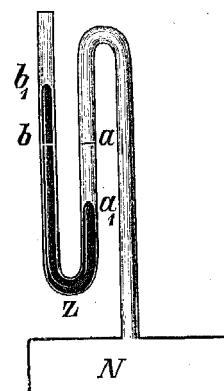
38. Manometr *) jest přístroj k měření napjatí vzdužin v uzavřených nádobách. Pro mírné napjatí užívá se otevřené roury skleněné do u dvakrát zahnuté (obr. 40.), ježiž jeden konec k nádobě se vzdušinou N jest připevněn. Nad záhybem Z jest v obou ramenech rtuf. Je-li napjatí vzdušiny v N rovno tlaku vnějšího vzduchu stojí rtuf v obou ramenech stejně vysoko a b. Zvětší-li se napjatí vzdušiny v nádobě N, rtuf v pravém rameně klesne od a k a', v levém rameně vystoupí od b k b'.

Je-li rozdíl $a'b' = 100 \text{ mm}$ a ukazuje-li tlakoměr 760 mm, jest napjatí vzdušiny v nádobě $760 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 860 \text{ mm}$.

Pro veliké napjatí užívá se manometrů kovových které se podobají aneroidům.

39. Na čem závisí napjatí plynů? Na svislé lati (obr. 41.) jest připevněna ohnutá trubice skleněná, s jedním ramenem dlouhým, nahoře otevřeným A a druhým kratším zavřeným B. Mezi oběma rameny jest míra metrická, ježiž počátek se tak položí, aby kratší rameno mělo určitou délku. Do trubice nalije se tolik rtuti, aby stála v obou ramenech u 0. Tím uzavře se v kratším rameně sloupec vzduchu určitého objemu, jehož napjatí rovno jest tlaku vzduchu vnějšího na př. 76 cm. Lijeme-li rtuf do trubice tak dlouho, až se vzduch v B na polovici svého objemu stlačí, rtuf bude státi v A o 76 cm výše. Uzavřený vzduch snáší při tom tlak vzduchu vnějšího a sloupeček rtufového, tedy tlak dvakrát větší než dříve. Stlačí-li se vzduch v B dalším přileváním rtuti na $\frac{1}{3}$ původního objemu, rtuf postaví se v delším

Obr. 40.



*) manós = řídký.

Obr. 41.

rameně o $2 \times 76\text{ cm}$ výše, a vzduch v *B* jest pak podroben tlaku třikrát většímu. Z toho jest zřejmo :

Při téže teplotě jest napjatí plynu v převáceném poměru s objemem.

Zákon tento objevil popsaným pokusem Angličan Boyle (r. 1661.) a o 15 let později rovněž samostatně Francouz Mariotte, dle něhož obyčejně zákonem Mariottovým se zove.

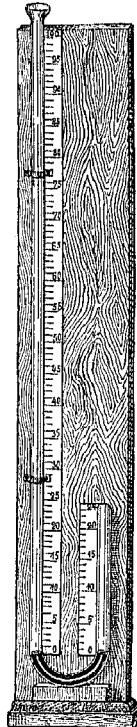
Zvýšením tlaku a snížením teploty lze každý plyn proměnit v kapalinu. Blíží-li se plyn tomuto stavu, pozbývá zákona Mariottova platnosti.

40. Přístroje, při kterých působí tlak vzduchu.

1. Násoska obecná (gemeiner Heber) jest trubice bliže jednoho konce v nádobku rozšířená (obr. 42.). Ponoří-li se konec *b* do kapaliny a ssaje-li se na druhém konci, kapalina vystupuje tlakem vzduchu a naplní nádobku. Zavře-li se konec v ústech prstem, lze kapalinu s násoskou přenášti a nevyteče, leč až se horní konec násosky otevře.

2. Násoska ohnutá (Winfelshéber) (obr. 43.) ponoří se kratším koncem do kapaliny, a na konci delším se ssaje. Trubice naplní se kapalinou, která směrem *A B C* vytéká, pokud jest konec *A* pod hladinou.

Obr. 42.

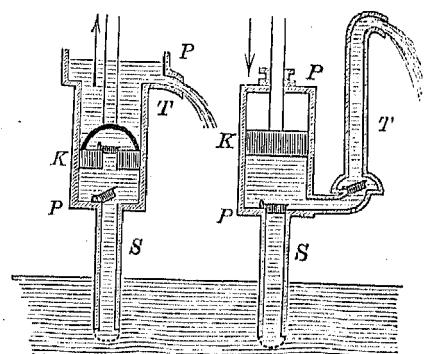
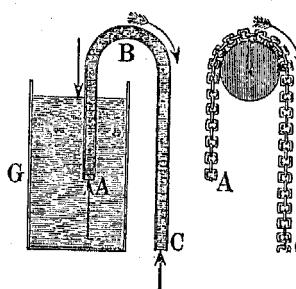


Výjev vysvětuje se takto: Vzduch tlačí na kapalinu v trubici *A B C* na obou koncích v protivných směrech. Tlak s levé strany jest zmenšován sloupečem kapaliny v kratším rameň od záhybu až k hladině, tlak s pravé strany jest

Obr. 43.

Obr. 44.

Obr. 45.



zmenšován sloupečem kapaliny v delším rameně *BC*. Jest tedy tlak vzduchu na pravé straně více zmenšován než na straně levé, a proto má tlak vzduchu na levé straně převahu.

Kapalina pohybuje se zde jako řetěz položený přes kladku, mů-li jeden konec delší než druhý (obr. 44.). Tlak vzduchu u A i C brání jen, aby se kapalina nepřetrhla. Co by se stalo, kdyby se nahnula násoska tak, aby byl konec C s hladinou stejně vysoko, a co by se stalo, kdyby byl výše?

3. Pumpa na zdvíž (Saugpumpe) (obr. 45.) skládá se z trubky ssaci S, z boty P, pohočné trubky T a provrtaného pístu K, který se táhlem nahoru dolů pohybuje. Trouba ssací a píst jsou opatřeny záklopkami, které se pouze nahoru otvírají.

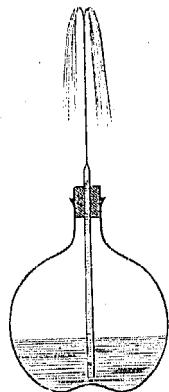
Jde-li píst nahoru, záklopka jeho se zavře, vzduch pod pístem se zředí, a voda vzduchem vnějším tlačena jsouc vystoupí v troubě ssací a vyplní částečně i botu. Jde-li píst dolů, voda zavře záklopku dolní, otevře horní a vnikne nad píst, s kterým se při opětném táhu až k trubce pohočné zdvívá a tudy vytéká. — Může se voda takovou pumpou do jakékoliv výše zdvihnouti?

4. Pumpa na tlak (Druckpumpe) liší se od pumpy na zdvíž plným pístem a tím, že trouba pohočná počíná u dna boty a že jest rovněž opatřena záklopkou, která se otvírá nahoru.

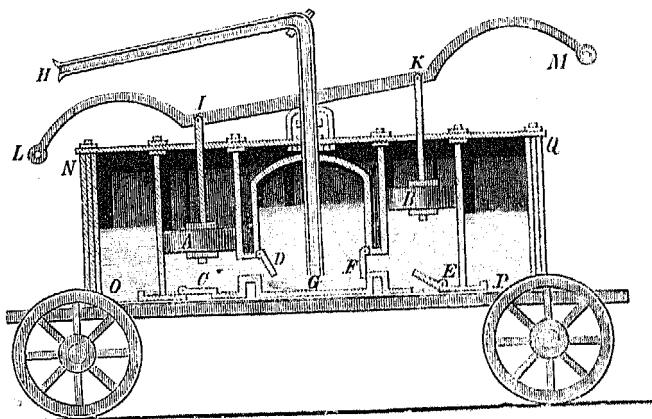
Táhne-li se píst do výše, záklopka trouby ssací se otevře a záklopka v T se zavře. Voda se ssaje. Jde-li píst dolů, vymění záklopy své polohy, a voda se do výše tlačí. Pumpu na tlak vynalezl Ktesibius v Alexandrii v letech 150.—120. před Kr. Pumpy na zdvíž a stříkačky ruční byly známý již za dob Aristotelových 384.—322. před Kr. a byly asi podnětem k pověstné domněnce o ošklivosti přírody z prázdného prostoru.

5. Heronova báň (Heronball) jest láhev dopola vodou naplněná, jejíž hrďlem prostrčena jest neprodryšně trubička nahoře súžená a dole až ke dnu sahající (obr. 46.).

Obr. 46.



Obr. 47.



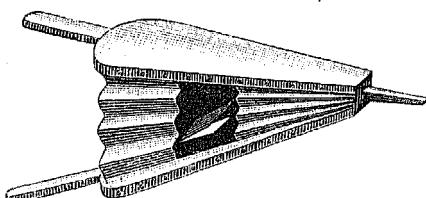
Zvětší-li se napjetí vzduchu v báni tím, že se do ní vzduchu nafouká, voda stříká rozdílem tlaku vnitřního a vnějšího do výše. — Stroj tento vynalezl Hero z Alexandrie, žák Ktesibiův, okolo r. 120. před Kr.

6. Stříkačka vozní (Feuerpumpe) (obr. 47.) skládá se ze dvou pump na tlak, které vodu střídavě do větrního kotle (Heronovy báň)

tlačí, a tím napjetí vzduchu uvnitř zvětšuje, tak že voda souvislým proudem vysoko stříká.

7. Měch jednoduchý (einfacher Blasbalg) skládá se ze dvou desk řasnatou koží spojených. Na jednom konci jsou desky opatřeny držadly, na konci druhém sbíhají se v trubku. Jedna deska má otvor se záklopkou, která se otvírá do vnitř (obr. 48.).

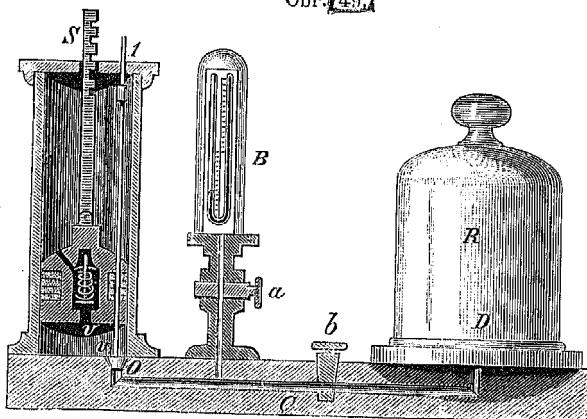
Obr. 48.



v jeden — složený. První měch čerpá vzduch a tlačí jej do druhého, z něhož pak trubkou vychází.

41. Vývěva (Luftpumpe) jest stroj, kterým se vzduch v nádobách uzavřených zřeďuje. Vývěva záklopková (obr. 49.) skládá se ze dvou pump na zdvíž; jejichž písty ozubenými tyčemi *S* a ozubeným kolem střídalově nahoru dolů se pohybují. Každá záklopka *v'* u trubky ssaci má podobu kuželovitého čípku, opatřeného ocelovým bidélkem, které pístem těsně prochází a s ním jen potud se pohybuje, pokud buď oporou na víčko boty nenarazí aneb čípkem otvoru *O* neupče. Trubka ssaci jest dvakrát zahnuta a má na konci broušený talíř *D*, na který se skleněný zvon *R* staví, má-li se z něho vzduch vyčerpati. Aby se mohlo posouditi, jak se vzduch ve zvonu zředil, jest s trubkou ssaci spojen skleněný poklop *B* se skráceným tlakoměrem, který se zkouškou tlakoměrovou nazývá. Čerpá-li se vzduch, rtuf klesá v rameně zavřeném a stoupá v rameně otevřeném.

Obr. 49.



(Srov. 35.) Kdyby se mohl všecken vzduch vyssati, stála by rtuf v obou ramenech stejně vysoko. Kohoutkem *a* uzavírá se zkouška tlakoměrová, kohoutkem *b* pouští se vzduch do zvonu.

Tlačí-li se píst dolů, čípek ucpe otvor O , vzduch mezi dnem boty a pistem se zhlubí, zdvihne zákllopku v spruhou ke dnu pístu přitlačenou a uniká pohořným průduchem. Táhne-li se píst nahoru, zákllopka v tlakem vnějšího vzduchu se zavře čípek v' se zdvihne, a vzduch ze zvonu R roztažne se též po botě, čímž se zředí. Patrnou tedy, že každým zdvižením pístu část vzduchu ze zvonu do boty přejde a každým stlačením pístu z boty se vypudí.

Tak zředuje se vzduch ve zvonu čím dál tím více. Avšak všecken vzduch vyčerpati nelze dílem proto, že nejsou všecky zákllopky neprodyšné, dílem pro tak zvaný škodlivý prostor mezi zákllopkou v a dnem pístu, z něhož se vzduch nikdy nevytlačí.

Vývěvu vynalezl Otto z Guericke v Saském Děvině r. 1650. Chtěje docílití prázdného prostoru a nevěda ničeho o výzkumech Torricelliových naplnil vědro vodou a zatkl do něho místo pípy pumpu na zdvíž. Vědro vyprázdniti se mu nepodařilo, za to však slyšel syčení a šumění, jako když se voda vaří. Co to asi bylo? Poznav příčinu nezdařeného pokusu, připevnil pumpu k duté měděné kouli, opatřené kohoutkem a čerpal z ní vzduch přímo s nejlepším úspěchem.

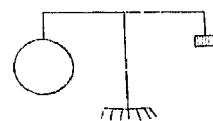
42. Pokusy vývěvou konané. 1. Zvon, v němž se vzduch zředuje, přiléhá pevně k talíři. 2. Užije-li se místo zvonu válce povázaného měchýřem, praskne měchýř (nahráli-li se před pokusem) po několika tazích. 3. Je-li k válci přitmelen dřevěný pohár, který se naplní rtutí, protéká tato dírkami ve dřevě drobným deštěm. 4. Kulové skrojky podstavami k sobě přiléhající lze jen velikým násilím roztrhnouti, když se z nich vzduch vyčerpá. Děvinské polokoule, s nimiž Guericke před císařem Ferdinandem III. na říšském sněmu v Řezně zkoušky konal, měly přes pál lokte v průměru a 16 koní nemohlo je roztrhnouti. 5. Heronova baňka stříká, dá-li se pod zvon, z něhož vzduch se vyčerpá. 6. Krapet piva napěni pod zvonem vývěvy plnou číši. 7. Z vejce a dřeva do vody ponořeného vystupují bublinky vzduchu. 8. Peříčko a brok padají v zavřené skleněné rouře, z které se vzduch vyčerpá, stejně rychle. 9. Zavěsimy-li na jedno rameno citlivých vážek dutou skleněnou kouli a vyvážime ji malým kovovým závažím na rameně druhém (obr. 50.), skleněná koule klesá pod zvonem vývěvy, když se vzduch zředuje. Z toho soudíme, že i ve vzduchu každé těleso nadnášeno jest silou, která se rovná váze vzduchu tělesem vytlačeného.

Nadnáškou těles ve vzduchu vysvětluje se stoupání balonů vodíkem, svitiplynem aneb vyhřátým vzduchem naplněných. Balon vynalezl francouzský papírník Montgolfier r. 1783.

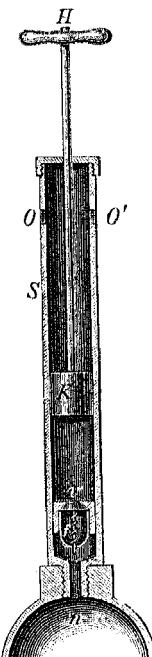
43. Hustilka (Verdichtungsluftpumpe) skládá se z kovového válce S , v kterém se píst K neprodyšně nahoru dolů pohybuje (obr. 51.). Na dně válce jest zákllopka v v spruhou f k otvoru tlačená, nahoře jsou pobočné průduchy $O O'$.

Stroj přisroubuje se k nádobě n , v které vzduch zhustiti se má. Vytáhne-li se píst nad otvor O , vzduch vnikne do válce;

Obr. 50.



Obr. 51.



tlačí-li se píst dolů, vzduch se zhusťí, otevře záklopku v a vnikne do nádoby n. Patrno, že každým stlačením pístu tolik vzduchu do nádoby přibude, kolik se ho do hustilky vejde. — Hustilky užívá se při výrobě vody uhličité, k zhušťování vzduchu v pažbě větrnice, k čerpání vzduchu do zvonů potápěcích, do pneumatiky u bicyklu a j. v.

VII. O teple.

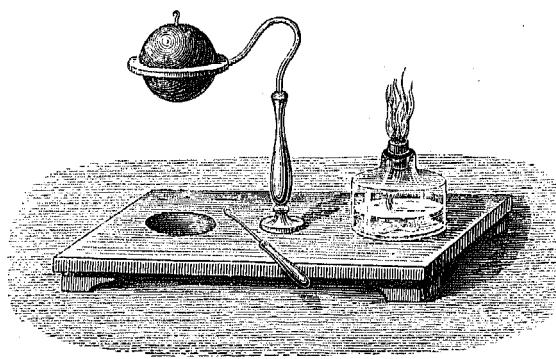
44. Stav tepelný. 1. Tělesa kolem nás budí v těle našem pocit tepla neb chladu. Podle jakosti a sily tohoto pocitu zoveme tělesa studenými, chladnými, vlažnými, teplými neb horkými.

Tělesa horká a studená mají kromě toho ještě jiné účinky. Na horké plotně vosk v kelímku taje; ukápne-li na ni voda, syčí a promění se v páry, žhavá plotna po tmě svítí, dřevo na ní spralme neb se vzejmě; krůpěj vody na studené desce kovové stuhne a t. d.

Stav, v kterém tělesa jmenované účinky jeví, nazýváme stavem tepelným, příčinu tohoto stavu teplem.

2. Ponoříme-li pravou ruku do vody horké, levou do studené a po několika vteřinách obě ruce do vody vlažné, tato jest levé ruce teplou, pravé studenou. Jedno a totéž těleso budi zde pocit teplý i studený současně; z toho jde na jevo, že úsudek o stavu tepelném dle pouhého pocitu jest nespolehlivý a tudíž jest nám jiné spolehlivější známky stavu tepelného vyhledati.

Obr. 52.



Obr. 53.



45. Změna objemu teplem. 1. Prochází-li mosazná kulička za studena přesně kruhem kovovým, uvázne v něm, když se zahřeje a nepropadne dříve, pokud nevychladne. (Obr. 52.)

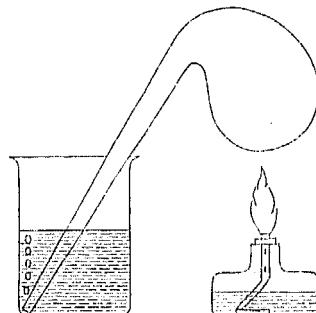
2. Naplňme baňku až po kraj vodou zbarvenou a zatkněme ji provrtaným korkem, jímž skleněná trubka prochází. (Obr. 53.)

Zahříváme-li baňku, kapalina v trubce vystupuje nabývajíc většího objemu, až konečně přetéká.

3. Zahřívá-li se v křivuli vzduch (obr. 54.) uniká ho část trubicí do vody ponořenou v podobě bublin.

Zahříváním objem těles
se zvětšuje.

Obr. 54.



46. Sdílení tepla. Ponořime-li zahřátý oblázek do nádobky s vodou, kámen se ochladí, voda se ohřeje a tepelné stavby obou těles brzy se vyrovnají. Úkaz, že tělesa dotykat své tepelné stavby vyrovnávají služí sdílením tepla.

47. Teploměr. Na základě této zkušenosti, můžeme z objemu jednoho tělesa soudit o tepelném stavu tělesa jiného, bylo-li s ním dost dlouho ve styku. Přístroje k tomu účelu zhotovené slouží teploměry (thermometry).*) Nejobyčejnější jest teploměr rtufovy.

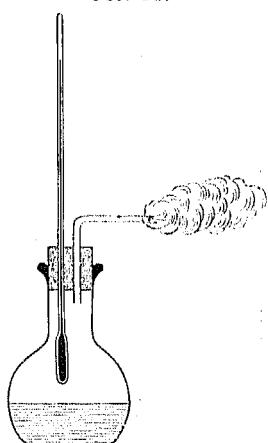
Teploměr rtufovy skládá se ze skleněné trubičky, která má po celé délce týž světlý průměr a jest na jednom konci kulovitě neb válcovitě zakončena. Kulička a částečka trubičky jsou naplněny rtutí.

Kulička se zahřeje a otevřený konec trubičky ponoří se do čisté rtuti. Kulička chladne a plní se rtutí, kterou do trubičky vnější vzduch tlačí. Je-li kulička a částečka trubice plna, otevřený konec vytáhne se v jemný vlásek; rtuť se ještě jednou zahřeje, až celou trubici vyplní a vzduch z ní vypudí, a pak se vlásek zataví. Když přístroj vychladne, a rtuť se stáhne, prostor nad ní zůstane vzduchoprázdný, a rtuť se může volně roztahovat. Takto připravený teploměr necháme po delší dobu viset, aby sklo nabyla opět původního objemu, jehož několikerým zahříváním pozbylo; pak zhotoví se stupnice.

Postavíme-li nádobku do tajícího ledu, rtuť v trubičce klesne vždy k určitému místu, jež budem mrazu jmenujeme. Bod, u kterého se konec sloupce rtufového po každé ustálí, dá-li se nádobka do par vroucí vody (obr. 55.), slouje budem varu. Oba body nazýváme body základními a dělíme odlehlosť jejich podle Celsia ve 100 rovných dílů čili stupňů, při čemž bod mrazu 0, bod varu 100 se poznačí. V dělení může se pokračovat nad bodem varu i pod bodem mrazu, pokud trubice stačí.

Počítají-li se stupně (°) od bodu mrazu nahoru, pokládají se za kladné (+), počítají-li se dolů, za záporné (-).

Obr. 55.



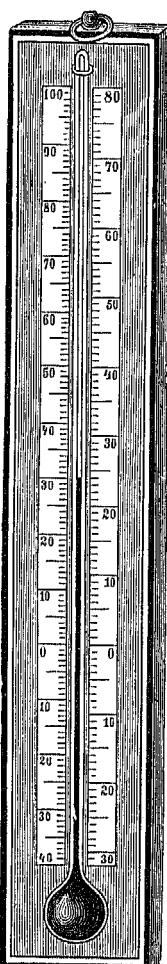
*) thermón = teplo, métron = míra.

Počet stupňů, které teploměr ve styku s některým tělesem ukazuje, sluje teplotou či temperaturou*) tohoto tělesa.

Reaumur rozdělil odlehlosť základních bodů na 80° , Fahrenheit na 180° ; avšak tento připsal 0° o 32° pod bod mrazu, a proto má bod varu na jeho teploměru 212° .

Obr. 56. představuje teploměr se stupnicí Celsiovou a Reaumurovou.

Obr. 56.



Chceme-li teplotu dle jedné stupnice proměnit v teplotu dle stupnice jiné, uvažme že:

$$80^{\circ} \text{ R.} = 100^{\circ} \text{ C.} = 180^{\circ} \text{ F. a proto}$$

$$1^{\circ} \text{ R.} = \frac{5}{4}^{\circ} \text{ C.} = \frac{9}{4}^{\circ} \text{ F.}$$

$$1^{\circ} \text{ C.} = \frac{4}{5}^{\circ} \text{ R.} = \frac{9}{5}^{\circ} \text{ F.}$$

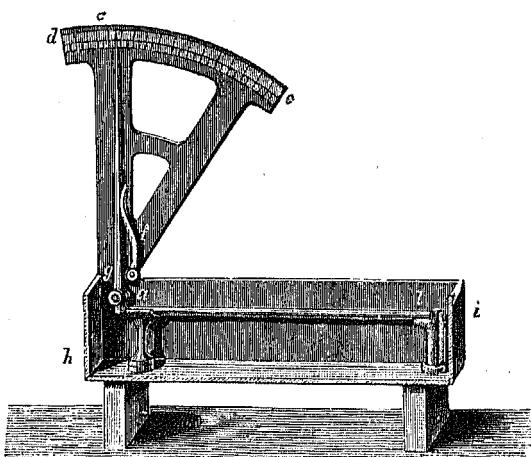
$$1^{\circ} \text{ F.} = \frac{4}{9}^{\circ} \text{ R.} = \frac{5}{9}^{\circ} \text{ C.}$$

Nesmíme však zapomenouti připoříti 32° , když proměníme stupně Reaumurovy neb Celsiovoy ve Fahrenheitovy a zase odečísti napřed 32° , chceme-li teplotu dle Fahrenheitita převést na teplotu dle Reaumura neb Celsia. Protože rtuť asi při -40° mrzne užívá se k určování nižších teplot teploměru naplněného líhem, který tuhne teprve při -130° C.

Teploměr vynalezl Galilei (1592), užil však za látku teploměrnou vzduch; rtuť plnil jej první Fahrenheit v Gdansku 1715.

48. Roztahování těles tuhých. Tělesa tuhá roztahuji se zahřátím jen málo a proto užívá se zvláštních přístrojů, by toto roztažení patrným se učinilo.

Obr. 57.



Do nádobky olejem naplněné h i (obr. 57.) položí se na sloupky kovová tyč, jejíž jeden konec o pevný zub l a druhý o konec a ručičky

*) temperatura = pravá míra.

na stupník ukazující se opírá. Do oleje ponořen jest teploměr. Ohřívá-li se nádobka dolem, tyč roztahuje se, tlačí na ručičku a ta postupuje od stupně k stupni. Z počtu stupňů určí se pak prodloužení tyče. Takovými pokusy shledalo se:

1. Většina těles tuhých, zvláště však kovy, roztahuje se od bodu mrazu až k bodu varu rovnoměrně, to jest prodloužení přibývá tou měrou jako teploty.

2. Prodloužení tyče jest při téže teplotě tím větší, čím delší jest tyč.

3. Stejně dlouhé tyče, však z rozličných látEK, neroztahuji se při téže teplotě o rovnou část.

Zinek roztahuje se více než měď, tato více než železo.

Zahříváme-li tyčinku spojenou z proužku měděného a železného, ohýbá se tak, že měď jest na straně vnější. Je-li jeden konec její upevněn a druhý opatřen ručičkou ukazující na stupník, může se z pohybu ručičky soudit o teplotě tyčinky. Teploměr kovový.

K roztahování těles tuhých při zahřátí jest třeba často přihlížeti. Chceme-li vyndati utkvělou zátku skleněnou, zahřejeme nad plamenem hrdálko láhvíčky. Dvírka do kamen, želízka do žehliček nesmějí zapadati těsně; konce železničních kolejnic nesmějí se dotýkat, aby se mohly v létě roztahovati; kotly nesmějí se těsně zazdívati; ráfy na kola, obruče na sudy dávají se horké a přibíjejí se studenými hřebíky.

Objem některých těles zahřátím se zmenšuje. Led na př. roztaje, když se zahřívá; avšak voda z něho má menší objem; neb 11 cm^3 ledu dává jen 10 cm^3 vody. Nádoby se trhají, když v nich voda zmrzne. Trhání skal času zimního.

Nabude-li těleso většího objemu, hustota jeho se zmenší a měrná váha se zlehčí.

Proto plave led na vodě, železo tuhé na železe tekutém.

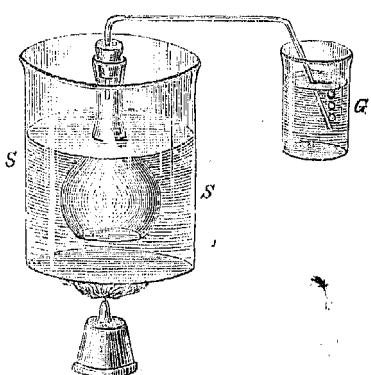
49. Roztahování kapalin. Poznali jsme, že se kapaliny zahříváním roztahují. Poněvadž jest každá kapalina v nádobě (obr. 53.), která se teplem také roztahuje, jeví se nám změny objemu kapaliny menšími než skutečně jsou. Z té příčiny jest zpytování zákonů roztaživosti kapalin nesnadné.

Přesnými zkouškami poznalo se, že kapaliny vyjma rtuť neroztahuji se od bodu mrazu až k bodu varu s teplotou rovnoměrně.

Voda od bodu mrazu až ke 4° C. se stahuje, odtud počínajíc opět se roztahuje a při teplotě asi 9° stupňů má týž objem jako při bodu mrazu. Při 4° C. voda má nejmenší objem a proto i největší hustotu.

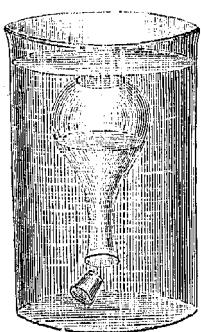
Nyní nahlédneme, proč se běže hustota vody při 4° C. za jednotku a proč 1 cm^3 vody právě 4° C. teplé platí za jednotku váhy. Proč nehodí se voda k naplnování teploměru?

Obr. 58.



Otevřeli se láhvička, čtvrtina objemu jejího naplní se vodou (obr. V ostatních třech dílech objemu jest vzduch, který by baňku vyplnil, kdyby se voda přivedla do varu.

Obr. 59.



Objem vzduchu zvětšuje se od bmrazu až k bodu varu o třetinu původního objemu.

Francouzský silozpytec Gay Lussac (1 seznal přesnými zkouškami:

1. Vzdušiny roztahuje se zahřívá ze všech hmot nejvíce.

2. Roztažení jest vždy v přímém měru s teplotou.

3. Všecky plyny roztahuje se od bmrazu až k bodu varu o rovnou část, t o $\frac{1}{3}$ (přesněji o $100\%_{273}$) původního objemu.

Důsledek: Zahřeje-li se vzduch v nádobě pevně uzavřené od mrazu až k bodu varu, má o $\frac{1}{3}$ menší objem, než by měl, kdyby mohl volně roztahovat, a proto musí dle zákona Mariottova na jeho o $\frac{1}{3}$ se zvětšit.

Při též objemu přibývá plynům napjetí poměri teplotou a celkem od bodu mrazu až k bodu varu napjetí původního. (Gay Lussac r. 1802.)

51. Teploved těles tuhých. 1. Držíme-li jeden konec čelezného asi 10 cm dloubého v plameni, zahřeje se tak, že v prstech páli; dáme-li jej do směsi ledu a soli kuchyňské, pocítíme druhém konci brzy chlad.

Výjev, že zahřátí i ochlazení od jednoho konce tělesa k druh se šíří, nazýváme **teplodem** (Wärmeleitung).

50. Roztahoucí plyny. chom seznali, kterak se zahřátý vzroztahuje, určeme objem baňky (1 vyznačme na ní čtvrtiny objemu. zatkněme ji korkem, jímž trubka dv ohnutá jest provlečena. Ponoří baňku do nádobky S s vařící vodou a vedeme-li konec trubky do vody v části vzduchu uniká bublinami. (Obr.

Když pak bubliny vystupují přestanou, zatkněme baňku do korkem, vyndejme ji z vody a ponořme obráceně do vody le-

Opakujeme-li týž pokus s trubičkou skleněnou téže délky, nepočítme na druhém konci změny v teplotě.

Tělesa, která se rychle zahřejí i ochladi, zoveme dobrými, která se pomalu zahřívají i ochlazují špatnými teplovodiči (Wärmeleiter).

2. Pod tyč, jejíž jedna půlka jest železná, druhá měděná, přilepme oskem v rovných vzdálenostech řadu dřevěných kuliček a zahřívejme ozbraní. (Obr. 60.) Spatříme, že kulička za kuličkou po obou stranách ampy odpadne, jakmile se vosk její ozhřeje. Však na půlee měděné děje se to rychleji. Z toho poznáváme, že měd jest lepší teplovodič než železo.

Nejlepšími teplovodiči jsou: Stříbro, měd, zlato, cín, železo, olovo, platina. V této řadě jest každý předcházející kov lepším teplovodičem než následující.

Špatnými teplovodiči jsou: Vlasy, chlupy, vlna, hedvábí, sláma, seno, dřevo, papír, sklo, led, sníh, uhlí, popel a j.

Rozdíl mezi dobrými a špatnými teplovodiči jest příčinou, že se klameme posuzujíce hmatem teplotu těles. Sáhneme-li na předmět kovový a dřevěný, které na teploměru touž teplotu ukazují, zdán se nám, že jest kov studenějším než dřevo, je-li teplota obou nižší než teplota ruky, za to však teplejším, je-li vyšší. Příčinou toho klamu jest, že kov jsa dobrým teplovodičem ochlazuje i ohřívá ruku rychleji než dřevo.

Dobrých teplovodičů užívá se k rychlému zahřátí neb ochlazení těles. Nádoby k vaření jsou kovové; skleněných lze užiti k tomu jen tehdy, mají-li stěny tenké. Skleněná nádoba s tlustými stěnami roztahne se náhlým zahřátím jen na jedné straně a praskne. Totéž se stane, postaví-li se horká na studenou, kovovou desku.

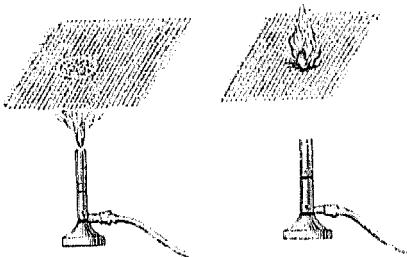
Protéká-li hořící plyn drátěnou síti, ochladí se tak, že nad sítí již hořeti nemůže. Zapálí-li se plyn teprv nad sítí, plamen pod sítí nepronikne (obr. 61.). Davy uzavřel kahanec drátěnou síťkou a nabyl tak ochranného kahanu, s kterým se může bezpečně vcházet do prostorů třasavými plyny naplněných. Plyn se vzejmé jen uvnitř síťky, a výbuch nenastane, pokud síťka nežhaví.

Špatných vodičů užívá se, by se zabránilo rychlému ochlazení neb zahřátí těles. V zimě nosíme kožichy a šaty vlněné; kamenné podlahy pokrývají se prkny, dřevěné vlněnými kobereci; stromy, ouly, studně, trámeny ovazují se slamou. K nástrojům a nádobám kovovým, které se v ohni zahřívají, dávají se držadla dřevěná; lednice obkládají se dřtinami a kryjí se prkny neb slamou.

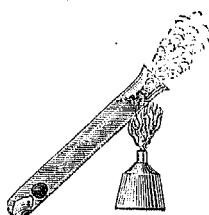
Obr. 60.



Obr. 61.



Obr. 62.



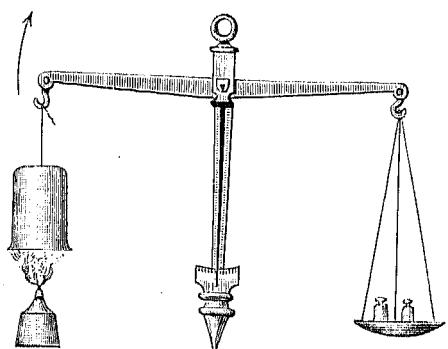
Obr. 63.



Obr. 64.



Obr. 65



52. Ohřívání i chladnutí kapalin a vzdušin.

1. Zahříváme-li zkumavku s vodou horem (obr. 62.), počne tam voda vřítit; však dole zůstane studenou. Kousek ledu na dně zkumavky kuličkou přidržený neroztaje. Ale zahříváme-li zkumavku dolem (obr. 63.), všecka voda vaří se brzy klokotem.

Kapaliny jsou kromě rtuti špatnými teplovodiči, zahřívají-li se horem; avšak chovají se jako vodiči dobrí, zahřívají-li se dolem.

Abychom příčinu tohoto posledního výjevu poznali, napříme skleněnou baňku vodou, do které se přidalo kousíček pijavého papíru v mísce kapkou vody utřeného (obr. 64.).

Zahříváme-li baňku dolem, pozorujeme, že voda na dně ohřátá a tudiž řídší prostředkem vzhlíru vystupuje, ana studenější, hustší po stěnách dolů klesá. Kapalina neohřívá se tedy teplovodem, nýbrž prouděním.

Proudění nastane rovněž, ochlazuje-li se kapalina horem. Proč?

Voda v rybnících na podzim rychle chladne. Horní vzdudem ochlazené a tudiž hustší vrstvy padají dolů a jiné teplejší, řídší přicházejí na jejich místo, až se všecka voda na 4° C. ochladi, kde jest nejhustší (49.). Ochlazuje-li se voda dále, řídne a zůstává na povrchu až zmrzne. Led jako špatný teplovodič zabraňuje pak dalšímu ochlazování dolejších vrstev; v hlubině voda má teplotu 4° C. a živočichové mohou v ní obstatí.

2. Vzdušiny jsou rovněž špatnými teplovodiči. Však zahřívají-li se zdola, nastane jako u kapalin proudění teplejších vrstev vzhlíru a studenějších dolů.

Že teplejší vzduch nahoru vystupuje, přesvědčíme se snadno: Zavěsimy-li na místo jedné mísky vah skleněnou kadinku, otvorem dolů obrácenou, nabude hned druhá strana převahy, dáme-li pod kadinku hořící lampičku líhou (obr. 65.). (Balon bratří Montgolfierův 1783.)

— Papírový hádek neb lehký větrníček kolem svísné osy snadno pohyblivý roztočí se nad zahřátými kamny vystupujícím proudem vzdudu. — V zimě jest ve světnici u stropu nápadně teplo, u podlahy chlad.

Vzduch sluncem zahřátý vystupuje vzhlíru, se strany pak přitéká vzdudem studený. Takové proudění vzdudu nazýváme větrem.

V krajinách rovníkových teplý proud vzdudu vystupuje od horké

pády vzhůru a teče k polůmu, od nichž studený vzduch k rovníku dolem se proudí. Tim vznikají větry passatní. Větry pobřežní. Vítr při požáru.

53. Sálání tepla. 1. Obrátíme-li tvář k vytopeným kamnům, citime značné horko, které okamžitě zmizí, postavíme-li před kamna stínidlo. Horko nepochází tedy od vzduchu, který se tváře naši dotýká, nýbrž přímo od kamen.

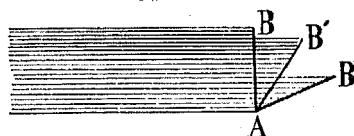
Zahřívá-li se těleso od jiného tak, že prostor mezi nimi teploty své patrně nezmění, nazýváme úkaz sáláním tepla. (Wärmestrahlung.)

Rozdělá-li se v kamenech oheň, rozmrzají okna dříve, než se vzduch prohlaje. Slunce zahřívá zemi, ač vzduch ve vyšších konciích chladným zůstává. Za jasných nocí sálá země své teplo do všeomíra a chladne. Chřest pokrývá se na noc hrnei, aby nezhynul. Oblaky chrání zemi před ochlazením jako záclony světnici.

2. Vniká-li světlo sluneční malým otovrem do zatemněné světnice, jest na osvětleném prachu viděti, že postupuje ve směru přímém. Dáme-li do tohoto směru kuličku teploměru natřeného sazem, sloupec rtufový stoupá, na místech mimo tento směr ležících výška sloupee se nemění. Sálané teplo šíří se v přímých směrech, které paprsky nazýváme.

3. Zachytíme-li svazek slunečních paprsků deskou plechovou, zahřeje se nejvíce v poloze $A\dot{B}$, méně v poloze $A\dot{B}'$ a nejméně v poloze $A\dot{B}''$.
(Obr. 66.)

Obr. 66.



Paprsky tepla zahřívají těleso tím méně, čím šikměji na jeho povrch dopadají.

Na šikmých střechách k jihu obrácených taje sníh rychleji než na rovinách. V severních Čechách daří se víno a ovoce lépe než v jižních.

4. Natřeme kuličku jednoho ze dvou souhlasných teploměrů sazem a obalme kuličku druhého tenkým staniolem. Rtuf v teploměru prvém na slunci rychleji stoupá, a v stínu rychleji klesá, než v teploměru druhém.

Různá tělesa nepřijímají paprsků teplých rovnou měrou. Tělesa, která více sálaného tepla přijímají, vyzářují ho při téže teplotě také více.

Nejméně tepla přijímají kovy, více tělesa ústrojná a nejvíce saze. Množství tepla přijatého či pohlceného závisí též na povrchu těles. Tělesa s povrchem kyprým, měkkým a tmavým vyzařují a přijímají více tepla, než tělesa hladká, tvrdá a světlá.

Sálá-li těleso více tepla než ho přijímá, teplota jeho klesá, přijímá-li více tepla, než ho do okolí sálá, teplota jeho stoupá, a sálá-li ho právě tolik, kolik ho přijímá, teplota jeho se nemění.

54. Počasy. 1. Průměrná teplota na kterémkoli místě země na jaře, v létě, na podzim a v zimě závisí hlavně: a) na směru, v kterém sluneční paprsky v té době tam dopadají, b) na délce dne.

Čím příkřejí sluneční paprsky na některé místo dopadají a čím delší jest tam den, tím více a tím déle je zahřívají a tím vyšší jest tam průměrná teplota.

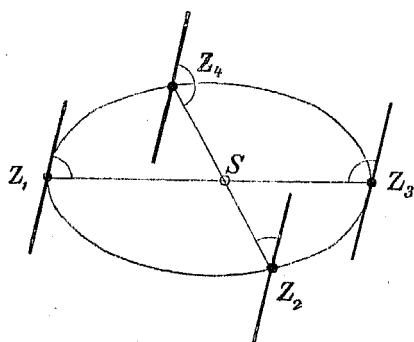
2. Že sluneční paprsky na jedno a totéž místo v různých dobách ročních v rozličných směrech dopadají, toho přičinou jest šikma poloha osy zemské k rovině její dráhy (ekliptiky).

Osa zemská strmí na rovníku kolmo, avšak s ekliptikou svírá úhel $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Proto jest odchylka ekliptiky od rovníku $23\frac{1}{2}^{\circ}$.

Na obraze 67. znamenec $Z_1 Z_2 Z_3 Z_4$ zemi na dráze kolem slunce S na počátku léta, podzimu, zimy a jara. Osa země má všude tyž

směr a k rovině ekliptiky tyž sklon, avšak paprsky sluneční dopadají na ni v úhlu pokaždé jiném.

Obr. 67.



V třetí čtvrti dráhy zemské úhlu paprsků s osou zemskou ubývá, až v poloze Z_4 paprsky opět na osu kolmo a rovnoběžně s rovníkem dopadají. Při dalším postupu paprsky sluneční dopadají na osu šikměji a úhel jejich s osou klesne v Z_1 opět na $66\frac{1}{2}^{\circ}$.

V Z_1 vidíme tedy slunce $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nad rovníkem, v Z_3 právě tak hluboko pod rovníkem, v Z_2 a v Z_4 vidíme je v rovníku.

3. S výškou slunce mění se délka dne. Obr. 68. představuje zeměkouli počátkem jara a podzimu. Slunce jest v rovníku a poněvadž paprsky jeho na osu PP' kolmo dopadají, osa leží v rovině kruhu, který osvícenou polokouli od polokoule zastíněné dělí. Na všech místech severní i jižní polokoule jest současně den, a protože se země otáčí, zůstává každé místo právě tak dlouho ve světle jako ve stínu. Den a noc jsou po celé zemi sobě rovny.

V poloze Z_1 dopadají na ni v úhlu nejmenším $66\frac{1}{2}^{\circ}$, a rovník sklání se o $23\frac{1}{2}^{\circ}$ na jih. Postupuje-li odtud země do Z_2 , přibývá úhlu stále, v Z_2 paprsky dopadají na osu kolmo a rovnoběžně s rovníkem.

V druhé čtvrti dráhy úhel paprsků s osou jest již tupý a dosahuje v Z_3 největší hodnoty $113\frac{1}{2}^{\circ}$; rovník odchyluje se o $23\frac{1}{2}^{\circ}$ na sever.

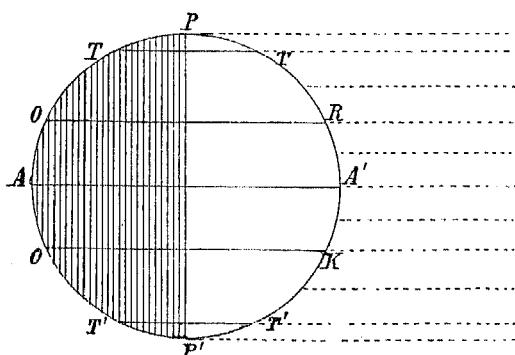
Přibývá-li výšky slunce, přibývá dne a ubývá noci. Obr. 69. znázorňuje výjev počátkem léta. Slunce jest $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nad rovníkem. Osa zemská PP' tvoří s paprsky slunečními úhel $66\frac{1}{2}^{\circ}$, severní část její leží v osvětlené, jižní v zastíněné polokouli. Jen na rovníku jest den tak dlouhý jako noc, čím dálé k severu, tím jest den delší, noc kratší, na jižní polokouli jest tomu naopak. Severní kruh točový TT' od polu o $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vzdálený leží celý v části osvětlené, pročež obyvatelům severního pásu studeného onoho dne slunce ani nezapadne. Den trvá tam 24 hodiny. V týž den v jižním pásu studeném slunce se ani neobjeví noc trvá tedy 24 hodiny.

Obr. 70. znázorňuje polohu země dne 21. prosince, kdy slunce vidíme $23\frac{1}{2}^{\circ}$ pod rovníkem. Osa zemská svírá s paprsky slunečními úhel $113\frac{1}{2}^{\circ}$, severní část její leží v zastíněné, jižní v osvětlené polokouli. Vyrozumíme snadno, že vše, co v létě o severní polokouli platilo, platí nyní o polokouli jižní a naopak.

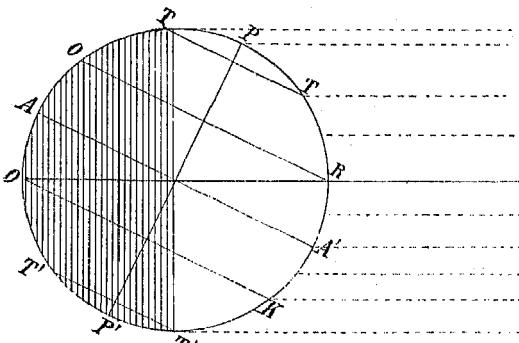
55. Množství tepla.

Jednotka tepla: Smícháme-li 1 kg vody 60° C. s 1 kg vody 30° C. teplé, bude teplota směsi 45° C. Kilogrammu vody teplejší ubylo tedy 15° , kdežto kilogrammu vody studenější 15° přibylo.

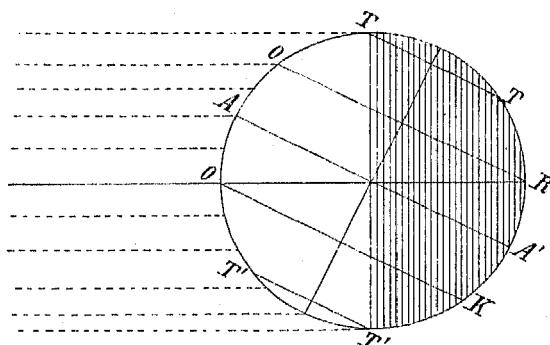
Obr. 68.



Obr. 69



Obr. 70.



Smícháme-li 2 kg vody 20° C. teplé s 3 kg vody 70° C. teplé, nabudeme směsi 50° C. teplé. Zřejmo tedy, že 2 kg vody chladnější 30° nabily, kdežto 3 kg vody teplejší 20° pozbyly.

$$2 \times 30 = 3 \times 20.$$

Násobíme-li každou váhu vody příslušnou změnou teploty, jsou oba součiny sobě rovny.

Součin z počtu kilogrammů vody a počtu stupňů, o které teplota její stoupne neb klesne, nazýváme množstvím tepla. Za jednotku tepla pokládáme tudíž ono množství tepla, kterým se 1 kg vody o 1° C. ohřeje. Jednotka tepla služe jinak kalorie.*)

Ohřejí-li se 2 kg vody o 30° C. , díme, že nabily 60 kalorií, ochladí-li se 3 kg vody o 20° C. , ztratí 60 kalorií.

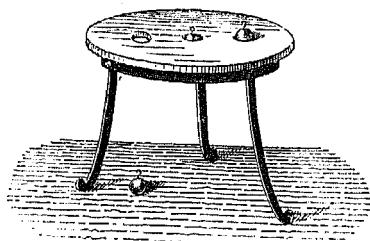
Mícháním nabývá tedy jedno těleso právě tolik tepla, kolik ho druhé ztratí.

Množství tepla, kterým se ohřeje 1 g vody o 1° C. jest jen tisícina kalorie, a zove se malou kalorií.

56. Měrné teplo. Smíchejme rychle 1 kg vody 31° teplé s 1 kg železných pilin 20° C. teplých. Směs má teplotu 30° C. Onen kilogramm vody ochladil se o 1° C. a pozbyl tedy jedné jednotky tepla, kterou se kilogramm železa ohřál o 10° C. Kilogramm železa má tudíž k ohřátí o 1° C. jen $\frac{1}{10}$ jednotky tepla potřebí.

Množství tepla potřebného k ohřátí jednoho kilogrammu některé hmoty o 1° C. nazýváme měrným či specifickým teplem (spezifische Wärme) této hmoty.

Obr. 71.



2. Ohřejeme-li tři kuličky též váhy, železnou, cínovou a olověnou v oleji 150° C. teplém a položíme je pak na desku paraffinovou asi 3 mm tlustou, uvidíme, že kulička železná roztaví paraffin brzy propadne; hluboko zaborí se kulička cínová, nejméně pak kulička olověná (obr. 71.). Kulička železná měla tedy při též teplotě větší množství tepla než cínová a tato větší než olověná.

Tělesa mají rozličné měrné teplo.

Měrné teplo železa jest $\frac{1}{10}$, cínu $\frac{1}{20}$, olova $\frac{1}{50}$. Nejmenší měrné teplo mají kovy, o něco větší kapaliny a plyny. Největší měrné teplo má vodík, totiž 8 jednotky.

57. Tání a tuhnutí (Schmelzen und Erstarren). 1. Zahříváme-li mísku s ledem a postavíme do něho teploměr, rtuf klesne k 0° , klež

*) calor = teplo.

se zastaví. Led kapalní čili taje a teprv, když se všecek roztaje, rtuf v teploměru stoupá výše.

Teploměr mění se tělesa tuhá v kapaliny; říkáme že taji. Teplota, nad kterou jest těleso kapalným a pod kterou jest tuhým, sluje bodem tání neb tuhnutí.

2. Napichněme na špičky tří železných hřebíčků kuličku z loje, stearinu a vosku, pustme je do kádinky s vodou a ponořme tam teploměr. (Obr. 72.)

Zahřívá-li se voda, počnou kuličky na špičkách hřebíčků tati a vyplynou na povrch vody, lojová při 43° , stearinová při 54° a vosková při 63° C.

Každá hmota má svůj určitý bod tání. (Schmelzpunkt.)

Bod tání rtuti jest -40° , ledu 0° , loje 48° , stearinu 54° , vosku 68° , cínu 230° , vismutu 270° , olova 330° , stříbra 1000° , železa 1600° C.

Smišeniny a slitiny kovů taji z pravidla při nižší teplotě než součástky jejich. Tak taje na př. slitina 4 dílů vismutu, 1 dílu olova a 1 dílu cínu již při 94° . Slitiny 2 dílů cínu a jednoho dílu olova užívají klempíři za pájku.

3. Pokud těleso taje, teplota jeho nestoupá, ač se mu ustavičně teplo přivádí. Teplo toto spotřebuje se k překonání soudržnosti, která jest u kapaliny menší než u těla tuhého.

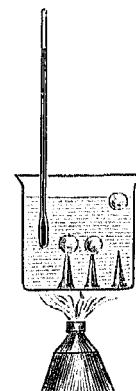
Množství tepla, které se spotřebuje k roztažení jednoho kilogrammu tělesa, nazýváme jeho teplom skupenským (Schmelzwärme).

Na mísku vah (obr. 73.) postavme nádobku A se 100 g vody 12° teplé a s teploměrem, vyvažme ji a přidejme na mísku B 15 g . Hodíme-li do nádobky lžičkou tolik sněhu, aby byla rovnováha, sníh rychle roztaje a voda nabude teploty 0° C. Aby se proměnilo 15 g sněhu ve vodu, jest potřebí tolik tepla, kolik ho vydá 100 g vody při ochlazení o. 12° C., tedy 1200 malých kalorií; proto přijde na 1 g sněhu $1200 : 15 = 80$ malých a na 1 kg 80 velkých kalorií.

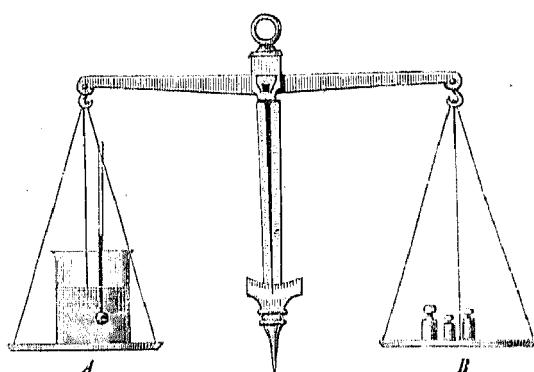
Skupenské teplo ledu jest 80 kalorií.

4. Vsypeme-li do nádobky se 100 g vody 10° teplé 50 g jemně utřeného salmiaku, ochladí se směs až k -10° C. Smícháme-li sníh se solí kuchyňskou, klesne teplota směsi k -20° .

Obr. 72.



Obr. 73.



Nejen k tavení, ale i k rozpouštění těles tuhých spotřebuje se teplo, kterým se soudržnost jejich překonává.

Směsi chladivé.

5. Zahříváme-li opatrně baňku tloušťeným sirlnatánem sodnatým dopola naplněnou, sůl roztaje při teplotě 48° . Zatkne-li pak baňku korkem, kterým teploměr prostrčen jest a necháme ji klidně státi, kapalina může se ochladit až k 20° C. , a nestuhne. Však pustíme-li do vnitř druhým otvorem v korku krušeček sirlnatání sodnatého, sůl náhle vyhrání a teplota stoupne na 48° C.

Tuhnutím kapalin plodí se teplo.

Stojí-li vařená voda klidně ve směsi chladivé, lze ji až k -10° ochladit a nezmrzne. Otřeseme-li pak nádobkou, část vody zmrzne a teplota v nádobce vystoupne na 0° C. Mrznoucí voda vydá totík tepla, že se jím všecka hmota z -10° ohřeje na 0° a že se dalšímu mrznutí zabrání.

58. **Výpar.** (Verdunsten, Verdampfen.) 1. Dáme-li na jednu mísku vah hodinové skličko s étherem a zvážíme je, shledáme záhy, že bude étheru abývat, až konečně zmizí; avšak světnice naplní se za to vůni z étheru. Éther proměnil se ve vzdušinu.

Mění-li se kapalina na povrchu ve vzdušinu, díme, že se vypařuje. Neviditelné vzdušiny, které z kapalin vznikají, slují páry. (Dünste, Dämpfe.)

Všecky kapaliny se vypařují, některé rychleji, jiné pomaleji. Kapaliny, které již při obyčejné teplotě rychle se vypařují, slují prchavými. Éther jest prchavější líhu a láh vody. I některá tělesa tuhá jako kafř, jod, sníh a led vypařují se již při obyčejné teplotě.

2. Totéž množství kapaliny vypaří se v nádobce mělké a široké dříve než v nádobce hluboké a úzké; mokré prádlo uschně rychleji, když se rozestří, dobou letní dříve než v zimě, na větru, který utvořené páry odnáší, dříve než v místnosti uzavřené.

Výpar podporuje se zvětšením povrchu kapaliny, zvýšením její teploty a odstraňováním utvořených par.

Přiliš mnoho prádla neuschně v prostoru uzavřeném. Každý prostor může při určité teplotě jen určité množství par pojati. Pravíme pak, že jest prostor parním nasycen.

3. Kápneme-li na ruku líhu, citíme značný chlad. Povážeme-li kuličku teploměru organinem a smočíme ji ve vodě, rtuf rychle klesá, zvláště když teploměrem kýtáme.

Vypařuje-li se kapalina, ujmá okolí teplo, kterým se soudržnost její překonává.

Výparem spotřebuje se teplo.

Za horkých dnů kropí se ulice. Po dešti bývá chladno. Vyjdeme-li z koupele, choulíme se zimou. Zapomený člověk nastydne v průvanu. Nádoby zaobalují

se do mokrého plátna, aby kapaliny v nich nezsteplely. Horké pokrmy chladíme foukajíce na láici. Postavme zkumavku s kraptem vody do kadinky a obložme ji bavlnou politou étherem. Dmýcháme-li měchem do bavlny, urychlujeme vypařování étheru, čímž vodě tolik tepla se ujme, že zmrzne (obr. 74.).

4. V zimě vídáme svůj dech; okna teplé světnice pokrývají se krůpějemi vody.

Páry srázejí se na chladném vzduchu v podobě mlhy, na chladných tělesech tuhých v podobě rosy.

Za jasné noci sálají předměty na zemi, zvláště pak rostliny, do všehomíra mnoho tepla a ochladi se tak, že se pokryjí rosou. Je-li vítr aneb pochmurno, rosa se netvoří. Proč?

Zmrzlá rosa sluje jiní. — Nad vodami vznáší se ráno a na večer mlha. Po dešti kouří se z lesů. Mlha skládá se ze samých drobounkých bublinek vodních. Vystoupí-li mlha do výše, sluje oblak. Zhustnou-li bublinky v oblaku, slévají se v kapky a padají k zemi jako déšť. Ochladí-li se vzduch pod 0° , vyhrání z par souměrné hvězdičky o 6 paprscích, jež sněhem nazýváme.

Přicházejí-li sněžinky do vrstev teplejších, splývají dohromady a kulatí se, čímž po jaru a na podzim krupice, v letě kroupy vznikají.

59. Var. (Sieben.) 1. Naplníme skleněnou kadinku vodou, poňme do ní teploměr a zahřívejme ji kahanem lítovým (obr. 75.). Rtuf stoupá; na dně i na stěnách tvoří se bublinky, které do výše vystupují a v chladnějších vrstvách mizejí. Jest to vzduch s parami, jež na zahřátých místech z vody se tvoří. Konečně ukazuje teploměr trvale 100° C. Páry tvoří se uvnitř kapaliny tak hojně, že vodu na povrchu zdvíhají. Úkaz tento nazýváme varem, teplotu, při které se kapalina vaří, bodem varu.

Éther vaří se při 35° , líh při 78° , voda při 100° , rtuf teprve při 360° C.

Bod varu jest u různých kapalin rozličný.

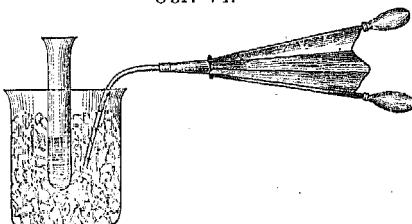
Teplo, které se kapalině přivádí, pokud se vaří, spotřebuje se na překonání soudržnosti, a proto nemůže zvýšiti teplotu kapaliny.

Množství tepla, jehož jest potřebí, aby $1\ kg$ vody 100° C. v $1\ kg$ páry též teploty se proměnil, sluje skupenským teplem vody. (Verdampfungswärme.)

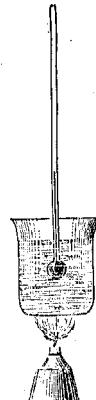
Skupenské teplo vody činí dle přesných zkoušek Regnaultových 536 jednotek tepla.

Přivedme ledovou vodu v kadince nad klidným plamenem do varu. Var nastane na př. za 3 minuty. Pak se ukáže, že se za dalších 16 minut všecka voda

Obr. 74.



Obr. 75.



vyvaří. Dáme-li tomu, že se vodě za každé 3 minuty totéž množství tepla přivede, ohřála by se za těch 16 minut o $\frac{16}{3} \times 100^\circ = 533^\circ$ C., kdyby se tohoto tepla ne-spotřebovalo k výparu. (Pokus Blackův.)

2. Zahřívajme krapet vody v kovové trubici zkoumavce podobné a zavřené korkem. Voda počne se brzy vařit a pára zátku vyrazí. Pára tlačí tedy na stěny nádoby jako vzduch, a tlaku toho přibývá s teplotou.

Poněvadž vzduch tlačí na povrch vařící se kapaliny, jest zřejmo, že bubliny uvnitř kapaliny jen tenkrát se utvoří a k povrchu vznéstí mohou, přemíže-li pára tlak vzduchu.

Var počiná při teplotě, při které napjetí par jest rovno tlaku na kapalinu.

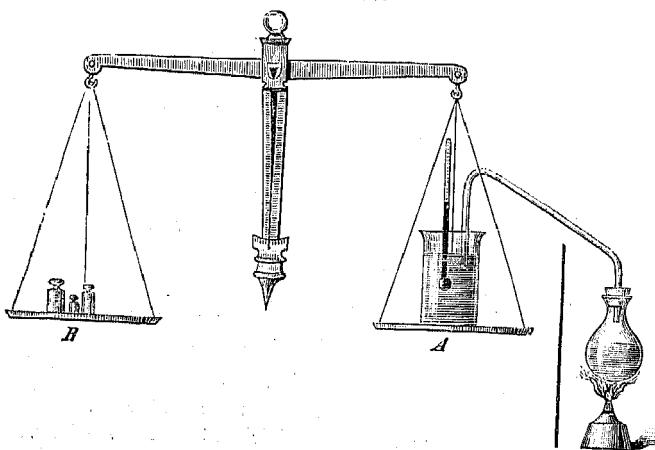
Na vysokých horách, kde tlak vzduchu menší jest, vaří se voda při nižší teplotě; na př. na Montblanku 4800 m vysokém při 84° C. Proto můžeme i naopak z bodu varu souditi o výšce hory.

Obr. 76.

Zatkneme-li baňku naplněnou dopola vodou, která se po delší dobu vařila, obrátíme-li ji a lijeme-li na ni studenou vodu (obr. 76.), pára v baňce se sraží, tlak její na vodu se zmenší a voda přivede se při nižší teplotě do varu. Naopak docílí se v hrnci Papinově vyšší teploty varu než 100° C., poněvadž jest pevně uzavřen a páry samy tlak na kapalinu zvětšují.

3. Vyvažme kadinku s 533 g vody 12° C. teplé na mísece vah *A* a přidejme na mísku *B* přívažek 5 g (obr. 77.). Pod hladinu vody v nádobě *A* vedme páru z baňky s vařící vodou. Pára šumotem kapalní a, když se jí sraží 5 g , nastane rovnováha. Zamícháme-li pak vodou, shledáme, že se ohřála o 5° C. Každým grammem par ohřálo se 533 g vody o 1° C.

Obr. 77.



Sražená pára vydává teplo, a množství jeho jest právě tak veliké jako ono, kterého bylo potřebí, aby se kapalina proměnila v páru.

Vedeme-li při tomto pokuse páru do

jimadla vodou chlazeného, nabudeme vody překapané (destillované), zbavené všech tuhých příměsků.

60. Napjetí par. 1. Vpustíme-li do trubice Torricelliovy malou ohnutoou násoskou krůpěj kapaliny, vystoupí do prázdnoty nad rtuti, promění se částečně v páry a rtuť klesne od b až k c . (Obr. 78.) Tlak utvořených par jest tedy tak veliký, jako váha sloupu rtufového $b\ c$. Uzijeme-li k pokusu jednu vodu, po druhé líhu, po třetí etheru, seznáme, že při teplotě 20° C. bude v prvém případě sloupec $b\ c = 17\ mm$, v druhém $44\ mm$ a v třetím $435\ mm$. Poněvadž voda při 100° , líh při 78° a éther při 38° C. vře, jest zřejmo, že:

Obr. 78.

Napjetí par při určité teplotě jest větší, je-li bod varu kapaliny, z které se utvořily, nižší.

2. Stlačíme-li trubici hlouběji do rtuti aneb povytáhlíme-li ji výše, sloupec $a\ c$ zůstane vždy týž, jen že v prvém případě kapaliny nade rtutí zhoustnutím par přibude, v druhém případě ubude.

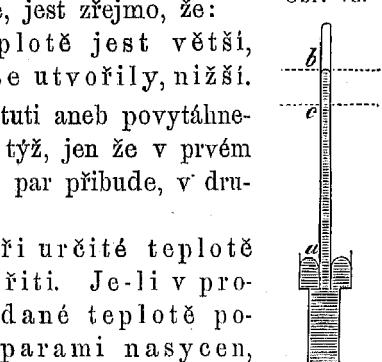
V každém prostoru může při určité teplotě jen určité množství par se utvořiti. Je-li v prostoru tolik par, kolik jich při dané teplotě pojati může, pravíme, že jest parami nasycen, a páry že mají maximum napjetí.

3. Navlečíme-li na konec Torricelliovy trubky horkou cevou plechovou, krůpěj kapaliny uvnitř se zmenší, par přibude a rtuť klesne hlouběji.

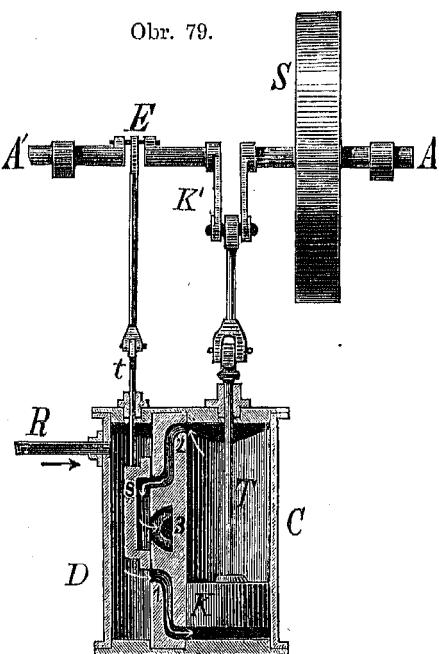
Při teplotě vyšší pojme prostor více par, a napjetí jejich jest větší. Opačný úkaz pozorujeme, je-li plechová ceva studená. Část par v prázdnotě Torricelliově zkapalní, a rtuť vystoupne výše.

61. Parní stroj. (Dampfmaschine.) Velikého napjetí par při teplotě vyšší užívá se k pohybu parních strojů.

Pára tvoří se v parním kotlu, který mává podobu válcové snýtovaného ze silných železných plechů a bývá opatřen vodoměrem, manometrem a pojistovací záklopkou, jež se otvídá, nabudou-li páry nebezpečného



Obr. 79.



napjetí. Z parního kotlu vede se pára rourou R do parní komory D , kterou dva průduchy s parním válcem C spojuji. (Obr. 79.) Šoupátkem s uzavírá se střídavě horní 2 neb dolní průduch 1, a pára, jež druhým průduchem do parního válce vnikne, pohybuje pistem K buď nahoru neb dolů. Spotřebovaná pára na druhé straně pistu uniká pak průduchem 3 buď do vzdachu aneb do prostoru, v kterém se páry studenou vodou srážejí. Prostor ten sluje hustič (kondensator). Táhlo pistu T i šoupátko t jest spojeno ojnicí s hřidelem $A A'$ kola setrvačného S , kterým se parní stroj v rovnoměrném pohybu udržuje.

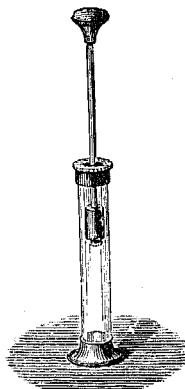
62. Prameny tepla. (Wärmequellen.) 1. Slunce sálá do všeomíra nejen světlo ale i teplo, kterým se tělesa na zemi tím více zahřívají, čím déle a čím příkřeji na ně sluneční paprsky dopadají.

Holé skály a písčiny zahřejí se slunečními paprsky více než voda, která vy- pňuje se mnoho tepla spotřebuje. Vinice mívají svah na jih. V poledne jest tepleji než ráno a na večer. Proč? V zimě jest den krátký a slunce jest nízko nad obzorem; paprsky jeho dopadají na zemi šikmo a hřejí málo; v létě jest tomu naopak. Viz 54!

Množství tepla, které slunce zemi do roka poskytuje, jest tak veliké, že by se jím roztažala kůra ledová 31 m tlustá.

2. Horká zřídlá v Karlových Varech, v Teplicích a jinde, veliko- lepé výbuchy sopek, jichž na celé zemi přes 250 jest dosud v činnosti, dokazují, že také země má své vlastní teplo. V hloubce 24 m jako na př. ve sklepě hvězdárny Pařížské jest po celý rok teplota táž 12° C. Odtud teploty s hloubkou přibývá totíž pří každých 37 m o 1° C. Z toho soudí se, že jest v hloubce asi 70 km takový žár, jakým všecky hmoty tají.

Obr. 80



3. Třeli-li se kovový knoflík o pravítko, zahřeje se a to tím více, čím úsilovněji se třel.

Pilníky, pilky a nebozezy jsou horké, když se jimi pilně pracuje. Od brusu litají jiskry. Mince ražením, kovové tyče kováním se zahřejí. Stlačili se vzduch v silném válci (obr. 80.) náhle pistem, zahřeje se tak, že kousek hubky pod pistem zapálí.

Třením, rázem, tlakem a výběc každou hmotnou prací plodí se teplo.

Zkouškami seznalo se, že množství tepla prací zplozeného jest s touto prací v přímém poměru. To vede k domněnce, že třením, rázem a tlakem částečky těles přivádějí se do pohybu velmi prudkého, a tento pohyb že jest podstatou tepla.

Jako se budí prací teplo, tak se teplem zase koná práce, jak nás o tom parní stroje poučují.

4. Důležitým pramenem tepla jsou výjevy chemické, zvláště pak hoření a dýchání.

O těch a ještě jiných pramenech tepla bude se jednat jinde.

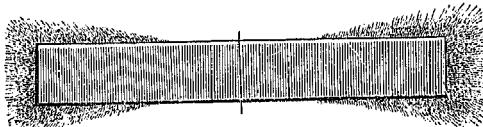
VII. O magnetičnosti.

63. Magnety a tělesa paramagnetická. 1. Některé kusy železovce osmístěnného mají tu vlastnost, že k nim železné piliny a drobné hřebičky z nevelké délky přiskakují a jich se přidržují. Železnou tuto rudu znali již starí Řekové a nazývali ji magnetem podle města Magnesie v malé Asii, v jehož okolí právě nejdříve se dobývala. Silosyptci jmenují tuto rudu magnetem samorodým a uvedenou vlastnost její magnetičnosti. (Magnetismus.) Přetahuje-li se ocel magnetem samorodým, stává se též magnetickou a sluje pak magnetem strojeným. Magnetům strojeným dává se podoba tyčí neb podkov, ježto se nejlépe hodí k zpytování úkazů magnetických.

2. Přiblížme-li konec tyče magnetické ku drobným kostičkám kobaltu neb niklu, přitáhne je též, ale ze vzdálenosti menší. Železo, kobalt, nikl a všebe tělesa, která magnet přitahuje, sluje paramagnetická.

64. Poly, vzájemnost magnetická. 1. Posypeme-li magnetickou tyč železnými pilinami, zachytí se jich nejvíce na obou koncích. V prostředku neuváznou piliny žádné. (Obr. 81.) Místa, na kterých magnetičnost nejsilněji se jeví, zoveme poly a přímkou, která je spojuje, osou magnetu. Místo, které nejeví žádné magnetičnosti, sluje pásmo netečné (indifferentie Zone).

Obr. 81.

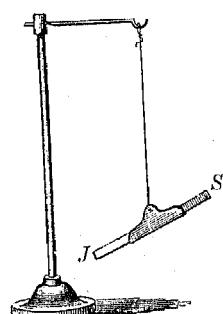


2. Vložíme-li magnetickou tyč do papírové pochovy na několika nešoukaných vláknech zavěšené (obr. 82.), pootočí se vždy tak, že jeden pol ukazuje k severu a druhý k jihu. Onen sluje polem severním, tento jižním. Magnetickou tyč takto zařízenou zoveme magnetkou (Magnetnadel).

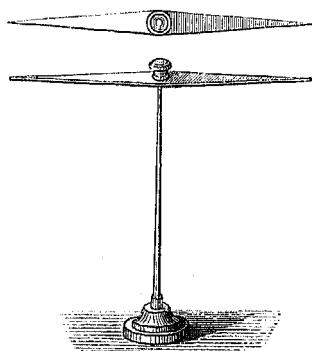
Obr. 82.

Aby byla magnetka co možná polohyblivou, hotoví se z tenkého plechu a opatruje se nad těžištěm achátovým kloboučkem s malým vyhlazeným důlkem, v kterém se ocelovou jehlou podpírá. (Obr. 83.) Poly vyznačují se na ní různými barvami.

3. Blížíme-li kus železa ku kterémukoliv polu magnetky, shledáváme, že se magnetka k železu



Obr. 83.



táhne. Úkaz se nezmění, dáme-li mezi železo a magnetku desku z lepenky, ze dřeva, ze skla neb z jiné hmoty nemagnetické.

Přitažnost mezi magnetem a tělesem paramagnetickým jest vzájemná a působí do délky i skrze jiná tělesa právě tak jako tiže.

4. Přiblížime-li pol magnetické tyče k polu magnetky, spozorujeme, že pol severní před polem severním, pol jižní před polem jižním prchá, avšak pol severní

k polu jižnímu a jižní k severnímu se blíží. Z toho soudíme: Souhlasné poly magnetů v se odpuzují, nesouhlasné (protivné) se přitahují.

Coulomb shledal četnými a jemnými zkouškami, že účinek magnetického polu na jiný magnetický pol ve zdálenosti 2krát, 8krát, 4krát větší jest 4krát, 9krát 16krát menší. Ve veliké vzdálenosti jest tudíž působení toto nepatrné. Obor působnosti magnetu slove magnetické pole. — Kterak lze vyzpytovati, je-li těleso magnetické a kde má který pol?

Obr. 84.



65. Soubud (indukce). 1. Přiblížime-li pol silného magnetu k jednomu konci tyčinky z měkkého železa, uvažne na druhém konci trs železných pilin, když se do nich ponoří. (Obr. 84.) Vzdálime-li magnet, piliny spadnou.

Přiblížením magnetu budí se v měkkém železe dočasná magnetičnost. Úkaz tento zoveme soubudem (indukci*).

Zkoušíme-li malou magnetkou stav tyčinky soubudem zmagnetované, poznáme, že konec její k polu magnetu obrácený jeví protivnou a druhý konec souhlasnou magnetičnost.

2. Opakujeme-li týž pokus s tyčinkou oceli kalené, přesvědčíme se, že se nezmagnetuje, když se jí magnet pouze přiblíží, leč když se jí po delší dobu dotýká; za to pak magnetičnosti již nepozbude.

V měkkém železe budí se magnetičnost snadno a jen dočasně, v oceli stěží a trvale.

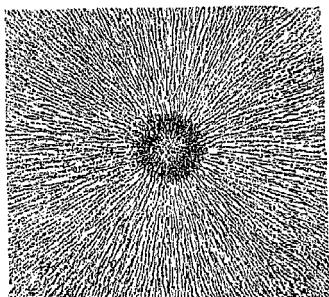
Podle těchto výjevů jest se domnívat, že tělesa paramagnetická brání se každé změně svého magnetického stavu a že tato síla bránivá (coercitivní) jest v oceli veliká, v měkkém železe pak nepatrná,

* induco = navádím.

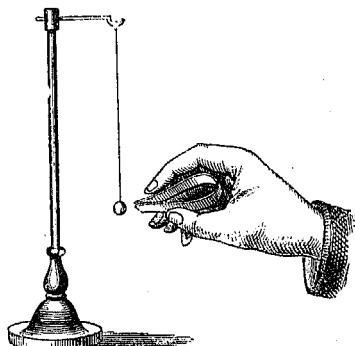
Na pol magnetu lze zavěsit celý řetěz tyčinek z měkkého železa. Každá z nich stane se totiž soubudem magnetickou a přitahuje nesouhlasný pol tyčinky následující. Vzdálí-li se první tyčinka magnetu, celý řetěz se rozpadne. Proč? Kterak vysvětlí se trsy železných pilin na polech magnetu? (Obr. 81. a 84.) Magnetická podkova udrží celý můstek hřebíčků neb kroužků železných od jednoho polu k druhému. — Přitahuje-li magnet železo, přitahuje vlastně protivný pol magnetu. Zmagnetovaná spruha ocelová přitahuje každým polem železný náprstek na vláknu zavěšený; avšak ohnou-li se oba konec k sobě, náprstek se ani nepohně. (Obr. 85.) Proč?

Položíme-li nad pol magnetické tyče aneb nad obojí poly magnetické podkovy list kartového papíru a posypeme jej práškem železným, seřídí se tento soubudem v osnovu křivek od polů vycházejících. Faraday nazval je magnetickými silokřivkami, poněvadž jejich poloha směr síly magnetické a jejich počet sílu magnetického pole znázorňuje. (Obr. 86. a 87.)

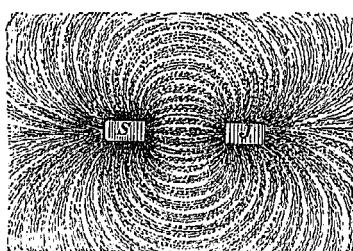
Obr. 86.



Obr. 85.



Obr. 87.



66. Hotovení magnetův. Trvalých magnetů nabudeme, přetahujeme-li ocelové tyče neb podkovy silným magnetem.

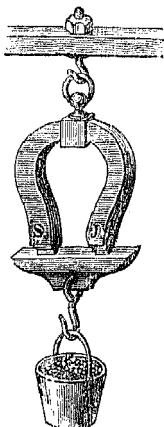
1. Chceme-li zmagnetovati tenkou tyč ocelovou, přetahujeme jednu půlku od středu ke konci polem severním a druhou půlku jižním. Magnetkou přesvědčíme se, že jest každý pol nového magnetu protivný tomu, kterým se přetahoval.

2. Má-li se zmagnetovati ocelová podkova, přiloží se obloukem svým k polům podkovy magnetické a každé rameno její přetahuje se jedním polem magnetu a to po obou stranách.

S počtem tahů přibývá oceli síly magnetické až k určité mezi, která na rozdílu a tvrdosti oceli, jakož i na síle magnetu závisí. Nezvýší-li se magnetičnost oceli ani sebe silnějším magnetem, pravíme, že jest magnetičností nasycena.

3. Poněvadž silné tyče a podkovy ocelové nesnadno ze zmagnetují, skládáme několik tenkých tyčí neb podkov souhlasnými poly k sobě

Obr. 88.

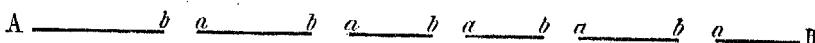


v s o u m a g n e t i. (Magnetického Magazinu.) (Obr. 88.) K prostřednímu delšímu magnetu přikládá se tyč z měkkého železa zvaná k o t v o u, která se soubudem zmagnetuje a magnetičnost polů sesiluje.

Na kotvu věší se záváží. Sílu magnetu posuzujeme pak dle nejmenšího záváží, kterým se kotva odtrhne. Zatěžuje-li se kotva znenáhla den po dni, nosivosť magnetu značně se zvýší; klesne však opět k původní velikosti, jakmile se kotva odtrhne.

67. Povaha magnetů. Nařízneme-li ocelový drát pilkou lupínkovou na několika místech a zlomíme jej po zmagnetování ve dvě, nemá jedna půlka pouze severní pol a druhá toliko jižní, nýbrž každá má oba poly, jak se magnetkou přesvědčíme. Totéž shledáme, rozlomíme-li každou půlku opět na několik dílků. Složíme-li všecky díly do řady tak, jak byly v celistvém drátě (obr. 89.), jeví konce poznačené *a* touž magnetičnost jako pol *A* a konce poznačené *b* souhlasnou magnetičnost s polem *B*. Rozjímajice o tomto úkaze

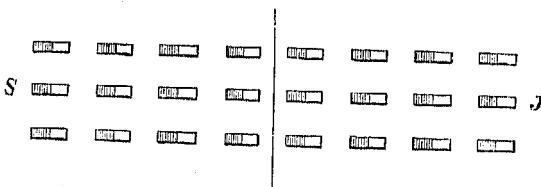
Obr. 89.



domyslíme se, že jest každá i ta nejmenší částečka — tedy každá molekula železa a oceli sama o sobě úplným magnetem.

V železe a oceli nemagnetické mají tyto molekuly všecky možné polohy a ruší se ve svých účincích. Magnetováním obráti se poly

Obr. 90.



severní na jednu stranu a jižní na stranu druhou. (Obr. 90.) Bráničá sile jest dle této domněnky odpor, který činí molekuly při obracení od poloh nových.

Otrásá-li se ocelová tyč jsouc magnetována, zmagnetuje se silněji. Proč? Otrese-li se hotový magnet, značně se seslabí, zahřeje-li se do červena, ztratí všecku magnetičnost. Proč?

68. Magnetičnost země. 1. Otáčí-li se magnetka kolem svislé osy (obr. 83.), ustáli se vždy tak, že jeden pol ukazuje k severu, druhý k jihu. Rovina svislá položená její magnetickou osou slove mag netický pole d ní k. Abychom směr jeho přesněji určili, jest třeba znáti polohu astronomického pole d ní k u.

Tento určí se gnomonem.* Tento určí se gnomonem.* Svítí-li slunce, postaví se ve středu kruhu vodorovného svislá tyčinka a pozoruje se bod, v kterém se konec stínu dotýká

*) gnōmōn = ukazovatel.

kruhu dopoledne a odpoledne. Spojí-li se tyto body se středem kruhu a rozpůlili se úhel, rozpolovací přímka sluje polednice, a jest průsekem poledníku astronomického s obzorem.

Zavěsíme-li magnetku nad středem kruhu, jehož jeden průměr *S J* (obr. 91.) má směr poledníku astronomického, shledáme, že se od něho o jistý úhel odchyluje.

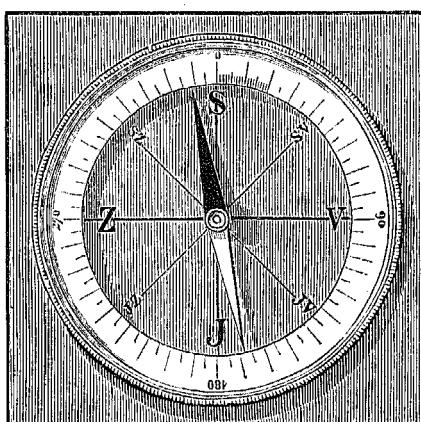
Úhel poledníku magnetického s astronomickým sluje magnetická odchylka neb deklinace.*)

Magnetická deklinace jest na různých místech země rozličná, někde východní, jinde západní, větší neb menší aneb žádná. V Praze rovnala se na př. r. 1898. $9\frac{1}{2}^{\circ}$. Čára spojující místa, na kterých není deklinace žádná, sluje agona.**)

Agona táhne se od severního polu přes patero jezer severoamerických Atlantským oceanem východně od Antill přes východní cíp Brasilie k polu jižnímu a odtud dvojím záhybem přes Australii, Indický ocean, východní cíp Arabie, Kaspické moře a Ural k polu severnímu. Jí dělí se zeměkoule na dvě části, z nichž jedna má západní, druhá východní deklinaci. Evropa, Afrika, Atlantský ocean mají západní, Tichý ocean a většina Asie východní deklinaci.

Deklinace mění se i na jednom a též místě ustavičně. Změny tyto jsou buď periodické aneb nahodilé. Periodické změny jsou denní, roční a věkové. Změny denní a roční nepřesahují u nás $7'$, znamenité jsou však změny věkové. Deklinace Pařížská byla na př. r. 1580. východní a rovnala se $11^{\circ} 30'$. Po té jí rok od roku ubývalo, až nebyla r. 1663. žádná. Potom proměnila se v západní a rostla stále, až dosáhla r. 1814. maxima $22^{\circ} 44'$. Avšak od těch dob jí rok co rok o $5'$ až $7'$ ubývá. Nahodilé změny pozorují se v čas zemětřesení, výbuchů sopiek, severní záře a slují poruchy (perturbace).

Obr. 91.



Magnetky deklinační užívají plavci, aby se orientovali na moři. Magnetka otáčí se kolem svísné osy v mosazné krabici zavěšené ve dvou soustředných kruzích tak, že i při největší bouři zůstává v rovině vodorovné. Na magnetce je připevněna tenká deska ze slidy polepená papírem, na němž tak zvaná větrná růže se svými 32 úhly světa jest vyznačena. Námořnická mapa ukazuje, kterým z těchto směrů v každém případě lodi se pohybovati musí, aby cíle došla. Přístroj ten sluje kompas.

V Evropě počalo se kompasu užívat ve 12. století. Číňané znali jej již ve 3. století našeho letopočtu.

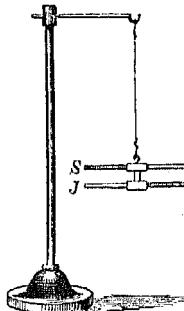
*) declino = uchylují.

**) a = bez, góny = ohyb.

Spojí-li se dvě stejné magnetky drátem tak, aby protivné poly byly nad sebou a zavěsí-li se tato dvojice na vlákno kokonové (obr. 92.), neotočí se do poledníka magnetického, nýbrž setrvá v každé poloze;

Obr. 92.

z té příčiny sluje magnetka astatickou.*)



Obr. 93.

2. Zavěsíme-li ocelovou tyčinku ve vidlici tak, aby se okolo osy vodorovné *a b*, položené těžištěm a s vidlicí okolo osy svísné otáčeti *J* mohla (obr. 93.), zůstane v každé poloze, v kterou ji uvedeme. Ale zimagnetujeme-li ji, otočí se po několika kyvech do roviny magnetického poledníka a severní pol skloní se pod obzor.

Magnetka takto zařízená sluje magnetka inklinacní a úhel, který skloněný pol s obzorem svírá, sklon neb inklinace.**)

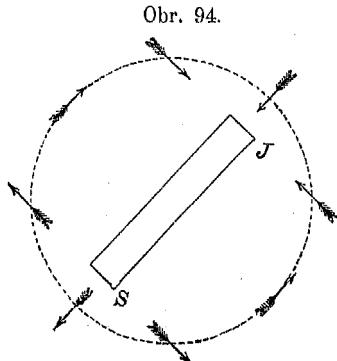
Jako deklinace jest též inklinace na různých místech a v různých dobách nestejná. V Praze byla r. 1895. $64^{\circ} 45'$.

K polu inklinace přibývá, k rovníku ubývá. Na severní polokouli severní pol magnetky sklání se pod obzor, na jižní polokouli sklání se jižní. Místa, na kterých magnetka inklinacní svisele se staví, slují magnetické poly země. Severní magnetický pol leží na poloostrově Boothia Felix severně Ameriky 20° od severního polu zeměpisného; jižní magnetický pol jest jižně Tasmanie 16° od zeměpisného polu jižního mezi sopkami Erebus a Terror. U rovníku staví se magnetka inklinacní vodorovně. Krivá čára spojující místa bez sklonu, slovo aklina.***)

Čára tato jest nepravidelná; protíná rovník ve dvou bodech a odchyluje se od něho na jedné straně na sever, na druhé na jih.

3. a) Rozestavíme-li několik magnetek kolem polu silného magnetu, všecky obracejí k němu poly protivné, k severnímu jižní a k jižnímu severní; magnetky uprostřed mezi oběma poly staví se s osou magnetu rovnoběžně. (Obr. 94.)

Podobně směřují všecky magnetky na severní polokouli svými severními poly, na jižní polokouli svými jižními poly k jistému bodu u točny.



*) ástatos = nestáhlý.

**) inclino = kloním.

***) aklinés = nenakloněný.

b) Držíme-li tyčinku z měkkého železa u magnetu, zmagnetuje se soubudem a nejsilněji tenkrát, má-li polohu magnetky z předešlého pokusu. Držíme-li dlouhou tyč z měkkého železa nad zemí směrem magnetky inklinaci, zmagnetuje se též a má na dolejším konci magnetičnost severní a na hořejším jižní, jak se malou magnetkou snadno pøesvědčíme.

Z těchto obdob soudíme, že země jest magnet, který má na severu pol jižní a na jihu severní.

Zdánlivý tento odpor má příčinu v pojmenování polů magnetky. Kdybychom nazývali jako Francouzové pol magnetky směrující k severu jižním a pol směrující jihu severním, souhlasila by jména polů magnetických s jmeny polů zeměpisných.
— Mínění, že země jest magnet, vyslovil prvý Gilbert r. 1600.

VIII. O elektřině.

69. Výjevy základní. Blížíme-li skleněnou rouru hedvábným šátkem třenou k drobtům bezové duše, k oplatkům aneb k řezance pozorujeme, že tato těliska již z dálky k rouře přiskakují a dotknutí se jí opět odskakují.

Tře-li se roura déle, jest slyšet i praskot a viděti po tmě modravé blesky, které se za šátkem táhnou. Dotkneme-li se po tmě třené roury, přeskocí na prst jiskřička.

Tytéž výjevy vyskytuji se, třeme-li pečetní vosk, ebonit, síru a j.

Za natěradlo bráváme též flanel neb kůži amalgamem natřenou. Amalgam obyčejný jest prášek slitiny 1 dílu cínu, 1 dílu zinku a 2 dílů rtuti.

Uvedené výjevy služí elektrické a neznámou příčinu jejich zoveme elektřinou. (Elektricität.)

Jméno toto pochází od řeckého elektron (jantar), na kterém již staří Řekové (640. l. př. Kr.) pozorovali, že byv třen lehounké předměty přitahuje.

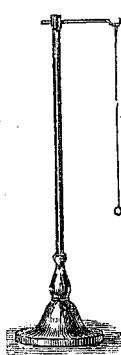
Abychom i slabé známky elektřiny poznali, užíváme elektrického kyyadla, t. j. kuličky z bezové duše na vláknu kokonovém zavřené (obr. 95.). Přitáhne-li ji těleso a pak odpudí, jest elektrický.

70. Sdílení elektřiny. 1. Zatknieme skleněné držátko kovového kotoučku *A* do dřevěného stojánku a přetáhneme kotouček třenou tyčí skleněnou. Přiblížíme-li jej potom k elektrickému kyyadlu, poznáme, že jest elektrický.

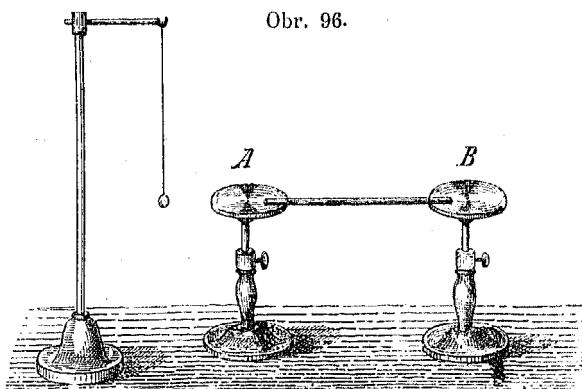
Elektřina přechází doteckem s tělesa na těleso.

2. Postavme vedle kotoučku *A* podobný kotouček *B* a spojivše oba drátem dotkněme se kotoučku *B* třenou tyčí skleněnou. Kyvadlem přesvědčíme se, že kotouček *A* jest elektrickým (obr. 96).

Obr. 95.



Obr. 96.



Spojíme-li však oba kotoučky tyčí pečetního vosku aneb trubičkou skleněnou a opakujeme dřívější pokus, kotouček *A* nejeví ani stopy elektřiny.

Drátem elektřina přechází snadno stělesa na těleso, avšak pečetní vosk neb sklo staví se přechodu elektřiny na odpor. Tělesa, kterými elektřina snadno a rychle se šíří, nazýváme vodiči (konduktory), kterými se nešíří, samotiči (isolatory). Štěpán Gray r. 1729.

Dobrými vodiči elektřiny jsou: kovy, dřevěné uhlí, tuha, vodní páry, voda a všecka tělesa, která vodu obsahuje, tedy tělo lidské a zvířecí, čerstvé rostliny, vlhké dřevo a j.

Nejlepšími samotiči jsou: pryskyřice, síra, hedvábí, vlna, sklo, kaučuk, ebonit, guttapercha, paraffin a suchý vzduch.

Chceme-li, aby se na dobrých vodičích elektřina uchovala, zavěšujeme je na hedvábné niti a opatřujeme je skleněnými neb ebonitovými držátky. Říkáme, že je osamocujeme (isolujeme.) Naopak činíme vodivým sklo neb suché dřevo nálepem staniolu. Vodní páry, které se na povrchu některých samotičů, zejména na skle, v teninké vrstvě zhusťují, činí je rovněž vodivými. Aby se tomu zabránilo, natřeme takové samotiče šelakem. I vzduchem rozptýluje se elektřina velmi rychle, je-li vodními parami nasycen. Proto nedáří se pokusy elektrické v ovzduší vlhkém.

71. Dvojí elektřina. 1. Zavěsme ebonitové sedlo (obr. 97.) na dvě hedvábné nitě a položme na ně skleněnou trubku hedvábím třenou. Blížime-li se k ní rukou aneb neelektrickou tyčí skleněnou, točí se za nimi. Týž úkaz nastane, užijeme-li k pokusu dvou tyčí pečetního vosku, z nichž jen jedna jest elektrickou.

Přitahování těles elektrických a neelektrických jest vzájemné.

2. Položme v sedlo skleněnou tyč třenou hedvábím a přiblížme se jí jinou skleněnou tyčí touž látkou třenou. Tyč zavěšená před ní probírá. Právě tak působí v sebe dvě tyče pečetního vosku, třou-li se flanelem. Je-li však v sedle skleněná tyč, a blížíme se jí tyč pečetního vosku, skleněná tyč točí se za ní. Podobně točí se pečetní vosk jsa v sedle za tyčí skleněnou.

Zkoušíme-li tak tyče z různých hmot, předsvědčíme se, že se chovají buď jako skleněná tyč třená hedvábím aneb jako pečetní vosk třený flanelem. Z toho soudíme:

a) Jsou dva a jen dva druhy elektřiny totiž elektřina skla třeného hedvábím a elektřina pečetního vosku třeného flanelem. První elektřinu zoveme kladnou (pozitiv), druhou zápornou (negativ).

b) Souhlasné elektřiny se odpuzují a nesouhlasné se přitahuji.

Obě elektřiny rozpozal první Du Fay r. 1733.; jméno kladné a záporné elektřiny pochází od Franklina.

3. Třeme-li skleněnou tyč a zkoušíme ji pak jedním a natěradlo jiným elektrickým kyvadlem, shledáme, že jsou obě tělesa elektrická. Zblížíme-li po té jedno kyvadlo druhému, kuličky jejich se přitáhnou a dotknouce se klesnou do polohy svísné nejevíce pražádné elektřiny.

Z toho vysvítá:

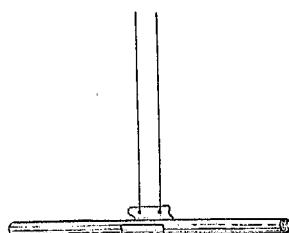
a) Vzájemným třením zelektruje se vždy obě tělesa, jedno kladně, druhé záporně.

b) Stejná množství protivných elektřin se ruší.

Nabude-li těleso třením elektřiny kladné či záporné, závisí na povaze obou těles a na jejich povrchu. Hedvábím zelektruje se lesklé sklo kladně, koží koží záporně; pečetní vosk třený flanelem nabude elektřiny záporné a třený kaučukem elektřiny kladně.

72. Elektroskop. Přístroje, kterými se poznává, je-li těleso elektrické a jak jest elektrické, slují elektroskopy*) (elektrojevy). Nejobyčejnější jest elektroskop Bennetův. (r. 1787.) Hrdlem skleněného zvonu aneb stěnou zaskleného válce prostrčena jest trubka skleněná se zatmeleným drátem, který nahore kuličkou aneb kotoučkem z kovu končí. Na dolejším rozplesklém konci drátu visí dva lístky aluminia. (Obr. 98.)

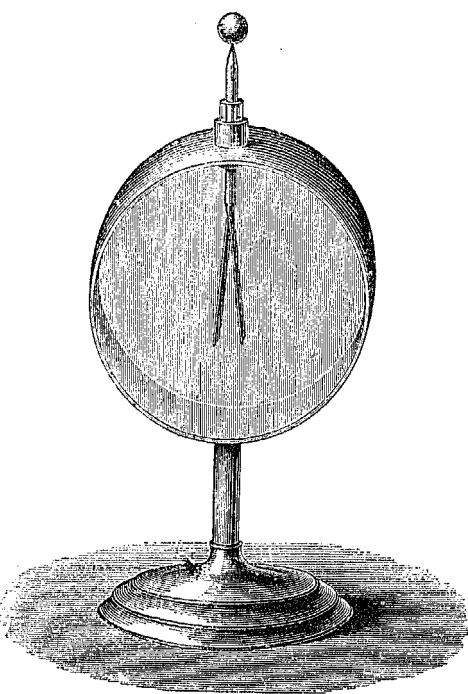
Obr. 97.



*) skopéō = vidím.

K pokusům s elektroskopem užíváme zkumadla t. j. špendlíku zatlačeného až po hlavičku do tyčinky pečetního vosku. Dotkneme-li se zkumadlem třené tyče skleněné a pak elektroskopu, lístky jeho se rozstoupnou. Elektroskop jest nabit elektřinou kladnou.

Obr. 98.



Přiblížíme-li k němu nyní skleněnou tyč samu, odchylka lístků se zvětší, přiblížíme-li však pečetní vosk aneb těleso neelektrické, odchylka se zmenší. Proto soudíme i naopak:

Elektroskop jest nabit vždy takovou elektřinou, jaká odchylku lístků zvětšuje.

Protáhnou-li proužek suchého papíru mezi dvěma kousky kaučuku a dotknu se jím elektroskopu, lístky se rozstoupnou; blížím-li pak skleněnou tyč třenou hedvábím, odchylka lístků se zvětší. Jakou elektřinu má papír, jakou kaučuk?

Elektroskopem můžeme zkoušet též vodivost těles. Dotkneme-li se tělesem nabitého elektroskopu, a lístky sklesnou, těleso jest dobrým vodičem elektřiny.

73. Soubud (indukce). Ku dvěma stejným elektroskopům přišroubujme místo kuliček plechová sedýlka a vložme do nich mosaznou trubici uprostřed skleněným držátkem opatřenou. (Obr. 99.)

1. Přiblížíme-li k jednomu konci mosazné trubice těleso kladně elektrické, lístky obou elektroskopů se rozstoupnou, vzdálíme-li těleso elektrické, všecky lístky klesnou.

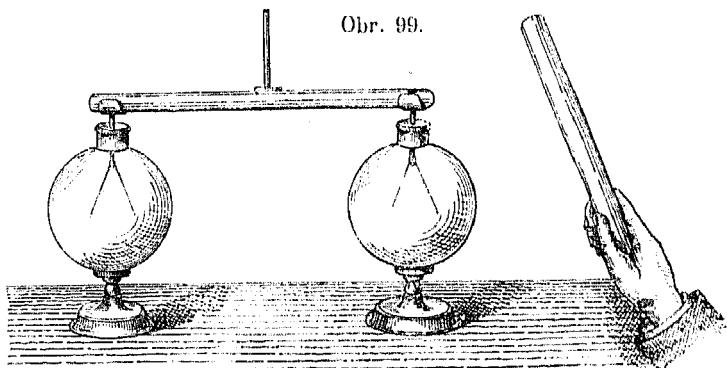
Výjev, že elektřina ve vodiči se budi, když se k němu elektrické těleso přiblíží, nazýváme soubudem (indukcí).

2. Opakujme dřívější pokus a zdvihнемe mosaznou trubici dříve, než těleso elektrické vzdálíme. Oba elektroskopy zůstanou nabity. Zkoušíme-li jejich elektřinu, přesvědčíme se, že elektroskop první t. j. ten, který byl indukujícího tělesa bliže, má elektřinu protivnou, elektroskop druhý — souhlasnou. Vložíme-li po té mosaznou trubici do sedýlek, všecky lístky klesnou.

Indukci budí se v dobrém vodiči obě elektřiny v rovném množství, nesouhlasná na konci bližším, souhlasná na konci vzdálenějším. Spojením obou elektřin vzniká stav neelektrický.

3. Opakujme první pokus a dotkněme se mosazné trubice prstem dříve, než těleso indukující vzdálíme. V druhém elektroskopu listky klesnou, v prvním rozstoupnou se ještě více.

Obr. 99.



Indukovanou elektřinu souhlasnou lze odvést, elektřina protivná zůstane ve vodiči. Onu zoveme volnou (frei) tuto poutanou (gebunden) elektřinou.

4. Vzdalme nyní těleso elektrické. Všecky listky se rozstoupnou a to elektřinou protivnou, která se uvolnila.

Abychom výjevy elektrického soubudu vysvětlili, domníváme se, že v každém tělese neelektrickém jest rovné množství obou elektřin, které si jako neviditelné, netěžké tekutiny (fluida) představujeme. Obě elektřiny jsou rovnoramenně rozloženy a ruší se ve svém působení navzájem. Přiblíží-li se těleso elektrické k vodiči, rovnováha obou elektřin v něm se poruší. Nesouhlasná jsouc přitahována hromadí se na konci bližším, souhlasná jsouc odpuzována na konci vzdálenějším. Odstraní-li se těleso rovnováhu rušící, obě rozvedené elektřiny přitahujíce se navzájem splynou v celek obojetný.

Zákony elektrického soubudu vyzpytoval John Canton (r. 1753.), Wilke (r. 1757.), a Åepinus (r. 1759.).

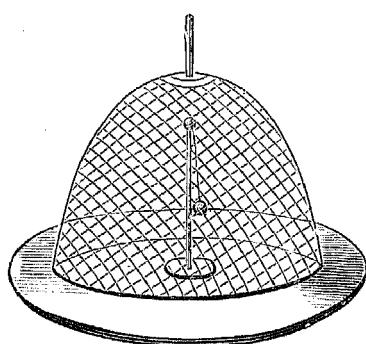
V čem jest soubud elektrický podoben magnetickému a čím liší se od něho?

Soubudem vysvětlíme si snadno všecky dosavadní výjevy elektrické. Přiblížíme-li zelektrovanou tyč k elektrickému kyvadlu, indukuje se v kuličce obě dvě elektřiny. Protivná jsouc tyče bliže přitahuje se mocněji než souhlasná se odpuzuje. Kulička přiskočí, dotkne se tyče, protivná elektřina její se zabojetní a souhlasná v ni zbudí, kterou pak kulička již trvale se odpuzuje. Kterak vyavětlete zelektrování tělesa dotekem? — Proč rozstupují se listky nabitého elektroskopu více, bližíme-li k němu

těleso souhlasně elektrické, a proč klesají, bliží-li se těleso protivně elektrické nebo neelektrické? — Může-li se nabít elektroskop soubudem? Kterak se v tomto případě vyzpytuje, jaká jest elektřina třeného tělesa?

74. Sídlo elektřiny. 1. Třeme-li samotice na př. skleněnou tyč jen na konci, zelektruje se jen konec. Dotkneme-li se tohoto prstem, odvedeme elektřinu jen z místa dotknutého, jak se zkumadlem a elektroskopem snadno přesvědčíme. Jinak se má vše u vodičů. Zelektrujeme-li izolovaného vodiče jen na jednom místě, rozšíří se elektřina po celém vodiči; dotkneme-li se ho prstem kdekoliv, odvedeme s něho všecku elektřinu.

Obr. 100.



2. Postavme na izolovanou desku kovovou drát, na jehož konci jest zařízeno elektrické kyvadlo. (Obr. 100.) Zelektrujeme desku, kyvadlo se vychýlí; klesne však opět do polohy svísné, překlopíme-li přes ně klobouk drátěný. Pak jím ani sebe větší náboj desky neb klobouku nepohně. Z toho vysvítá:

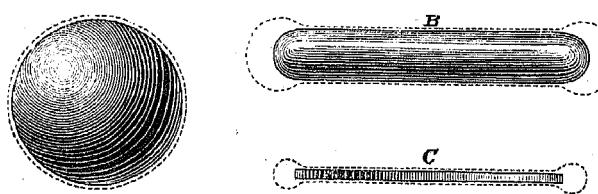
Elektřina jest jen na povrchu vodičů. Těleso uvnitř vodiče jest chráněno před všelikými účinky elektřiny.

75. Hustota elektřiny. 1. Dle předešlého můžeme si představit, že elektřina na povrchu těles rozšířena jest jako nějaká tekutina. Množství elektřiny na 1 cm^2 plochy zoveme hustotou (Díchte).

Na kouli jest hustota elektřiny všude stejná. Na tělese válcovitém B jest největší hustota elektřiny na zakulacených koncích, nejmenší uprostřed; na kotouči C jest největší hustota na obvodě. Úkazy tyto znázorněny jsou na obr. 101. čarami tečkovanými. Můžeme se o tom přesvědčiti zkumadlem na citlivém elektroskopu.

Na kuželi jest největší hustota elektřiny ve vrcholu, a proto na ostrých hrotech zhusťí se elektřina tou měrou, že se okolní částečky vzduchu zelektrují a jsouce odpuzovány od hrotu prchají, čímž náboj vodiče rychle mizí.

Obr. 101.



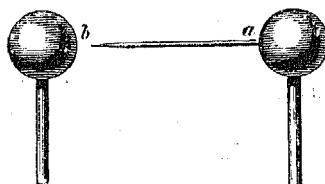
2. Zelektrujeme-li izolovanou kouli b a přiblížíme-li k ní izolovanou kouli a opatřenou ostrým hrotom (obr. 102.), shledáme v krátké době,

že obě koule jsou stejně elektrické. Zdá se tedy, jakoby hrot koule *a* elektřinu s koule *b* ssál. Vše má se však v skutku takto: Koule *b* indukuje v kouli *a* obě elektřiny. Souhlasná hromadí se na straně odlehlé, protivná hlavně na hrotu a tlačí na okolní vzduch. Ten se zelektruje a prchá k protilehlé kouli *b*, kdež se elektřina jeho s protivnou elektřinou koule znenáhla vyrovnává.

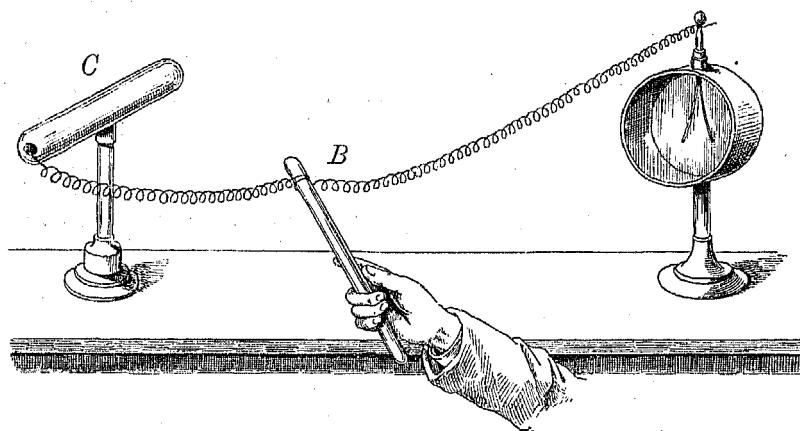
Co by se stalo, kdyby se koule *a* hrotem od koule *b* odvrátila? Plameny a dým účinkují jako hroty. Vodiči, na kterých elektřina udržeti se má, musí být obli a bez hrotů.

76. Potencial a kapacita vodiče. 1. Upevněme jeden konec drátu hedvábí opředeného a asi 2 m dlouhého na kuličce elektroskopu *A*, otočme jej u konce druhého okolo skleněné tyčinky *B* a dotkněme

Obr. 102,



Obr. 103



se druhým koncem drátu zelektrovaného vodiče *C*. (Obr. 103.) Listky elektroskopu se rozstoupou a rozstup jejich se nezmění ani, když koncem drátu po vodiči od jednoho konce ke druhému smýkáme, ani když jej do dutiny vodiče vnoříme, ač jest hustota elektriny na rozličných místech různá.

Z toho soudíme: Působivost vodiče jako celku na elektroskop jest na všech místech jeho povrchu táz.

Míru působivosti elektrického vodiče nazýváme jeho potencialem *).

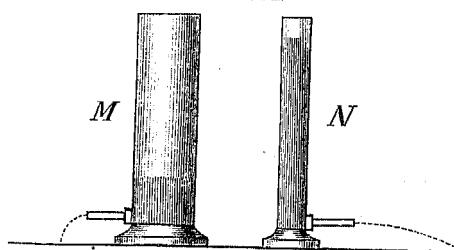
*) potentia = mohutnost.

2. Zelektrujme stejně dvě stejná zkumadla a dotkněme se jedním velké koule isolované a druhým malé. Oběma sdělí se rovné množství elektřiny. Zkoušíme-li obě koule elektroskopem jako při pokuse prvém, shledáme, že malá koule rozežene lístky elektroskopu více než velká. Díme pak že jest potencial koule malé vyšší než koule velké.

Chceme-li na velké kouli dosici téhož potencialu jako na malé, musíme ji zdělit větší množství elektřiny. Velká koule má větší jíma vost čili kapacitu*) elektrickou než koule malá.

Podobný úkaz můžeme pozorovat na vodě ve dvou nádobách, z nichž jedna jest mnohem širší než druhá. Nalijeme-li do obou nádob rovné množství vody

Obr. 104.

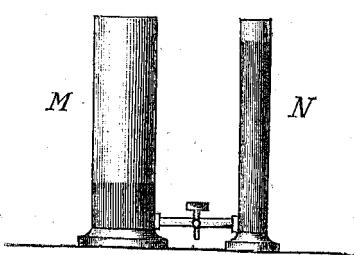


(Obr. 104.) bude výška její a tedy i tlak u dna v nádobě N větší než v M . Proto donese proud vody vytáčející z nádoby N dále než z nádoby M . I zde jest účinek téhož množství vody v nádobě užší větší než v nádobě širší. Chceme-li dosici, aby oba proudy vody donášely stejně daleko, jest nám příliš do nádoby M tolik vody, aby dostoupila též výše jako v nádobě N .

3. Zelektrujme opět tytéž koule rovným množstvím elektřiny. Potencial jejich bude rozdílný. Spojíme-li je drátem, bude potencial obou koulí týž a to větší než byl dříve na kouli velké a menší než byl na kouli malé, z čehož soudíme, že část elektřiny s koule malé přešla na kouli velkou. Spojíme-li dva vodiče nerovných potencialů, přechází elektřina s vodiče potencialu vyššího na vodiče potencialu nižšího, až nabudou oba téhož potencialu.

Jsou li obě koule stejné a sdělime jedné kouli tolik elektřiny kladné, kolik druhé kouli záporné a spojíme obě koule, nejeví pak elektřiny žádné. (Srovnej 2. 73.) Jejich potencial jest roven nulle. Z toho plyne, že potencial vodiče záporně elektrického jest nižší než nulla.

Obr. 105



Poněvadž potencial každého vodiče kladně elektrického na nullu klesne a vodiče záporně elektrického na nullu vystoupí, když jej se zemí spojíme, říkáme, že potencial země jest nulla.

Podobný úkaz lze pozorovat na vodě v nádobách spojitých, je-li spojovací roura opatřena kohoutkem (Obr. 105.). Nalijeme-li do obou ramen totéž množství vody, postaví se v N mnohem výše než v M . Otočíme-li kohoutek o 90° , voda přetéká z nádoby užší do nádoby širší, až jest v obou ramenech stejně vysoko.

*) čápere = jímati

Jsou-li obě ramena stejná a nalijeme do nich nerovné množství vody, vystoupí, když kolontek otočíme, v jednom rameně právě o kolik, o kolik v druhém klesne. Společnou hladinu lze pak označiti nullon.

77. Elektrofor skládá se z hladkého pryskyřicového neb ebony-tového kotouče H , který se na kovovou desku M klade, a z menšího kovového štitu D , opatřeného skleněným držátkem G . (Obr. 106.)

Šlecháme-li pryskyřici liščím ohonem, stane se záporně elektrickou, o čemž se zkumadlem na elektroskopu přesvědčíme. Položíme-li na zelektrovanou pryskyřici kovový štit, indukuje se v něm na dolejší straně kladná, na hořejší záporná elektřina. Dotkneme-li se štitu prstem, odvede se volná elektřina záporná, a zhrude v něm také poutaná elektřina kladná. Zdvinhemene-li po té štit, stane se tato elektřina volnou a může se odvést.

Zdá-li se býti ku podivu, že štit zdvižený jest kladně elektrický, ač pryskyřici záporně elektrickou kryl, třeba jen uváží, že štit dotyká se pryskyřice jen v několika bodech a že jen s těchto bodů zápornou elektřinu sejmě, jejž množství proti elektřině indukované jest nepatrné.

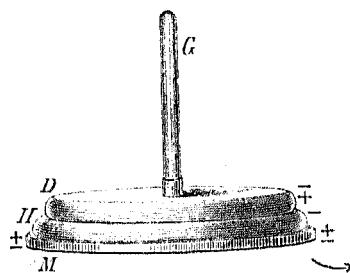
Jako v štitu budí se i v kovové podložce obě elektřiny, z nichž souhlasná do země se odvádí. Je-li vzduch suchý, elektřina udrží se v elektroforu po dlouhou dobu, protože záporná elektřina pryskyřice i štítem i kovovou podložkou se poutá. Odtud jméno elektroforu.^{*)} Elektrofor v uvedené podobě sestavil první Alexandr Volta r. 1775.

78. Elektrika (Die Elektrisiermaschine) jest stroj, kterým se větší množství elektřiny vysokého potenciálu využívá. Hlavní části elektriky jsou:

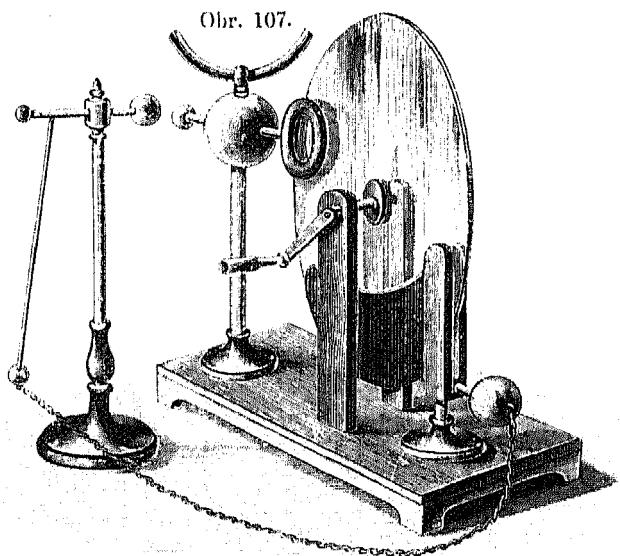
1. Silný, pečlivě hlanzený kotouč skleněný, který na skleněné ose upevněn jest a mezi dvěma sloupy klikou se otáčí. (Obr. 107.)

2. Náťradlo (Das Reibzeug) skládající se ze dvou kože-

Obr. 106.



Obr. 107.



*) férō = nesu.

ných podušek amalgamem natřených, které se v isolovaném svěráku ocelovými zpruhami s obou stran ku skleněnému kotouči tlačí.

Od natěradel táhnou se dvě křídla voskované dykyty, která kotoně částečně kryjí, aby elektřina do vzduchu neprchala.

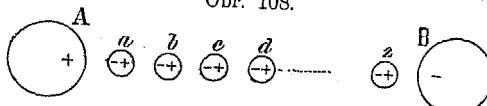
3. Konduktor čili svodič kladný jest dutá koule mosazná stojící na vysoké noze skleněné. S koulí spojeny jsou dva dřevěné kroužky, mezi kterými se skleněný kotouč otáčí. Vnitřní strany kroužků jsou polepeny staniolem a opatřeny několika hrotů. Aby se povrch vodiče zvětšil, nasazuje se naň druhdy velký dřevěný kruh, jímž drátná spirala prochází.

4. Konduktor čili svodič záporný mívá podobu mosazné koule neb válce spojeného vodivě s natěradlem a jest rovněž skleněnou nohou isolován.

Otáčí-li se kotouč, zelektruje se kladně, natěradlo záporně. Spoji-li se natěradlo se zemí, uvolní se kladná elektřina kotouče a pohybuje se s ním ku kladnému svodiči, v němž obojí elektřinu indukuje. Kladnou odpuzuje na protivnou stranu svodiče, zápornou však přitahuje do hrotů a vyrovnává se s ní jiskrami, tak že kotouč skleněný opouštěje kroužky není již elektrický. Chtějice zkoušti doskok jisker, stavíme naproti kladnému konduktoru vybiječ, který s konduktorem záporným vodivě spojíme. Dáme-li kuličku vybiječe ku kladnému konduktoru blíže, jsou jiskry kratší a četnější, dotýká-li se vybiječ konduktoru, vyrovnávají se obě elektřiny nepřetržitým proudem.

Elektrický proud můžeme si představiti takto: Ve všech molekulách *a*, *b*, *c*, *d*... drátu spojujího oba svodiče *A* i *B* indukuje se těmito svorně na jedné

Obr. 108.



straně kladná, na druhé záporná elektřina. (Obr. 108.) Záporná elektřina molekuly *a* spojí se s rovným množstvím kladné elektřiny konduktoru *A* a kladná

elektřina též molekuly *b* a t. d., až konečně kladná elektřina molekuly *z* s rovným množstvím záporné elektřiny konduktoru *B* se vyrovná. Pak celý děj se opakuje. Výsledek jest týž, jako by kladná elektřina svodiče *A* ku svodiči *B* a záporná elektřina tohoto k onomu se pohybovala. Jsou tedy v drátě vlastně dva proudy, jeden kladný, druhý záporný. Ale mluvíme-li o směru proudu, rozumíme vždy směru proudu kladného.

Elektrika nebyla vynalezena najednou. První stroj elektrice podobný sestavil Otto z Guericke r. 1671. Byla to sirná koule, která se na dřevěné ose jako brus točila a rukou třela. Stroj ten se poněhlu zdokonaloval a nabyl teprv v prvé polovici 19. století nynější podoby.

Účinky elektřiny jsou mechanické, světelné, tepelné, fyziologické, chemické a magnetické.

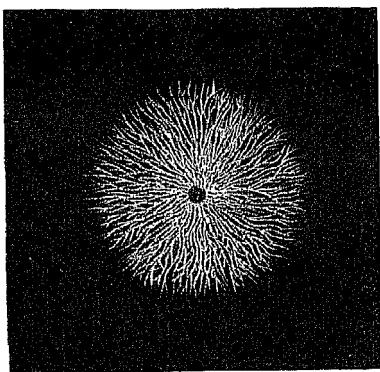
1. Účinky mechanické. Papírový trapez rozježí se na svodiči zelektrovaném. Člověku stojícímu v gumových galosích aneb na stoličce isolující ježí

se vousy a vlasy, dotýká-li se konduktoru. Ve skleněném válcí poskakují bezové kuličky mezi oběma vodivými dny, spojí-li se jedno se zemí a druhé se svodičem. Elektrické kruhy obití. Vysvětlení! Zavěsí-li se na hedvábnou nitku kovová kulička mezi dva zvonky, z nichž jeden se svodičem a druhý se zemí spojen jest, počna elektrické zvonění. Spojí-li se voda v nálevce v jemnou špičku prodloužené se svodičem, vytékající proud se rozstřikuje v elektrický déšť. Nasadime-li na konduktor hrot a přiblížime k němu svíčku neb doutnající františek, vidíme na plameni neb dýmu účinky elektrického větru. (Obr. 109.) Plísek zahnutý v podobě S otáčí se na konduktoru kolem svísné osy. Jiskrou elektrickou prorazí se karta, a dírka jest na obou stranách vyborcena, což svědčí o dvou protivných proudech elektřiny.

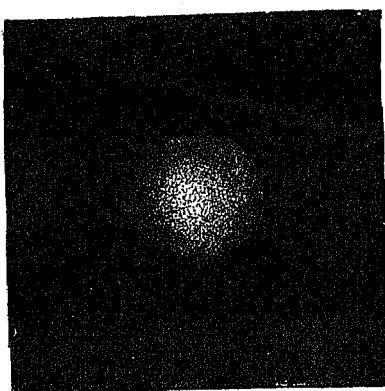
Postavme drát isolovaný jedním koncem na pryskyřicový kotouč a učiňme, aby na druhý konec přeskočila jiskra. Posypeme-li potom kotouč plavuní, utvoří se po jiskře kladné obrazec paprskovitý, po jiskře záporné okrouhlý. (Obrazce Lichtenbergovy. Obr. 110. a 111.)

2. Účinky světelné. Krátká jiskra elektrická bývá přímá a bílá, jiskra dlouhá bývá však lomená a fialová. Blížime-li po tmě ruku tupému hrotu upevněnému na svodiči kladnému, vychází z něho trs fialových paprsků; je-li hrot na svodiči záporném, vidíme na něm také světlý bod.

Obr. 110.



Obr. 111.

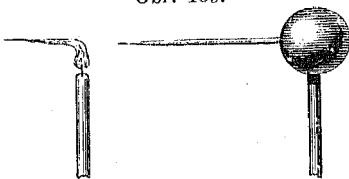


Elektrosvitné desky a hole skleněné jsou polepeny staniolovými proužky, které se tak přeřezou, aby řezy tvořily určitý obrazec neb jméno. Spojí-li se každý konec staniolu s jedním svodičem, obraz po tmě svítí.

3. Účinky tepelné. Jiskrou elektrickou lze éther, teplý líh, kalafun, střelnou bavlnu, proud svitiplunu a j. zapáliti. Jiskrou zapaluje se také tráskavý plyn v elektrické pistoli a pára zplozená vyhazuje korek.

4. Výjevy fyziologické a chemické. Spojime-li se vodivě se záporným konduktorem a přiblížime-li prst ke konduktoru kladnému, pocítíme při každé jiskře otřesení nervů i svalů. Zelektruje-li se někdo ruce a izolující stoličce, pocítí píchnutí všude, kdekoli s něho jiskru vyloudíme. Elektřinou kladnou budí se na jazyku chuť

Obr. 109.



kyselá, elektřinou zápornou chut žírává. Zápach, který cítíme, pracuje-li se silnou elektrikou, pochází od kyslíku ve vzduchu, který se jiskrami elektrickými tak promění, že mocněji okysličuje. Kyslík takto proměněný služe o zon^{*)}.

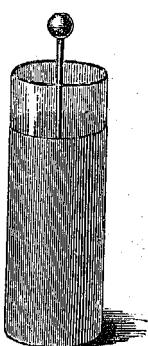
5. Vyjevy magnetické. Ovineme-li skleněnou trubičku tenkým drátem opředeným hedvábním sermeží napuštěným a vložíme-li do trubičky obyčejnou jehlu, zmagnetuje se, když drátem elektrický proud prochází.

79. Hustiči. (Condensatoren.) 1. Naplňme suchou láhvíčku lékárnickou asi do dvou třetin vodou a zavřeme ji korkem, kterým hřebík až do vody sahá. Podržíme-li hlavičku hřebíku u konduktoru, než se kotouč několikrát otočí, a přiblížíme k ní kotník prstu, přeskočí jiskra sice krátká, ale silnější než z konduktoru.

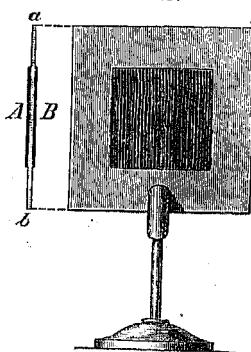
Pokus tento učinil první Cunaeus v Leydenu r. 1745. a téměř současně Kleist v Kammině v Pomořanech. Později shledalo se, že příčinou sesílení elektřiny jsou dobrí vodiči po obou stranách skla a od těch dob polepují se láhve a desky staniolem vyjma okraj, který se natírá šelakem. Takové láhve a desky slují láhve Leydenské a desky Franklinovy.

Obraz 112. znázorňuje Leydenskou láhev a obr. 113. desku Franklinovu, kterými se docílí silných nábojů elektrických. Úkaz vysvětluje se takto: Vezmu-li láhev do ruky a dotknou se kuličkou kladného kon-

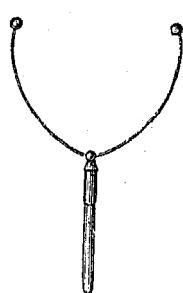
Obr. 112.



Obr. 113.



Obr. 114.



duktoru, přejde jisté množství elektřiny kladné na vnitřní nálep a indukuje v nálepu vnějším obě elektřiny. Kladná jsou odpuzována prehá tělem mým do země, a záporná hromadí se na skle poutá největší část kladné elektřiny vnitřního nálepu. Tím se kapacita jeho zvětší a proto může nové množství kladné elektřiny s konduktoru na vnitřní nálep přejít, což tak dlouho se opakuje, až hustota volné elektřiny na kuliče dosáhne hustoty na svodiči. Na nálepech po obou stranách skla jest však hustota elektřiny mnohem větší. Pravíme pak, že láhev jest nabita. Spojíme-li potom vnější nálep s vnitřním drátěným vybiječem se skleněným držátkem (obr. 114.), vyrovnejí se obě elektřiny stkvělou jiskrou.

^{*)} ózō = voním.

Že výklad tento správný jest, vyšetříme pokusem. Nabijeme-li láhev izolovanou, vnější nálep jeví volnou elektřinu kladnou, o čemž se zkumadlem a elektroskopem přesvědčíme. Isolujeme-li láhev nabítou a dotýkáme se střídavě kuličky a lepu vnějšího, knlíčka jeví elektřinu kladnou, nálep zápornou.

Množství elektřiny, které Leydenská láhev pojati může, jest tím větší, čím těž jest povrch nálepů, čím tenší jest sklo a čím hustší jest elektřina na konduku. Je-li sklo příliš tenké, vybije se láhev sama; jiskra elektrická prorazí sklo a azi láhev.

Nestačí-li k některému účelu jedna láhev Leydenská, sestaví se jih několik v elektrickou batterii. Láhve postaví se na tác vodivým povrchem, a koule jejich spojí se ve spolek dráty (obr. 115.).

2. Kondensator či hustič v užším smyslu slova jest citlivý elektroskop, jehož deska zvaná kollektorem*) na horní straně pokosten st natřena. Dotkneme-li se kollektoru na spodní straně tělesem tak abě elektrickým, že se listky nerozstoupnou, položme na kollektor kondensator**), který se s ním ve všem shoduje (obr. 116.), a opakujme pokus dotýkajice se při tom prstem druhé ruky kondensatoru. Tim hustí se v kollektoru elektřina vyšetřovaného tělesa právě tak, jako nálepou Franklinovy desky.

zdáli-li se po té vyšetřované těleso a zdvihne-li se kondensator, elektřina kollektoru se uvolní a rozežene stky.

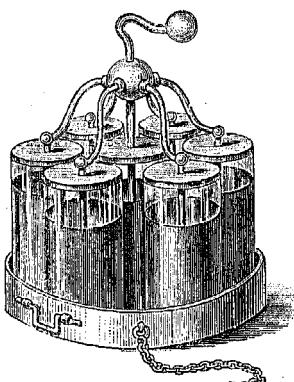
80. Elektřina ovzduší.

Utnu říšského Elektricität. Postavíme-li na desku elektroskopu korek s jehlou kolmo zabodnutou aneb doutající františek a vyzdvímemme-li jej nad hlavu pod svým nebem, kde není na blízku stromův a domův, shlekáme, že se listky elektroskopu záhy rozstoupnou. Náboj elektroskopu svývá za jasné oblohy a za mlhy kladný, za deště někdy kladný, jindy záporný.

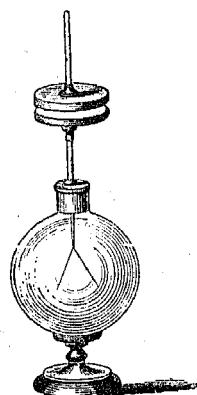
O vzduší jest vždycky elektrické.

2. Benjamin Franklin pustil r. 1752. před bouří hedvábného draka nahore hrotom opatřeného a přivázal na konec motouzu klíč a o něco výše hedvábnou šňůru, za kterou draka držel. Z počátku nepozoroval

Obr. 115.



Obr. 116.



*) Colligo = sbírám.

**) Condenso = zhušťuji.

ničeho, když však motouz promokl, Franklin bral z kliče jiskry tak silné, že jimi lít zapálil.

Bouřná mračna jsou nabita elektřinou velikého potenciálu.

3. Sražili se vodní páry v oblak neb mračno, nahromadí se na něm elektřina podobně jako na konduktoru elektriky.

Elektrický mrak budi v zemi obě elektřiny, souhlasnou pudi do hlubin, protivnou přitahuje do vrcholů stromův a domův a, je-li potenciální rozdíl dostatečný, vyrovnaji se bleskem. Pravíme pak, že udeřilo. Hromový rachot vzniká násilným otřesením vzduchu a prodlužuje se ozvou od mračen, hor a lesů.

Účinky blesku jsou podobné jako jiskry z Leydenské láhvě, jen že mnohem mocnější. Blesk zapaluje hořlavé látky, rozbijí a tříští špatné vodiče taví kovy a písek (bleskové roury) a usmrčuje lidi i zvířata.

Chtíce se uchrániti blesku, neschovávejme se pod osamělé stromy a hledíme, abyhom nebyli nejvyššimi předměty svého okolí, nestůjme pod komínem a neprodlévejme po blíž dobřích vodičů elektřiny.

4. Domy chránime před účinky blesku hromosvody, (Blitzableiter.) Tyto vymyslit Benjamin Franklin ve Filadelfii r. 1753. a současně Prokop Diviš, farář v Přiměticích u Znojma, který postavil první hromosvod v Evropě r. 1754.

Franklinův hromosvod skládá se ze železné tyče ke krovu střechy svisně upevněné a nahoře pozlaceným hrotom opatřené. Tato tyč jest spojena se zemí drátěným provazem, který se ve vlhké půdě rozvětuje a kovovými deskami končí. — Táhne-li mračno zvolna nad hromosvodem, „ssaje“ s hrotu protivnou elektřinu země a vyrovnává se s ní, čímž napjetí elektřiny mraku se zmírní; avšak přiblíži-li se mrak náhle, a je-li elektrický potencial jeho veliký, blesk sjede po hromosvodu beze škody do země.

Podle prof. Zengra v Praze chrání nejlépe hromosvody tvořící kostru souběžně rozložených tyčí železných, která celý dům obklopuje a na nejvyšších místech uchycovacími tyčemi opatřena jest. (Srov. 74. 2.)

81. Galvanická batterie. (Galvanische Batterie.) Naplňme několik nádob rozředěnou kyselinou sírovou a ponořme do každé desku zinkovou a desku z připraveného uhlí. Spojme pak drátem každou desku uhelnovou z nádoby předcházející s deskou zinkovou z nádoby následující a opatřme i volnou desku zinkovou a uhelnovou v krajních nádobách dlouhými dráty. (Obr. 117.)

S přístrojem tak zařízeným provedme tyto pokusy:

a) Spojme jeden drát s kollektorem velmi citlivého elektroskopu a položme prst na kondensator. Zdvihneme-li po té kondensator, lístky elektroskopu se rozstoupou a to elektřinou kladnou, byl-li kollektor spojen s uhlím a elektřinou zápornou, byl-li kollektor spojen se zinkem.

Deska uhelná a zinková jeví tedy určitý potencialní rozdíl.

b) Spojme konec dlouhých drátů. Kapalina počne šuměti a na zinku tvoří se bublinky plynu.

c) Přerušme spojení obou drátů. Mezi konec jejich zablýskne se jiskřička, kterou se potencialní rozdíl na obou deskách vyrovná. Šumění v nádobách přestane. Jiskřička objeví se po každé, ať se dráty sebe rychleji spojují a oddělují.

Z toho jest zřejmo, že se náboje desek okamžitě obnovují, sotvaže se vyrovnały.

Zůstanou-li konec drátů spojeny, koluje v přístroji nepřetržitě proud elektrický (Viz 78.!) a to dráty od uhlí k zinku, v kapalině od zinku k uhlí.

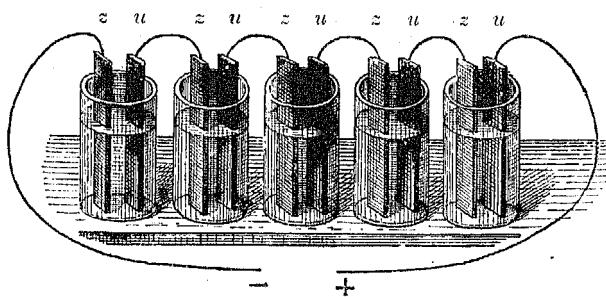
Popsaný přístroj sluje batterie galvanická čili voltaická a jest vydatným zdrojem elektřiny. Každá nádobka s kapalinou, deskou zinkovou a uhelnou sluje článek, desky samy elektrody *), vyčnívající konec jejich poly. Uhel má pol kladný, zinek záporný. Dráty, jež poly spojují, slouží dráty polární. Jsou-li poly všech článeků spojeny, jest batterie zavřena, jinak otevřena.

Uhel v článku nahražuje se často deskou kovovou na př. měděnou nebo platinovou. Poly článku se tím nezmění.

Podnět k objevení článeků galvanických dal Alois Galvani, professor anatomic v Bologni, který r. 1790. pozoroval, že sebou žabí nožičky poblíž elektřinky při každé jiskře trhly. Galvani viděl v tomto úkaze soubudu účinek elektřiny buzené třením na elektřinu živočišnou, kterou tehdejší přírodozpyteci za pramen všeho života pokládali. Aby zděl, kterak vzdutná elektřina na elektřinu živočišnou účinkuje, zavřel stažené žabí nožičky měděnými háčky na železné mřížoví u zahrady. Účinek elektřiny vzdutné sice se neobjevil, za to však nožičky po každé sebou trhly, kdykoliv jimi vítr tak pohnul, že se železa dotkly. Galvani vysvětloval úkaz v ten rozum, že nerv jest kladný, sval záporně elektrický a že elektřina oněmi kovy z nervů do svalů přechází a tím trhání způsobuje.

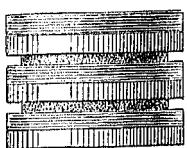
Pokusy Galvaniho vzbudily velikou pozornost a opakovaly se všude. Volta, professor fysiky v Pavii, shledal však, že pokusy jen tenkráte se daří, jsou-li nervy a svaly dráty z různých kovů spojeny, a tvrdil, že příčinou výjevu jest elektřina

Obr. 117.



*) hodos = cesta.

Obr. 118. vzbuzená dotekem obou kovů a žalí nožičky že jsou toliko citlivým elektroskopem.



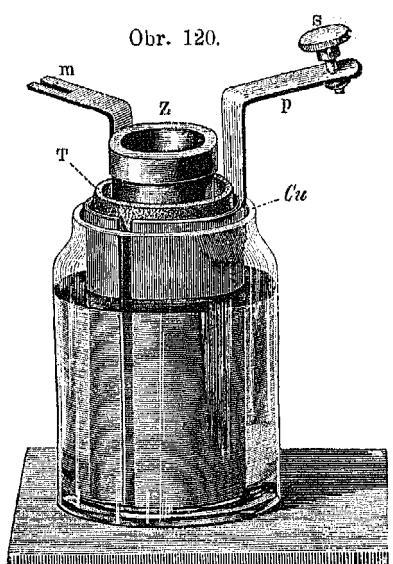
Aby mínění své dokázal, sestavil desky zinkové a měděné v baterii, která měla podobu sloupu a proto Voltovým sloupem se nazývá. (Obr. 118.) Články jeho byly dvojitě desky spojené z kotoučů zinkových a měděných, které tak na sebe kladly, že strany měděné byly obráceny nahoru a zinkové dolů. Jednotlivé dvojice oddělily pak od sebe plstěnými kotoučky roztokem soli kuchyňské napuštěnými.

82. Články stálé. Proud článků Voltových bývá z počátku silný, slabne však rychle a zmizí záhy. Příčinou toho jest, že proudem vylučuje se z kapaliny plyn (vodík), který se na desce uhlé nebo měděné v podobě bublinek usazuje, tím dotyčnou plochu mezi kapalinou a deskou zmenšuje a jsa špatným vodičem elektřiny proudu nepřekonatelný odpor činí.

Této vady nemají články stálé (constante Elemente), jichž proud po delší dobu stejné účinky jeví.

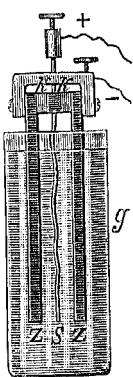
Článek Smeeuv (obr. 119.) skládá se z desky stříbrno-brně poplatinované, která se mezi dvě desky zinkové upevňuje a s nimi do rozředěné kyseliny sírové noří. Drsný povlak platinový jest příčinou, že se ho bublinky plynu valně nechytají.

Článek Grenetuv má místo desky stříbrné desku z připraveného uhlí; v nádobě jest pak roztok 1 dílu dvojehromanu draselnatého ve dvou dílech kyseliny sírové a 12 dílech vody.



Obr. 120.

Obr. 119.



V článku Danielově (1836.) jest valec měděný ponořen do sehnávaného roztoku modré skalice a válec zinkový do rozředěné kyseliny sírové. Obě kapaliny jsou odděleny nádobou průlničitou T , aby se nesmíchaly. (Obr. 120.) Proud jde od mědi drátem k zinku a v kapalině od zinku k mědi. Potencialní rozdíl nábojů obou polů tohoto článku pokládá se přibližně za jednotku, která sluje Volt.

U článku Groveho (1839.) zastupuje měď platina, která se do sehnávané kyseliny dusičné staví.

Článek Bunsenuv má místo platiny připravený uhel.

U všech těchto článků jest zinek polem negativním. Aby se zbytečně nerozpouštěl, je-li článek otevřen, amalgamuje se t. j. opatruje se povlakem rtuti.

Proud batterie mnohočlenné jeví účinky tepla a světla, fysiologické, chemické a magnetické.

83. Účinky tepla a světla. 1. Tenký drát železný nebo platinový zahřeje se galvanickým proudem do červena, do bíla a konečně se roztaví.

Galvanickým proudem plodí se teplo.

Železným drátkem, kterým galvanický proud prochází, zapaluje se střelný prach v podkopech, žhoucích drátků platinových užívají ranhojiči při odnímání výrůstků, připravení vlákna uhlelná žhavějí ve vzduchoprázdnych lampách žárových (obr. 121.) a vydávají klidné bílé světlo.

2. Ponoříme-li jeden polarní drát batterie do rtuti a dotýkáme se povrchu jejího druhým drátem polarním, rtuť rozžže se a každým spojením a přerušením proudu vznikne jasná jiskra.

Položíme-li jeden drát polarní na pilník, po němž druhým drátem smykneme, srší z pilníku jiskry žhoucích opilků.

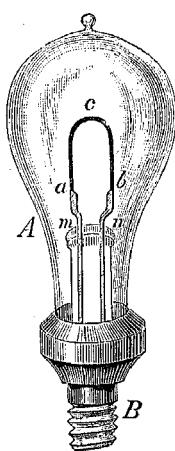
Končí-li polarní dráty velké batterie uhlennými ronbíky, jež se vespolek dotýkají, rozžavějí se konce jejich a oblouk oslijujícího světla vznikne mezi nimi, když se poněkud od sebe vzdálí. Oblouk ten skládá se ze žhoucích částiček uhlenných, které většinou od polu kladného k polu zápornému přeletují. (Obr. 122.) Poněvadž uhlíky uhořují, užívá se u lamp obouhlíkových zvláštních regulatorů (rovnatelů), kterými se konce uhlíků ustavičně v téže vzdálenosti udržují.

Výtečně osvědčil se regulator Křížíkův.

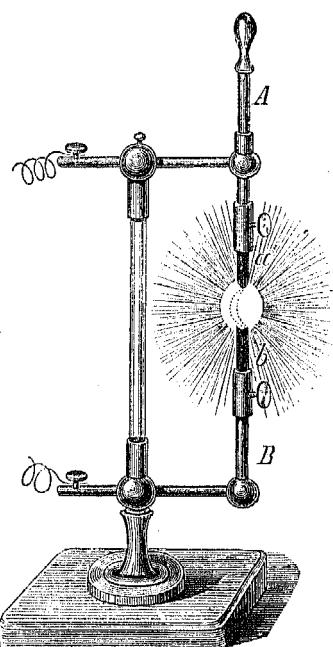
K elektrickému osvětlování neužívá se však batterii galvanických, nýbrž strojů dynamo-elektrických, které se pohybují parou.

84. Účinky fysiologické. Držíme-li v rukou zvlhčených kovové válce, jimiž polarní dráty mnohočlenné batterie končí, pocítíme okamžité trhnutí, kdykoliv se

Obr. 121.



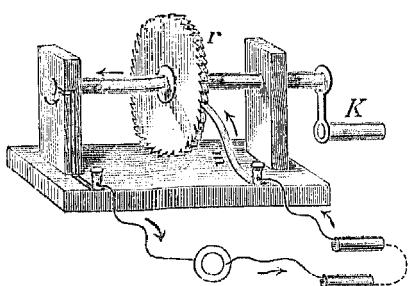
Obr. 122.



proud zavře nebo otevře. Pokud jde tělem, necítíme nic. Vezmeme-li do jedné ruky kromě dotčeného válce též pilník a přejedeme jej válcem

rukou druhé, pocítíme tolik trhnutí, kolik rýh pilník má. Rychlého přerušování proudu docílí se též Neefovým kolečkem, jehož zařízení z obr. 123. jest patrné.

Obr. 123.



Fysiologických účinků galvanického proudu užívá se k účelům léčivým.

85. Účinky chemické. 1. Korkem nádobky nálevkovité (obr. 124.) jsou prostrčeny dráty opatřené na koncích plíšky platinovými. Nádobka i trubky přes plíšky poklopené jsou naplněny vodou, která se kraptem kyseliny sírové vodivější učinila. Spojuji se oba dráty s poly mnohočlenné batterie, tvoří se na obou plíškách bublinky a trubky plní se

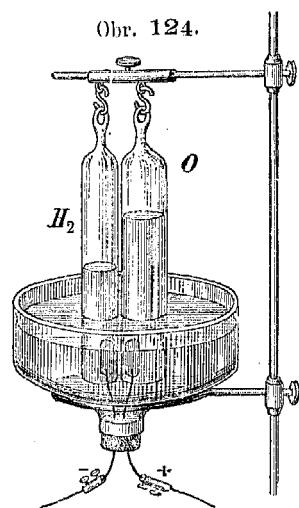
bezbarvým plynem, avšak trubka na polu záporném dvakrát rychleji. Upeleli se trubka za trubkou prstem a vyndá se z kapaliny, lze plyn dvojnásobného objemu zapáliti a v plynu druhém doutnající třísku rozžíti. Onen byl vodík (hydrogenium) a tento kyslík (oxygenium).

Galvanickým proudem rozkládá se voda ve své součástky.

Oba plyny vylučují se tím hojněji, čím silnější jest proud t. j. čím více elektřiny vodou prochází; proto můžeme souditi i naopak o síle proudu z množství vyloučených plynů. Abychom je pohodlně měřiti mohli, jímáme kyslík i vodík (třaskavý plyn) ve společné trubici. Přístroj takto zařízený sluje voltameter. (Faraday r. 1835.)

Za jednotku proudu běže se ten proud, který v 1 minutě vyloučí $10 \cdot 54 \text{ cm}^3$ třaskavého plynu (při 0° C . a 760 mm tlaku). Jednotka taž sluje Ampere.

Obr. 124.



Látka, která se elektrickým proudem ve své součástky rozkládá jako na př. voda, jmenuje se **elektrolyt**^{*)}, její součástky **iony**^{**)†}, rozklad sám **elektrolysa**; konec vodiče, kterým proud do elektrolytu věhází, sluje **anoda**^{***}) a kterým vychází **kathoda**^{††}), oba dohromady slují **elektrody**.

2. Naplníme-li voltametr roztokem modré skalice, vylučuje se proudem na anodě kyslík, na kathodě ryzi měď. Jsou-li elektrody měděné, nevystupuje na anodě kyslík, ale z mědi tvoří se zle opět modrá skalice.

Jako modrá skalice rozkládají se galvanickým proudem všecky soli, a na kathodě vylučuje se z pravidla ryzí kov.

Této zkušenosťi užívá se hojně k rozmanitým účelům praktickým. Nejdůležitější jsou **galvanoplastika**^{†††}) a **galvanostegie**^{††††}).

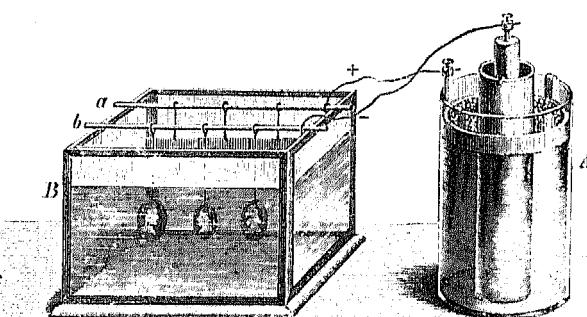
Galvanoplastika jest odlikování rytin, penízů, a jiných plastických výrobků galvanickým proudem. (Jacobi a Spence r. 1838.)

Předmět kovový, jehož jednu stranu odličiti chceeme, se očistí, potře olejem a osuší pijavecem, aby se odlika snadno odloupla. Ostatní části jeho pokryjí se voskem. Pak se zavěší do lázně sehnáňeho roztoku modré skalice a spojí se záporným polem galvanického článku. (Obr. 125.)

Pol kladný končí v láznideskou měděnou. Předmět, který se odličí má, jest tedy kathodou, na které se měď z modré skalice vyloučená sráží. Za dva dny utváří se otisk tak silný, že se snadno odloupne.

Tento otisk služe negativní, jelikož vypuklá místa originalu jsou na něm prohloubená a naopak. Dáme-li do galvanoplastického přístroje otisk negativní, nabudeme otisku pozitivního. Aby se práce urychlila, hotoví se negativní otisky ze sádry, z gutta-perchy, aneb ze směsi vosku a stearinu a potírají se pak nejmenší tubou, která povrch jejich vodivým činí.

Obr. 125.



^{*)} lýo = rozpouštění.

^{**) ior = jdoucí.}

^{***)} aná = nahoru, hodós = cesta.

^{†)} katá = dolů, hodós = cesta.

^{††)} plássō = tvořím.

^{†††)} stégo = pokrývám.

Je-li povrch kovového předmětu ryzí a mastnoty prost, pokryje se tenkou vrstvou mědi, kterou odloupnouti nelze.

Pokrýváním předmětů z kovů obecných kovy vzácnějšími a dražšími zabývá se galvanostegie.

Předměty železné se niklují, příbory mosazné neb argentanové se postříbřují, šperky se pozlaciují a t. d.

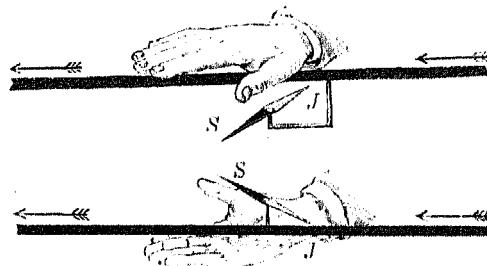
V lázni musí být pokázdě rozpuštěna sůl toho kovu, z něhož má být povlak. Z téhož kovu musí být též deska anody.

86. Účinky magnetické. 1. Vedeme-li galvanický proud podle magnetky, tato vychýlí se z magnetického poledníka. Avšak jde-li proud kolmo na magnetický poledník od západu k východu nad magnetkou aneb opačným směrem pod ní, magnetka zůstane v klidu. Z toho soudíme, že proud snaží se postavit magnetku na svůj směr kolmo. (Oerstedt r. 1820.)

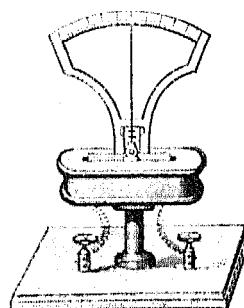
Nejde-li proud na magnetický poledník kolmo, působí na každý pol magnetky dvě síly t. síla proudu a magnetičnost zemská a proto přijme magnetka polohu výslední.

Směr odchylky stanovíme dle pravidla Ampérova, které lze vysloviti takto: Položime-li pravici dlaní k magnetce obrácenou směrem proudu na polární drát, pol severní vychýlí se pokázdě k palci.*^{*)} (Obr. 126.)

Obr. 126.



Obr. 127.



Pravidlo toto platí vždy, necht má proud jakoukoli polohu. Proto můžeme i naopak z odchylky magnetky soudit, je-li někde galvanický proud a který má směr. Magnetka k tomu zařízená služí galvanoskop.

Obraz 127. představuje galvanoskop, jehož magnetka je váhadellem citlivých vážek a otáčí se v rámečku, na kterém měděný drát hedvábním opředený v mnoha ovitech jest navinut. Poněvadž proud v každém ovitku magnetku týmž směrem od-

^{)} Původní Ampérovo pravidlo zní takto: Myslime-li si člověka plovoucího proudem tak, aby měl magnetku na očích, vychýlí se severní pol k levé ruce.

chyluje, množí se účinek s počtem ovitků, a z té příčiny jmenejte se přístroj též multiplikator.

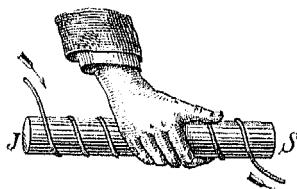
Prochází-li galvanoskopem proud, jehož směru neznáme, položme pravici po drátech rámečku tak, aby byl palec na té straně, kam se vychyluje severní pol magnetky a proud jde směrem prstů.

Citlivější multiplikatory mívají magnetku astatickou, která vláknenem kokonovým tak se zavěší, že jedna jehla otáčí se v rámečku a druhá nad ním ukazuje na stupník. (Obr. 128.) Prostou úvahou poznáme, že všecky částky proudu otáčejí obě jehly v témž smyslu.

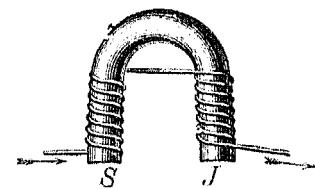
Obr. 128.



Obr. 129.



Obr. 130.



2. Navineme-li drát hedvábím opředený na tyč neb podkovu z měkkého železa a vedené jím proud, železo se zmagnetuje. (Obr. 129., 130.) Přerušíme-li proud, magnetičnost železa zmizí. Takové magnety slovou **elektromagnety**. (Sturgeon r. 1825.) Učiníme-li tyž pokus s tyčí neb podkovou ocelovou, zmagnetuje se trvale.

Poly elektromagnetu vyhledáme snadno tímto pravidlem: Vezmeme-li elektromagnet do pravé ruky tak, aby měly prsty směr proudu v ovitech, severní pol jest ve směru palec. Nosivost elektromagnetu jest tím větší, čím tlustší jest železo, čím silnější jest proud a čím více jest ovitků.

Elektromagnet, zvláště je-li opatřen kotvou, podrží stopu magnetičnosti i když se proud přeruší. Tuto magnetičnost nazýváme **remanencií**.*)

Elektromagnetův užívá se při telegrafech a při rozmanitých hybstrojích.

87. Telegraf)** Morseův skládá se z batterie, klíče, proudovodu a stroje zapisovacího. (Obr. 131.)

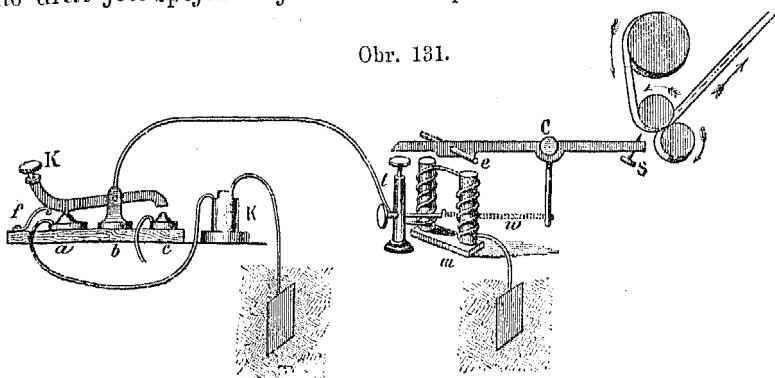
Klíč jest mosazná páka *K*, která se v mosazném sloupku *b* na prkénku upevněném otáčí a každým konec kovového kuželíku buď *a* neb *c* se dotýká. Jeden pol batterie jest spojen s kuželíkem *a*, druhý se zemí deskou *P*. Od osy klíče vede drát na druhou stanici a končí tam deskou v zemi. To jest proudovod. (Leitung.) Aby proud neuházel tyčemi do země, jsou na nich upevněny porcelánové kloboučky, ku kterým se drát připevní.

*.) ramaneo = zůstávám.

**) těle = daleko, gráfo = pišu.

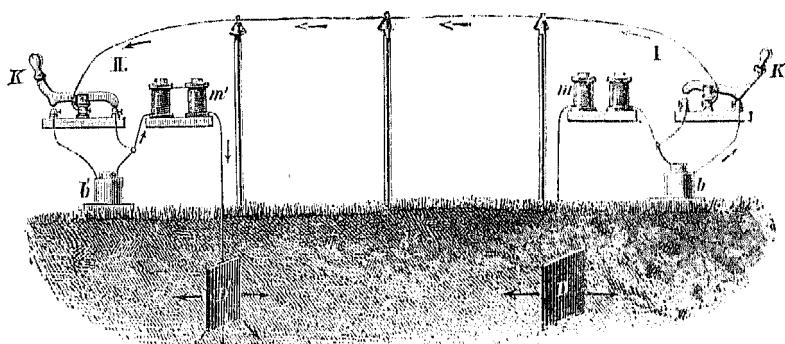
Stroj zapisovací (Schreibapparat) skládá se z elektromagnetu a z trojramenné páky, která se okolo osy *C* otáčí. Konec páky nad elektromagnetem jest prostrčena tyč z měkkého železa *e*, zvaná kotvou, která se k elektromagnetu přitáhne, prochází-li proud drátem jeho. Tento drát jest spojen na jedné straně s proudovodem, na druhé se zemi.

Obr. 131.



Na druhém konci páky jest zašroubováno rydlo *s*, které se k proužku papíru přitiskne, kdykoliv elektromagnet kotvu přitáhne. Proužek papíru provléká se mezi dvěma válečky, které hodinovým strojem v protivném směru se otáčejí. Hořejší váleček má kolem do kola rýhu, do které rydlo zapadá a na papíru buď bod neb čárku vytlačuje dle toho, je-li proud zavřen jen na okamžik neb na delší dobu. Na třetím rameně

Obr. 132.



páky jest připevněna spruha *w*, která se šroubkem do zvláštního sloupku zapuštěným dle potřeby vzpruží, aby se kotva od elektromagnetu ihned odtrhla, jakmile proud se přeruší. Šroubkem *t* se brání, by se kotva elektromagnetu nedotýkala, poněvadž by ji remanentní magnetičností přidržel, i když proud se přeruší, a spruha *w* nebyla by s to, aby ji

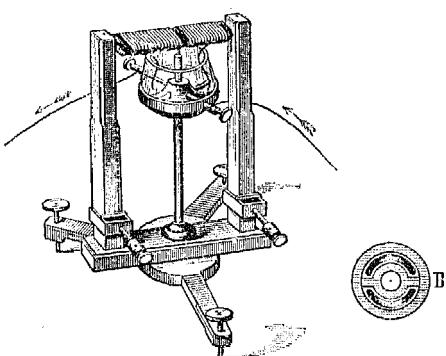
odtrhla. Popsaným strojem telegrafouje se takto: Stlačí-li se klíč (Tastér) na kuželik *a*, batterie se zavře, a proud jde kličem a proudovodem na vzdálenou stanici, oběhne elektromagnet, vejde do země a vrátí se tudy k batterii zpět.

Dotkne-li se páka kuželíku *a* jen na okamžik, jest spojení proudu jen okamžité, a rydlo *s* udělá v papíru bod; je-li páka s kuželíkem *a* déle ve styku, proud trvá déle, a rydlo vytlačí v papíru čárku. Z těchto čárek a bodů jest složena celá abeceda; e = ., t = —, a = · —, u = — ., m = — —, i = .. a t. d.

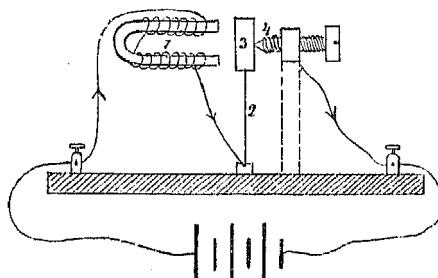
Má-li se telegrafovati nazpět, musí mít též druhá stanice klíč s batterií a stanice prvá stroj zapisovací. Obr. 132. znázorňuje dokonale spojení obou stanic.

88. Elektromagnetické hybstroje (elektromagnetické Motoren) jsou velmi četné a rozmanité. Obr. 133. znázorňuje hybstroj Ritschleův (r. 1833.), při kterém se elektromagnet mezi poly magnetu ocelového galvanickým proudem otáčí.

Obr. 133.



Obr. 134.



Mezi rameny silné magnetické podkovy stojí na dřevěném sloupku sklenička, dřevěnou příčkou přepravená. *B*. Ve skleničce jest rtuť, jejíž hladina pažení s obou stran poněkud převyšuje. Ze středu nádoby vyčnívá hrot, o nějž elektromagnetická tyč se opírá. Konec drátu na elektromagnetu navinutého dotýkají se rtuti v obou žlabečkách, vyjma ten okamžik, kdy přeskakují pažení. Poly elektromagnetu jsou tenkrát právě mezi rameny podkovy. Vychýlime-li elektromagnet poněkud z této polohy a zavedeme-li do rtuti proud, elektromagnet se roztočí, jelikož z počátku souhlasné poly se odpuzují a později protivně přitahují. Otočí-li se elektromagnet o půl kruhu, přeskocí drátky pažení, směr proudu a tím každý pol elektromagnetu promění se v opačný a elektromagnet točí se dále z téže příčiny jako na počátku.

Wagnerovo kladívko jest k tomu, aby proud sám sebe rychle přerušoval a spojoval. (Obr. 134.) Skládá se z elektromagnetu 1, jehož drát na levé straně se svorce, na pravé s ocelovou spruhou 2 spojen jest. K spruze této jest přivařena kotva z měkkého železa 3, která se

v klidu šroubkou 4 dotýká, od něhož drát k druhému svorce vede. Spojí-li se oba svorce s baterií, elektromagnet 1 přitáhne kotvu 3, čímž se spojení mezi ní a šroubkem přeruší. Elektromagnet pozbude magnetičnosti, spruha 2 odtrhne kotvu a přirazi ji k šroubku 4, proud spojí se poznovu, a hra se opakuje. Nahradíme-li šroubek 4 zvonkem, máme domácí telegraf.

59. Proudы indukovane. (Inductivní ströme.) (Faraday r. 1831.)

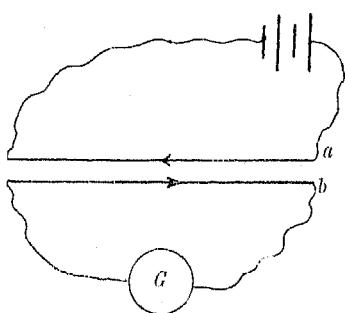
1. Na dřevěné cívce P (obr. 135.) navinut jest silný, měděný, hedvábím

opředený drát, jehož konec s poly galvanického článku jsou spojeny. Cívka tato služe hlavní. Hlavním zove se též proud, který ovitky jejimi probíhá. Cívka vedlejší S jest dutá a má několik set ovitků drátu tenkého, jehož dlouhé konce ku galvanoskopu G vedou.

Vsuneme-li cívku hlavní do cívky vedlejší, magnetka vychýlí se na okamžík z polohy rovnovážné; vysuneme-li cívku hlavní, magnetka vychýlí se opět, ale směrem protivným. Po několika kyvcech vrátí se pak do dřívější polohy.

Vsunutim i vysunutim cívky hlavní vznikají v cívce vedlejší proudy okamžité; nazýváme je indukovanými či vedlejšími.

Obr. 135.



Z výchylky na galvanoskopu poznáme Ampèrovým pravidlem, že proud vysunutím cívky indukovaný má směr opačný než proud hlavní. Obr. 136. znázorňuje tento výjev.

Proud vysunutím cívky indukovaný má tedy směr s proudem hlavním souhlasný.

Při pokuse musí být galvanoskop od cívky vedlejší co možná daleko, aby hlavní proud na magnetku nepůsobil. Že výchylka magnetky nepochází od proudu hlavního, přesvědčíme se i

tím, že galvanoskop vypneme a dráty opatříme kovovými válečky, jež někdo ve vlníkých rukou drží. Pocítí trhnutí při každém vsunutí i vysunutí cívky hlavní.

Necháme-li hlavní cívku ve vedlejší a přerušíme v ní proud, účinek jest týž, jako by se cívka hlavní náhle vysuňula, a spojíme-li hlavní proud, jako by se náhle do vedlejší cívky vsunula. Můžeme tedy říci:

V vedlejším uzavřeném vodiči indukuje se okamžitý proud směru protivného, když hlavní proud se přiblíží nebo spojí, a proud téhož směru, když hlavní proud se vzdálí nebo přeruší.

2. Vsuneme-li magnetickou tyč do vedlejší cívky s galvanoskopem dlouhým drátem spojené, odchylka magnetky prozradí, že se v cívce indukoval okamžitý proud, vytáhneme-li magnet, magnetka vychýlí se na okamžik v opačnou stranu, což prozrazuje v cívce proud dřívějšímu protivný.

V uzavřeném vodiči indukuje se okamžitý proud, když k němu magnet přiblížíme, i když jej od něho vzdálíme.

Proudy tyto slují magnetoelektrické na rozdíl od proudů vzbuzených proudem galvanickým, jež galvanoelektrickými nazýváme.

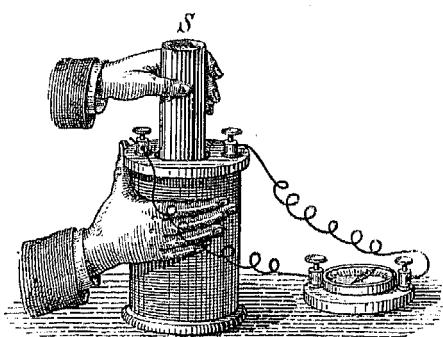
Vyhledáme-li podle odchylky galvanoskopu směr proudu indukování vsunutím magnetu a vezmeme pak cívku do pravé ruky tak, aby šel proud v ovitech proti prstům, má palec směr polu severního. Odtud čerpáme pravidlo k stanovení směru proudů magnetoelektrických.

Vezmeme-li cívku do pravé ruky tak, aby měl palec směr severního polu magnetu, jde proud v ovitech proti prstům, když se magnet přiblíží a směrem prstů, když se vzdálí. (Obr. 137.)

Z toho vysvítá, že proud indukovaný přiblížením tyče magnetické jest protivný onomu, který by tyč tak zmagnetoval, jak zmagnetována jest. (Srov. obr. 129.)

Dá-li se do cívky měkké železo a přiblíží se k němu magnet, měkké železo se zmagnetuje, a v cívce indukuje se týž proud, jako by se magnet do cívky vsunul; vzdálí-li se magnet od železa, toto pozbude své magnetičnosti, a v cívce indukuje se týž proud, jako by se magnet z cívky vytáhl.

Obr. 137.



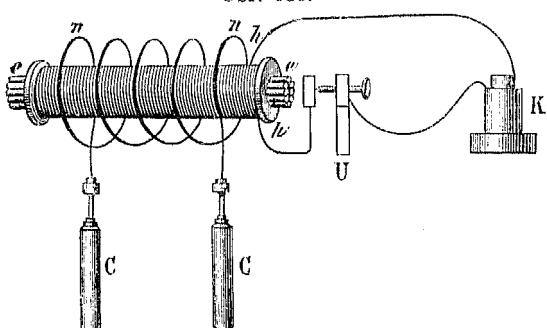
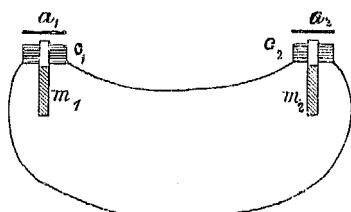
Proudy indukované vznikají též, je-li v cívce magnet, a měkké železo se k němu přiblíží, neb od něho vzdálí. Výjev ten jest základem telefonu.**) (Obr. 138.)

Bellův telefon skládá se z magnetické tyče m_1 , na jejíž jednom konci navlečena jest cívka c_1 s četnými ovitky jemného izolovaného drátu. Naproti cívce jest tenká destička železná a_1 . Cívky dvou telefonů na různých stanicích spojeny jsou drátem. Mluví-li se před destičkou a_1 , tato se rozechví a přiblížuje se tyče magnetické navádí v cívce elektrický proud jednoho směru a vzdalujíc se od ní proud směru protivněho. Proudy tyto přecházejí na druhou stanici a sesilují neb seslabují magnetičnost tyče m_2 ve druhém telefonu. Tím přivede se destička jeho a_2 ve stejně chvění jako destička a_1 , a ucho slyší jasně řeč ze vzdálené stanice.

Telefon bývá spojen s mikrofonem,***) kterým se i sebe menší zvuky do dálky přenášejí.

Obr. 139.

Obr. 138.



4. Nejsilnějších proudů indukovaných nabudeme, vyplníme-li dutinu v cívce hlavní dráty z měkkého železa a vsunouce ji do cívky vedlejší proud hlavní rychle spojujeme a přerušujeme. (Obr. 139.) K tomu účelu vkládá se obvykle do hlavního proudu Wagnrovo kladívko. Při každém spojení proudu měkké železo se zmagnetuje, při každém přerušení jeho odmagnetuje, a tak indukuje se v cívce vedlejší proudy galvanoelektrické a souhlasné magnetoelektrické zároveň.

Proudy indukované mají účinky fysiologické, chemické, mechanické, tepelné i světelné. Zvláště silné jsou účinky fysiologické. Vezmeme-li držadla CC, jimiž drát na cívce vedlejší končí, do rukou, pocítujeme mocné otřásání svalů.

Přiblíží-li se k sobě konce drátů cívky vedlejší, přeskakují mezi nimi u větších strojů jiskry. Znamenité jsou též úkazy světelné v trubicích se zředěnými plyny. (Trubice Geisslerovy.)

**) těle = daleko, fóně = zvuk.

***) mikros = malý.

90. Magnetoelektrický stroj Grammův. Základem novějších strojů magnetoelektrických jest stroj Grammův, (r. 1871.) který dává proudy stálé, nepřetržité a stejného směru. (Obr. 140.)

Skládá se z kovového věnce, který se mezi poly silného soumagnetí otáčí. Grammův věnec jest železný kruh, na kterém měděný drát izolovaný v četných odděleních čili cívách jest navinut. Na hřídeli toho věnce navlečen jest soudek, jehož uzounké dužiny dřevěné s kovovými se strídají. Každá kovová dužina jest spojena s koncem drátu cívky jedné a se začátkem drátu cívky následující. Tím docílí se, že tvoří všecky cívky jediného vodiče bez konec. Na soudku smýkají se nahore a dole svazečky pruhů plechových, zvané kartáčky, které se několika dužinou současně dotýkají.

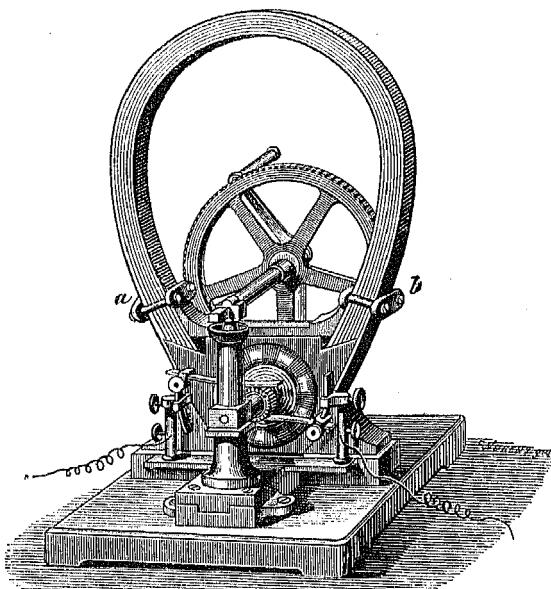
Železný kruh věnce jest z magnetován soubudem, a magnetický stav jeho otočením věnce rychle se mění; neboť celá levá půlka musí mít ustavičně na př. magnetičnost jižní, celá pravá půlka magnetičnost severní. Do všech cívek na levém polokruhu navedou se tedy proudy směru jednoho a do všech cívek na pravém polokruhu proudy směru protivního a odvádějí se příslušnými kartáčky do drátek polarních.

Stojí-li stroj, a zavedeme do něho odjinud proud, věnec jeho se roztočí, a stroj magneto-elektrický promění se v hybstroj. Mechanickou prací lze vzbudit tedy v jednom stroji proud, a tím na vzdáleném místě podobný stroj druhý v pohyb uvést. Tento výkon nazýváme převáděním síly do dálky (*Kraftübertragung*).

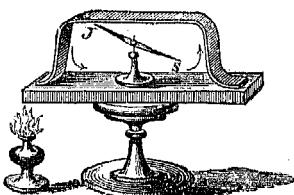
U větších strojů užívá se místo ocelových magnetů železných elektromagnetů. Remanentní magnetičnost železa indukuje v cívách z počátku jen slabé proudy, ty vedou se okolo železa, sesílí jeho magnetičnost, a silnější magnetičnost budí zase silnější proudy. Stroje takové slují dynamo-elektrické (*Dynamomaschinen*).

91. Proudys thermoelektrické. Přistroj na obr. 141. skládá se z tyče antimonové, ku které jho z měděného plechu přiletováno jest. Mezi oběma kovy jest magnetka, s kterou se přístroj rovnoběžně postaví. Zaliřejí-li se kovy na místě, kde sletovány jsou, magnetka se vychýlí, což jest důkazem,

Obr. 140.



Obr. 141.



že vznikl v kovech elektrický proud. Nazýváme jej proudem thermoelektrickým.

Položíme-li na vrchní pruh pravici tak, aby byl palec na té straně, kam se vychýlí pol severní, jde proud směrem prstů a tedy na zahřátém místě od mědi k antimonu.

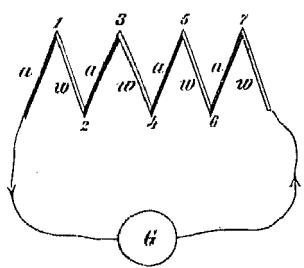
Čláinky thermoelektrické mohou sestavovati se též z jiných kovů avšak síla proudu a směr jeho jest pokaždé jiný. Všecky kovy lze seřaditi tak, že v každé dvojici jde proud na zahřátém místě od

kovu předcházejicího k následujícímu a jest tím silnější, čím dále jsou kovy od sebe.

Nejobyčejnější členy této řady jsou: vismut, nikl, platina, měď, zinek, železo, antimon. (Seebeck 1821.)

Čláinky thermoelektrické sestavují se v sloup, jak na obr. 142. znázorněno. Spojí-li se poly takového sloupu s multiplikatorem, magnetka jeho odchýlí se již, když k sletovaným koncům teplé těleso toliko přiblížíme. Z té příčiny jest thermoelektrický sloup nejcitlivějším thermoskopem.

Obr. 142.



IX. O pohybu těles.

92. Pohyb vůbec. Čára, kterou těleso probíhá, sluje dráha jeho. Jako u čar vůbec rozeznáváme i u dráhy tvar a délku. Co do tvaru jest dráha buď přímá neb křivá. Délku dráhy vztahujeme vždy k době, která uplynula, než ji těleso proběhlo. Jsou-li dráhy vykonané v rovných dobách jakkoli velkých sobě rovny, sluje pohyb rovnoměrným (gleichförmige Bewegung), v opačném případě nerovnoměrným (ungleichförmige Bewegung).

Pohyb ručičky u hodin, parní lodi na hladině jezera neb vlaku po rovině jedoucího při rovném napjetí páry jsou příklady pohybu rovnoměrného. Vjíždí-li vlak do nádraží neb vyjíždí-li z nádraží, jest pohyb jeho nerovnoměrný.

Pohyb nerovnoměrný jest buď rychlený neb zpozděný dle toho, jsou-li dráhy v rovných dobách vykonané čím dále tím delší neb kratší.

Kdy pohybuje se vlak zrychléně, kdy zpozděně?

93. Atwoodův padostroj. Na dřevěném podstavci stavěcimi šrouby opatřeném stojí kolmý sloup asi 2 m vysoký a vedle něho měřítka v rovné délce rozdelené (obr. 143.). Na hořejším konci sloupu jest kladka. Do žlabku kladky vloží se hedvábná niť s rovnými závažimi na obou koncích, která zůstanou v každé poloze v klidu čili v rovnováze. Avšak dá-li se na jedno z nich malý podlouhlý přívážek, klesá toto dolů

a druhé stoupá nahoru. U stroje bývá kyvadlo, kterým se doba pohybu měří. Závaží s přivažkem spočívá při začátku stupníku na malém můstku, který se kyvadlem při prvním kyvnu podtrhne, čímž se závaží spustí. Na měřítku jsou ještě 2 posuvné stolečky, které se v každé výši upevniti mohou. Hořejší jest opatřen otvorem tak velkým, aby závaží propadnouti mohlo, avšak podlouhlý přivažek aby se na něm zadržel.

94. Pohyb rovnoměrný. Zvolme podlouhlý přivažek takový, aby klesl s příslušným závažím za první vteřinu o 1 dílek měřítka, připevněme stoleček s otvorem pod prvním dílkem a druhý dávejme postupně o 2, 4, 6, 8 . . . dílků hlouběji. Spusťme-li kyvadlo, přivažek tlačí jen první vteřinu na závaží, pak zůstane na stolečku ležeti; ale závaží pohybuje se setrvačností dále a klepne na druhý stoleček postupně o 1, 2, 3, 4, . . . vteřiny později. Přibývá tedy dráhy v každé vteřině o 2 díly měřítka, a proto jest pohyb rovnoměrný.

Upevníme-li prolomený stoleček pod čtvrtým dílkem, přivažek bude tlačiti na závaží po 2 vteřiny, a druhým stolečkem přesvědčíme se, že závaží bez přivažku klesne v každé následující vteřině o 4 díly. Bude tedy pohyb jeho opět rovnoměrný, toliko dráha za každou vteřinu vykonaná bude dvakrát větší.

Při rovnoměrném pohybu nazýváme dráhu za každou vteřinu vykonanou rychlosťí (Geschwindigkeit). Která jest rychlosť v obou případech?

Poznačíme-li rychlosť vůbec c , bude dráha s za 2, 3, 4 vteřiny: $2c$, $3c$, $4c$, a tedy za t vteřin: $s = c \cdot t$.

Při pohybu rovnoměrném jest dráha rovna součinu z rychlosti a počtu vteřin, za které byla vykonána.

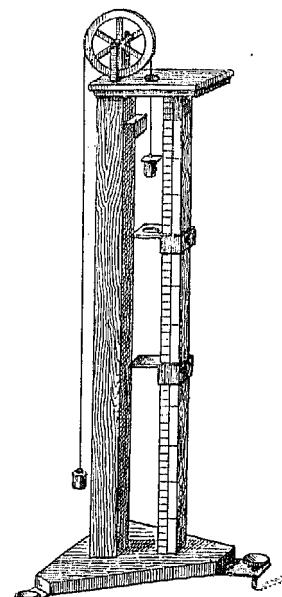
Úlohy: Kterou dráhu vykoná zvuk za 7 vteřin, šíří-li se rychlosť 333 m ? Která jest rychlosť dělové koule, jež za $\frac{1}{5}$ minuty 6600 m urazí? V kterém čase ujede vlak 8 km , pohybuje-li se rychlosťí 15 m ?

Z uvedených pokusů poznali jsme také:

Kdykoliv těleso v pohyb uvedené samo sobě se zůstaví, pohybuje se rovnoměrně v přímé čáře.

Často se zdá, že rychlosť tělesa sobě ostaveného ubývá a že i směr jeho se mění jako na př. koule vržené po kuželníku a míče vzhůru hozeného. Avšak tu třeba

Obr. 143.



uvážití, že tato tělesa sobě samým zůstavena nejsou. Kouli na kuželníku zdržuje v pohybu tření po drsné půdě, jak z poskakování koule zřejmo, a míč odchyluje se od původního směru tříži a odporem vzduchu.

Kdyby nebylo žádných překážek, pohybovalo by se každé těleso jediným popudem rovnoměrně a přímočárně do nekonečna. (Galilei r. 1638.) (Srov. 6. !)

95. Pohyb rovnoměrně zrychlený. 1. Sejměme s padacího stroje stoleček s průpadem a nechme tlačit přivažek stále po celou dobu pohybu. Druhým stolečkem přesvědčíme se, že závaží klesne:

$$\text{za 1 vteř. o } 1 \text{ d} = 1^2 \cdot d$$

$$\text{za 2 vteř. o } 4 \text{ d} = 2^2 \cdot d$$

$$\text{za 3 vteř. o } 9 \text{ d} = 3^2 \cdot d$$

$$\text{za 4 vteř. o } 16 \text{ d} = 4^2 \cdot d$$

znamená-li d délku jednoho dílku.

Dráha tělesa za kteroukoliv dobu jest rovna dráze za vteřinu prvnou, násobené čtvercem počtu vteřin.

$$s = d \cdot t^2 \quad (1).$$

2. Z předešlého jde, že dráha vykonaná

$$\text{jen za prvnou vteřinu jest } d$$

$$\text{jen za druhou vteřinu jest } 3 d$$

$$\text{jen za třetí vteřinu jest } 5 d \text{ a t. d.}$$

Přibývá tedy dráhy a tudíž rychlosti od vteřiny k vteřině o 2 d.

Pohyb, při kterém rychlosti v každé vteřině o touž délku přibývá, nazýváme rovnoměrně zrychleným (gleichförmig beschleunigte Bewegung). Stálý přírůstek rychlosti služe zrychlení (acceleraci) a značí se písmenem g. V našem případě jest $g = 2 d$ a tedy $d = \frac{g}{2}$.

Dráha v prvé vteřině proběhnutá rovná se polovičnímu zrychlení.

Zavedeme-li tuto hodnotu do rovnice (1), bude:

$$s = \frac{g}{2} t^2 \quad (2).$$

Dráha proběhnutá pohybem rovnoměrně zrychleným za kterýkoliv počet vteřin rovná je součinu z polovičního zrychlení a čtverce doby.

3. Poněadž při pohybu rovnoměrně zrychleném rychlosti stále přibývá, nelze mluvit o rychlosti vůbec, nýbrž jen o rychlosti konečné t. j. té, kterou má těleso na konci jisté doby.

Přibývá-li rychlosti v každé vteřině o g , bude:

$$\begin{aligned} \text{Na konci prvej vteřiny rychlosf } & g \\ " " druhé " & 2 g \\ " " třetí " & 3 g \text{ at. d.} \end{aligned}$$

Konečná rychlosf rovná se součinu z počtu vteřin a zrychlení.

$$v = gt.$$

96. Volný pád. (Freier Fall.) 1. Napněme od podlahy svísně vzhůru nit ff' , na které 3 olověné kuličky ve vzdálostech $2\ dm$, $4 \times 2\ dm$, $9 \times 2\ dm$ jsou navlečené. (Obr. 144.) Pustime-li hořejší konec, dopadají kuličky v rovných přestávkách za sebou. Přestávky se nápadně zkračují, učiníme-li tyž pokus s nití $f'f''$, na které kuličky ve vzdálostech $8\ dm$, $2 \times 8\ dm$, $3 \times 8\ dm$ od podlahy jsou navlečeny.

Poněvadž dráhy dopadajících kuliček při prvním pokuse mají se k sobě jako čtvercové doh, jest zřejmo, že pohyb těles volně padajících jest rovnoměrně zrychlený.

2. Spustime-li korunu a kotouček papírový o něco menší vedle sebe současně s výše, nedopadají zároveň k zemi. Oba razí si cestu vzduchem, odstraňujice jej se své dráhy; oba přemáhají odpor vzdachu avšak koruna jsouc hmotnější, činí to rychleji. Položime-li papírek na korunu, dopadá s ním současně k zemi. Proč asi?

V rouře vzduchoprázdné není odpornu vzdachu a proto padá peříčko i kulička olověná stejně rychle. Země uděluje všem padajícim tělesům totéž zrychlení.

Toto zrychlení činí u nás, jak přesnými zkouškami zjištěno, $9.8\ m$ či přibližně $10\ m$.

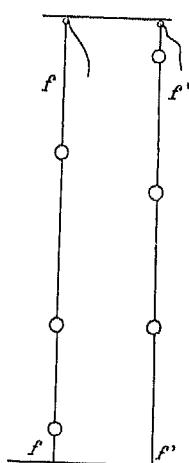
Odpor vzdachu činí, že krupéjo dešťové nedopadají k zemi zrychleně, nýbrž rovnoměrně, a že se mohou větroplavci ze značné výše s padákem spustit. Odpor vzdachu cítíme zvláště při rychlé jízdě na bicyklu a na bruslích. Prospívá-li ptákům a rybám tvar těla jejich při pohybu?

97. Velikost síly pohybující. Jedná-li se o měření síly působící na těleso v pohybu, jest třeba přihlížeti k tomu 1. jak velikou hmotu pohybuje a 2. které zrychlení jí uděluje.

Abychom závislosf pohybující síly na zrychlení a hmotnosti tělesa vyhledali, učíme tyto pokusy:

1. Dejme tomu, že váha každého závaží na stroji padacím jest $70\ g$ a že dáme na levé závaží přivažek $1\ g$ a na pravé přivažek $3\ g$. Pak jest na levé straně $71\ g$ a na pravé straně $73\ g$ a pohybující silou jsou $2\ g$. Spustime-li stroj, klesne závaží za prvou vteřinu o $1\ d$. Zrychlení jest tedy $2\ d$.

Obr. 144.



2. Přidáme-li $1g$ s levé strany na stranu pravou, zůstane na levé straně $70g$ a na pravé budou $74g$. Pohybující silou jsou tedy $4g$. Opětujeme-li dřívější pokus, přesvědčíme se, že bude dráha za první vteřinu 2 d , a tudíž zrychlení 4 d .

Při téže pohybované hmotě, přibývá zrychlení tou měrou jako pohybující síly.

3. Při posledním pokuse přívažek $4g$ tlačil hmotu $74g$ dolů, zdvíhal hmotu $70g$ nahoru a otáčel kolečkem. Staví-li kolečko otáčení svému takový odpor, jako by se $50g$ zdvíhalo, přívažek pohyboval v celku hmotu $194g$ a udělil jí zrychlení 4 d .

Přidáme-li na každou stranu ještě $97g$ tedy dohromady $194g$, bude pohybovaná hmota v celku dvakrát větší avšak pohybující síla táz jako dříve t. $4g$. Pokusem přesvědčíme se, že bude zrychlení jen 2 d .

Checeme-li dosíci dřívějšího zrychlení 4 d , musíme na pravou stranu přidat $4g$, aby byla pohybující síla dvakrát větší.

Při též zrychlení přibývá pohybující síly touž měrou jako pohybované hmoty.

Vezmeme-li za jednotku tu pohybující sílu, která jednotce hmoty zrychlení $1m$ udělí, jest síla, která jednotce hmoty zrychlení $2m$, $3m$, $4m$ vůbec g udělí, vyjádřena číslem 2 , 3 , 4 vůbec g , a síla, která M jednotkám hmoty totéž zrychlení udělí, číslem $2M$, $3M$, $4M$ vůbec g . Pohybující síla rovná se součinu z hmotnosti tělesa a zrychlení.

$$P = M \cdot g.$$

V obecném životě a ve strojníctví brává se za jednotku síly tlak neb tah $1kg$, za jednotku zrychlení $1m$. Pak jest jednotkou hmotnosti ta hmota, které síla $1kg$ zrychlení $1m$ udělí.

Abychom o této hmotě nabily správné představy uvažujme takto: Padá-li $1kg$ volně, nabývá zrychlení $9,8m$. Myslíme-li si, že jest přívažkem na padacím stroji, kde s každé strany kladky visí závaží $4,4kg$, tlačí $5,4kg$ dolů a tálne $4,4kg$ nahoru. Pohybuje tedy v celku hmotu $9,8$ krát větší než při volném pádu a proto bude zrychlení jen $1m$. V této míře jest tedy jednotkou hmotnosti hmota $9,8kg$. Hmotnost $1kg$ jest pak ovšem jen $\frac{1}{9,8}$ této jednotky,

98. Skládání pohybů vůbec. Kolečka a ručičky kapesních hodin pohybují se stejně, nechť sedíme, jdeme nebo jedeme. Na plujícím parníku, ve vozech rychlovlaku konají se rozmanité pohyby a práce, a vše se děje tak, jakoby lod a vlak stály.

Jeli-li těleso v pohybu a sdělí se mu kromě toho pohyb jiný, dějí se oba pohyby současně tak, že se jeden druhýmu neruší.

Každý jednotlivý pohyb, který se tělesu udělí, sluje pohybem složným, pohyb vyplývající ze všech pohybů složných zoveme pohybem výsledním. Určujeme-li pohyb výslední z daných složek, říkáme, že pohyby skladáme.

Skládání pohybů v přímce. 1. Pohybuje-li se vlak rychlostí šoupneme míčem v soucte osobního vozu druhé třídy rychlostí též směru, v kterém vlak jede, míč urazí za 1 vteřinu těch vozem a proběhne mimo to ve voze ještě 5 m, tak že vzdálenost původního stanoviska jest $14\text{ m} + 5\text{ m} = 19\text{ m}$.

ná-li těleso současně dva pohyby v též směru, ráha chlosť výslední rovna součtu dráha rychlostí obou pohybů ch.

Šoupneme-li míčem s touž rychlostí jako dříve od předního vazu v protivném směru, než v kterém se vlak pohybuje, ujede

14 m ku předu jako dříve, avšak zároveň vykoná ve voze zpět; pročež jest vzdálenost míče od původního stanoviska $5\text{ m} = 9\text{ m}$.

ná-li těleso dva pohyby současně ve směrech pro-, , jest dráha rychlosť výslední rovna rozdílu dráha rychlostí pohybů složných.

Rovnoběžník pohybů. (Bewegungssparallelogramm.) (Galilei.) tomu, že se kulička A pohybuje v žlábkou $A \alpha$ rovnoměrně.) a že by se dostala za 1 vt. do B , za 2 vt. do C a t. d. dejme dále, že se žlábek současně posunuje rovnoběžně sám dél přímky Ay a že přijde za 1 vt. do x_1 , za 2 vt. do polohy $C_1 \alpha_2$ a t. d., při

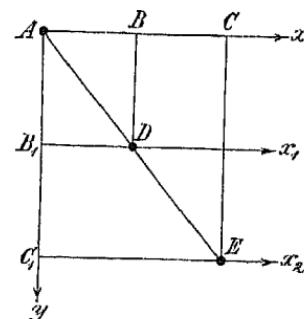
$= B_1 C_1$. Než žlábek tyto dvě polohy ilíčka proběhne v něm za prvu vteřinu $D = A B$, za 2 vteřiny dráhu $C_1 E =$ tedy na konci prve vteřiny v bodě E . Poně $\# A B$, $C_1 E \# A C$, jsou obrazce a $ACEC_1$ rovnoběžníky. Sestrojením se, že body $A D E$ výsledního pona přímce, a že $A D = D E$.

ná-li těleso současně dva rovnoměrné pohyby est pohyb výslední rovnoměrný a dráha rychlosť jeho

úhlopříčně rovnoběžníku sestrojeného z dráha rychlostí pohybů složných.

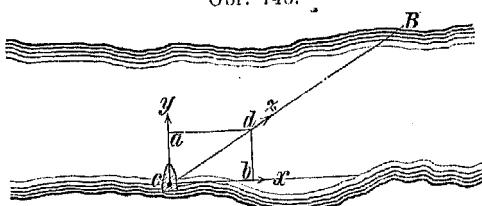
li oba pohyby v úhlu rovnoměrně zrychlené, přesvědčíme se příslušné dráhy (95. 1.), že pohyb výslední jest též rovnoměrně a dráha jeho rovná se úhlopříčně rovnoběžníku, z dráh obou silozpyp pro nižší realku.

Obr. 145.



pohybů složných sestrojeného. Poněvadž pak zrychlení jest rovno dvojnásobné dráze v prvé vteřině vykonané (95. 2.), platí ona závislost i o zrychleních.

Obr. 146.



Je-li $c a$ rychlosť loďky (obr. 146.) směrem větru $c y$ a $c b$ rychlosť její směrem proudu $c x$, pohybuje se loďka rychlosť $c d$ směrem $c z$ a přistane na druhém břehu v bodě B .

Krúpěje dešťová, na které tíže ve směru svěsném působí, jež však vítr ve směru vodorovném unáší, padají k zemi směrem kosým.

2. Jako jsme dva stejnorodé pohyby v úhlí AB AB_1 složili v pohyb výslední AD (obr. 145.), tak můžeme tento ve dva stejnorodé pohyby v úhlí rozložiti, sestrojime-li rovnoběžník, v němž jest AD úbloupříčnou. Však takových rovnoběžníků lze sestrojiti počet nesčitelný a proto jest úloha daný pohyb rozložiti ve dvě složky v úhlí neurčitou. Jediným způsobem může se to státi jen tenkrát, jsou-li dány buď směry $A x$, $A y$, neb rychlosť $A B$, $A B_1$ aneb směr $A x$ a rychlosť $A B$ jedné složky.

101. Pohyb těles vržených. (Galilei.) Uvede-li se těleso v pohyb rovnoměrný a může-li při tom volně padati, díme, že bylo vrženo. Vrh může být svěsný, neb vodorovný aneb šikmý.

1. Vrhneme-li těleso ve směru svěsném dolů, pohybovalo by se rovnoměrně s rychlosťí c ; však tíže uděluje mu v každé vteřině rychlosť $g = 10 \text{ m}$; bude mítí tedy na konci

$$\begin{aligned} 1. & \text{ vteřiny rychlosť } c + g \\ 2. & " " " c + 2g \\ 3. & " " " c + 3g \\ & \cdot \\ t & " " " v = c + gt. \end{aligned}$$

Za dobu t proběhlo by těleso pohybem rovnoměrným dráhu $c t$ (viz 94.), účinkem pouhé tíže kleslo by v též čase o $\frac{g}{2} t^2$ (viz 95.), a poněvadž se oba pohyby dělí současně a v též směru, bude dráha výslední $s = c t + \frac{g}{2} t^2$.

2. Vrhneme-li těleso svěsně vzhlídu, síla vrhu působí v protivném směru nož tíže, a proto bude těleso mítí na konci

$$\begin{aligned} 1. & \text{ vteřiny rychlosť } c - g \\ 2. & " " " c - 2g \\ 3. & " " " c - 3g \\ & \cdot \\ t & " " " v = c - gt. \end{aligned}$$

Rychlosti ubývá zde v každé vteřině o $g = 10 \text{ m}$, a proto jest pohyb rovnoměrně zpozdený.

Poněvadž tělesu ustavičně rychlosti ubývá, nadejde okamžik, kdy nebude mít rychlosti žádné. Od počátku pohybu uplyne do toho okamžiku tolik vteřin, kolikrát jest 10 m v rychlosti c obsaženo. Za tu dobu dostoupí těleso vrcholu své dráhy, kterou výšku vrhu nazýváme, a počne pak volně padati.

Dráha tělesa svísně vzhůru vrženého jest taktéž složena z dráhy pohybu rovnoměrného a volného pádu; že však se ději oba pohyby ve směrech protivných, bude dráha za dobu t :

$$s = ct - \frac{g}{2}t^2.$$

Vystřelili se koule svísně vzhůru s rychlostí 150 m , jak dlouho poletí? Jak vysoko vyletí? Jak dlouho bude padati s této výše k zemi? Kterou pravdu z toho poznáváme?

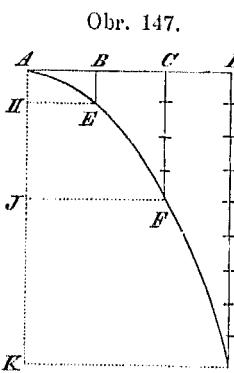
3. Vrhneme-li těleso rychlostí $AB = 10 \text{ m}$ (obr. 147.) ve směru vodorovném, pohybovalo by se — kdyby tříce nebylo — rovnoměrně a proběhlo by za $1, 2, 3$ vteřiny dráhy AB, AC, AD a t. d. Však tříce stáhne je za 1 vteřinu o $BE = 5 \text{ m}$, za 2 vteřiny o $CF = 4 \times 5 \text{ m}$,

za 3 vteřiny o $DG = 9 \times 5 \text{ m}$, a proto se těleso oetne na konci vteřiny $1, 2, 3$. v bodech E, F, G . Dráha tělesa jest křivá a slouje parabola. Vidáme ji při výtoku vody z trub a žlabů.

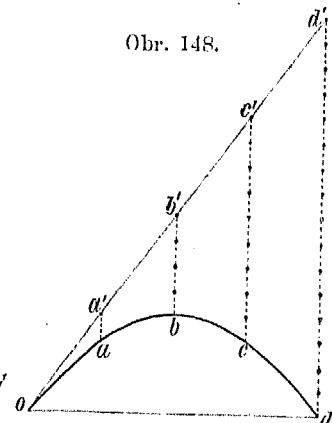
4. Vrhneme-li těleso ve směru šikmém rychlostí $Oa' = 24 \text{ m}$ (obr. 148.), tříce je odchyluje podobně jako při vrhu vodorovném od přímého směru Od' , a těleso proběhne dráhu $Oabc$, která jest rovněž parabolou s vrcholem uprostřed dráhy.

Z úvahy o vrhu vodorovném a šikmém poznáváme, že koná-li těleso dva pohyby nestejnorodé v úhlu současně, dráha jeho jest vždy křivá.

102. Skládání a rozkládání sil vůbec. Sila jest příčina pohybu. Působí-li tedy na těleso jen jedna síla, musí se nutně pohybovat. Působí-li na ně několik sil současně, nastane buď pohyb, aneb zůstane



Obr. 147.



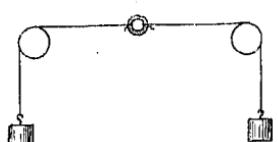
Obr. 148.

těleso v klidu, jakoby zde žádné síly nebylo. V tomto posledním případě sou síly v rovnováze (Gleichgewicht).

Pohybujeme-li se těleso působením několika sil, můžeme si místo nich myslit sílu jedinou, která by tělesu totéž zrychlení udělovala, jako všecky dané síly dohromady. Síla, která má týž účinek jako několik daných sil, sluje výslednicí (resultantou) oněch sil, jež složkami (componentami) nazýváme. Vyhledati výslednici několika daných sil slujo síly skládati a nahraditi sílu jedinou několika silami jmenuje se sílu rozkládati.

103. Síly v přímce. 1. Připevníme-li ke kroužku dvě šňůrky, položime je přes kladky a zatížíme na konečích rovnými závažími na př. 50 dkg (obr. 149.) zůstane kroužek v rovnováze.

Obr. 149.



Dvě rovné a protivné síly ruší se navzájem.

2. Nahradíme-li jedno z obou závaží dvěma po 20 dkg a jedním závažím 10 dkg těžkým, bude opět rovnováha. Tálme tedy 50 dkg s touž silou jako $20\text{ dkg} + 20\text{ dkg} + 10\text{ dkg}$ dohromady.

Výslednice sil působících na hmotný bod v též směru rovná se součtu všech složek.

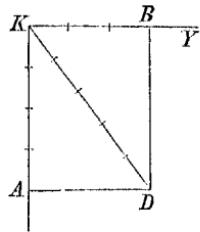
3. Sundáme-li jedno z těch tří závaží na př. 20 dkg , bude na druhé straně převaha 20 dkg , a kroužek se bude pohybovat ve směru síly větší.

Výslednice dvou sil, působících na hmotný bod ve směrech protivných, rovná se rozdílu obou sil a má směr síly větší.

104. Rovnoběžník sil. 1. Působí-li na hmotný bod K (obr. 150.) dvě síly P a Q ve směrech KX a KY a udělují mu zrychlení $KA = 4\text{ m}$,

Obr. 150.

$KB = 3\text{ m}$, bod pohybuje se směrem KD zrychlením 5 m . Účinek jest takový, jako by směrem úhlopříčeny rovnoběžníku působila síla jediná R , která by hmotnému bodu udělovala zrychlení 5 m . Poněvadž silou měrou přibývá a ubývá jako zrychlení (97), musí $P : Q : R = 4 : 3 : 5$. Můžeme tedy síly P , Q , R znázorniti stranami a úhlopříčenou rovnoběžníka s $KA DB$ podobného.



Výslednice dvou sil působících v úhlunu na hmotný bod jest dána úhlopříčenou rovnoběžníku, jehož strany představují složky. Takový rovnoběžník zoveme rovnoběžníkem sil. (Skráteparallelogramm.)

Poněvadž každý rovnoběžník úhlopříčenou ve dva shodné trojúhelníky se dělí, lze síly P , Q , R stranami jednoho trojúhelníka znázorniti. Platí pak o silách a jejich směrech vše, co platí o stranách a úhlech trojúhelníka: Výslednice jest vždy menší,

než součet obou složek a směr její jest blíže síly větší. Jsou-li složky sobě rovny, výslednice úhel jejich rozpoluje.

Poučku o rovnoběžníku sil lze pokusem dokázati takto:

Zavěsme na konec šňůrky přehozené přes kladky B a C (obr. 151.) závaží $P = 2 \text{ dkg}$ a $Q = 3 \text{ dkg}$, mezi ně pak závaží $R = 4 \text{ dkg}$. I bude rovnováha, z které soudíme, že výslednice obou sil P a Q rovná se 4 dkg a má směr svislý. Sestrojíme-li z lepenky rovnoběžník, jehož strany a úhlopříčna jsou 2, 3 a 4 délky dlouhé, lze jej mezi kladky tak postavit, že směry šňůrek se stranami a úhlopříčnou souhlasí.

Souhlas směrů poruší se hned, jakmile některé závaží zvětšíme, a dostaví se opět, dáme-li mezi kladky rovnoběžník sestrojený podle závaží.

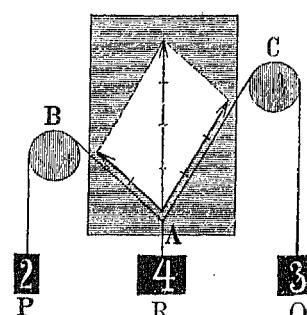
2. Znamená-li přímka KD (obr. 150.) sílu R a sestrojíme rovnoběžník, v němž jest KD úhlopříčnou, můžeme jej pokládat za rovnoběžník sil. Strany KA a KB znamenají pak složky výslednice R . Takových rovnoběžníků lze sestrojiti nesčitelný počet a proto můžeme každou sílu rozložiti ve dvě složky v úhlu libovolném způsobem. Úloha stane se určitou, jsou-li dány buď směry složek, neb jejich velikost aneb směr a velikost jedné z nich.

-105. Pohyb na rovině nakloněné. Každá pevná rovina AB (obr. 152.) od roviny vodorovné AC odchýlená sluje nakloněnou rovinou. AC jest podstava, CB výška a AB délka její. Značí li K kouli na rovině nakloněné a KD její váhu Q , můžeme si tuto sílu rozložiti ve dvě složky KF a KE , z nichž prvná na rovinu nakloněnou kolmo, druhá s rovinou nakloněnou rovnoběžně působi. Kolmý tlak ruší se odporem roviny nakloněné a pouze složkou $KE = P$ pohybuje se koule pro rovině nakloněné. Poněadž $DKE \sim ABC$ platí úměra: $KE : KD = CB : AB$. Položíme-li $CB = v$, $AB = l$ bude: $P : Q = v : l$.

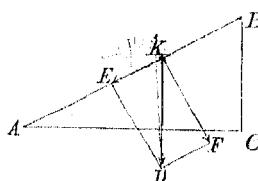
Pohybující síla na rovině nakloněné jest tolikrát menší než váha břemena, kolikrát jest výška roviny nakloněné menší než délka její.

Je-li síla pohybující na rovině nakloněné menší, jest také zrychlení menší (97); pohyb zdlouhavější než při volném pádu, a proto lze plochy nakloněné užiti k zpytování zákonů pohybu rovnoměrně zrychleného právě tak, jako Atwoodova stroje padacího. První, který tak učinil byl Galilei r. 1602.

Obr. 151.



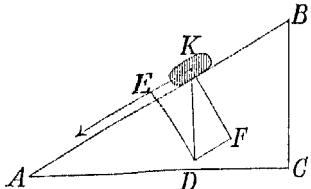
Obr. 152.



106. Tření. Položime-li na rýsovku nakloněnou AB dřevěný špalík 1 kg těžký, jest třeba rýsovku značně odchýlit, než špalík jsa slabě prstem pošinut po ní sjede. (Obr. 153.)

Přičinou toho jest drsnost povrchu obou těles, která činí, že se drobovné hraboly špalíku o hraboly desky zachycují a dříve se ohnouti neb ulomiti musí, než se špalík v pohyb uvede. Tato překážka sluje tření vlačné a velikost jeho rovná se složec KE s délkou nakloněné roviny rovnoběžné.

Obr. 153.



Položime-li na špalík postupně 1 kg , 2 kg , sjede dolů při téže odchylece BAC jako dříve, avšak váha KD a proto i kolmý tlak KF a složka KE budou postupně dva-krát, třikrát větší.

Tření vlačného přibývá v přímém poměru s kolmým tlakem.

Užijeme-li k pokusu desk a špalíků z rozličných látek, shledáme, že bude odchylka roviny nakloněné, při které špalík dolů sjede, a proto i složka KE pokaždé jiná.

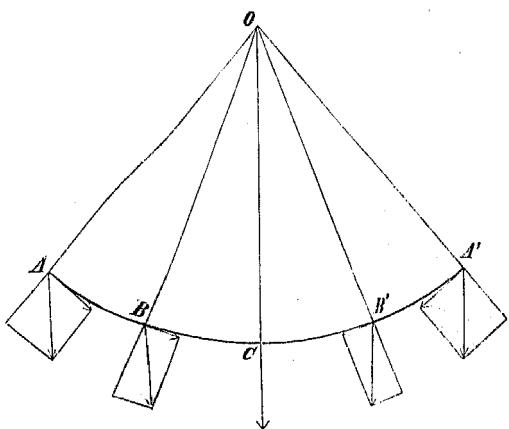
Velikost tření závisí na jakosti ploch vespolek se troucích.

K zmenšení tření užívá se mazadel, jimiž nerovnosti povrchů se vyrovnávají.

Valí-li se jedno těleso po druhém jako koule po kuželníku nebo kolo po cestě, jest mu přemáhati tření valné, které jest menší tření vlačného.

U strojů v chodu jest tření na závadu, avšak při některých výkonech bývá nám ku prospěchu. Kdyby nebylo tření, nemohli bychom do vrchů stoupati a jezditi, strany kolikem natahovati, smyčem hráti, hřebíky zarážeti, tkaniny hotoviti a t. d.

Obr. 154.



107. Kyvadlo. (Pendel.)

Každé těleso nad těžištěm zavěšené, může-li se kolem závěsu volně otáčeti, sluje kyvadlo fysické. Brok zavěšený na jemném vláknu znázorňuje kyvadlo matematické či jednoduché. Vyšineme-li kyvadlo jednoduché z polohy rovnoběžné OC do polohy OA (obr. 154), váha broku rozkládá se ve složky, z nichž

lna ve směru OA vlákno napíná, druhá pak na ní kolmá brok do lohy rovnovážné táhne. Tato složka jest, jak z výkresu patrno, v B menší než v A a vůbec tím menší, čím bliže brok k poloze rovnovážné i chází.

Jako tato složka mění se též zrychlení (97.), a proto jest pohyb vadla z A do C nerovnoměrně zrychlený. V bodě C nabude vadlo největší rychlosti a pohybuje se jsouc setrváčně po oblouku $A'C$ vzhůru a to nerovnoměrně zpozděně; neboť taž složka, která je na jedné straně dolu táhla, činí to i na straně druhé a žešuje se ustavičně zdržuje pohyb kyvadla čím dálé tím více, až ecku rychlosť jeho zruší. To se stane tenkrát, když $\widehat{CA'} = \widehat{AC}$, bodu A' vrací se kyvadlo do polohy rovnovážné nerovnoměrně zrychleně, odtud k A nerovnoměrně zpozděně a t. d., i pohybovalo by se c ustavičně, kdyby nebylo tření a odporu vzduchu. Pohybování takové veme kdy váním, pohyb od A do A' kdy vám, dobu, které jest k jedmu kyvu potřebí, doba kyvuu, úhel AOC výchylkou (Amplitudę).

108. Zákony kyvání. (Galilei.) 1. Vychýlime-li kyvadlo jednočád z polohy rovnovážné jen asi o 5° , napočítáme v každé minutě ř počet kyvů, ač jsou výchylky kyvadla na počátku větší, později menší. Při větších výchylkách než 5° byl by počet kyvů za minutu menší.

Při malých výchylkách jsou všecky kyvy rovnodobé.

2. Kyvadla též délky s kuličkou olověnou, skleněnou a dřevěnou konají za stejný čas týž počet kyvů. (Příčinu hledej v 96!)

Doba kyvu nezávisí na jakosti látky a na váze kyvadla.

3. Rozkýváme-li tři kyvadla, z nichž druhé jest čtyřikrát a třetí větkrát delší, bude doba kyvu druhého dvakrát a třetího třikrát tří než prvého.

Doby kyvů mají se k sobě na témž místě jako druhé mocniny z délky kyvadel.

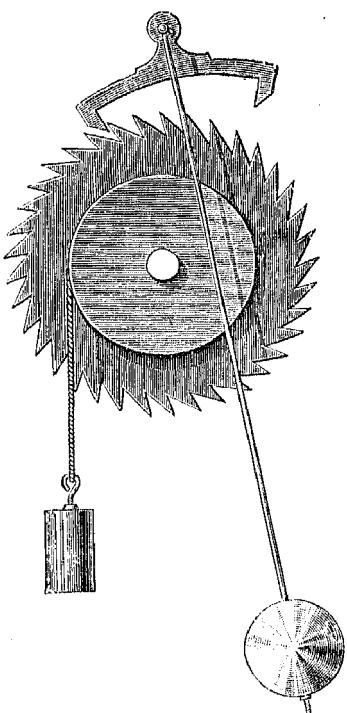
Kyvadlo jednoduché, které vykoná za 1 vteřinu jeden kyv, sluje kyvadlo vteřinové. Délka jeho jest v Praze 994 mm, na rovníku 1 mm, na Špicberkách 996 mm. Doba kyvu Pražského kyvadla vteřinového byla by tedy na rovníku delší, na Špicberkách kratší jednou vteřinu. Z toho soudíme:

Tíže od rovníku k polámu přibývá.

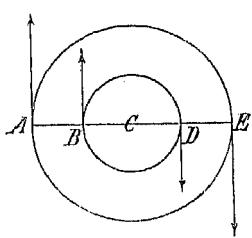
109. Kyvadlo fysické lze mysliti si složeno z neskonaleho počtu vadel jednoduchých, protože každý bod jeho s osou spojen jest, a liž za kyvadlo pokládati se může. Body osy blízké kývaly by samy sobě rychleji, body od osy vzdálené pomaleji než ve spojení s ostatními.

Mezi obojími body jsou zajisté též takové, které by samy o sobě právě tak rychle kývaly jako v kyvadle fysickém. Vzdálenost jejich od osy zoveme převedenou délkou kyvadla fysického.

Obr. 155.



Obr. 156.



Pustí-li se A , B , D , E , zmizí okamžitě síla odstředivá i dostředivá, a jedenkaždý pohybuje se setrvačností ve směru tečné příslušného kruhu tou rychlostí, kterou naposledy měl.

Tah odstředivý citíme též, otáčíme-li míč na niti uvázaný aneb kámen v praku. Tah ten jest tím větší, čím těžší jest míč a čím delší jest niti při stejné době oběžné.

*) centrum = střed, fugio = prchám.

**) peto = táhnu.

Délku převedenou vyhledáme, zavěsimy-li vedle kyvadla fysického kyvadlo jednoduché a zkracujeme nebo prodlužujeme vlákno jeho tak dlouho, až jsou kyvy obou kyvadel rovnobodé.

Kyvadlo jest důležité pro časomíru, neboť se jím stroje hodinové udržují v pohybu rovnomořném. Hlavní částky stroje hodinového jsou: Kyvadlo, kotva, stoupavé kolečko, závaží a ručička s ciferníkem (obr. 155.). Na hřídeli kolečka stoupavého zavěšeno jest závaží, kterým se kolečko v pohybu uvádí. Pohyb byl by rovnomořně zrychlený a skončil by se brzy, kdyby nebylo kotvy spojené s kyvadlem, která při každém kyvu do zubů kolečka v pravo i v levo zasahujíc v pohybu je zarází. Tím to jest, že kolečko při každých dvon kyvech postoupí jen o jeden zub. Je-li kyvadlo vteřinové, a má-li kolečko 30 zubů, hřídelík a s ním i ručička otočí se za minutu jednou kolem. Nárazem zubů na kotvu nahražuje se kyvadlu síla, které odporem vzduchu a třením osy pozbyvá. Podržíme-li kyvadlo v poloze svísné, zasahují oba žuby kotvy současně do kolečka stoupavého a zastavují pohyb stroje. Pošinutím čočky prodlužuje a zkracuje se převedená délka kyvadla, čímž se běh hodin zpozdí nebo urychlí. — Galilei užil prvý jednoduchého kyvadla k měření času. Huyghens (r. 1658) prvý kyvadlo fysického k upravení rovnomořného pohybu tehdejších strojů hodinových.

110. Síla odstředivá.

1. Otáčejí-li se 4 bruslaři A , B , D , E okolo pátého C (obr. 156.) držíce se pevně za ruce, cití C tah, kterým se ostatní od středu vzdálení snaží, tito pak cití, že je C k sobě táhne. Oba tyto tahy jsou sobě rovny. Síla, kterou se těleso v kruhu otáčené od středu vzdálení snaží, slove síla odstředivá (centrifugalní*); síla, kterou se v krivé dráze udržuje, dostředivá (centripetalní**).

Otočí-li se však míč v době dvakrát, třikrát větší, jest odstředivý tah čtyřikrát, devětkrát menší.

Síla odstředivá jest v přímém poměru s hmotností tělesa a vzdáleností jeho od středu, však v nepřímém poměru se čtvercem doby oběžné.

Brusy a žernovy roztrhnou se otáčením příliš rychlým. Hoši na koních kolotoče kloni se k ose, bruslaři dovnitř oblouků, jež na jedné noze opisují; na zatočinách jest vnější železniční kolejnice vyšší než vnitřní. Proč?

2. Otáčí-li se kruh z tenkého plechu rychle kolem průměru, stlačí se směrem osy (obr. 157.).

Příčina toho jest, že body kruhu, které jsou od osy nejvzdálenější, mají větší odstředivosť než body ostatní. Právě tak sploštila se země rychlým otáčením okolo své osy.

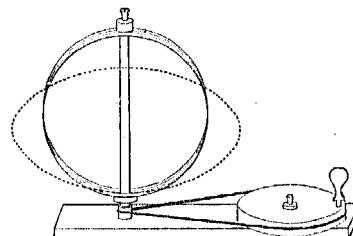
3. Představujeme-li obr. 158. zeměkouli a znázorníme-li si sílu odstředivou úsečkou, která jest několikátně dílem poloměru na př. polovici, bude odstředivá síla v bodech A, B, C vyznačena úsečkami AA_1, BB_1, CC_1 . V A působí všecka síla odstředivá v protivném směru než tíže, v B a C jen složky BE a CF . Jak z výkresu patrno, tíže v B jest více zmenšována než v C a v A více než v B . Na polu působí tíže plnou silou.

Odstředivá síla jest příčinou, že tíže od polů k rovníku ubývá. (Viz 108.)

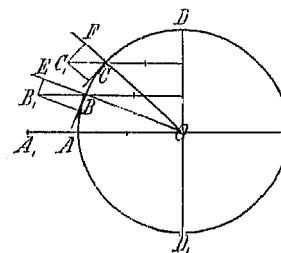
Zváží-li se těleso na rovníku a na polu vahami obecnými, budeli kde váha jeho větší? Jak by se měla větši, kdyby se vážilo vázkami pružnými?

111. Pohyb středoběžný. Mysleme si, že na temeni A vysoké hory střílíme z velikého děla těžké ocelové koule ve směru vodorovném Ax rychlostí vždy větší a větší. (Obr. 159.) Každá koule, jsouc od směru vodorovného tiží odchylována, opisuje dráhu křivou a dopadne k zemi, první v bodě B , druhá v C , třetí v D a t. d. Zvětšuje-li se rychlosť stále, koule oběhne posléze celou zemí a vrátí se k temeni A s touží rychlosťí, kterou

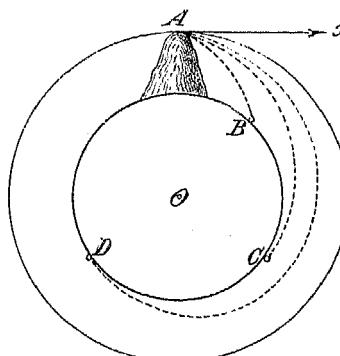
Obr. 157.



Obr. 158.



Obr. 159.



byla vržena. Ale majíc touž rychlosť, musí opisovati svou dřívější dráhu opět a nezastaví se nikdy.

Pohybujeli se těleso rovnoměrně a počne-li je od přímého směru odchylovati stálá síla k jistému bodu, pohyb jeho sluje středoběžný (Centralbewegung).

Takový středoběžný pohyb koná měsíc kolem země, a země s ostatními oběžnicemi kolem slunce.

Všude jest to tiže, která tělesa nebeská od přímého směru odchyluje.

Tiže zemská jest jen zvláštní zjev tiže všeobecné čili gravitace.* (Newton r. 1642.—1727.)

112. Zdánlivý pohyb těles nebeských. 1. Pozorujeme-li za jasné noci hvězdnatou oblohu přesvědčíme se, že všecky hvězdy od východu k západu se pohybují rovnoběžné kruhy po obloze opisujíce. Čím bliže jsou hvězdy polárce, tím menší jsou kruhy jimi opsané. Polárka sama opisuje malý kroužek o poloměru $1\frac{1}{2}$ °, avšak střed tohoto kruhu jest nehybný a sluje točna čili pol severní. Přímka spojující točnu severní se středem země sluje osa světová. Na ní leží středy všech kruhů hvězdami opsaných. Největší z nich nazývá ve rovník (aequator) a střed jeho splývá se středem země.

2. Vyjma malý počet hvězd zachovávají všecky ostatní touž vzájemnou polohu, což z toho poznáváme, že skupiny hvězd čili tak zvaná souhvězdí před dvěma tisíci lety od hvězdářů vyobrazená až po dnes podobu svou nezměnila.

Hvězdy tyto slují stálice na rozdíl od oběžnic čili planet,** které svou polohu k ostatním hvězdám mění.

3. Slunce opisuje kolem země každodenně také kruh jako hvězdy ostatní. Ráno na východě objeví se v obzoru, stoupá na obloze výše a výše, vrcholí v poledne, pak sestupuje níže a níže a klesá navečer pod obzor na západě.

Všimmemeli si bedlivě souhvězdí, které někdy se sluncem současně vychází a pozorujeme pak východ jeho den po dni, shledáme, že se slunce druhého dne o 4 minuty, třetího dne o 8 m., čtvrtého dne o 12 m. a t. d. za souhvězdím opozdívá a že za měsíc s jiným souhvězdím současně vychází a s ním dráhu po obloze komá.

Těch dvacet souhvězdí, v kterých slunce postupně od jara do jara vídáme, táhne se po obloze od západu, k východu v pásu asi 20° širokém, jenž rovník na dvou místech protíná a jmenuje se zvířetník (zodiakus).

Souhvězdí zvířetníku jsou: Beran (♈), býk (♉), blíženci (♊), rak (♋), lev (♌), pantera (♍), váhy (♎), štíř (♏), střelec (♐), kozoroh (♑), vodnář (♒) a ryby (♓).

*^o) *gravitas* = tiže.

**) *planōmai* = bloudím.

Z takových pozorování starí hvězdáři soudili, že slunce koná dva pohyby kolem země: jeden každodenní jako stálce od východu k západu a druhý roční mezi stálciem v kruhu, který zvítětuškem od západu k východu se táhne. Kruh ten nazývali ekliptikou*), protože se v něm zatmění slunce i měsíce dějí.

Podle jejich mínění země stála uprostřed všechnomíra a všecka tělesa nebeská pohybovala se kolem ní. Hipparchos (160—125 před. Kr.), Ptolomeus (70—139 po Kr.).

113. Skutečný pohyb země. Teprv Mikuláš Koperník (r. 1473. až 1543.) vyslovil mínění, že pohyby stálce a slunce jsou jen zdánlivé, ve skutečnosti však že se pohybuje země a to dvojím způsobem:

1. Otočí se každého dne okolo své osy od západu k východu.
2. Opíše každého roku v rovině ekliptiky kolem slunce kruh od západu k jihu a východu, při čemž osa její stále tyž směr zachovává.

Poznámka. Soustavu Koperníkovu opravil Jan Kepler (r. 1571.—1630.) který seznal, že dráha země i ostatních oběžnic jsou ellipsy, v nichž jednou ohnisku jest slunce.

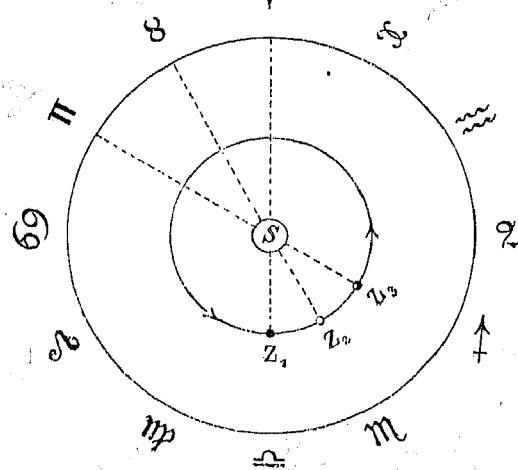
Z učení Koperníkova vysvětluji se výjevy zdánlivého pohybu těles nebeských velmi jednoduše.

a) Otáčí-li se země od západu k východu okolo své osy, jest zřejmo, že obzor náš na západě se zdvihá, na východě klesá a proto vidíme na východě slunce a hvězdy nad obzor vystupovati a na západě pod obzor zacházeti.

b) Značí-li $Z_1 Z_2 Z_3$ zemi ve třech polohách na dráze kolem slunce (obr. 160.) jest patrno, že v Z_1 jeví se nám slunce S v souhvězdí berana, v Z_2 v souhvězdí býka, v Z_3 v souhvězdí blíženců a t. d. a že za rok zdánlivě celý zodiakus probíhá. Ekliptika není tedy dráha slunce, ale dráha země.

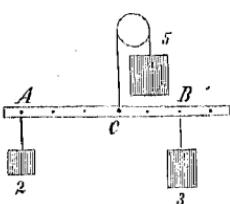
114. Skládání sil rovnoběžných působících na body pevně spojené. Zavěsme tyč všude stejnou (obr. 161.) šňůrkou v bodě C na kladku a vyrovnejme váhu její závažím. Zatižíme-li tyč v bodě A

Obr. 160.



*) ekleipsis = zatmění.

Obr. 161.



dvěma dkg , v bodě B třemi dkg a konec šňůrky pod kladkou pěti dkg bude rovnováha. Tato rovnováha se neporuší, sejmeme-li závaží s A a B a zavěsimy li obě dvě v bodě C . Má tedy 5 dkg v bodě C týž účinek jako 2 dkg v bodě A a 3 dkg v bodě B dohromady.

Výslednice dvou sil působících na body pevně spojené ve směrech rovnoběžných a souhlasných jest rovna součtu jejich a má s nimi směr rovnoběžný i souhlasný. Působiště jeji dělí vzdálenost působiště obou složek v díly, které jsou se složkami v převráceném poměru.

Jsou-li složky na obou stranách sobě rovny, jest působiště výslednice uprostřed mezi nimi, jinak jest vždy blíže síly větší.

115. Těžiště. 1. Každé těleso jest skupina nesčitelných částic, z nichž každá ku středu země tříne. Směry přitažných sil jsou tedy sbíhavé; že však rozměry těles proti poloměru zemskému nepatrný jsou, můžeme je pokládati všecky za rovnoběžné. Sily působící v body A , B (obr. 162.) můžeme si nahraditi součtem jejich v C ; tuto výslednici a sílu působící v bodě D můžeme opět nahraditi součtem jejich v bodě E a t. d. Skládáme-li takto sílu za silou, přijdeme konečně k bodu, v kterém si veškeru váhu tělesa soustředěnou mysliti můžeme. Bod ten zoveme těžištěm tělesa.

Obr. 162.

2. Těžiště přímého drátu neb i jiné tyče všude stejně jest uprostřed; neboť po obou stranách středu jest týž počet hmotných částeček a vždy dvě a dvě jsou od středu stejně vzdálené. Podepřeme-li aueb zavěsimy-li drát uprostřed, zůstane v rovnováze, protože se výslednice všech těžních sil podporou ruší.

Ohneme-li jeden konec drátu, těžiště se pošme ku konci druhému.

Vezmeme-li k pokusu tyč (obr. 60.), jejíž jedna půlka železná a druhá měděná jest, bude těžiště v půle měděné. Proč?

Poloha těžiště závisí na tvaru tělesa a na způsobu, kterým hmota v něm rozložena jest.

Má-li těleso tvar souměrný a je-li všady stejně husté, lze vyhledati těžiště úvahou geometrickou. Pochopíme na př. snadno, že těžiště plochy kruhové neb koule v jejím středu jest, těžiště válečky uprostřed jeho osy, těžiště rovnoběžníku v průseku obou úhlopríčen a t. d. Jinak se určuje těžiště zkusmo. (Viz 8!)

116. Práce a stroje. Práce jest překonávání odporu po nějaké dráze.

Táhne-li kůň vůz, přemahá tření kol po drsné cestě, které jest tím větší, čím větší jest náklad. Táhne-li vůl ruchadlo, přemahá odpor půdy po celé dráze brázdy, řeže-li se pilou, překonává zub za zubem pevnost dřeva, točí-li se kličkou mylnku, drtí se kárová zrnka.

Odpor jest síla, a síly měříme zavažím (7), proto vyjadřujeme i práci závažím pohybovaným po určité dráze.

Za jednotku práce běžeme metrikilogramm (*mkg*) to j. práci, která se vykoná zdvížením 1 *kg* do výše 1 metru.

Zdvilneme-li 5 *kg* do výše 1 metru, vykonali jsme práci 5 *mkg* a zdvilneme-li těchto 5 *kg* do výše 2 m, bude práce naše dvakrát větší, tedy 10 *mkg*.

Práce rovná se součinu čísel udávajících velikosti břemena a délku dráhy.

Při měření práce parních nebo vodních strojů běže se za jednotku práce jednoho koně, která se rovná 75 *mkg*, protože prostřední kůň, pracuje-li denně 8 hodin, v každě vteřině tuto práci vykoná. Řekne-li se na př. parní stroj koná práci 40 koní, znamená to práci $75 \text{ mkg} \times 40 = 3000 \text{ mkg}$ v každé vteřině.

Ku konání práce užíváme strojů (Máščinu). Strojem sluje každé pevné těleso, kterým se účinek síly jinam převádí. Rozeznáváme stroje jednoduché a složené. Jednoduché stroje jsou: páka, kladka, kolo na hřídeli, rovina nakloněná, klín a šroub.

Všecky ostatní stroje jsou složeny z těchto strojů jednoduchých.

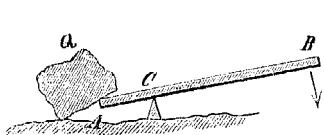
Na stroji pohledáváme, aby pracoval rovnoměrně, t. j. aby v pohyb uveden jsa pohyboval se rychlosťí nezměněnou, což jen tenkráte býti může, je-li síla s odporem v každém okamžiku v rovnováze. Proto jest důležito znáti podmínky rovnováhy na strojích.

117. Páka (Hébel). O páce bylo jednáno v článku 11. Co jest páka? Co jsou ramena páky? Která páka jest rovnoramenná, která nerovnoramenná? Kdy jest na páce rovnováha?

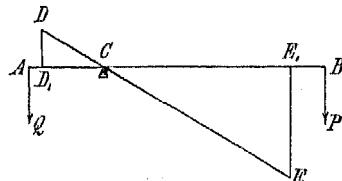
Nazveme-li jednu z obou sil břemem, můžeme říci:

Na páce jest rovnováha, je-li síla a břemeno v převráceném poměru s rameny.

Obr. 163.



Obr. 164.



Páky užívá se hojně v obecném životě. Sochor (obr. 163.) jest páka. Podpora její jest v *C*, břemeno působí v *A*, síla v *B*. Síla může býti tolikrát menší než břemeno, kolikrát jest rameno *BC* větší než *AC*. Podnožky soustruhů, brusů, přeslic,

šicích strojů jsou páky mající polporu na jednom konci. Sila působi buď na konci druhém aneb uprostřed podle toho, je-li břemeno těžší než lehké. — Lopaty, kleště, nůžky, vesla, trakař jsou rovněž páky. Kde jest tu podpora, kde působí síla, kde břemeno?

2. Je-li rameno síly CB (obr. 164.) třikrát delší než rameno břemena, a je-li síla $P = 10 \text{ kg}$, musí být břemeno $Q = 30 \text{ kg}$. Snižíme-li působiště síly o E_1E , zvýší se působiště břemena o D_1D . Z podobnosti $\triangle CDD_1$ a $\triangle CEE_1$ jde, že E_1E jest třikrát větší než D_1D .

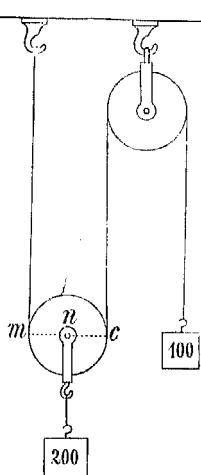
Kolikrát jest síla menší než břemeno, tolikrát větší dráhu koná; avšak práce síly a břemena jsou si rovny.

118. Kladky (Rollen). (Archytas z Tarentu r. 400 před. Kr.)
Viz článek 14.! Rozeznáváme kladku stálou a volnou.

Obr. 165.



Obr. 166.



1. Zavěsi-li se kladka hákem, sluje kladkou stálou, protože se pouze otáčí ale nepostupuje. Sily působí tu na obou koncích provazu do žlábku vloženého (obr. 165.). V rovnováze lze kladku stálou nahraditi pákou rovnoramennou ab , která má podporu v bodě c ; proto jest podmínka rovnováhy: Síla rovná se břemenu.

Kladkou stálou neušetří se síly, ale mění se výhodně směr její. Užívá se ji z té příčiny při stavbách ku zdvihání železného beranu, k zavěšování lamp a t. d.

2. Upevní-li se jeden konec provazu ve výši a břemeno na hák, kladka nejen že se otáčí, ale stoupá

též s břemenem; proto sluje kladkou volnou (obr. 166.). Druhý konec provazu vede se obyčejně přes kladku stálou, aby síla v jiném směru působiti mohla, než v kterém se břemeno zdvihá. V klidu mohla by se kladka nahraditi tyčí mc , na které visí uprostřed břemeno, jež rovnoběžné síly v rovnováze udržuje. Poněvadž jest $mn = nc$, obě rovnoběžné síly jsou sobě rovny, a každá z nich nese poloviči břemena.

J sou-li u kladky volné provazy rovnoběžné, nastane rovnováha, rovná-li se síla poloviči břemena.

Poněvadž se váhou kladky břemeno zvětšuje, třeba i sílu o poloviční váhu kladky zvětšiti.

3. Kladkostroj obecný (obr. 167.) skládá se z jedné vidlice stálé a z jedné volné, a v každé otáčeji se tři kladky. Na vidlici volné

jest zavěšeno břemeno, a kolem všech kladek vine se jediný provaz. Břemeno P rozdělí se na všecky části provazu rovnoměrně, a proto nese každý $\frac{1}{6} P$.

Jeli kladkostroj obecný v rovnováze, jest síla toli-katým dílem břemena, kolik jest kladek. Obr. 167.

I zde zvětšuje dolejší vidlice břemeno, a proto třeba sílu o $\frac{1}{4}$ výhy dolejší vidlice zvětšit.

Má-li se břemeno P zvýšit o 1 dm, musí se každá část provazu zkrátit o 1 dm, a tím závaží $\frac{P}{6}$ o 6 dm snížit. Síla šestkrát menší koná dráhu šestkrát větší.

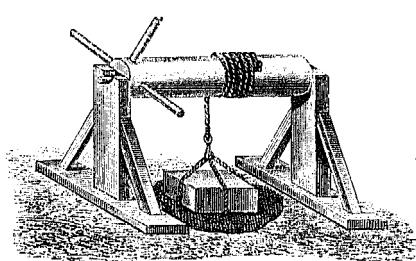
119. Kolo na hřídeli (Das Wellrad). Kotouč spojený pevně s válcem o společné ose služí kolo na hřídeli (obr. 168.). Síla působí na obvodě kola, břemeno na hřídeli.

Je-li stroj v klidu, nahradila by jej páka ACB , při-
níž poloměr kola AC jest ramenem
síly a poloměr hřidele CB ramenem
břemena. Je-li AC třikrát větší než
 BC , musí býti síla P třikrát menší
než břemeno Q .

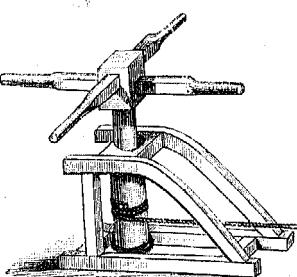
Kolo na hřídeli jest v rovnováze, má-li se sila ku břemenu, jako poloměr hřidele k poloměru kola. (Leonardo da Vinci r. 1452.—1519.)

Otočí-li se stroj jednou kolem, zvýší se břemeno o obvod hřídele, a působiště síly sníží se o obvod kola. Sila třikrát menší koná dráhu třikrát větší než břemeno.

Obr. 169.



Obj. 170.



Kola na hřídeli užívá se v rozmanitých podobách; kola mlýnská, kola se třvačná, kolečka v hodinách jsou patrně kola na hřídeli; také i rumpál (obr. 169.) a vratičko (obr. 170.), ač zde kolo pouze klikou neb křížem z tyči nahrazeno jest.

120. Rovina nakloněná (Schiefe Ebene). 1. Po rovině nakloněné pohybuje se těleso rovnoměrně zrychleně tou složkou své váhy, která jest s rovinou nakloněnou rovnoběžná. (105.)

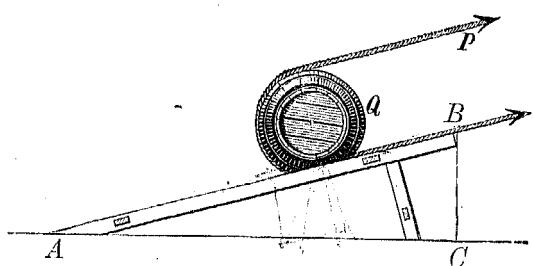
Má-li těleso Q (obr. 171.) zůstat v rovnováze, musí na ně v protivném směru působit síla rovná složce P . O té platí pak též:

$$P : Q = v : l \text{ t. j.:}$$

Působi-li na rovině nakloněné síla rovnoběžně s délkou roviny, jest rovnováha, má-li se síla ku břemenu,

jako výška nakloněné roviny k její délce. (Stevin 1585.)

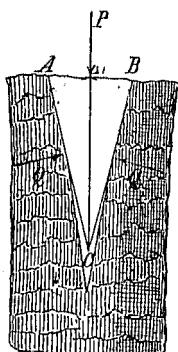
Obr. 171.



Kolikrát jest síla menší než břemeno, tolikrát jest dráha břemena menší než dráha síly.

Roviny nakloněné užívají se hojně. Lihy, kterou se sudy na vůz nakládají a s vozům skládají, jest rovina nakloněná. Žebříky a schody, silnice, cesty a řečiště jsou také roviny nakloněné.

Obr. 172.



121. Klín (Steil) jest nízký hranol trojboký s malým koutem pobočným, který ostřím služe. (Obr. 172.) Stěna proti tomuto koutu ležící AB zove se čelem. Každá stěna přilehlá AC neb BC stranou klínu. Klín zaráží se ostřím do tuhých těles, aby se v části rozdělila.

Síla P působí zde kolmo na čelo AB , a odpor tělesa Q kolmo na strany AC a BC . Zkušenost učí, že klín tím snáze do tuhého tělesa vniká, čím menší jest jeho čelo, a čím delší strana.

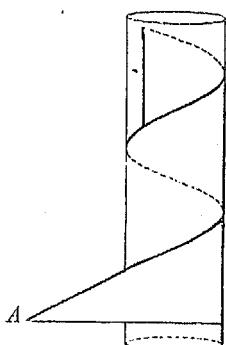
Dláta a sekery, motyky, rýče, plechy ruchadel, nože, jehly, šísla, hřebíky, kolíky i koly a t. d. jsou klíny.

122. Šroub. (Schraube.) (Archytas r. 400. před Kr.) Ovine-li se pravoúhlý trojúhelník z papíru okolo válečky, utvoří podpona křivou čáru, kterou šroubovicí zoveme (obr. 173.). Připevníme-li k šroubovici kolem válečky čtyřhranou neb trojhranou, povstane šroubové vřeteno (obr. 174.). Délka této tyče od kteréhokoli bodu k bodu kolmo nad ním ležícímu

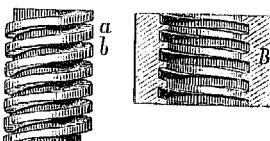
sluje jedním závitem, přímá vzdálenost konců každého závitu ($a b$) výškou jeho. Ku vřetenu náleží vždy šroubová matice B , která vznikne, vyryjí-li se do válce dutého závity vřetena.

Ze vzniku šroubovice jest patrno, že každý závit jest vlastně nakloněnou rovinou. Bude tedy o poměru síly a břemena platiti týž zákon jako u roviny nakloněné: Kolikrát jest síla menší než břemeno, tolikrát jest dráha břemena menší než dráha síly.

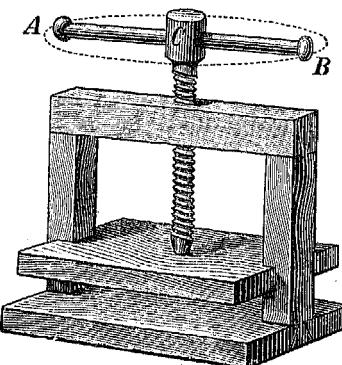
Obr. 173.



Obr. 174.



Obr. 175.



Obr. 175. znázorňuje ruční lis, při kterém síla otáčí páku $AC = r$ a břemeno mezi oběma prkénky se stlačuje. Otočí-li síla páku r jednou kolem, opíše dráhu $2\pi r$ a břemeno se stlačí o výšku jednoho závitu v . Proto musí $P : Q = v : 2\pi r$.

A to lze také čísti: Síla má se ku břemenu, jako výška závitu k obvodu kruhu, který opisuje působiště síly.

Šroubu užívá se nejhojněji k stlačování, spojování a upínání těles. Šroubem mohou se tělesa velmi zdlouha posunovat. Je-li výška závitu 1 mm a otočí-li se hlava šroubu jednou kolem čili o 360° , postoupí konec šroubu o 1 mm; otočí-li se hlava šroubu jen o 1° , postoupí konec šroubu o $\frac{1}{360}$ mm. Šroubu užívá se též k pohybování parních lodí. Loďní šroub vynalezl Josef Ressel z Chrudimi r. 1826.

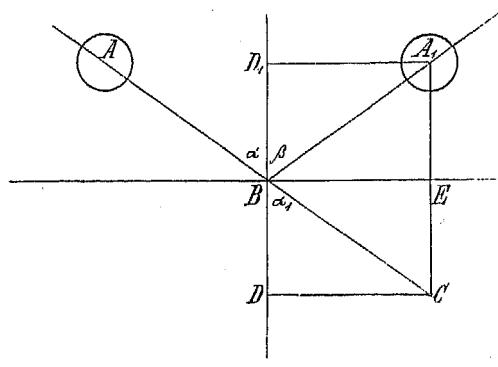
123. Ráz. (Stož.) Setká-li se těleso v pohybu náhle s tělesem jiným, úkaz ten sluje rázem. Pozorujme některé účinky rázu.

1. Spustíme-li kouli z blíny s výše na podlahu, rozpletne se a zůstane v klidu. Spustíme-li kouli ze slonoviny s výše na tvrdou desku vodorovnou, odskočí od ní téměř do té výše, s které dopadla. Byla-li koule mokrá, spatříme na desce kruh s vyznačeným středem. Nárazem stlačila se koule a prohnula se dovnitř. Však pružností nabyla opět dřívějšího tvaru.

Rázem mění se tvar tělesa nepružného trvale, pružného na okamžik.

Narazí-li pružná koule na stěnu kolmo, odrazi se v protivném směru touží rychlostí, kterou dopadla.

Obr. 176.



Je-li BC rychlosť, kterou koule na stěnu dopadá, rozkládá se nárazem ve složku BE a BD . Prvá zůstává i po rázu beze změny (jako u koule nepružné), avšak druhá mění se rázem v rychlosť protivnou BD_1 . Obě složky BE a BD_1 skládají se pak v rychlosť výslední BA_1 . Poněvadž $\triangle BDC \cong \triangle BD_1A_1$, jest $BC = BA_1$ a $\angle \alpha = \angle \beta$.

Úhel α , který tvoří směr koule dopadající s kolmicí, zove se úhlem dopadu, úhel β , který svírá směr koule odražené s kolmicí,

úhlem odrazu. Oba úhly leží v téže rovině ABA_1 , jež rovinou dopadu neb odrazu sluje. Můžeme pak říci:

Narazí-li koule pružná na stěnu šikmo, odrazi se touží rychlosťí, zůstane v rovině dopadu, a úhel odrazu rovná se úhlu dopadu.

Hra na kulečníku, pokličky způsobené ploškým kamenem na vodě.

Obr. 177.

4. Zavěsme dvě stejné koule ze slonoviny tak, aby se vespolek dotýkaly, a aby středy byly v přímce vodorovné (obr. 177.). Zdvihneme-li kouli A do A' a spustíme ji, pohybuje se po oblouku $A'A$, odrazí kouli B do B' a sama se zastaví.

Rázem stlačí se obě koule, při čemž A polovici své rychlosti kouli B udělí. Po té se obě koule touží silou roztáhnou. Zpátečně tlakem koule B pozbude A i druhé polovice své rychlosti, která zase kouli B přibude.

Rovné pružné koule vyměňují rázem své rychlosti.

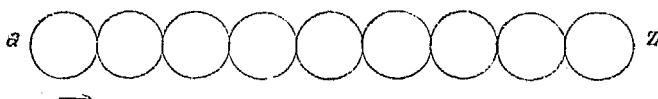
2. Vrhneme-li kouli z hlíny na stěnu vodorovnou šikmo, rozpleskne se a smýká se po stěně, až se rychlosťí zruší.

Rázem rozkládá se rychlosť ve dvě složky, jednu na stěnu kolmou a druhou se stěnou rovnoběžnou. První se zruší odporem stěny a jen druhá zůstává.

3. Vrhneme-li kouli ze slonoviny na stěnu šikmo směrem AB odrazi se odní směrem BA_1 , tak, že $\angle \alpha = \angle \beta$ (obr. 176.).

Visí-li takových koulí těsně vedle sebe celá řada (obr. 178.), a zdvihнемe-li a spustíme kouli první α , sdří se náraz její kouli druhé, od té třetí a t. d. a všecky zůstanou v klidu; toliko poslední z se odraží. Tyto pokusy mohou se provést i s několika korunami na hladkém stole.

Obr. 178.



Zákony pružného rázu vyzpýtoval první Jan Marek, professor na vysokém učení v Praze, r. 1639.

Zákony pružného rázu vyzpýtoval první Jan Marek, professor na vysokém učení v Praze, r. 1639.

X. Akustika čili nauka o zvuku.

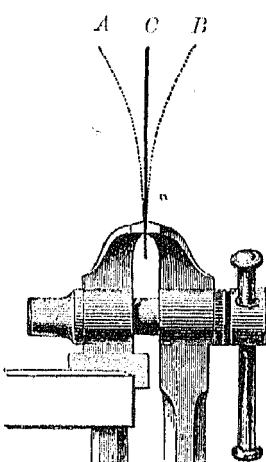
124. Chvění, vlna stojatá. 1. Vychýlime-li ocelovou tyč *C*, (obr. 179.) konec ve svéráku upevněnou, do polohy *A* a zůstavíme ji sobě samé, táhne ji do původní polohy pružnost, které tou měrou ubývá jako výchylky tyče, a proto tyč vraci se nerovnoměrně zrychleně. V poloze původní nabude tyč největší rychlosti a jsouc setrvačna pohybuje se do polohy *B* nerovnoměrně zpozděně, protože ji pružnost čím dál, tím více v pohybu zdržuje; v *B* pozbude vši rychlosti, pohybuje se zpět jako na počátku a pohybu tyče nebylo by konce, kdyby se na okolní vzduch a na svérák stále nepřenášel.

Takový pohyb nazýváme **chvěním**. Pohyb z A do B a z B do A zpět sluje **záchvějem** (oscillace, vibrace); doba, které má bod k záchvěji potřebí, dobu záchvěje, každá výchylka z polohy rovnovážné rozchvějem.

Chvění shoduje se s kýváním (srov. 107.), rozdíl jest jen v tom, že kývání působí těžo, chvění však pružnost; kyvem zvali jsme dráhu s jedné strany na druhou, záchvěj však jest dráha dvojnásobná, totiž tam a zpět.

2. Jako tyč ve svěráku chvěje též struna napjatá (obr. 180.) aneb závitnice zatižená (obr. 15.), když se z polohy rovnovážné vyšinc. Chvění, při kterém všecky body tělesa současně chvíti začínají a přestávají, současně polohou rovnovážnou i polohou krajní procházejí, sluje chvěním stojatým.

Obr. 179



Obr. 180.



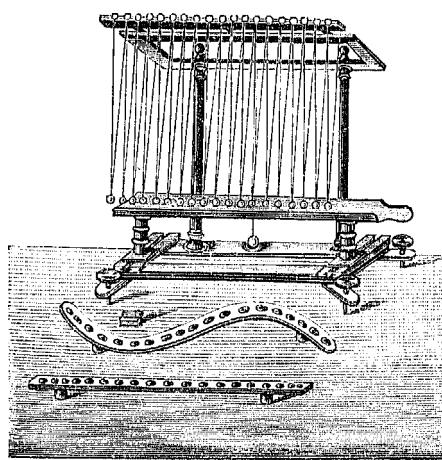
Body, jejichž pohyb jest nepatrný, služí k l i d n ě. (A, B, obr. 180.) Tvar tělesa mezi dvěma klidněmi zoveme vlnou stojatou (stehende Welle).

Chvějící struna tvorí celou vlnu stojatou, tyč a závitnice na jednom konci upevněná jen půl vlny stojaté.

3. Ve chvění tří těles pozorovaných jest ještě jeden rozdíl. Body tyče a struny chvějí kolmo na délku obou těles, kroužky závitnice ve směru délky její. Ono chvění nazýváme p ř í c h y m (transversálním), toto p o d ē l n y m (longitudinalním).

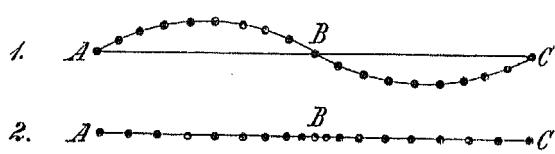
125. Vlna postupná (Fortschreitende Welle). Na Machově vlnojevu (obr. 181.) jest viděti řadu jednoduchých kyvadel, z nichž každé dvěma nitkami na okrajích rovnoběžných latěk jest zavěšeno. Přirazíme-li obě

Obr. 181



Vytáhneme-li pravítko za dobu, v které první kulička dva kyvy čili jeden záchvěj vykoná, kulička poslední začne s ní současně kývat, a spatříme všecky kuličky v čáře, znázorněné na obr. 182. 1. Čára tato skládá se ze dvou záhybů, z nichž jeden vrchem, druhý dolcem zoveme.

Obr. 182.



Příčné vlny postupné vidíme na klidné hladině vodní, když do ní kámen hodíme. Částečky vodní uvedou se ve chvění, které v kruzích soustředných

lafky k sobě, všecky nitky jsou v jedné rovině a každé kyvallo může chvíti jen na příč. Všecky kuličky opírájí se o pravítko, zastrčené v žlabku, který spočívá na dvou posuvných sloupkách. Vyšinou-li se oba sloupky a s nimi pravítko stranou, všecka kyvalda nabudou polohy šikmé. Vytahujeme-li pak pravítko rovnoramenně ze žlabku, rozkývá se na příč jedno kyvallo za druhým a vytáhneme-li pravítko celé, spatříme řadu kuliček v čáře křivé, jejiž záhyby od jednoho konce k druhému postupují. Čáru tuto nazýváme vlnitou (Wellenlinie).

Vrch i dol postupují za sebou od jednoho konce k druhému a tvoří dohromady příčnou vlnu postupnou. Délku AC jmenujeme délkou vlny.

dál a dál se šíří. Vrch i dol v hladině zřejmě vyniká. — Zavěsimeli na skobu ve stěně měkkou bílou šňůru aneb závitnici z tenkého mosazného drátu několik metrů dlouhou a pohneme druhým koncem náhle nahoru dolů a zastavíme uprostřed, utvoří se vlna přičná, která od ruky ke skobě postupuje a odtud zpět se vráti.

2. Utvořme na Machově vlnojevu přičnou vlnu jako byla poslední a vzdalme obě hořejší latky od sebe. Kyvadla mohou ohvíti také ve směru řady a vlna přičná promění se rázem ve vlnu podélnou. U té není ani vrchu ani dolu, ale jest zde jiné uspořádání kuliček, které se na některých místech k sobě bliží, na jiných zase od sebe vzdalují, tak že zhuštění a zředění vzniká, které jako vrch a dol u vlny přičné od jednoho konce ke druhému postupuje. Zhuštění a zředění činí podélnou vlnu postupnou. (Obr. 182. 2.)

V kterých místech zhuštění a zředění vzniká, poznáme touto úvahou:

U vlny přičné chvějí kuličky po obou stranách bodu *B* ve směrech protivných. Ten vztah zůstane, proměníme-li vlnu přičnou ve vlnu podélnou. Pohybují-li se tedy kuličky v části *AB* v jistém okamžiku v pravo, jdou kuličky v části *BC* v levo; tím nastane v bodu *B* zhuštění a v bodech *A* a *C* zředění. Zhuštění a zředění nevzniká tedy tam, kde jest nejpradší pohyb — jako u vlny přičné vrch a dol — nýbrž v bodech, které procházejí polohou rovnovážnou.

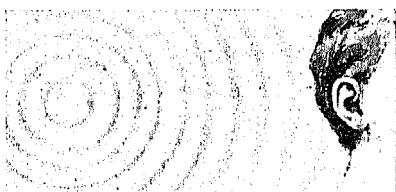
126. Podmínky zvuku. Klepnu-li kladívkem na papírovou šošolku třaskavým stříbrem naplněnou, nastane výbuch. Co se zde děje? Rázem vzbudi se teplo a tím promění se třaskavé stříbre v plyny velmi horké, které svým napjetím okolní vzduch na všecky strany pudí, tak že se v jisté vzdálenosti zhustí. Zhuštěný vzduch udělí náraz, jehož se mu plyny dostalo, vrstvám dalším a pohybuje se sám do dřívejšího prostoru zpět. Tím vznikne kolem dokola zředění, které za zhuštěním v kouli dál a dál se šíří, až přijde do ucha našeho, kde pocit zvuku způsobí. (Obr. 183.)

Zvuk šíří se ve vzduchu podobně jako náraz v řadě pružných kouli (obr. 178.). Jako tam náraz s koule na kouli přechází a jen poslední se odrazí, tak i zde šíří se náraz od vrstvy k vrstvě a jen poslední přivede ústrojí sluchové v pohyb.

Obr. 183.

Aby povstal zvuk jest dle tohoto výkladu potřebí:

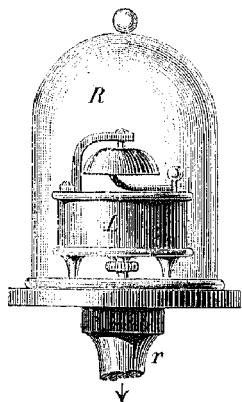
1. Pružného tělesa, jehož částečky jsou v rychlém pohybu na vzduch narážejí. V uvedeném příkladě byl to plyn, jindy jest to struna, tyč, zvon a t. d. vůbec těleso znějící.



2. Pružného prostředí, kterým pohyb vlnivý se šíří. Z pravidla bývá to vzduch, ač i jiná tělesa jako na př. voda, země, dřevo, kovy a t. d. zvuk rozvádějí.

Potopí-li se dva plavci pod vodu a jeden z nich udeří dvěma kameny o sebe, slyší druhý zvuk ve značné dálece tak, jakoby by byl vznikl u něho. —

Obr. 184.



Zavěsíme-li na konec tyče kapesní hodinky a přiložíme-li druhý konec k zubům, slyšíme klepot hodin velmi silně. — Přiložíme-li ucho k zemi, slyšíme dusot koní ze značné dáleky. — Postavíme-li budiček *L* (obr. 184.) na několik kotoučků plstěných na talíř vývěry a spustíce jej poklopíme zvonem *R*, z něhož vzduch vyčerpáme, vidíme, že kladívko na zvonek klepá, ale zvuku neslyšíme. Vpustíme-li vzduch do zvonu, zvuk nabude původní jasnosti. Prázdným prostorem zvuk se nešíří. (Hawksbee 1705.)

3. Zdravého sluchu, o čemž nás poučuje každodenní zkušenosť.

127. Rychlosť zvuku. Pozorujeme-li z dálky střelce, jenž k lici přiložil, vidíme dříve kouř a pak slyšíme teprv ránu, a to tím později, čím dálce jsme od něho.

Zvuk má potřebí času, aby přišel z místa na místo.

Učenci francouzští chtíce vyzpytovati (r. 1798.) rychlosť zvuku, změřili vzdáenosť dvou stanic a dali tam postaviti děla. Noční dobu střílelo se střídavě v umluvených okamžicích, a změřila se po každé doba mezi uzřením ohně a zaslechnutím rány. Doby té má zvuk potřebí, aby proběhl vzdáenosť obou stanic. Děli-li se tato vzdáenosť po čtem vteřin, vyjde dráha připadající na 1 vteřinu.

Zvuk šíří se ve vzduchu při teplotě 0° rychlostí 333 m.

Rychlosť této přibývá s teplotou vzduchu, avšak tlak jebo na ni nepůsobí. Po vteřinu jest rychlosť zvuku větší než 333 m, proti němu menší. Proč neslyšíme hromu v témž okamžiku, ve kterém vidíme blesk? Kterak určuje se vzdáenosť bouřky?

128. Odraz zvuku. (Sleflexion des Schalles.) Zvoláme-li v jisté vzdáenosťi naproti zdi, uslyšíme, že hlas náš v zápěti ode zdi se vrátí. Zvuk dopadna na stěnu odraží se od ní dle týchž zákonů, jako pružná koule. (Viz 123.!) Rozezná-li se zvuk odražený od zvuku původního, nazývá se ozvěnou (echo), splývá-li s ním částečně, prodlouží jej a sluji rozlehlem.

V dlouhých chodbách a prázdných síních rozléhá se řeč a stává se nesrozumitelnou.

Vychází-li zvuk od pozorovatele a dopadá-li na stěnu kolmo, závisí na vzdáenosťi pozorovatele od stěny, uslyší-li ozvěnu aneb rozleh.

Zkušenost učí, že ucho naše za jednu vteřinu devět zvuků od sebe řezezná. Mezi zvukem původním a odraženým musí uplynouti tedy aspoň $\frac{1}{9}$ vteřiny. Za ten čas proběhne zvuk $\frac{33}{9} m = 37 m$, totiž dráhu ku stěně a zpět. Stěna musí býti tedy aspoň $18\frac{1}{2} m$ vzdálena, aby zvuk odražený právě v tom okamžiku se vrátil, když původní zvuk doznel. Pozorovatel slyší ozvěnu jednoslabičnou. Je-li stěna méně než $18\frac{1}{2} m$ vzdálena, splyne zvuk odražený částečně se zvukem původním a prodlouží jej, že se rozléhá.

Je-li vzdálenost stěny dvakrát neb třikrát větší, zvuk potřebuje dvakrát, třikrát větší doby, než se od stěny vráti a zatím mohou se vysloviti jedna neb dvě slabiky jiné. Ozvěna jest pak dvojslabičná neb trojslabičná. Odráží-li se zvuk od několika stěn a přichází-li do ucha od jedné stěny po druhé, vzniká ozvěna mnohonásobná. V Adersbachu u Trutnova jest ozvěna trojnásobně sedmislabičná. V zámku Simonetta u Milána odráží se výstřel z okna hlavního stavení mezi křídly zámku padesátkrát.

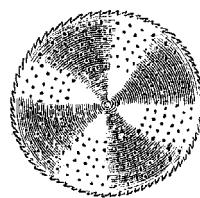
129. Druhy zvuku. Zvuk zpřísnobený jediným otřesením vzduchu, na př. výbuchem traskavého stříbra, výstřelem z ručnice, nárazem kladiva a t. d. nazýváme ráno u. Následuje-li za sebou mnoho nárazů vzduchu neperiodicky, t. j. v nerovných přestávkách, vzniká zvuk nepravidelný a míívá rozličná jména.

Vozy po dláždění hrčí, voda pod jezem hučí, les šumí, oheň praská atd.

Opakuji-li se však stejně nárazy rychle a periodicky t. j. v rovných přestávkách, vzniká zvuk pravidelný, hudební, a nazýváme jej tonem.

Roztočíme-li zvolna plechový kotouč (obr. 185.), na jehož obvodě jsou vysekány zoubky úplně stejné, a přidržíme k nim proužek kartového papíru, slyšíme náraz jeho na každý zub; však roztočíme-li kotouč rychle, ucho již nepostřehuje jednotlivých nárazů ale pocítuje je v souvislosti jako ton. (Sirena Savartova.) Má-li kotouč kolem dokola řadu dírek stejně od sebe vzdálených a foukáme do nich trubičkou, když se kotouč rychle otáčí, proud vzduchu vyráží dírkami a narází na vzduch za deskou a poměradž tyto nárazy rychle a pravidelně za sebou následují, vzniká ton. (Sirena Seebeckova.)

Obr. 185.



130. Výška tonu absolutní a relativní. 1. Roztočíme-li rychle Seebeckovu sirenu s osmi řadami dírek, kterých jest v jednotlivých kruzích 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48 a foukáme-li do jedné řady dírek po druhé postupujice od osy k obvodu, uslyšíme 8 rozličných tonů, z nichž každý z jiného počtu nárazů neb záhvějí se skládá. Při jednom otočení kotouče má první ton 24 záhvěje, druhý jich má 27, třetí 30 a t. d. a poslední 48; otočí-li se kotouč za 1 vteřinu 10 krát, jest počet záhvějí tonu prvního 240, druhého 270, třetího 300 a t. d. a posledního 480.

Počet záhvějí za 1 vteřinu vykonaných nazýváme naprostou (absolutní) výškou tonu. (Mersenne 1636.)

Aby se naprostá výška tonu určiti mohla, sirenou mívají přístroje hedené, které udávají, kolikrát se kotouč za jistou dobu otočí. Z toho určí se počet otocení za 1 vteřinu a násobí-li se jím počet dírek určité řady, nabudeme naprosté výšky tonu.

2. Naprosté výšky tonů, vzbuzených dotčenou sirenou osmiřadovou, mají se k sobě jako čísla:

24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48

aneb dělme-li 24, jako:

1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{8}{5}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2.

Každé z těchto čísel udává, kolikrát který ton vyšší jest než ton první čili základní. Poměr výšky kteréhokoliv tonu k výšce tonu základního nazýváme jeho výškou relativní.

131. Stupnice. 1. Řadu tonů, jejichž relativní výšky jsou: 1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{8}{5}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2, nazýváme diatonickou stupnicí tvrdou (skala dur) a jednotlivé tony této řady sluji prima, sekunda, tercie, kvarta, kvinta, sexta, septima a oktava. Kromě této stupnice užívá se v hudbě ještě jiné, v níž relativní výška tercie menší jest, t. $\frac{6}{5}$.

Stupnici tuto zoveme diatonickou stupnicí měkkou (skala moll) a relativní výšku $\frac{6}{5}$ malou tercií.

Tony znamenají se buď notami aneb písmenami. Prima s oktavou mají touž písmenu, protože oba tony tak dobře souhlasí, že se nám zdá, jako bychom jen jeden ton slyšeli.

Poznamenáme-li první ton C, znamenají se ostatní tony tvrdé stupnice D, E, F, G, A, H, e.

Prvních 7 tonů činí velkou oktavu; vezmeme-li c za ton základní, obdržíme druhou čili malou oktavu c d e f g a h, třetí čili jednou čárkovanou oktavu jest pak c d e f g a h atd. Nejvyšší ton jehož se v hudbě užívá jest e. Právě tak můžeme sestupovat od C dolů až ku kontra C, kteréž jest nejhlubším C pianu a obyčejných varhan.

2. Poměr výšek kterýchkoli dvou tonů ve stupnici nazýváme intervallem (mezerou).

Přirovnáním relativních výšek přesvědčíme se, že v diatonické stupnici dur interval mezi tercií a kvartou a pak mezi septimou a oktahou menší jest, než mezi ostatními tony. Tyto dva intervally nazýváme půltony a ostatní intervally tony celými. K účelu praktické hudby klade se mezi každé dva celé tony jeden půltón. Takový půltón vznikne buď zvýšením tonu předcházejícího aneb snížením tonu následujícího. K písmenu tonu nižšího přivěsí se slabika *is*, a k písmenu tonu vyššího *es*.

Stupnice diatonická se všemi půltony zvýšenými neb sníženými sluje stupnicí chromatickou. Tato jest:

C	Cis	Dis	Fis	Gis	Ais	Hes	e
Des	Es	E	F	Ges	As	A	

3. Je-li souzvuk dvou nebo několika tonů příjemný, sluje libozvuk (konsonance), je-li nepříjemný, nelibozvuk (dissonance).

Zkušenosť učí, že nejlepší libozvuky dávají ty tony, jejichž relativní výšky jsou vyjádřeny nejmenšími čísly. Zní tedy libě prima s oktavou, prima s kvintou, prima s kvartou, prima se sextou a prima s tercii. Nelibě zní zase prima se sekundou a prima se septimou.

132. Znějící tělesa. Ton vznikne, když se vzduch rychlými periodickými nárazy v postupné chvění uvede. Dokonaleji než sirenami docílí se toho pružnými tělesy, které se snadno rozechvějí. Kapaliny se k tomu nehodí, protože jsou téměř nestlačitelné a snadno se rozstřikají; užívá se tedy k buzení tonů jen těles tubých a vzdušných a to v takových tvarech, u jakých jeden rozměr buď nad ostatní vyniká jako u strun, tyčí a sloupců vzdachu v nástrojích dechových, aneb proti ostatním jest nepatrný jako u desk a blan. Sloupce vzduchové chvějí jen podélne, desky a blány jen přičně, struny a tyče oběma způsoby.

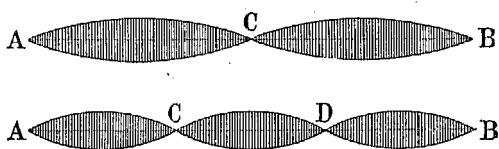
Vyluzujeme-li tony pružnými tělesy, přihlídžíme vždy ku dvěma věcem: 1. Jak těleso chvěje, 2. Na čem závisí výška tonu vzbuzeného.

133. Struny. 1. Jak napnuté struny chvějí, lze pozorovati na závitnici z tenkého drátu mosazného asi 4 m dlouhé, když ji na jednom konci upevníme a druhý konec v taktu rozkýváme.

Kýváme-li zvolna, utvoří jedinou vlnu stojatou. (Obr. 180.)

Kýváme-li dvakrát rychleji, závitnice nemůže jako celek pohyb po stačiti a rozdělí se ve dva díly, které ve směrech protivných chvějí činice každý jednu vlnu stojatou. Obě vlny jsou odděleny klidní (Schwingungsknoten). Kýváme-li konecem závitnice třikrát rychleji, rozdělí se na tři vlny stojaté a t. d. (Obr. 186.)

Obr. 186.



Jako drátěná závitnice chvějí také skutečné struny, jak se s onometrem (obr. 187.) přesvědčíme. Jest to truhlíček 1 m dlouhý, z tenkých prkňek smrkových složený. Nad horní stěnou jest přes dva prahy několik strun dílem kolíky, dílem závažím napjato a pod nimi jest metrické měřítko. Podložíme-li střed některé struny kobylkou a dáme na strunu řadu ohnutých proužků papírových, zvaných jezdce, všecky seskáčou, když jen půlkou struny rozechvímme. Podepříme-li strunu v jedné třetině, čtvrtině a t. d. a rozechvímme pokaždé kratší část,

zůstanou na struně jen ti jezdci, kterými se struna na třetiny, čtvrtiny a t. d. dělí, z čehož jest patrno, že struna chvěje ve dvou, ve třech, ve čtyřech a t. d. vlnách stojatých.

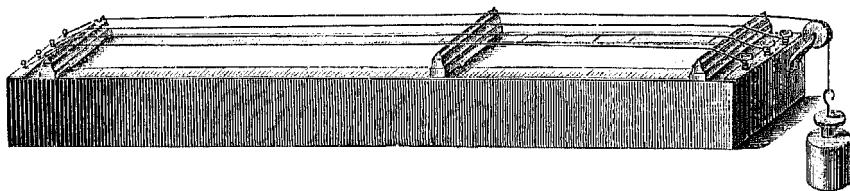
Struny dělí se někdy v částky rovné větrem, a je-li jich několik, podobají se zvuky jejich vzdálenému zvonění. (Aeolova harfa, dráty telegrafické.)

2. Abychom vyzpytovali na čem výška tonu struny závisí, učiňme tyto pokusy:

a) Naladíme dvě stejné struny na týž ton a podpírejme jednu postupně v $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{1}{2}$. Přirovnávajíce tony její tonu struny druhé, shledáme, že výšky jejich jsou: $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2.

Výška tonu jest v převráceném poměru s délkou struny.

Obr. 187.



b) Zatížíme-li jednu z dotčených strun 9 a druhou 4 rovnými závažími, jsou výšky tonu jejich v poměru $3 : 2 = \sqrt[9]{9} : \sqrt[4]{4}$.

Výška tonu jest v přímém poměru s druhou odmocninou z napjetí struny.

c) Napneme-li na sonometr stejným závažím houslové struny *a*, *d*, jejichž tloušťky jsou k sobě v poměru $\frac{2}{3}$, dá silnější primu a slabší kvintu, jejíž relativní výška jest $\frac{3}{2}$.

Výška tonu jest v převráceném poměru s tloušťkou struny.

d) Napneme-li rovným závažím dvě stejně tlusté struny, jednu stříbrnou, druhou aluminiovou, dává ona primu, tato oktavu, tedy ton dvakrát vyšší. Poněvadž hustota stříbra (10·4) čtyřikrát větší jest než hustota aluminia (2·6), jest zřejmo, že výška tonu jest v převráceném poměru s druhou odmocninou z hustoty struny.

Jaké jsou rozměry strun u pian a harfy, u houslí a basy? Kterak vyluzují se z nástrojů smyčcových vysoké tony? Proč oprádají se struny pro tony hluboké drátem měděným neb stříbrným?

134. Tyče. Pružné tyče mohou chvěti buď příčně neb po délce.

1. Má-li tyč chvěti příčně, upevní se na konci jako na obr. 179., aneb se podepře ve dvou bodech, asi o $\frac{1}{5}$ tyče od konce vzdálených.

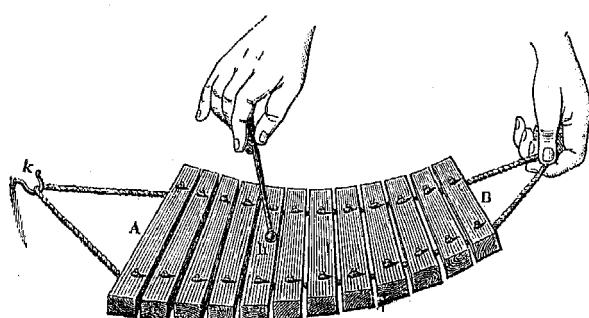
Výšky tonu přibývá s tloušťkou a ubývá se čtvercem délky tyče.

Tyče na jednom konci upevněné vídáme u drnkačky, u hracích strojů a u železných housliček. Tyčí ve dvou bodech podepřených užívá se při harmonice skleněné a dřevěné. (Obr. 188.)

Důležitý nástroj akustický jest ladička. Jest to tyč ve vidlici ohnutá, s držátkem uprostřed. Ladička chvěje tak, jak na obr. 189. znázorněno. Obě klidně leží u záhybu, což z toho vysvítá, že ladička chvěti nepřestane, když ji v těchto místech dvěma prsty podržíme.

Se záhybem ladičky chvěje také nožka a to podél ně, o čemž se přesvědčíme, když koncem její zubů se dotkneme.

Obr. 188.



Obr. 189.

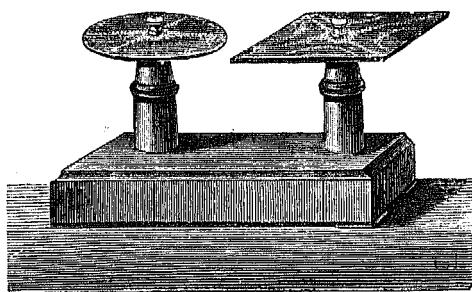


Ladička udávající komorní ton a čini 435 záhvějů za 1 vteřinu a služe normalně. Podle ní ladi se všecky hudební nástroje.

Přitmelime-li na jedno rameno ladičky tenký drátek a tálheme znějící ladičku tak, aby se konec drátka skleněné desky začazené stále dotýkal, vykresli se v sazích tolik vln, kolik záhvějů ladička učinila. Ladička takto zařízená služe fonograf.*)

135. Desky. Chtice poznati, kterak chvěje pružná deska, sevřeme ji uprostřed šroubem, a posypme ji drobným suchým pískem. Hrajeme-li na okraji desky smyčcem, deska se rozsvyčí, a písek usadí se na místech klidných. (Obr. 190.) (Obrazec Chladného 1787.) Díly desky po obou stranách kterékoli klidně chvějí ve směrech protivných. Z desky lze vylouditi mnoho tonů a s každým srovnává se jiný obrazec, tím složitější, čím vyšší jest ton.

Obr. 190.



*) fónos = zvuk, gráfó = píšu.

Podobně jako desky chvějí také zvony a napjaté blány jako např. u bubnů a kotlů.

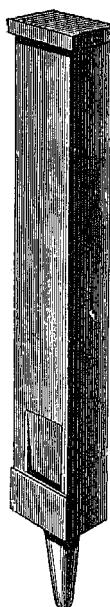
136. Pištala retná čili labialní (Lippentröhre) (obr. 191.) jest roura, opatřená na jedné straně otvorem, který se ústím nazývá. Horní hrana jeho jest ostrá a služí ret (labium).

Pod ústím roura jest vyjma úzkou štěrbinu přepažena jádrem.

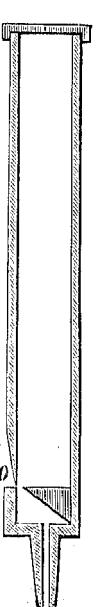
Proudí-li vzduch štěbinou, rozráží se o horní ret, uvádí vzduch v rouře do podélného stojatého chvění a pištala se rozzvučí. Trubka úzká a krytá rozzvučí se i bez ústí a jádra, když se přes okraj otvoru jejího fouká. (Obr. 192.) Podobně flauta.

Abychom poznali zákony, jimiž se výška tonu spravuje, učiňme ještě tyto pokusy:

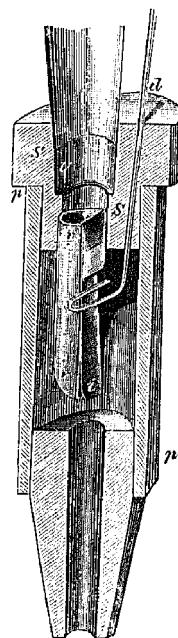
Obr. 191.



Obr. 192



Obr. 193.



v převráceném poměru s délkou pištaly. (Daniel Bernoulli r. 1762.)

137. Pištala jazýčková (Zungenpfeife) jest trubice na jednom konci zavřená, na druhém otevřená a na stěně opatřená štěbinou, již pružný plátek zvaný jazýček zavírá. Trubice vězí v rouře širší, do které vzduch nožkou se fouká. (Obr. 193.) Tím přivede se jazýček do chvění, otevírá a zavírá střídavě štěbinu, tak že proud vzduchu usedavě vyráží dávaje ton jako u sireny.

1. Foukněme do pištaly na obr. 191. a sejmouce krov, foukněme opět. Pištala dává nyní vyšší oktavu.

Ton pištaly otevřené jest dvakrát vyšší než pištaly kryté téže délky.

2. Foukejme do pištaly zatlačujice doní dložitý píst hloub a hloub. Výšky tonu přibývají. Zkrátí-li se pištala na $\frac{2}{3}$, dává kvintu ($\frac{3}{2}$), zkrátí-li se na $\frac{1}{2}$, dává oktavu ($\frac{2}{1}$) tonu původního. Výška tonu jest

Zkrátíme-li jazýček drátěnou ručičkou *d*, ton se zvýší. Výška tonu závisí tedy na délce jazýčku a mimo to i na jeho pružnosti a na délce sloupeček vzduchového v píšfale.

Jednoduché pištaly jazýčkové nabudeme z brku nebo stébla, vedeme-li od kohoutka řez asi 3 cm dlouhý rovnoběžně s osou. K píštalám jazýčkovým náleží dětská trubka, klarinet, hoboj, fagot, harmonika a harmonium. I nástroje plechové jako lesní rohy, křídelnice, zvukorohy a t. d. jsou píštaly jazýčkové, při kterých pásy v nátrubku se napnou a proud vzduchu vyrůžeji a zarážeji.

Účinek dírek a klapek jest podobný onomu, kterého se docílí dotknutím struny. Jako struna rozdělí se i sloupec vzduchový v díle, a k tomu náleží vyšší ton.

Ústrojí hlasu lidského (*Stimmlorrgait*) jest rovněž píšfalu jazýčkovou. (Obr. 194.) Ústrojí toto jest v ohryzku složeném ze tří chrupavek, mezi nimiž svazy hlasové *cc* (*Stimmbänder*) tak jsou napjaty, že úzká štěrbina zvaná hlasivkou (*Stimmlücke*) vzniká.

Tyto svazy rozechvějí se proudem vzduchu z plic jako jazýček píšfaly, a tak vzniká hlas.

Výška hlasu závisí na délce a tloušťce svazů a na napjatí, které se zvláštnimi svaly řídí. U mužů jsou svazy delší než u žen a dětí, proto jest hlas oněch hluboký, těchto vy oký.

138. Síla zvuku. 1. Rána z děla jest silnější než rána z ručnice, hlas velkého zvonu jest silnější než zvonu malého.

Sily zvuku přibývá s hmotností znějícího tělesa.

2. Vyšíme-li strunu na sonometru z rovnováhy, rozechvěje její jsou z počátku velké, a čím dále tím menší. Právě tak ubývá též síly tonu, který umlkne, když struna se zastaví.

Sily zvuku přibývá s velikostí rozechvějí.

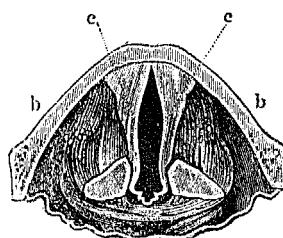
3. Voláme-li na někoho pod širým nebem, řídíme sílu hlasu podle vzdálenosti, vědouce dobře, že hlas v dálce se trati. Ve vzdálenosti dvakrát, třikrát větší jest síla zvuku čtyřikrát, devětkrát menší.

Sily zvuku ubývá se čtvercem vzdálenosti.

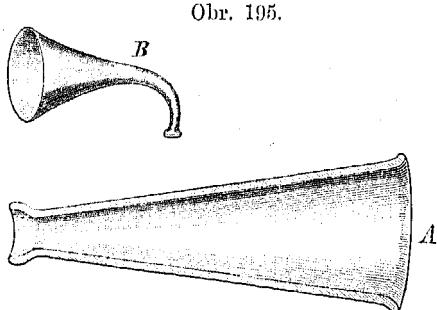
Zvuk šíří se v soustředných koulích a přechází na větší a větší množství vzduchu. Je-li poloměr koule dvakrát, třikrát větší, jest na povrchu jejím čtyřikrát, devětkrát více hmotných částeček, kterým se pohyb sdělí, a proto jsou rozechvěje jejich v téměř poměru menší.

Zákon tento platí jen tenkrát, může-li se zvuk všechny směry volně šířit; postupuje-li však jen jedním směrem jako např. v troubách z věstných (*Communicationströhren*), ubývá mu síly jen nepatrně. Francouzský silozpytec Biot pozoroval postup zvuku v prázdných vodovodech Pařížských a dorozuměl se se svým společníkem rourou 1000 m dlouhou šeptem. Troubou hlásnou (*Sprachrohr*) (obr.

Obr. 194.



195. *A)* jest slyšet hlas do značné dálky, protože se šíří jen určitým směrem
V naslouchátku (Štěrvežr) (obr. 195. *B)* přechází pohyb s větších vrstev na
menší, a proto přibývá rozehvějů a tím i síly zvuku.



Obr. 195.

139. Resonance (ozvuk).

Rozzvučíme-li ladičku v prstech, ton její jest slabý, postavíme-li ji však na stůl, zní mnohem silněji. Držákem sdělí se totiž záchvěje tabuli, kterou se větší množství vzduchu rozehvěje než malou ladičkou. Úkaz jest týž, nechť jest ton jakkoliv vysoký, neboť stůl jsa velikou deskou jest každého chvění schopen.

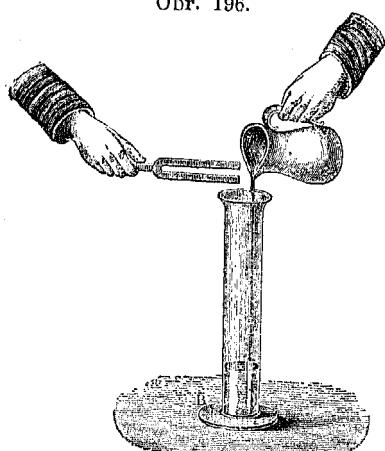
Tenká struna rozechví jen málo vzduchu, a proto jest ton její slabý, napne-li se však na sonometr neb na housle, sdělí se chvění její i dřevu a vzduchu uvnitř, a ton struny zmohutní.

Úkaz, že se slabé tony spolu chvěním jiných těles sesilují, sluje resonance (ozvuk).

Kdežto desky všecky možné tony sesilují, tyče, struny a sloupce vzduchové ozývají se jen tonům určitým. Úkaz ten sluje spolu zněním (Mittötten).

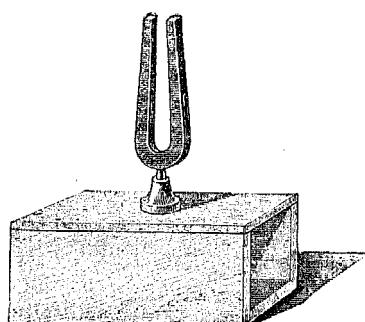
Naladíme-li na sonometru dvě struny na týž ton a rozvzvučíme-li jednu, chvěje i druhou, a papíroví jezdci s ní seskáčou. — Držíme-li znějící ladičku nad otvorem válce (obr. 196.), do něhož vodu po stěnách tiše lijeme, ton sesiluje se tou mřoucí kterou se sloupec vzduchu zkraje a nabude v jistém okamžiku síly největší. Foukneme-li pak přes okraj válce, poznáme, že sloupec vzduchu týž ton dává jako ladička, které se před tím ozýval.

Obr. 196.



Ladičky stavějí se na ozvučné skříňky, při kterých nejen dřevo, ale i vzduch ton ladičky sesiluje. (Obr. 197.)

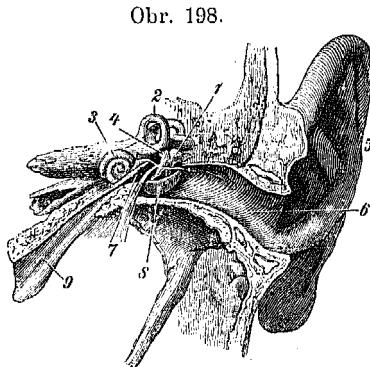
Obr. 197.



140. Ucho lidské jest složeno z části vnější, střední a vnitřní. Vnější části ucha jest boltec (5 obr. 196.) a zvukovod (6) na konci blánou bubínkovou (8) přešpačený. Za tou jest střední část ucha, totiž dutina bubínková. Tato souvisí Eustachovou trubicí (9) s ústy, a proto vzduch její má totéž napjatí jako vzduch vnější. Mimo vzduch jsou v dutině bubínkové čtyři kůstky kladívko (4), kovaldlinka (1), kůstka Silviova a třímínek, které tvoří dohromady pákové ústrojí, jež jedním ramenem t. kladívkem k bubínku, druhým t. třímínekem k bláně oblého okénka přilehlá. Pod okénkem oblym jest okénko okrouhlé rovněž blánkou pokryté. Za těmito okénky jest vnitřní část ucha t. bludiště. Skládá se z předsíně za okénkem oblym, ze tří dutých oblouků (2) a z hlemýždě (3). Bludiště jest naplněno kapalinou, v které sluchový nerv z mozku přicházející se rozvětvuje.

Boltem zachycují se nárazy zvukové, které k bubínku se šíří a do chvění jej uvedou. Kůstkami dutiny bubínkové přejde toto chvění do bludiště, sdělí se kapalině, podráždí konečky nervu sluchového, a tím vznikne pocit zvuku.

Protrhne-li se bubínek, člověk nedoslýchá, protrhne-li se však okénko kulaté, a kapalina z bludiště vytče aneb odtrhne-li se třímínek od okénka oblého, člověk ohluchne nadobro.



Obr. 198.

XI. Optika čili nauka o světle.

141. Rozvrh těles vzhledem k světlu. Přičinu toho, že vidíme, nazýváme světlem. Tělesa, která sama sebou jsou viditelná, jako slunce, žhavý uhel, hořící kostík a jiná služí tělesa svítící; tělesa, která teprve tělesy svítícími viditelnými se stanou, jako na př. měsíc, země a většina těles na zemi služí tma vám. Vidíme-li tělesem předměty zřetelně, jako na př. vodou, vzduchem, sklem, nazýváme je průhledným, vidíme-li jím nezřetelně, jako ku př. mastným papírem, zoveme je průsvitným, a těleso, kterým ničeho nevidíme, jmenujeme nepřůhledným.

V teninkých listkách jsou všecka tělesa průsvitná nevyjímajíc ani kovů.

142. Šíření světla. Hořící svíci vidíme se všech stran, ač není-li mezi ní a okem těleso neprůhledné. — Postavíme-li mezi svíci a oko

několik neprůhledných desk s malými otvory, uvidíme svíci jen tenkrát, jsou-li všecky otvory s plamenem a okem v téže přímce.

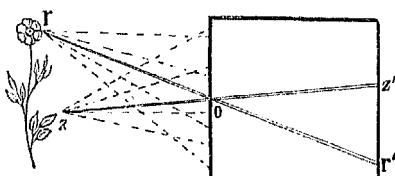
Světlo šíří se všemi směry v přímkách, jež paprsky slují.

Vniká-li světlo sluneční malým otvorem do zatemněné světnice, přímý postup paprsků jest na osvětleném prachu neb kouři patrný.

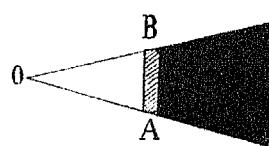
Podobně pronikají sluneční paprsky protrženými oblaky neb korunami stromů a osvětlujíce bublinky páry a prach ve vzduchu činí přímou dráhu svou viditelnou. Vytyčování přímky v poli.

Důsledky: 1. Učiníme-li v okenici tmavé světnice malý otvor, objeví se na protější stěně převrácený obraz světlého předmětu, který jest před okenicí. (Obr. 199.)

Obr. 199.



Obr. 200.

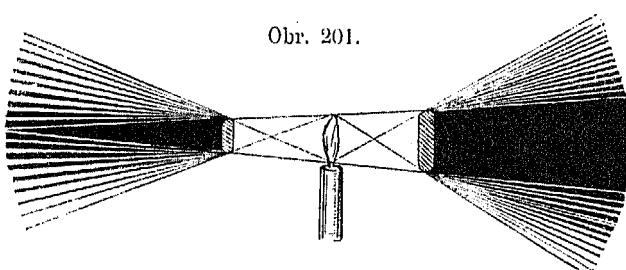


Poněvadž se světlo šíří přimočárně, může paprsek z bodu r dopadnout jen do r' , z bodu z do z' a výběc z každého hořejšího bodu dolů a z každého dolejšího bodu nahoru. Obraz jako tento, který na bílé stěně zachytiti lze, nazýváme skutečným.

Dáme-li bílou stěnu k okenici blíže, obraz jest menší, vzdálíme-li ji, obraz se zvětší. Učiníme-li v okenici dva malé otvory vedle sebe, vzniknou dva obrazy, které se částečně kryjí, větším otvorem vznikl by sice obraz světlejší, ale obrysů neurčitých. Na podobě otvoru obraz nezávisí. — K pochopenímu pozorování tohoto úkazu užívá se skříňky uvnitř černé, zvané temnice (camera obscura).

2. Poněvadž světlo jen v přímých čarách postupuje, vzniká za každým osvětleným tělesem neprůhledným tmavý prostor a ten sluje

Obr. 201.



stín. Vychází-li světlo z jediného bodu, stín jest všude stejně tmavý. (Obr. 200.) Dva světlé body dávají dva stíny, které se částečně kryjí.

Plamen svíčky jest složen z mnoha světlých bodů, z nichž každý jiný stín dává. Prostor všem stínlům společný, do něhož žádné světlo nevniká, slove stín úplný (Sternschatten), prostor jen částečně osvět-

lený jmenuje se polostín (Halbschatten). (Obr. 201.) Průsek stínu stěnou neprůhlednou nazýváme stínem vrženým (Schlagschatten).

Úplný stín za tělesem levým (obr. 201.) jest obmezený a za tělesem pravým neobmezený, protože ono menší a toto větší jest než těleso svítící.

143. Měny měsice. Zatmění. 1. Měsíc otáčí se kolem země v ellipse, která se jen nepatrně od kruhu liší. Dráhu svou probíhá za $27\frac{1}{2}$ dne. Poněvadž jest slunce od země 20,000.000 mil vzdáleno, dopadají paprsky jeho na měsíc i na zemi rovnoběžně a osvěcují jen půlky jejich k slunci obrácené. Druhé půlky jsou v stínu. (Obr. 202.)

Pozorovatel na zemi vidí však jen tu polovici měsice, která leží uvnitř jeho dráhy.

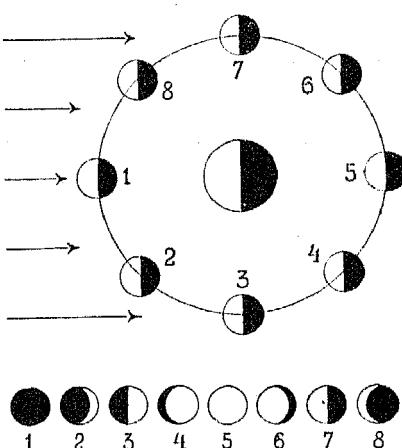
V poloze 1. jeví se nám měsíc jako tmavý kotouč. Říkáme, že jest nový měsíc čili zkrátká nov. (Ⓐ)

Aši za $3\frac{1}{2}$ dne octne se měsíc v poloze 2. a jeví se nám jako jasný srpek. Za další $3\frac{1}{2}$ dne jest měsíc v poloze 3. a vidíme pravou polovici kotouče osvětlenou. Nastala první čtvrt. (Ⓑ) Potom osvětlené části den ode dne přibývá a když měsíc přijde do polohy 5. vidíme celý kotouč osvětlený. Nastal úplněk. (Ⓔ) Od té doby osvětlené části den ode dne ubývá, a v poloze 7. jest toliko levá polovice kotouče osvětlena. Nastala poslední čtvrt. (Ⓒ) V poloze 8. zříme již jen světlý srpek na levé straně měsice a za $29\frac{1}{2}$ dne po novu máme opět nov. Tyto výjevy nazýváme měnami (fasemi) měsice. Kdyby země po celou dobu stála, než měsíc svou dráhu kolem ní vykoná, opakovaly by se měny měsice za každých $27\frac{1}{2}$ dne. (Měsíc siderický.) Že však země i s měsícem na své dráze kolem slunce postupuje, prodlouží se doba, než měsíc přijde do téže polohy k slunci na $29\frac{1}{2}$ dne. (Měsíc synodický.)

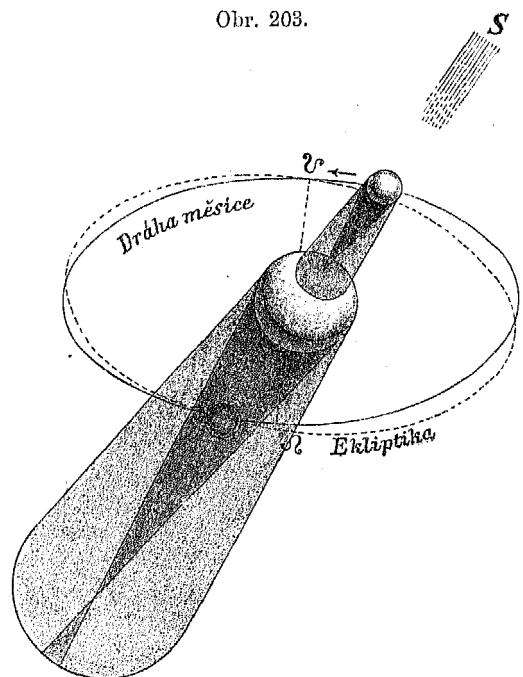
Podobný úkaz můžeme pozorovati na hodinách, kde od jednoho krytí ručiček k následujícímu neuplyne hodina, nýbrž doba delší ($1\frac{1}{11}$ hodiny).

2. Poněvadž země i měsíc jsou menší než slunce, vrhají podobné stíny jako menší neprůhledné těleso na obraze 201. Přijde-li měsíc na své dráze do stínu země, nastane zatmění měsice, přijde-li mezi slunce a zemí, zakryje nám slunce a nastane zatmění slunce.

Obr. 202.



Obr. 203.



Kdyby dráhy země a měsíce ležely v téže rovině, jako jsme na obrazu 202. předpokládali, měli bychom při každém novu zatmění slunce a při každém úplňku zatmění měsíce. Že však rovina dráhy měsíce od roviny dráhy země o uhel 5° se odchyluje, prochází měsíc někdy nad stínem, jindy pod stínem země a nemůže být zatemněn. Podobně jde stín měsíce při novu často mimo zemi a nemůže nastati zatmění slunce. Jen když měsíc rovinu ekliptiky prostupuje, nastane zatmění slunce, je-li nov a měsíce, je-li měsíc v úplňku. (Obr. 203.)

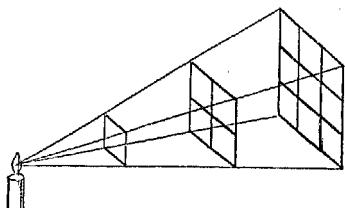
144. Osvětlení. (Beleuchtungsfärfe.) 1. Plamen plynový osvětuje písmo knihy jasněji než plamen lampy petrolejové, a tento jasněji než plamen svíce.

Osvětlení závisí na světlosti tělesa svítícího.

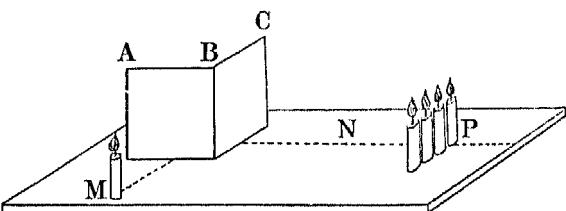
2. Dopadá-li trs paprsků v jisté vzdálenosti na jednotku plochy (obr. 204.), dopadá ve vzdálenosti dvakrát větší na 4 jednotky a ve vzdálenosti třikrát větší na 9 jednotek plochy. Připadá tedy v druhém případě na jednotku plochy čtvrtina, v třetím devítina veškerého světla.

Osvětlení užívá tou měrou, kterou přibývá čtverce vzdálenosti. (Kepler r. 1604.)

Obr. 204.



Obr. 205.



Abychom viděli stěny z bílé lepenky AB a BC (obr. 205.) stejně osvětlené, musí být buď v N právě taková svíce jako v M aneb

ve vzdálenosti dvakrát větší t. v P svíce čtyři. Kdybychom nahradili tyto 4 svíce lampou a obě stěny by zůstaly stejně osvětlenými, byla by světlosť lampy čtyřikrát větší než svíce v M . Odtud plyne zákon:

Osvětlují-li dvě různá světla stěnu stejně, jsou světlosti jejich v přímém poměru se čtvrtci vzdáleností jejich od stěny.

Na tomto zákoně spočívá srovnávání světlosti rozličných těles svítících. Přístroje k tomu zařízené slují fotometry*) či světloměry.

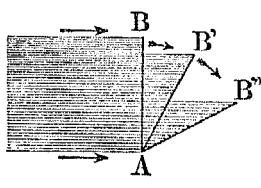
Světloměr Bunsenův jest list bílého papíru napnutého na rámečku. Papír má uprostřed mastnou skvrnu. Dá-li se světlo za rámeček, jest mastná skvrna jasnejší než ostatní papír, dá-li se před rámeček, jest temnější. Postavíme-li různá světla na obě strany, lze posouváním toho neb onoho dosíci, že mastná skvrna stane se neviditelnou. Pak jest osvětlení s obou stran stejně, a jest třeba jen změřiti vzdálenost obou světel od rámečku, aby se světlosti jejich mohly přirovnati.

3. Otočíme-li plochu AB (obr. 206.), na kterou svazek rovnoběžných paprsků kolmo dopadá, do polohy šikmé $A'B'$ a potom $A'B''$, postihne ji tím méně paprsků, čím šikměji leží.

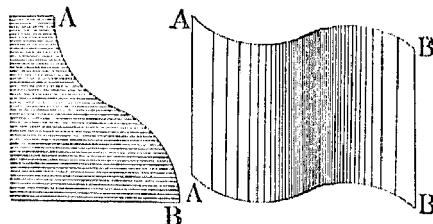
Osvětlení ubývá tím více, čím šikměji paprsky dopadají.

Svíti-li slunce na prohnutý list papíru AB (obr. 207.), paprsky mají na každém místě jiný sklon a způsobí v něm jiné osvětlení. Vystihne-li dovedný kreslíc toto nerovné osvětlení papíru, výkres jeho činí dojem křivé plochy. (Obr. 208.)

Obr. 206.



Obr. 207.



Obr. 208.

145. Odraz světla. (Reflexion des Lichtes.) Obr. 209. představuje rýsovku s napnutým bílým papírem na vodorovném prkénku PQ kolmo upevněnou. Položíme-li k dolejší hraně rýsovky zrcadlo a vrhneme na ně vodorovnou štěrbinou svazek slunečních paprsků, poznáme z bílé jeho stopy SAS' na rýsovce, že od zrcadla jiným směrem postupuje, než v kterém dopadl. Úkaz tento nazýváme odrazem světla. Paprsek SA sluje dopadajícím, paprsek AS' odraženým. Úhel SAL ,

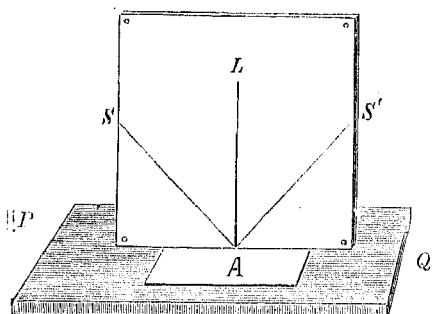
*) fōs = světlo.

který svírá paprsek dopadající s kolnicí v patě jeho vztyčenou, zoveme úhlem dopadu, úhel LAS' paprsku odraženého s touž kolnicí, úhlem odrazu. (Srov. 123. 3.)

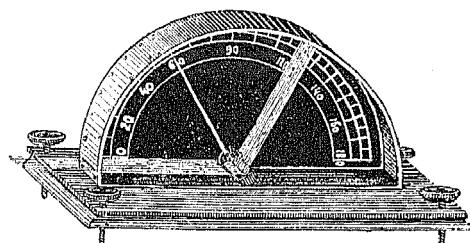
Z toho pokusu vysvítá též:

1. Paprsek dopadající a odražený jsou v téže rovině.
2. Úhel odrazu rovná se úhlu dopadu.

Obr. 209.



Obr. 210.

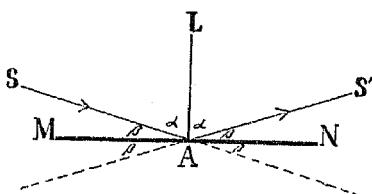


Přesněji se o tom přesvědčíme přístrojem znázorněným na obr. 210. Na prkénku stavěcími šrouby opatřeném klene se poloviční válec z předu zasklený a na zadní stěně opatřený úhlověrem, u jehož počátku plášt válce má štěrbinu. Zadní stěnou, středem úhlověru prostrčen jest kolík, a k němu jest připevněno zrcádko s ručičkou na jeho rovině kolmo. Zvláštním otvorem v zadní stěně pastí se do vnitř trochu kouře. Vrhneme-li pruh slunečních paprsků štěrbinou válce na zrcádko, shledáme, že paprsek dopadající s ručičkou týž úhel svírá jako paprsek odražený.

Otočíme-li kolíkem tak, aby měla ručička směr paprsku dopadajícího, splyne s nimi i paprsek odražený. Paprsek na zrcadlo kolmo dopadající odraží

se kolmo zpět. Takový paprsek sluje hlavní.

Obr. 211.



Jsou-li úhly α (obr. 211.) sobě rovny, jsou si též rovny úhly β , které paprsek dopadající, odražený a jejich prodlouženiny se zrcadlem svírají. Jsou tedy oba paprsky souměrné vzhledem k rovině zrcadla.

146. Obrazy v zrcadle rovném. 1. Dopadá-li několik paprsků ze světlého bodu L na zrcadlo mn (obr. 212.) jsou prodlouženiny paprsků odražených souměrné s paprsky dopadajícími vzhledem k rovině zrcadla. Bod L' souměrný s bodem L musí tedy ležeti na všech paprscích odražených a být jejich průsekem.

Je-li pak ve směru paprsků odražených oko pozorovateloovo O , má týž pocit, jako by světlo přicházelo z bodu L' . Průsek odražených paprsků L' nazýváme obrazem světlého bodu L .

Obraz tento jest zdánlivý, ježto jej na bílou stěnu zachytiti nelze. Světlý bod L jest viděti se všech stran, protože vysílá paprsky ve všech možných směrech; avšak bod L' vysílá jen trs paprsků $L'mn$, a proto jej vidí jen oko O , nikoliv však oko O' nebo O'' .

2. Každý bod světlého předmětu má svůj souměrný obraz za zrcadlem a proto musí i obraz celého předmětu být s ním souměrný vzhledem k rovině zrcadla.

Obrazy bodů bližších jsou tedy za zrcadlem bliže než bodů vzdálenějších a proto jest pořádek jednotlivých částí na obraze převrácený. Obrazem levé ruky jest na př. ruka pravá (obr. 213.) a t. d.

3. Svírají-li dvě zrcadla úhel, obraz v každém zrcadle jest předmětem pro zrcadlo druhé, pokud se neobjeví mezi zadními jejich stěnami. Následek toho jest, že vidíme předmět tolikrát, kolikrát kout obou zrcadel v plném úhlu obsažen jest. Obrazy i s předmětem leží na kružnici, opsané okolo hrany obou zrcadel vzdáleností její od předmětu.

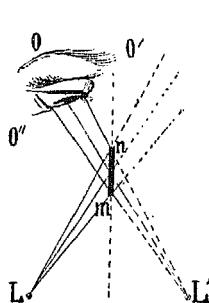
Přesvědčte se o tom sestrojením, je-li úhel obou zrcadel 60° . Kaleidoskop (krasohled). Čím menší úhel oboj zrcadel, tím více obrazů; jsou-li zrcadla rovnoběžná, jest obrazů neskonály počet.

Zrcadel užívá se k strojům geometrickým a fyzikálním. V optice jest důležité zrcadlo otáčivé kolem dvou os na sobě kolmých. Jím lze vésti sluneční paprsky do zatemněné světnice každým směrem. Přístroj takový sluje hēlios t. a. t.*).

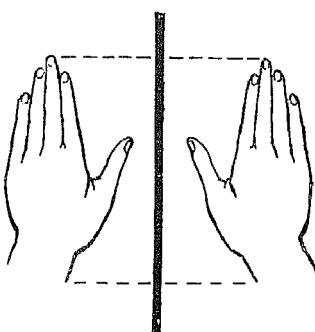
4. Plochy drsné můžeme si mysliti složené ze samých hladkých, malinkých rovin, z nichž každá dle zákonů svrchu řečených světlo odráží. Ze však tyto roviny všecky možné polohy mají, světlo odráží či rozptýluje se všemi směry a činí drsný povrch viditelný.

Ve světnici, kam přímé sluneční světlo nevniká, vidíme předměty světlem rozptýleným. Proč vidíme směr slunečních paprsků vržených do zatemněné

Obr. 212.



Obr. 213.



*) hēlios = slunce, statós = stojící.

světnice? Soumrak a svítání vysvětlují se rozptylem světla slunečního na částečkách vzduchových a na vysokých oblacích.

147. Zrcadla sférická jsou kulové vrchlinky buď na duté nebo na vypuklé straně lesklé, a dle toho dělíme je v zrcadla dutá (concav) a vypuklá (convex). Střed a poloměr koule nazýváme středem a poloměrem křivosti. Temeno vrchliku služí střed optický. Přímku spojující střed křivosti se středem optickým zoveme osou.

1. Postavíme-li duté zrcadlo naproti slunci a zachytíme odražené paprsky černým papírkem, uvidíme na něm v určité vzdálenosti stky vý

Obr. 214.



obrázek slunce, pod kterým se papírek vzejme. Toto místo před zrcadlem dutým nazýváme ohniskem (Fokus). Abychom viděli, kterak se paprsky na zrcadle dutém odražejí, nastrémme na rouru heliostatu lepenkové víčko s vyřezanou mřížkou (obr. 214.) a spalte na lžici nad kahanem několik zrnek kadidla. Vrhneme-li skrze mřížku pásmo rovnoběžných paprsků na zrcadlo, uvidíme na kouři jemně rozptýleném, že se všecky odražené paprsky v jednom bodě sbírají, (obr. 215.) a tento bod jest ohnisko. Vzdálenost jeho od zrcadla rovná se polovičnímu poloměru křivosti.

Pokládáme-li naopak ohnisko za pramen světla, paprsky dopadají z něho na zrcadlo rozbíhavě a odražejí se rovnoběžně.

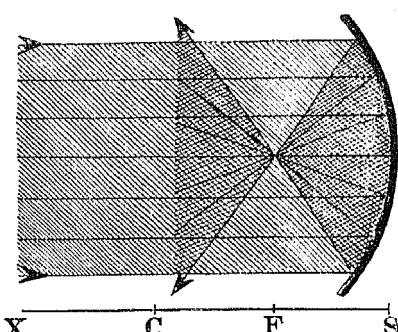
Poznámka. Poučadž papírek v ohnisku zrcadla dutého na slunci se zapaluje, jest zřejmo, že:

Paprsky teplé odražejí se dle týchž zákonů jako paprsky světlé.

2. Je-li před dutým zrcadlem světlý předmět, utvoří se odrazem na zrcadle obraz každého jeho bodu a soubor všech jest obrazem celého předmětu. K sestrojení jeho dostačí, vedeme-li z každého krajního bodu dva z těchto tří paprsků: a) paprsek hlavní, který prochází středem křivosti, na zrcadlo kolmo dopadá a protivným směrem se vraci, b) paprsek s osou rovnoběžný, který se odraží do ohniska, c) paprsek procházející ohniskem, který po odrazu postupuje s osou rovnoběžně.

Sestrojíme-li obraz předmětu v rozličných vzdálenostech od zrcadla, dospějeme k témtu výsledkům:

Obr. 215.

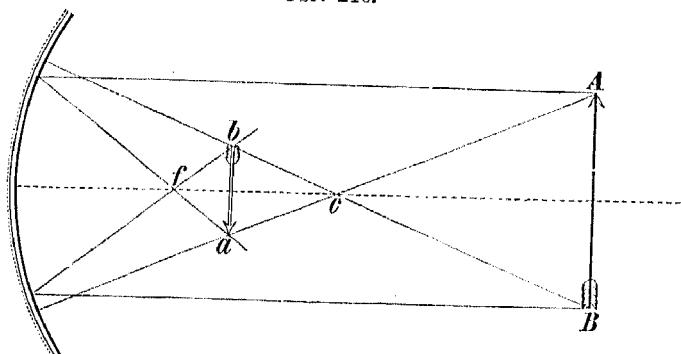


a) Je-li předmět za středem křivosti, obraz vznikne mezi ohniskem a středem křivosti, jest útečný, převrácený a zmenšený. (Obr. 216.)

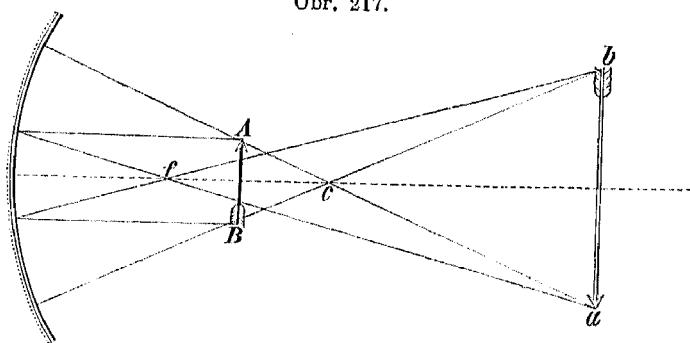
β) Dáme-li předmět do středu křivosti, jest tam jeho obraz právě tak velký a převrácený. (Ved z každého bodu ohniska ohniskem a jeden rovnoběžný.)

γ) Je-li předmět mezi středem křivosti a ohniskem, naz povstane obraz mezi středem křivosti, jest rovnoběžný, převrácený a k zvětšený. (Obr. 217.)

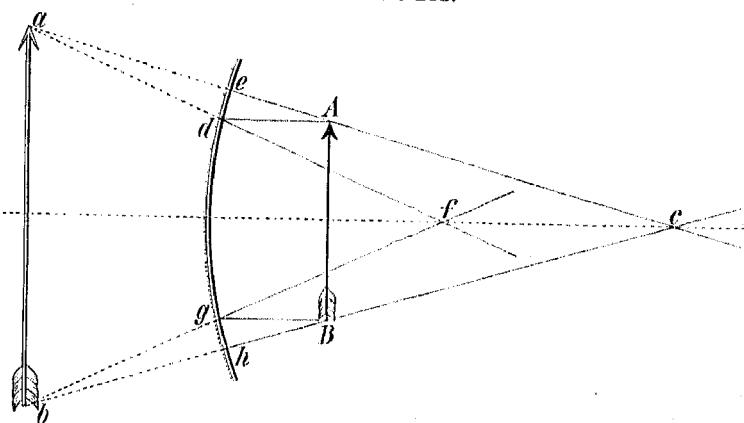
Obr. 216.



Obr. 217.



Obr. 218.

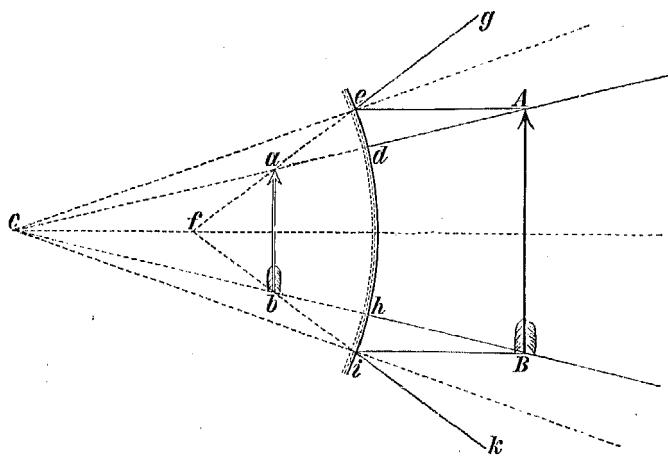


δ) Postavíme-li předmět mezi ohnisko a zrcadlo, obraz vznikne za zrcadlem, jest přímý, zdánlivý a větší než předmět. (Obr. 218.)

3. Vrhneme-li svazek rovnoběžných paprsků slunečních mřížkou na zrcadlo vypuklé, odrážejí se od něho rozbitavě, jako by vycházely z bodu ležícího za zrcadlem ve vzdálenosti polovičního poloměru. Jest to zdánlivé ohnisko zrcadla.

Obraz předmětu sestrojme podobně jako u zrcadla dutého a přesvědčíme se, že jest vždy mezi ohniskem a zrcadlem, přímý, zmenšený a zdánlivý. (Obr. 219.)

Obr. 219.



Zrcadel dutých užívá se při osvětlování. Na majácích odrážejí světlo elektrických lamp v ohništi umístěných rovnoběžně do dálky velmi značné.

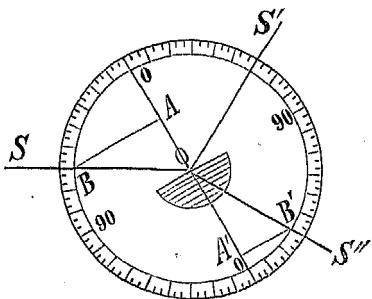
Zrcadel vypuklých užívá se v podobě zahradních kuli, v nichž spatřují se zmenšené obrazy celého okolí. Proto slouží také malířům krajin.

148. Lom světla. (Berechnung des Lichtes.) Ve středu kotouče ze skla mlle broušeného, který se kolem své osy volně otáčeti může, přitmelen jest poloviční válec skleněný. Obvod kotouče rozdělen jest v stupně a počátky stupníku jsou spojeny průměrem na průřezu válce kolmým. Vodorovnou štěrbinou vrhá se pásmo slunečních paprsků ku středu válce a stopu jejich viděti jest na bílém kotouči.

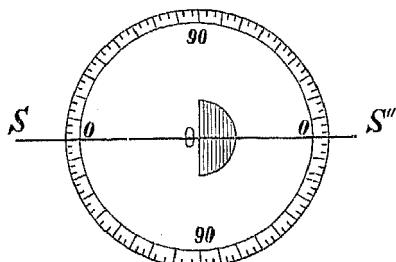
1. Otočíme-li kotouč tak, aby pásmo paprsků SO na průřez válce šikmo dopadalo, uvidíme, že část světla OS' se odrazí a jiná část OS'' vniknoucí do válce od původního směru se odchýlí, jako by se byla na rozhraní vzduchu a skla zlomila. (Obr. 220.) Úkaz, že světlý paprsek vnikaje z jednoho prostředí do druhého směr svůj mění, nazýváme lomem světla. Úhel kolmice s paprskem dopadajícím sluje i zde úhlem dopadu a s paprskem zlomeným úhlem lomu. Je-li úhel lomu menší než úhel dopadu, říkáme, že světlo se lámec ku kolmici, je-li větší než úhel dopadu, lámec se od kolmice. Ze vzduchu do skla lámec se světlo ke kolmici. Z pokusu plyne přímo, že paprsek zlomený zůstává v rovině dopadu.

2. Otáčíme-li znenáhla kotouč, mění se úhel dopadu a s ním také úhel lomu a to tak, že poměr kolmic $AB:A'B'$ stálým zůstává. Poměr ten zove se indexem lomu. (Snellius r. 1620.) Vzhledem ke vzduchu jest index lomu skla korunového $\frac{3}{2}$, skla flintového $\frac{5}{3}$, vody $\frac{4}{3}$.

Obr. 220.



Obr. 221.



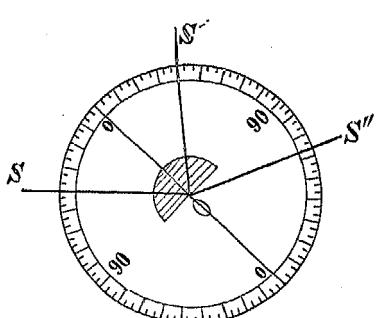
Z indexu těchto jest patrno, že paprsek přicházející ze vzduchu lám se v dotčených látkách ke kolmici.

3. Otočíme-li kotouč tak, že pásmo paprsků SO na průřez válce kolmo dopadá (obr. 221.), směr jejich se ve skle nezmění. Dime pak: Paprsek na rozhraní kolmo dopadající projde nezlomen.

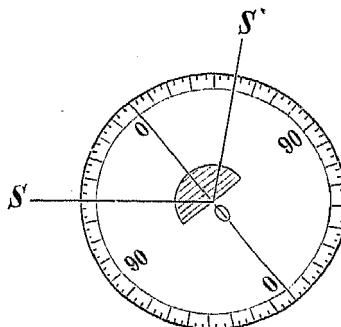
Poněvadž paprsky při všech těchto pokusech na oblinu válce směrem poloměru, a tudíž kolmo dopadají, jest patrno, že se lámou toliko na průřezu válce.

4. Vrhneme-li pásmo paprsků SO na oblinu válce a úhel dopadu jest malý (obr. 222.), odrazí se část světla na průřezu, a ostatní zlám se tak, že úhel lomu jest větší než úhel dopadu.

Obr. 222.



Obr. 223.



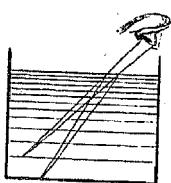
Vniká-li paprsek z prostředí hustšího do řidšího, lám se od kolmice.

5. Zvětšujeme-li zvolna úhel dopadu, zvětšuje se i úhel lomu, až dosáhne konečně 90° . Otáčíme-li kotouč dále, neláme se (obr. 223.) již žádný paprsek, ale všecky se odrážejí. Úkaz, že paprsky dopadající z prostředí hustšího na prostředí řidší, při jistém úhlu dopadu se nelámou, ale všecky odrážejí, nazýváme úplným odrazem světla.

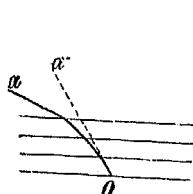
Lomem světla vysvětluje se mnoho výjevů.

Předměty na dně nádoby vidíme výše, než vskutku jsou. (Obr. 224.) Hůl ve vodě zdá se být zlomenou. Příčinou měhání vzduchu nad vyhřátou půdou jest měnivá jeho hustota, pro kterou světlo

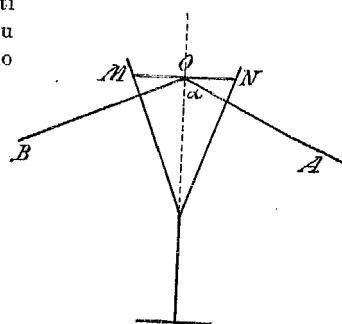
Obr. 224.



Obr. 225.



Obr. 226.



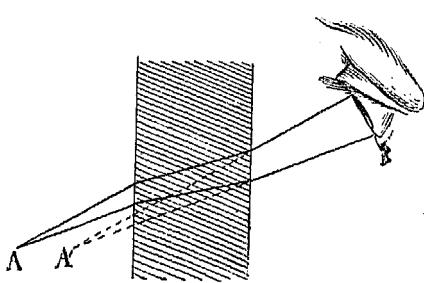
vzduchem procházející ustavičně směr svéj mění. Lom světla jest příčinou, že vídáme tělesa nebeská, jakož i vzdálená a vysoká tělesa pozemská výše nad obzorem než v skutku jsou. Úkazy nazývají se astronomickým a terrestrickým lomem světla. Paprsky přicházející do vrstev hustších a hustších lámou se ku kolmici, tak že oko v O vidí předmět v bodě a' místo v a . (Obr. 225.)

Díváme-li se na hladinu vodní MN (obr. 226.) zdola směrem AO , který od sviseče o více než 48° se odchyluje, hladina zdá se být neprůhlednou a leskne se jako rtuť. Světlo dopadající směrem BO na rozhraní vody a vzduchu odráží se zde úplně.

Úplným odrazem vysvětluje se zrcadlení vzdachu, t. ten úkaz, že v horkých krajinách písčitých spatřují se obrazy předmětů jako pod hladinou vodní, a že v studených krajinách polarních bývá viděti obrazy lodí ve vzduchu převrácené.

149. Lom světla v deskách a v hranolech. 1. Dopadají-li světlé paprsky z bodu A (obr. 227.) na desku skleněnou s rovnoběžnými stěnami, zlámou se ve skle ku kolmici a vycházejíce z něho od kolmice o týž úhel, a tudíž postupuje každý na druhé straně s původním směrem rovnoběžně. Oko vidí pak světlý bod pošinutý z A do A' .

Obr. 227.



Toto pošinutí jest tím větší, čím tlustší jest deska a čím šikměji světlo dopadá; u tabul v oknech jest nepatrné.

2. Každé průhledné těleso o dvou rovných stěnách kout svírajících

nazýváme v optice hranolem (prisma). Obr. 228. znázorňuje průřez hranolu; ab , ac jsou obě rovné stěny, úhel bac kout lámavý.

Díváme-li se hrano-
lem na světlo d , spatříme
je v l ku hraně a poši-
nuté. Úkaz vysvětuje se
takto: Paprsek de vchá-
zeje do hranolu zlomí se
ku kolmici fg směrem eh ,
a vycházeje z hranolu od
kolmice gi směrem hk ,
v jehož prodloužení oko
původ světla hledá.

Abychom poznali, na
čem velikost odchylky paprsku
 lk od paprsku de závisí, na-
lijeme do nádoby s rovným dnem kapaliny. (Obr. 229.) Čím více nádobu nahý-
báme, tím větší jest kout lámavý, a tím větší také odchylka čárky L' od čárky L . —
Dáme-li do jedné nádoby vody, do druhé terpentínového oleje, jehož index lomu
jest větší, a nahneme obě nádoby stejně, bude odchylka způso-
bená terpentínovým olejem větší.

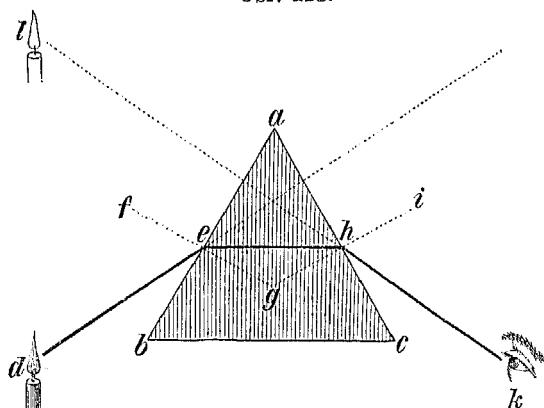
Odchylky paprsku způsobené hranolem při-
bývá s koutem lámavým a s indexem lomu.

150. Čočky sférické (sphärische Linsen) jsou prů-
hledná tělesa dvěma kulovými plochami aneb jednou
plochou kulovou a jednou rovinou obmezená. Rozezná-
váme čočky vypuklé a duté. Ony jsou uprostřed tlustší
než na okraji, tyto tenší. (Obr. 230.) Čočka vypuklá
může být buď dvojvypuklá (biconvex 1.) neb plaskovypuklá
(planconvex 2.) aneb dutovypuklá (concaveconvex 3.). Čočka dutá
jest buď dvojdutá (biconcav 4.) neb plaskodutá (planconcav 5.)
aneb vypuklodutá (convexconcav 6.). Přímka spojující středy obou
koulí sluje osou čočky.

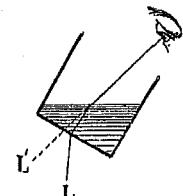
1. Držíme-li čočku dvojvypuklou naproti slunci a zachytíme prošlé
paprsky černým papírkem, uvidíme na něm v určité vzdálenosti stkvělý
obrázek slunce, pod kterým se papírek vzejme. Jako u zrcadel dutých
zoveme i zde toto místo ohnískem (focus). Abychom postup paprsků
zlomených viděli, vrhněme na ni mřížkou (obr. 214.) svazek slunečních
paprsků. Vyháme paprsek prostřední zlámou se všecky ostatní a utvoří
za čočkou kužel, jehož vrcholem jest ohnísko.

Paprsky s osou rovnoběžně sbíhají se za čočkou
v ohnísku.

Obr. 228.

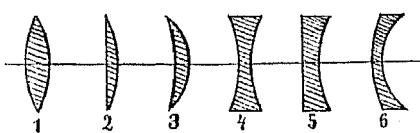


Obr. 229.

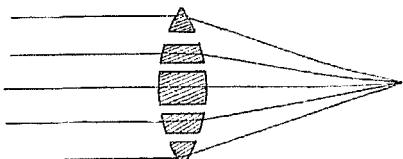


Úkaz vysvětli se snadno, myslíme-li si čočku složenu ze samých hranolů. (Obr. 231.) Každý hranol odchyluje paprsek dopadající k ose čočky, a to tím více, čím blíže jest u kraje, protože kout lámový jest tam větší. Prostřední hranol má stěny téměř rovnoběžné a paprsek mající směr osy prochází jím tedy nezlomen.

Obr. 230.



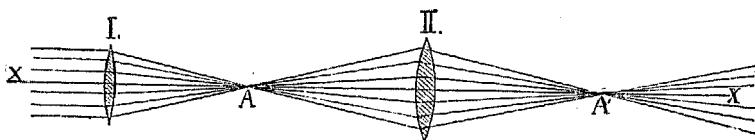
Obr. 231.



Poněvadž v ohnisku čočky spojné papírek slunečními paprsky se zapaluje soudíme, že paprsky teplé lámou se dle týchž zákonů jako paprsky světlé.

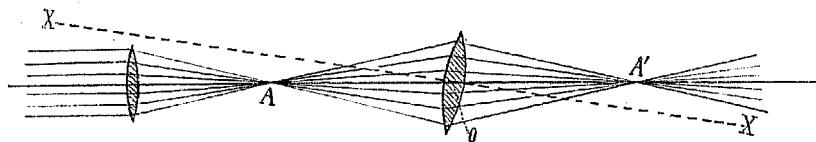
2. Za čočku postavme čočku druhou tak, aby měly společnou osu xx . (Obr. 232.) Rovnoběžné paprsky dopadající na čočku I. seberou se v ohnisku A a vycházejíce odtud jako ze svíticího bodu na čočku II. spoji se v bodě A', který jest skutečným obrazem bodu A. Blížime-li čočku

Obr. 232.



I. a s ní i bod A k čočce II., obraz A' od ní se vzdaluje, přijde-li svíticí bod A do ohniska čočky II., paprsky vyjdou rovnoběžně s osou a přijde-li mezi čočku II. a její ohnisko, paprsky za čočkou se roz-

Obr. 233.



bíhají, a proto oko vidí s této strany zdánlivý obrázek bodu A před čočkou II.

Pošineme-li čočku II. stranou (obr. 233.), svíticí bod A jest na jedné straně její osy a obraz A' na straně druhé. I zde prochází střední

paprsek AA' bodem O nezlomen a sluje z té příčiny paprskem hlavním, bod O středem optickým.

3. Vrhneme-li svazek rovnoběžných paprsků na čočku dvojdutou, vycházejí z ní rozbitavě a protínají se zdánlivě před čočkou v bodě, který rovněž ohniskem, avšak zdánlivým sluje.

Obr. 284.

Úkazu porozumíme snadno, myslíme-li si čočku složenu ze samých hranolů. (Obr. 284.) Každý hranol odchyluje paprsek od osy čočky, a to tím více, čím blíže jest u kraje, protože kout lámavý jest tam větší.

Poněvadž čočky duté rovnoběžné paprsky rozptýluji, nazýváme je rozptylkami, kdežto čočky vypuklé spojkami slují.

4. Je-li před čočkou světlý předmět, utvoří se obraz každého jeho bodu, a soubor všech dává obraz celého předmětu.

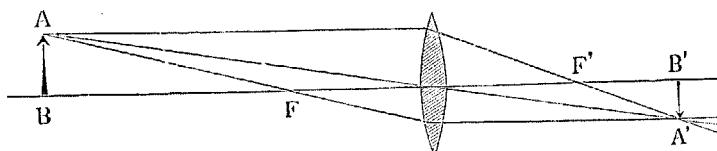
K sestrojení jeho dostačí dva z těchto 3 paprsků:

- paprsek hlavní, který prochází středem optickým nezlomen,
- paprsek s osou rovnoběžný, který se lámá do ohniska,
- paprsek dopadající ohniskem, který vychází z čočky s osou rovnoběžně.

Sestrojíme-li obraz předmětu postaveného v rozličných vzdálenostech od čočky spojné, dostaneme k témtoto výsledkům:

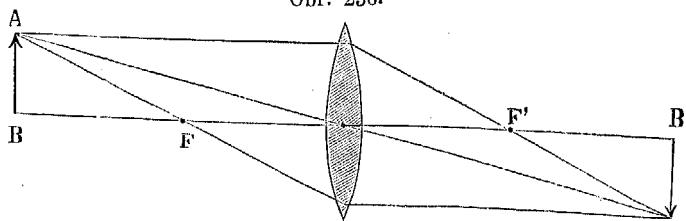
a) Je-li předmět od čočky dále, než jest dvojnásobná vzdálenost ohniska, obraz jest za čočkou mezi ohniskem a bodem dvakrát vzdálenějším; jest skutečný, převrácený a zmenšený. (Obr. 285.)

Obr. 285.

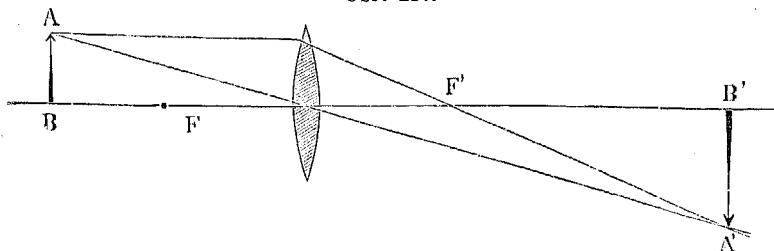


b) Je-li předmět před čočkou ve dvojnásobné vzdálenosti ohniska, obraz jest za čočkou právě tak daleko a tak velký jako předmět, ale převrácený. (Obr. 286.)

Obr. 236.

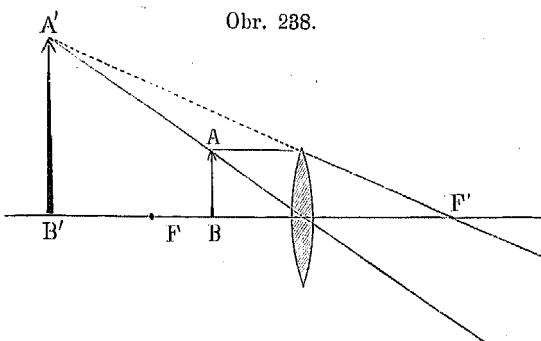


Obr. 237.

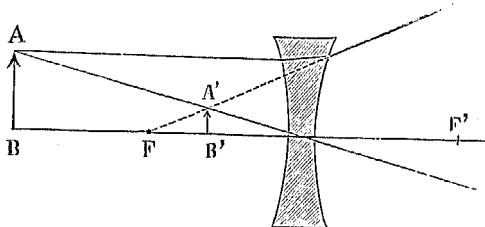


díme obraz na téže straně zdánlivý, přímý a zvětšený.

Obr. 238.



Obr. 239.



ploška; poněvadž pak obrazy souselních bodů částečně se pokrývají, obrazy předmětů jsou mlhavé. Vada tato sluje úchylka sferická. Aby se jí pomohlo, dávají se před čočky stínidla s okrouhlými otvory uprostřed, které jen střední paprsky propouštějí.

γ) Blíží-li se předmět k ohnisku, obraz vzdaluje se od dvojnásobné vzdálenosti ohniska, jest větší než předmět a převrácený.
(Obr. 237.)

δ) Je-li předmět mezi ohniškem a čočkou, uvidíme obraz na téže straně zdánlivý, přímý a zvětšený.
(Obr. 238.)

O správnosti sestojení přesvědčíme se pokusy. Za předmět bráváme hořící svíci a skutečný obraz její zachycujeme na bílý štit.

5. Sestojíme-li obraz předmětu postaveného v rozličných vzdálenostech od rozptylky, sledujeme, že jest vždy na téže straně jako předmět mezi ohniškem a čočkou, zdánlivý, přímý a zmenšený. (Obr. 239.)

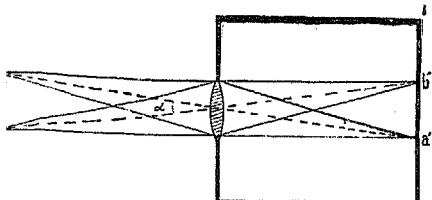
Paprsky, které ze světlého bodu na čočku dopadají, sbíhají se jen tenkrát v jediném bodě, jsou-li osy velmi blízké; jinak protínají se paprsky střední od čočky dále a paprsky krajní k čočce bliže. Následek toho jest, že obraz světlého bodu není pouhý bod, nýbrž

poněvadž pak obrazy souselních bodů částečně se pokrývají, obrazy předmětů jsou mlhavé. Vada tato sluje úchylka sferická. Aby se jí pomohlo, dávají se před čočky stínidla s okrouhlými otvory uprostřed, které jen střední paprsky propouštějí.

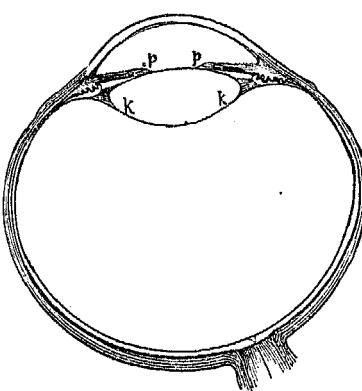
151. Zlepšená temnice. Zvětšíme-li otvor temnice (obr. 199.) vsadíme do něho čočku spojou, obdržíme na zadní stěně převrácený, zmenšený a jasný obrázek předmětu *ab*. (Obr. 240.) Má-li být obraz i každé vzdálenosti předmětu ostrý, musí být posuvnou buď zadní čna aneb čočka. Proč?

Dáme-li do temnice na zadní stěnu pír napuštěný chloridem stříbrnatým, účinem světla chlor probne a stříbro utkví v ášku nad míru jemném a tudíž černém na píru. Na chemickém působení světla v něrce sloučeniny zakládá se fotografování.

Obr. 240.



Obr. 241.



152. Oko lidské má podobu duté koule průhlednými tělesy nařené, která se v očním důlku šesti svaly otáčí. Povrchem oka jest větší části tvrdá blána bílá, zvaná bělima (Sehnenhaut), která z předu průhlednou a vypuklejší rohovku (Hornhaut) přechází. Pod blanou lom jest cevnatka (Uderhaut) černým barvivem pokrytá, aby se čto v oku nerozptylovalo.

Z předu cevnatka přechází v duhovku (iris) *pp*. (Obr. 241.) to bývá rozličně zbarvená a má uprostřed okrouhlý otvor zvaný rnicí či zřitelnici (Pupille), který se dle potřeby zvětšuje nebo zmenšuje. Naproti zornici prostřírá se na zadní stěně zrakový nerv podobě velmi jemné citlivé blánky, která sítnice (Netzhaut) sluje. Duhovkou jest tuhá, průhledná čočka *kk*, obalená jemnou blánkou, erá s cevnatkou souvisí. Čočkou dělí se oko na dvě části, z nichž jední možem vodnatým (wässerige Flüssigkeit) zadní látkou rosolou, zvanou sklinou (Glasfibrer) vyplněna jest.

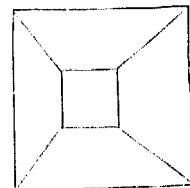
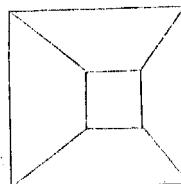
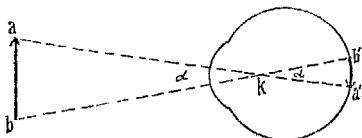
Přímka spojující vrchol rohovky se středem zornice protíná sítnici místo nejcitlivějším a sluje osou. Na této ose jest před zadní čočky optický střed oka *k*. (Obr. 242.) Paprsky vycházejicí předmětu *ab* projdou tímto bodem téměř beze změny a vytvoří na nici zmenšený a převrácený obrázek *a'b'*. Tím podráždí se nerv, iž končí v mozku a z podráždění toho vznikne pocit zrakový. Ačkoli obrázek na sítnici převrácený, vidíme předmět přece přímý, protože zdáme původ pocitu v prodlouženém paprsku.

Že obrázek na sítnici jest převrácený, lze pozorovati na zadní stěně čerstvého oka zabitého králíka. Děj v oku jest tedy podobný jako v temnici, jak již Kepler tvrdil.

Ač dvěma očima hledíme, vidíme přece každý předmět jen jednou, protože oba obrázky jeho vznikají na souměrných místech sítnice a po každé ve vědomí našem v jediný dojem splynou.

Obr. 243.

Obr. 242.



Pošineme-li prstem jedno oko stranou, vidíme pero od oka asi 25 cm vzdalené dvakrát. — Obrázky na sítnici obou očí nejsou úplně stejně; pravým okem jvíme předmět více se strany pravé, levým okem s levé a oběma očima vidíme jej tělesně. Obr. 243. znázorňuje komoli jehlanovou, jak ji vidí oko pravé a levé. Dáme-li mezi oba výkresy desku z lepenky a díváme se každým okem na jeden výkres držice knihu tak, aby byly oba stejně osvětleny, vidíme komoli jehlanovou tělesně. Stereoskop.*)

Abychom zřetelně viděli, musí:

1. Oko být průhledné a sítnice citlivá.

Zakalí-li se čočka, lékaři ji odstraní a dají nemoenému brejle s ostrými spojkami. Stane-li se sítnice necitelnou, člověk nadobro oslepne.

2. Obraz na sítnici musí být ostrý.

Díváme-li se drátčnou síti na písmo knihy, vidíme pletivo síťe nezřetelně, neboť ostrý obraz jeho jakožto předmětu bližšího vznikl by teprv za sítnicí. Zadíváme-li se však na pletivo síťe, nevidíme zřetelně písma, jelikož obraz jeho jakožto předmětu vzdálenějšího vzniká před sítnicí. Patrně tedy, že oko pro předměty blízké a daleké jinak se přizpůsobuje. Přizpůsobivost (akkomodace) oka pro předměty blízké záleží v tom, že se čočka na přední straně více zakřivi. Zdravé oko vidí předměty daleké bez namáhání, však nikoliv blízké. Písmo této knihy nelze čísti ve vzdálenosti 5 cm. Nejmenší vzdálenost, při které oko předměty zřetelně a bez namáhání vidí, nazýváme přirozenou dálkou zraku (deutliche Schweite). U zdravého oka jest dálka tato asi 25 cm.

Oko krátkozraké vidí předměty jasně jen tenkrát, jsou-li mu blíže, oko dalekozraké, jsou-li od něho dále než 25 cm. Čočka oka krátkozrakého jest příliš vypuklá, a proto obrazy dalekých předmětů vznikají před sítnicí, čočka oka dalekozrakého jest příliš ploská, a obrazy předmětů blízkých byly by ostré teprv

* stereós = tuhý, skopéō = hledím.

za sitnicí. Oběma vadám pomáhá se brejlemi.*.) Lidé krátkozrací nosí brejle s rozptylkami a dalekozrací se spojkami.

3. Předmět musí být přiměřeně osvětlen.

Přílišné světlo oslepuje, při nedostatečném osvětlení předmětů nerozeznáváme. Oko si pomáhá poněkud samo změnou zornice. Na slunci se zornice zmenšuje, po tmě zvětšuje.

4. Obrázek na sítnici nesmí být příliš malý.

Velikost jeho závisí na úhlu zorném (Gesichtswinkel) t. j. na úhlu, který svírají paprsky od konců předmětu ku středu optickému vedené. (Obr. 242.) Úhel zorný a a s ním i obraz $a'b'$ stává se menším, když se předmět ab zmenšuje aneb vzdaluje. Jsou-li body $a'b'$ na sítnici příliš u sebe, oko jich nerozezná, podobně jako prst nerozezná špičky dvou jehel, jsou-li vedle sebe. Máme-li viděti předmět mírně osvětlený, úhel zorný nesmí být menší než $\frac{1}{2}$ minuty.

Proč zdá se nám, že stromořadí a koleje železničné v délce se sbíhají? Proč vidíme dlouhé chodby na konci užší a nižší, tak že se zdá, jakoby se strop k podlaze klonil a podlaha k stropu se zdvíhala? Proč zdají se nám lidé z dálky malými?

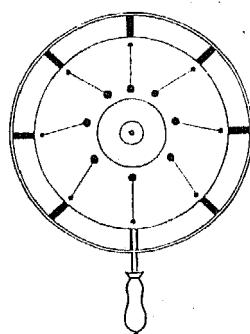
5. Dojem světla na sítnici musí potrvati nějakou dobu, aby se tam zřetelný obraz vytvořil.

Doba tato jest kratší za světla silného a delší za světla slabého.

Koule vystřelené nevidíme, ale jiskru elektrickou dobře pozorujeme, ač jest nepoměrně rychlejší. Kmitáme-li žhavým uhem, vidíme ohnívě pruhy, protože dojem světla na jednom místě sítnice ještě trvá, když již sousední místo se podráždí. Blesk vidíme v ohnívě čáře. Nakreslime-li na jedné straně lepenkového kotouče klec, na druhé straně ptáka a otáčíme-li rychle kotouč šňůrkami na konci průměru upevněnými, vidíme ptáka v kleci. (Thaumatrop**.)

Vyřízneme v kotouči z lepenky na obvodě osm otvorů a nakresleme pod ně obraz kyvadla v 8 různých polohách za sebou následujících. Otáčíme-li kotoučem před zrcadlem a díváme-li se skrz otvory do zrcadla, kyvadlo se pohybuje. (Stroboskop***.) (Obr. 244.)

Obr. 244.



153. Drobnohled (mikroskop†) jest přístroj, kterým drobné předměty spatřují se zvětšené v přirozené délce zraku. Rozeznáváme drobnohled jednoduchý a složený.

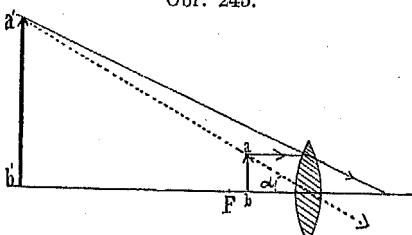
1. Drobnohled jednoduchý jest každá spojka o malé délce ohniska. Jmenuje se také jinak lupa.††) Předmět ab (obr. 245.) staví se mezi

*) beryllos = beryll. — **) thauma = div, trópos = obrat. — ***) stróbos = kotouč.

†) mikrós = malý. — ††) la loupe = zvětšovací sklo.

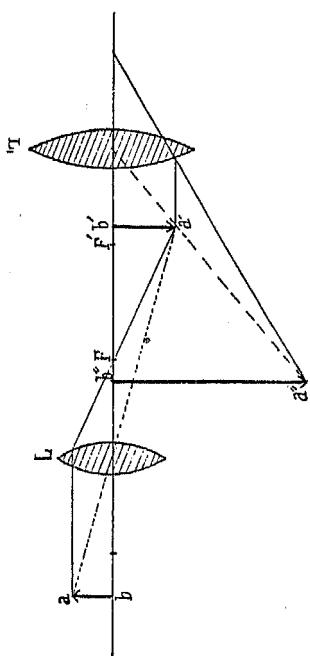
ohnisko a čočku tak, aby oko za čočkou vidělo zdánlivý obraz jeho $a'b'$ v přirozené dálce zraku.

Obr. 245.



zřízený jmene se drobnohled sluneční. Podobné zařízení má také kouzelná svítilna a skioptikon.*). Za předměty brávají se obrazy průhlednými barvami na skle malované nebo fotografie a osvětlují se lampou, jež světlo buď dutým zrcadlem buď spojou čočkou na předmětu se sbírá.

Obr. 246.



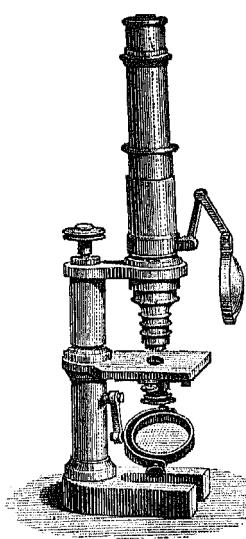
otvor prolomeného stolečku a osvětluje se zdola dutým zrcadlem, je-li průhledný, a shora spojou čočkou, je-li neprůhledný. Předmětnice a očnice posouvají se tak, aby byl obraz předmětu co možná nejzřetelnější.

Kdyby zde čočky nebyly, nemohli bychom předmětu rozeznati, poněvadž připůsobivost oka do takové blízkosti nesahá, ve větší dálce byl by zase zorný úhel příliš malý. Čočkou docílí se, že vidíme předmět oku blízký v přirozené dálce zraku a v témž úhlu zorném.

Má-li se obraz na stěně uchytiti, drobounký předmět postaví se za ohnisko (obr. 287.) a osvětluje se buď světlem slunečním neb elektrickým. Přístroj k tomu

2. Drobnohled složený (obr. 246.) má dvě spojky: předmětnici (objektiv) L a očniči (okular) L_1 . Dálka ohniska obou čoček jest malá.

Obr. 247.



Předmět ab postaví se k předmětnici tak, aby vznikl skutečný a zvětšený obrázek $a'b'$, ku kterému se očnice tak pošine, že padne mezi ni a její ohnisko. Oko za čočkou L_1 vidí pak zdánlivý a zvětšený obraz $a''b''$ v přirozené dálce zraku.

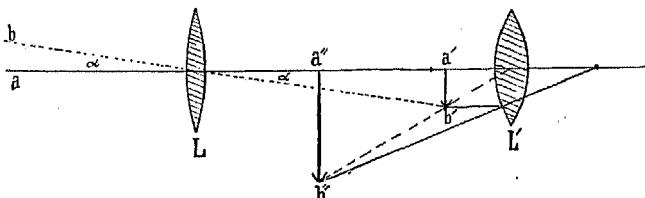
Vnější úprava drobnohledu složeného jest zřejma z obrazu 247. Předmětnice skládá se z několika čoček a jest zasazena v dolním a očnice v horním konci kovové roury. Předmět klade se na desku skleněnou nad

*) skia = stín.

154. Dalekohledy (Telescope) jsou přístroje, jimiž daleké předměty v přirozené dálece zraku se spatřují. Rozeznáváme dalekohledy **hvězdářské** (astronomické) a **pozemské** (terrestrické).

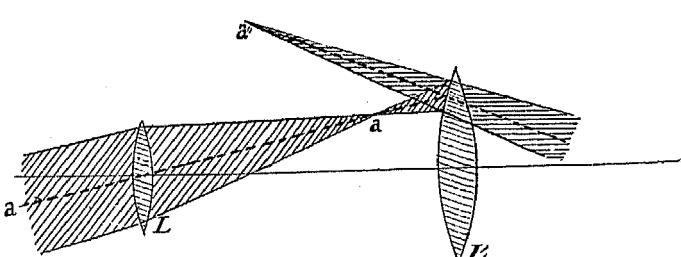
1. Dalekohled hvězdářský skládá se ze dvou spojnych čoček, z objektivu L (obr. 248.) a z okularu L' . Onen má velkou, tento malou dálku ohniska. Objektiv L vytvoří ve svém ohnisku skutečný obrázek $a'b'$ vzdáleného předmětu ab , a na tento obrázek díváme se okularem jako lupou. Tu spatřujeme předmět $a''b''$ v přirozené dálece zraku převrácený, což však při pozorování těles nebeských nevadí.

Obr. 248.



2. Dalekohled pozemský liší se od dalekohledu hvězdářského tím, že má mezi objektivem a okularem ještě jednu spojnou čočku, kterou se obraz $a'b'$ převrátí, takže vidíme předmět v poloze přímé.

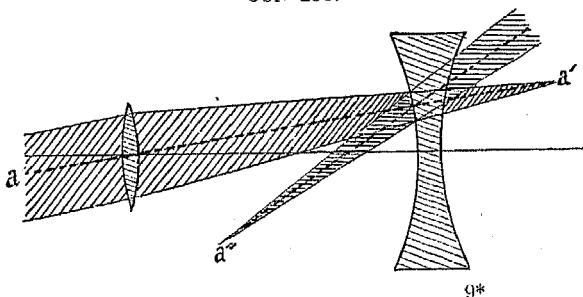
Obr. 249.



Abychom působení dalekohledu i drobnohledu lépe porozuměli, sledujme trs paprsků přicházející z bodu a ležícího pod osou. (Obr. 249.) Trs tento sbírá se objektivem L v bodě a' a dopadaje odtud na čočku L' láme se tak, že vychází méně rozbíhavý, a oko vidí obraz bodu a nad osou v bodě a'' .

3. Dalekohled Galileiův má za objektiv rovněž spojnu čočku velké dálky ohniska, však za okular má rozptylku, která se tak postaví, že by trs paprsků vycházejících z bodu a pod osou (obr. 250.) objektivem teprv za ní v bodě a' se sebral. Rozptylkou trs učini se rozbíhavým a oku, které jest za čočkou, se zdá, že paprsky přicházejí

Obr. 250.



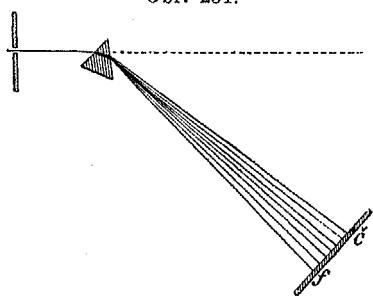
z a'' pod osou. Dalekohled Galileiův ukazuje předměty v poloze přímé.

155. Rozklad světla. (Dispersion des Lichtes.) 1. Vedeme-li pruh světla slunečního svislou štěrbinou do zatemněné světnice, spatříme na protější stěně bílý obrázek slunce. Zachytíme-li však paprsky sluneční hranolem o svislé hraně lámavé, vznikne stranou na bílé stěně barevný pruh (obr. 251.), kterému se říká vidmo čili spectrum*). (Newton r. 1666.) Od původního směru paprsku barvy vidma jdou takto za sebou: červená, pomerančová, žlutá, zelená, modrá a fialová. Přechod jedné barvy v druhou jest nenáhlý, neboť vedle oněch šesti barev lze pozorovati všecky jejich odstíny, pro které jmen nemáme. Nejpatrnější jest odstín barvy světlomodré a tmavomodré. Proto říkáme, že jest ve vidmu barev sedm.

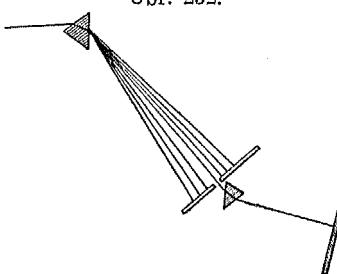
Šířka vidma i jednotlivých barev není u všech hranolů stejná. Hranol ze skla

flintového (olovnatého) dává vidmo dvakrát širší než stejný hranol ze skla korunového (draselnatého); ze dvou hranolů z téže látky dává širší vidmo ten, jehož kont lámavý jest větší.

Obr. 251.



Obr. 252.



2. Zachytíme-li vidmo bílou stěnou, opatřenou tak úzkou štěrbinou, že jí jen jeden barevný pruh na př. zelený projítí může (obr. 252.), a vedeme tento na hranol jiný, nepromění se již ve vidmo, nýbrž zůstane i po lomu týmž, jakým byl, jednoduchým, stejnорodým. Z toho soudíme, že hranolem barvy paprsku se nemění, a že tedy barevné paprsky vidma již v bílém světle dopadajícím obsaženy jsou, a že jen proto každý jiným směrem z hranolu vychází, poněvadž je hranol nestejně láme.

3. Zachytíme-li vidmo čočkou spojnonou, obdržíme na stěně v určité vzdálenosti bílý obraz zadní stěny hranolu; před tímto místem a za ním jsou barvy vidma v převráceném pořádku. V dotčeném obrazu křižují se tedy paprsky všech barev splývajíce ve světlo bílé. (Obr. 253.)

Že světlo bílé ze všech barev se skládá, lze též dokázati kotoučem z lepenky rozděleným na 7 výsečí, jichž plochy jsou k sobě v témž poměru jako pruhy barevné ve vidmu. Pokryjí-li se tyto výseče barvami podobnými barvám vidma,

*) specio = vidim.

a otáčí-li se kotouč tak rychle, že se dojmy barev v oku stíhají, vidíme kotouč bílý ač ne čistě, poněvadž není barev pokládacích takových, jako jsou barvy vidma.

4. Odchýlime-li za čočkou některé paprsky tenkým hranolem (obr. 254.), spatříme na stěně místo obdélníku bílého dva obdélníky barevné. Barvy jejich jsou patrně smíšené, a odstraníme-li tenký hranol, splynou ve světlo bílé. Nazýváme je z té příčiny barvami doplňovacími (komplementními). Doplňovací barvy jsou: červená a zelená, pomerančová a modrá, žlutá a fialová.

Vidmo vytvořené způsobem shora popsaným není úplně čisté, poněvadž štěrbinou neprochází jen jeden paprsek, nýbrž veliké množství paprsků, z nichž každý vidmo poněkud jinde dává, a všecka

vidma částečně se kryjí. Dáme-li však těsně před hranol aneb za něj čočku o velké vzdálenosti ohniska, seberou se stejnorođé paprsky na určitých místech stěny, a barvy vidma jsou pak vesměs jednoduché. V takovém vidmu spatříme celou řadu temných čárk a proužků se štěrbinou rovnoběžných. Čárky tyto objevil první Wollaston r. 1802. a po něm Fraunhofer r. 1814. Čárky Fraunhofrový leží vždy na témž místě a ukazují, že ve světle slunečním některé paprsky scházejí.

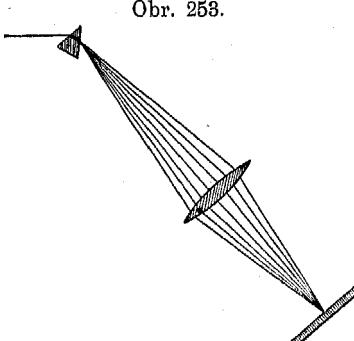
156. Barevnost předmětů. 1. Vrhneme-li na bílou stěnu čisté vidmo a dáme pak před hranol desku modrého skla (kobaltového), objeví se v červené, pomerančové a zelené části vidma široké pruhy tmavé, kdežto ostatní barvy se nezmění. Říkáme, že modré sklo pohlcuje světlo červené, pomerančové a zelené a propouští světlo žluté, modré a fialové. Sebereme-li propuštěné paprsky spojnou čočkou (obr. 253.), obdržíme na stěně obdélník barvy modré.

Přirozená barva průhledných těles skládá se z propuštěných součástek světla bílého.

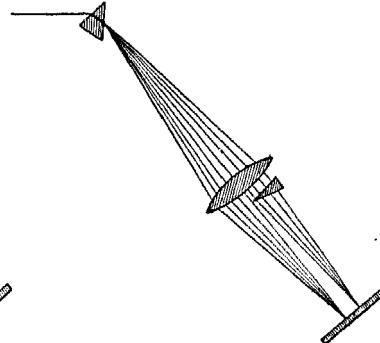
Těleso průhledné jest bez barvy, propouště-li paprsky všech barev rovnou měrou, a jest modré, propouště-li jen takové paprsky, které dohromady v oku našem dojem modra působí.

2. Vrhneme-li čisté vidmo na stěnu natřenou rumělkou, zmizejí všecky částky vidma vyjma červenou a pomerančovou. Rumělka polícuje tedy paprsky fialové, modré, zelené a žluté a odráží paprsky barev ostatních. Proto ji vidíme červenou.

Obr. 253.



Obr. 254.



Přirozená barva těles neprůhledných skládá se z oněch součástek světla bílého, které se od nich odražejí.

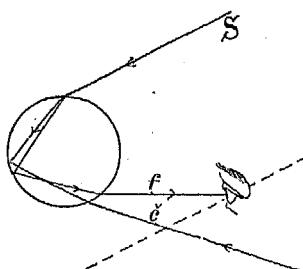
Neprůhledné těleso jest bílé, když všecky paprsky světla slunečního rovnou měrou odráží a jest černé, když je pohlcuje. Těleso, které jen některé součástky světla slunečního odráží a ostatní pohlcuje, nazýváme barevným. — Barvy těles nejsou tedy nic hmotného, nýbrž jsou to pouze odražené neb propuštěné částky toho světla, které na těleso dopadá. Aby byla tyč pečetního vosku červenou, musí být ve světle dopadajícím paprsek červený, za sklem zeleným vyhlíží černé.

157. Úchylka chromatická. Držíme-li tlustou spojku naproti slunci a zachytíme paprsky zlomené v ohnísku bílou stěnou, uvidíme na ní stkvělý obrázek slunce, který nabude obruby červené, když se stěna k čočce přiblíží, a fialové, když se od ní vzdálí. Příčinou toho jest, že v čočce světlé paprsky netolikо se lámou, ale také rozkládají, a že červený paprsek od původního směru nejméně a fialový nejvíce se odchyluje. Proto mívají i obrazy předmětů barevnou obrubou. Vada tato sluje chromatickou^{*)} úchylkou (chromatische Abweichung) a odstraňuje se tím, že se přidává k ostré spojce ze skla korunového slabá rozptylka ze skla flintového. Taková čočka sluje a chromatickou (achromatičkou).

158. Duha. Prší-li před námi a svítí-li za námi slunce a není příliš vysoko, vídáme na obloze barevný oblouk, druhdy i dva soustředné oblouky, z nichž vnitřní duha hlavní, vnější duha vedlejší sluje. Barvy v duze jsou tytéž jako ve vidnu. Hlavní duha jest jasnější než duha vedlejší a má na straně vypuklé pruh červený, na straně duté fialový, ve vedlejší duze jest pořádek barev převrácený.

Hlavní duha vzniká tím, že paprsek sluneční vcházeje do krúpěje dešťové (obr. 255.) se lámá a rozkládá, na protější stěně odráží

Obr. 255.



a z předu opět láme a ještě více rozkládá. Padá-li pak krúpěje dešťová, přijde z ní do našeho oka nejdříve paprsek červený, pak pomerančový a t. d. a naposledy fialový. Dřívější místa této krúpěje zaujmou krúpěje jiné a tím to jest, že vidíme na obloze všecky barvy najednou, nejvýše pruh červený a nejniže fialový. Obloukovitá podoba duhy vysvětluje se tím, že všecky krúpěje dešťové, které leží v určitém oblouku kruhovém, mají

k oku stejnou polohu a do oka paprsky též barvy vysílají. Čím níže stojí slunce, tím jest oblouk duhový větší.

^{*)} chrōma = barva.

Duha vedlejší vzniká tím, že světlo sluneční ve vyšších krůpějích dvakrát se
koule a dvakrát odráží.

Duhu hlavní i vedlejší můžeme si znázorniti takto.

Postavme naproti heliostatu v okenici upevněném stínidlo s kruhovým otvorem o průměru aspoň 4 cm a za otvor zavěsme skleněnou kouli o průměru 4 cm naplněnou vodou. Vrhneme-li otvorem svazek rovnoběžných paprsků slunečních na kouli, spatříme na stínidle kolem otvoru, dvě soustředná mezikruží barevná, z nichž vnitřní s duhou hlavní, vnější s duhou vedlejší souhlasí.

ÚK VŠP HK



100000201069

O B S A H.

	Stránka
I. Úvod	1
II. O tláci	3
III. O silách molekulových	8
IV. O kapalinách	11
V. O vzdušinách	18
VI. O teple	26
VII. O magnetičnosti	43
VIII. O elektřině	49
IX. O pohybu těles	76
X. Akustika	99
XI. Optika	111
