

V. Oddiel.

O svetle (Optika).

§. 84.

Pôvod svetla. Vysvetľovanie úkazov svetla zakladá sa na podmienkach, pokiaľ dosiaľ pravých príčin vypátrať možné nebolo. Dve podmienky významu si dobyly, prvá *theoria výronu* (Emissions=, Emanationstheorie) tvrdí že je svetlo jisté vyplývanie a rozširovanie sa drobných častíc nejakej svetlej látky, ktorú svietiace teleso v sebe má, na spôsob rozširovania sa vône. Druhá ale *theoria vlnenia* (Undulationstheorie) hľadá pôvod v otrásavom a vlniacom sa pohybu, nejakej podmienočnej *etherom* zvanej látky, ktorú svietiace teleso pohybuje. Ether je dla tejto theorie látka *nesmierne pružná, rozlúčiteľná, jemná, nevažiteľná, v celom vesmíru a vo všetkých telesách rozšírená, ona lne* ku časticiam telies a pohybuje tak veľkej svojej pružnosti čím pohyb opožďuje sa. Pohyb tento vlnový postupuje i do oka a pôsobí na sieťnicu jistý dojem, ktorý videním voláme. Svietiace telesá zapríčiňujú svojim pohybom, pohyb etheru. Častice jeho otriasajú sa *popriečne* (transversal) t. j. kolmo na smer postupu. Jich otrasy pozdĺžne sú nepatrné a neprijdu do ohľadu.

Telesá *osvetlené* privádzajú ether len vtedy do otrasov, keď sa v nich ether následkom dopadania na ne otrasov z telesa svietiaceho pohybovať začal. *Priezračné* telesá dovoľujú etheru aj v svojich póroch otriasať sa a pohyb skrze ne ďalej zdelovať. Dejeli sa zdelovanie to skrze teleso len čiastočne, voláme ho *priesvitavým* (durchscheinend). Ostatnie telesá ale ničia pohyb otrasový etheru v póroch, pokiaľ následkom veľkej prilnavosti pružnosť jeho mizne a volajú sa *nepriezračné*. Kde nielo otrasov etherových, t. j. kde ether v pokoji sa nachodí, tam je *tma*; keď pohyb ten je malý *šero, tieň, tvoňa*. Smer postupu je *primočiarný* a volá sa *pa-pršlek, lúč*. Keď je ether na všetky strany okolo svietiaceho telesa rovnomerne hustý a pružný, postupuje pohyb *rovnomerne*, v opačnom páde *nerovnomerne*.

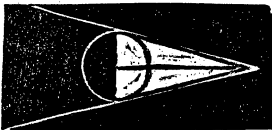
Pôvodca theorie výronu bol *Descartes* (r. 1640) a prišiel na ňu následkom odrazu, mysliac, že hmotné svietiace častice v rýchľom pohybu stojac odrážajú sa. Ďalej vyvinul theoriu tú slávny *Newton* (1704). Lež theoria táto nebola vstave všetky úkazy dostatočne vysvetlí, čoho násled-

kom padla a theoria undulacie nastúpila, ktorá nie len, že všetky úkazy matematický vysvetlila, no i nové ešte neznáme počtom vynajšla a tak pravdivosť svoju potvrdila. Zastupovatelia theorie výronu boli *Biot* (1816) a *Laplace* (1809). Na základe názoru *Aristotelesa*, že videnie povstáva pohybom priezračného prostredia medzi okom a viditeľným telesom, vyvinul Holanďan *Huyghens* (* 1629 † 1695) theoriu vlnenia. *Euler*, *Young* (1800—1803), *Fresnel* (1815—1822), *Cauchy* (1836), *Fraunhofer*, *Herschel*, *Airy*, *Arago* a. j. vyvinuli theoriu vlnenia úplne. *Enke* pripisuje ubývanie tangentnej sily na ním objavenej vlasťaci odporu étheru. Chvost vlasťac takže odporom étheru povstáva, ktorý veľmi jemnú látku vlasťac hatí. Účinky chemické svetla dlho theoriou undulácie vysvetlovať nedaly sa, no *Arago* ukázal, že na miestach, kde križliace vlny ničia sa chlorid striebornatý (Ag Cl.) nezčerneje.

§. 85.

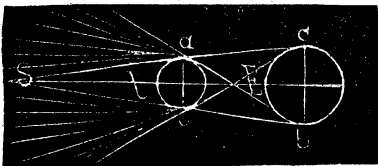
Postup a rýchlosť svetla. V prostred úplne rovnorodej látky postupuje svetlo *primočiarno*. Videnie deje sa tedy tiež *primočiarno*. Cez ohnutú trubicu navíďime.

Obr. 134.



Cez tri malé otvory vidíme svetlo len vtedy, keď v prímkke stoja. Ponevadž svetlo *primočiarno* postupuje, nemôže vniknúť do priestoru za nepriezračným telesom a tak povstáva za telesom nedostatok svetla úplný (tma), alebo čiastočný — *plný a polotien* (tvoňa). Vychodiloli svetlo z jedneho bodu povstane *tieň plný* (obr. 134), keď ale svetlo z viac bodov vychodilo povstane v *o a s* tieň plný, okolo ale polotien (Obr. 135).

Obr. 135.



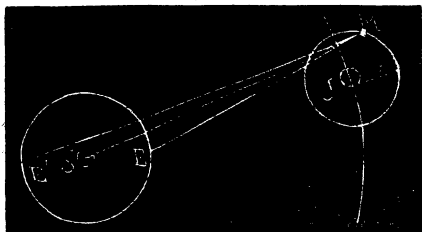
$$\text{Zdĺžka tieňu} \left(l = \frac{E r}{R-r} \right)$$

zeme našej = 185760 mil. ($R = 112r$, $r = 860$ mil, $E = 23984$ r).
Zatmenie slnca a mesiaca. Obrazy tieňové. Tieň vo výkresoch a obrazoch.

Rýchlosť svetla je tak veľká, že ju dlho ani merať vstave neboli. Dnes máme trojaký spôsob ku meraniu rýchlosti svetla. Dánsky hvězdár *Olof Römer* (1675) vypočtoval prvý rýchlosť svetla z opozdievania sa zatmení mesiacov Jupiterových.

Každý z mesiacov Jupiterových (Obr. 136), musí po čas svojho ôbehu raz do tieňu Jupiterovho prísť, tedy zatmiť sa. Jeli zem práve medzi slncom *S* a Jupiterom *J* v *E*, stáva sa zatmenie me-

siaca M o 16 minút 26 sekúnd *prv*, než keď je slnce medzi zemou E' a Jupiterom. V prvom páde je zem najbližšie, v druhom najďalej od Jupitera. Rozdiel medzi touto a onou vzdialenosťou obnáša 41364000 míl. Olof Römer vysvetloval, že oné opozdenie $16' 26'' = 986''$ tým povstáva, že svetlo k prejdeniu vzdialenosti EE' istý čas potrebuje, t. j. že prv dorazí, keď sa zem v E a pozdejšie keď sa v E' nachodí. Delením rozdielu tejto vzdialenosti časom opozdenia ($41364000 : 986 = 41951$) dostaneme rýchlosť svetla, bez mála 42000 míl za sekundu. Čím bližšie stojí zem k Jupiterovi, tým menšie je opozdenie zatmenia, t. j. tým skorej príjde svetlo, z toho vysvitá, že svetlo postupuje *rovnomernou* rýchlosťou. Zo slnca potrebuje svetlo k nám $8' 13''$.



Obr. 136.

Druhý spôsob určovania rýchlosti svetla zakláda sa na *aberrácii* (úchylku) stálic, ktoré zdánlivé (pre pohyb zeme našej) do roka pravidelne v elipse sa pohybujú. Tretí spôsob je pozemský, domyselným *Fizeau-om* vynajdený. Týmže spôsobom aj rýchlosť postupu svetla vo vode merat sa dá. Rýchlosť svetla vo vode má sa ku rýchlosti v povetří jako 3 : 4, čím víťazstvo theorie vlnenia rozhodnuté bolo. Fizeau obdržal priemernú rýchlosť povetří 41674 míl za sekundu.

§. 86.

Svetlosť. Myslíme si zo svietiaceho bodu vlny vystupovať, rozdeľuje sa svetlosť vždy na väčšiu a väčšiu plochu guľovú a preto bude jích svetlosť tým menšia čím väčšie oni, a tak $S : s = 4r^2 \pi : 4R^2 \pi$, $S : s = r^2 : R^2$ t. j. svetlosti ubýva v štvoročnom pomere vzdialeností od svietiaceho bodu.

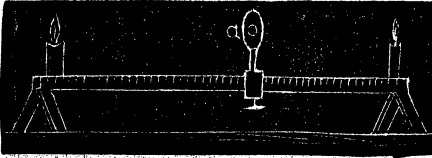
Dopadajúci papršky na plochu kolmo, má ona najväčšiu svetlosť, bo každá druhá týmito paprškami osvietená a naklonená plocha je väčšia, to isté svetlo na väčšiu plochu rozdelené a tak svetlosť menšia. Čím menší uhol dopadajúcich paprškov (φ) na plochu, tým slabšia svetlosť. ($S = s \sin \varphi$).

Obr. 137.

Zákon že svetlosti v štvoročnom pomere vzdialenosti ubýva, uživa sa ku meraniu *oztrosti svetla* (Lichtintensitaet). Prístroje ku meraniu ostrosti svetla vola-

jú sa *svetlomery* (photometer). Najjednoduchjší je svetlomer *Bunsenov*, pozostávajúci z rozdelenej kobiliny, na ktorej krúžok papie-

Obr. 138.



rový a s mastnou tedy prievitavou škvrnou sa nachodí. Svetlá, ktorých pomer ostro-

stí určiť chceme stojá na oboch koncoch kobiliny (Obr. 138). Krúžok pohybujeme na

kobiline medzi svetlami tak dlho, až škvrnu nevidíme, t. j. až cez ňu prechádzajúco a na ňu dopadajúco svetlo je rovnej ostrosti. Z pomeru štvorcov vzdialeností svetiel od krúžka vynajdeme pomer, alebo keď sme jedno svetlo za jednotú vzali, veľkosť estrosti daných svetiel. Počas zkušky každé iné svetlo zamedziť nutno. Slnéčné svetlo rovná sa 600 voskoviciam, horiacim vo vzdialenosti 1'. Horčikové svetlo je 525 ráz slabšie než slnečné. Svetlomery *Rumfordov* a *Ritchieov*. Na onom porovnáva sa ostrosť dľa plnosti tieňu, na tomto dľa osvetlenia zrkadla.

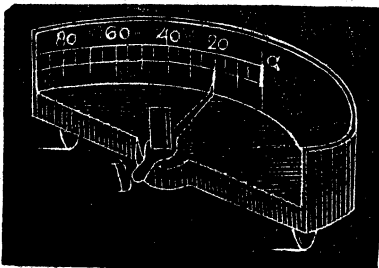
§. 87.

Odraz svetla (Katoptrika).

Keď papršlek na nejaké teleso dopadá, prechádza cezeň, (prievračnosť) stráca sa vňom (pohlcovanie svetla) a odráža sa na hraničiacej ploche. Odraz svetla deje sa ceľe dľa zákonov vlnenia t. j. *uhol dopadu rovná sa uhlu odrazu*. Jeli plocha hladká, lesklá odráža papršleky vo veľkej miere a volá sa *zrkadlom*. Každým odrážaním tratí sa istá čiastka svetla vnikajúc do telesa. Keď je povrch telesa nepravidelný odráža sa i svetlo nepravidelne.

Bez odrazu nevideli by sme len telesá svietiace lebo osvetlené len

Obr. 136.



tým objavujú sa oku nášmu, že odrážené papršleky do neho dopadajú.

Ku dokázaniu zákona odrazu slúži prístroj (Obr. 139) pozostávajúci z ľubu polkruhového, v ktorom škára *a* sa nachádza, cez túto dopadá svetlo na zrkadielco *f* ktoré na pohyblivej v sředobodu oblúka upevnenej rafike *B* stojí. Ukazujeli rafika na stupeň 20, vidíme obraz škáry na 40°.

Uhol dopadu je *a f* 20: odrazu 20 *f* 40.

§. 88.

Zrkadlá. Zrkadlom zovieme možno čo najhladšú plochu telesa (skla, tekutiny, kovu atď.). Ponevadž ale úplne hladkej plochy urobiť nemôžeme aj zrkadlo úplne papršleky odraňajúco je nemožné.

Zrkadlá sú buď *ploské* alebo *krivé*, z ostatných jedine *gulovate* (podduté a vyduté) do ohľadu padnú. Aby sme obraz svietiaceho bodu určiť mohli, značíme bod svietiaci (Obr. 140)

s S , bod tento vysiela papršleky na všetky strany, niektoré z nich dopadajú na zrkadlo AB , odrazia sa do oka nášho O . Oko prenáša polohu bodu S prímociarne za zrkadlo do s a vidí tam zdánlive bod S . Obraz takýto volá sa *geometrickým*.

Spojímeli obraz s s bodom svietiacim S prímokou sS , uvidíme že je v ploskom zrkadle obraz tak ďaleko za zrkadlom ako je predmet pred zrkadlom, lebo $\triangle scA \cong \triangle ASC$, rovina dopadu a odrazu je tá istá, $\sphericalangle SCA = \sphericalangle scA$, $\sphericalangle SAC$ a $\sphericalangle SAC$ pravý a AC spoločná.

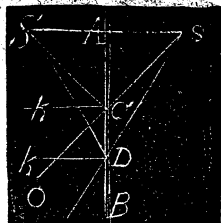
Aby sme polohu obrazu predmetu SS' (Obr. 141) určili, potrebujeme len obrazy hraničiacich bodov S a S' určiť. Tieto padnú do s a s' , obraz bude tedy tak ďaleko za zrkadlom, ako predmet pred zrkadlom, obraz bude prímý, ohľadom prava a ľava ale obrátený.

Zbližujeli sa zrkadlo rovnobežne ku predmetu, pohybuje sa obraz dvaráz rýchlejšie než ono.

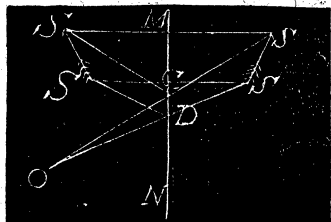
Krútimeli zrkadlo kolo osy v ploche zrkadla ležiacej, bude uhol, o ktorý sa obraz pohl dvaráz väčší než uhol, o ktorý sa zrkadlo otočilo. Na tomto zakladá sa *Hadley-ov sextant*, prístroj pomocou ktorého sa uhol dvoch predmetov k. p. hviezd určuje, keď je podstava, ako k. p. na lodi, pohyblivá. Medzi dvoma pod uhlom naklonenými zrkadlami ukáže sa jeden predmet viacráz. *Krasohlád* (Kaleidoskop). *Heliostat* je prístroj pomocou ktorého sa svetlo odrazom v ľubovoľnom smere viesť dá.

§. 89.

Zrkadlá gulovate sú buď *podduté* (concau) keď je vnútorná plocha, buď *vyduté* (convex), keď je vonkajšia plocha guloviny zrcadliacou. Krem gulových zrkadiel majú zrkadlá *paraboličné*, *valcovité* a *kuželovité* nejaké upotrebenie.

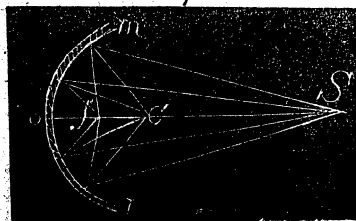


Obr. 141.



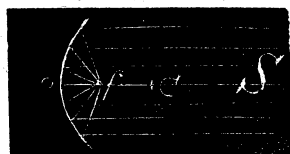
Pri zrkadle poddutom rozoznávame *stredobod geometrický c*, čili *stredobod guľovatosti, osu optickú* t. j. *prímku co*, ktorá geometrický *stredobod s optickým stredobodom o*, t. j. *bodom v prostriedku zrkadla* ležiacim spojuje, *otvor zrkadla*, t. j. *veľkosť oblúku mn*, *priemer zrkadla* čili *tetivu mn*.

Obr. 142.



Aj pri poddutých zrkadlách odráža sa svetlo dľa zákona: uhol dopadu rovná sa uhlu odrazu, bo bod, v ktorom papršlek dopadá môžeme si myslieť za rovnu, polmer zrkadla je tedy *kolmicou* (Einfallslot). Papršlek dopadajúci v smere polmeru, tedy cez geometrický bod idúci dopadá kolmo, odráža sa tedy sám v sebe a volá sa *hlavnin*, k. p. *so*. Dopadajúci papršky rovnobežne, za jaké papršky slnečné pre nesmierne veľkú vzdialenosť

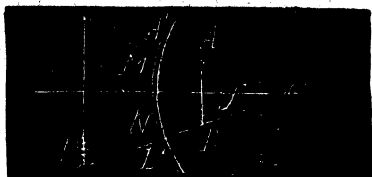
Obr. 143.



sluca a maličkosť zrkadiel považujeme, schádzajú sa v bode *f* (Obr. 143), ktorý *ohniskom* (Focus, Brennpunkt) voláme. Vzdialenosť ohniska od zrkadla rovná sa pol polmeru *oc* a volá sa *dialkou ohniskovou* (Focus - Brennweite). Naproti tomu z ohniska vychádzajúce papršky odrážajú sa rovnobežne. Zrkadlá podduté volajú sa i *spôjnými* alebo *páliacimi*, (Brennspiegel).

Ohľadom na odraz máme pri zrkadle poddutom tri pády a síce následkom nachádzania sa predmetu medzi zrkadlom a ohniskom, medzi ohniskom a geometrickým stredobodom a pred geom. stredobodom. $\left(\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}; \frac{ab}{AB} = -\frac{p}{p-a} \text{ vo VIII} \right)$. Obraz predmetu vynajdeme, keď z hraničiacich bodov hlavné a rovnobežné papršky ťaháme, kde tieto po odraze sa presekly tam povstáva jich obraz.

Obr. 144.



lom, geometrický, primý a zväčšený.

a. Predmet nachodí sa medzi zrkadlom a ohniskom v *AB* (Obr. 144). Hlavné papršky *AA'* a *BB'* odrazia sa sami v sebe, rovnobežné *AM* a *BN* ale do ohniska, ponač sa ale rozbiehajú, preseknú sa len predĺžené v *a* a *b*, obraz *ab* bude tedy za zrkad-

b. Nachodili sa predmet medzi ohniskom a geometrickým stredobo-

dom AB (Obr. 145.) bude obraz *skutočný* (physický, ktorý na bielej ploche ulapiť možno) v ab , zväčšený, prevrátený, pred geometrickým stredobodom sa nachadzajúci.

C. Jeli predmet pred stredobodom geometrickým, bude obraz medzi ohniskom a geometrickým stredobodom, zmenšený, takže skutočný a prevrátený (Obr. 146).

Kde α jaký bude obraz keď je predmet v geom. stredobodu? Kedy bude obraz rovný predmetu? Kde je obraz, keď sa predmet v ohnisku nachodí?

Podduté zrkadlá upotrebovávajú sa často v domácnosti, inak upotrebovávajú sa pri drobnohľadoch, ďalekohľadoch, k zapalovaniu a osvetľovaniu. Bývajú oni zo skla a kovu.

Vydaté zrkadlá tiež dľa týchže zákonov tvoria obraz, no ohnisko je tu len geometrické, a papršky zdánlivo z neho vychádziac rozptýľujú sa, preto nazýva sa zrkadlo vydaté aj *rozptilovacím*. Pri zrkadle vydatom býva obraz vždy za zrkadlom, tedy geometrický, primý, a zmenšený, kde koľvek

by sa predmet nachodil, jako to (Obr. 147) znázorňuje. AB je predmet, c geom. stredobod, f ohnisko. Papršky rozptilujú sa tvoria geometrický zmenšený, primý obraz ab . Gule v zahradkách, hodinkové sklá sú zrkadlá vydaté.

Zrkadlá valcovité, kuželovité dávajú obrazy zptvorené, zdĺžené rozšírené atď, môžu byť tiež pod- a vydaté. Obraz v novej lešklej ližici podáva

podobný príklad. $\left(\frac{1}{\alpha} = -\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{a}\right)\right); \frac{ab}{AB} = \frac{p}{\alpha+p}$ vo VIII.)

Obyčajné zrkadlá sú zo skla na zadnej ploche amalgamou natreté (rtuť, cín a zinok), kovové zrkadlá robia sa zo striebra, a sliatin miedni, niklu, arsenu, cínu atď. Liebigove postríebrené zrkadlá.

§. 90.

Lom svetla. (Dioptrika).

Keď papršlek svetlový z jedného prostredia do druhého prechádza, v ktorom má éther inú hustotu a tak i pružnosť, mení sa

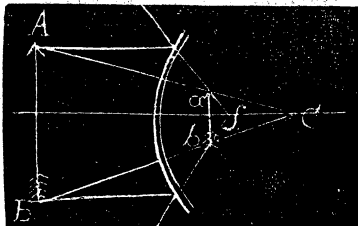
Obr. 145.



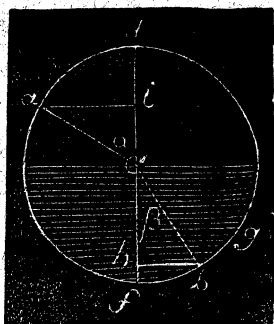
Obr. 146.



Obr. 147.



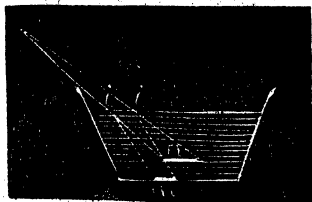
na hraničiacjej ploche jeho rýchlosť, čím papršlek od pôvodného smeru sa uhne, uchýli. Toto uchýlenie voláme *lomením svetla*. O lomu svetla presvedčíme sa pomocou nasledujúceho prístroja, Obr. 148 predstavuje blachový na prednej a zadnej ploche v chytovaným sklom opatrený bubník, do polovice vodou naplnený. Malým otvorom *a*, ktorý hore dolu na obvođe pohybovať dá sa vchodí papršlek, ktorý tak riadíme aby do stredobodu padal. Bolali voda drobným kriedovým práškom zamútená, vidíme papršlek ďalej vo vode postupovať no nie v pôvodnom smere ale v odchýlenom, zlomenom *ob*. Lomený papršlek pohybuje sa v hustejšej látke pomalšie, v redšej rýchlejšie. Svetlo lomí sa tedy pri priechodu z látky redšej do hustejšej ku kolmici *df*, pri priechodu z látky hustejšej od redšej od kolmici. Uhol *acd* volá sa uhlom dopadu, uhol *b c f* ale uhlom lomu. Uhly tieto stojá pri dvoch a tých istých látkách vždy v nepremeniteľnom pomere. Pomer tentó udávajú kolmé *z a a b* na kolmicu *d f* zpusené primky keď sme vzdialenosti *ac = cb* urobili t. j. za 1 vzali. Pomer tento volá sa *indexom lomu*, a značí sa s *n*, kolmé *ai* a *bh* volajú sa *sinusy* uhlu dopadu *α* a uhlu lomu *β*, tedy je $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$. (Vy-
 vyňovanie vzorcu tohoto dľa theorie undulačnej vo VIII.) Pri pre-
 chodu svetla z látky hustejšej do redšej platí vzorec $\frac{1}{n} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$.
 Dopadáli papršlek kolmo, je uhol dopadu = 0, a tak tedy i lomu 0, t. j. papršlek nelomí sa.



Už *Ptolemeus* v II století zaoberal sa lomením svetla, *Snell* (1615) pozoroval nepremenlivosť indexu lomu pre tie isté látky.

Na lomu svetla zakladajú sa mnohé úkazy denieho života k. p.

Obr. 149.



Peniaz *m* v nádobe prázdnej na dne tak položený, (Obr. 149) že ho pre kraj vidieť nemožno, stane sa viditeľným keď do nádoby vody nalejeme. Papršleky *ic* lomiac sa, idu k peniazu *m*, oko naše v *c* ale prenáša jích do smeru prímociarneho *n*.

Peniaz ukáže sa zdánlive väčší

a vyššie. Len keď kolmo do vody hľadíme vidíme predmety na opravdovom jích mieste. Palica kosmo do vody zanorená ukáže sa hrubšia a zlomená. Strielanie a na ost lapanie rýb.

Ponevadž povetrie čím vyššie tým redšie je lámu sa papršky každej hviezdy a my vidíme hviezdu sblíženú na nepravom mieste. Úkaz tento volá sa *hvezdárskym lomením svetla* (Obr. 150.) Keď hviezda nachodí sa v zenitu, vidíme ju na jej pravom mieste. Skakanie trblietanie hviezd zakladá sa na nerovnomernom lomení svetla následkom zmenenia sa vrstiev povetria.

Pri priechode svetla, trebárs i cez tú najpriezračnejšiu látku, odráza sa jedna čiastka na prednej a zadnej ploche, jistá čiastka ale tratí sa následkom prilnavosti étheru k časticiam telesa v ňom samom.

Pri priechode svetla z látky hustejšej do redšej (Obr. 151.) stane sa, keď uhol dopadu rastie, že uhol lomu bude 90° , papršlek lomený tedy v ploche hraničiacej zostane. V tomto páde volá sa uhol dopadu, *medzným uhлом* a obnáša pri priechode paprška z vody do povetria $48^\circ 27' 40''$.

Staneli sa uhol dopadu $fc b$ väčším než je uhol medzný, nevychádza papršlek von ale lomí sa v látke, uhol lomu bude $h c d$. Úkaz tento volá sa, ponevadž papršlek v úplnej sile sa lomí neprave *úplným odrazom* (totale Reflexion).

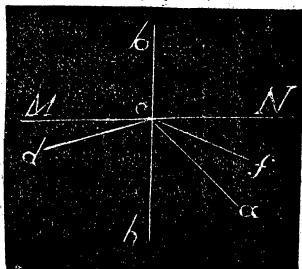
Úkaz úplného odrazu pozoroval najprú *Kepler* (1604). Vidíme ho, keď na hladinu vody v poháru kosmo zo spodku hľadíme, placha ukáže sa jakoby kovového lesku bola. Na úkazu úplného odrazu zakladá sa mnoho úkazov, ako fata morgana, súženie obzoru potapáčovho, brieždenie a mrkanie a t. d.

Svetlo dopadajúco na teleso rovnobežnými plochami ohraničené prechodí jakoby sa nelomilo v tom jistom ale pôvodnému rovnobežnom smere (Obr. 152). Papršlek lomí sa v b ku kolmici, o toľko ale v c od kolmici a vychádza s pôvodným rovnobežne. Bolali doska, cez ktorú papršlek išiel len nepatrnej hrúbky vidíme predmet temer na tom jistom mieste, kde skutočne je.

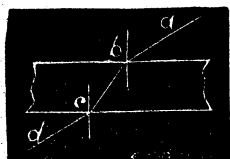
Obr. 150.



Obr. 151.



Obr. 152.



§. 91.

Lom svetla v hranolu trojstennom. Keď svetlo cez hranol trojstenný, ktorého prierez (Obr. 153) predstavuje, prechodí spatrujeme dva úkazy, predne *odchyl svetla* (deviatio) a ďalej *rozklad svetla* (dispersio lueis), aby sme lom v hranole lepšie si znázornili, považujeme každý úkaz osobite.



Odchyl svetla. Na plochu CF hránola dopadajúci papršlek SA láme sa na rozhraní ku kolmici AD a prechodí do A , tu zase na rozhraní lomí sa prechodiac do redšej látky od kolmice v smere BS' , tak že oko v S' postavené svietiaci bod v S' uvidí. Odchyl pôvodného smeru SS' a lomeného sS' tedy uhol $s'HS$ volá sa uhlom odchylu. Veľkosť odchylu závisí od veľkosti *lomiaceho uhla* φ , t. j. uhla, ktorý lomiacce plochy hranola tvoria; od lámavosti látky, z ktorej hranol urobený je, teda od indexu lomu a konečne od uhlu dopadu ϱ . Odchyl tento je najmenší (minimum deviácie), keď prechádza papršlek smerom AB , vtedy sú i uhly na oboch rozhraniach rovné $\varrho = \sigma$, $\alpha = \beta$. Jeli lomiaci uhol hranola na dol obrátený, lomí sa papršlek do hora, v opačnom páde naopak.

Index lomu dá sa v hranole z uhla odchylu určiť. $\left(n = \frac{\sin \varrho}{\sin \alpha} = \frac{\sin \frac{d + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \right)$; ako určuje sa n dľa *Fraunhofer* $n = \frac{\sin \frac{\lambda + \mu}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$ vo VIII.)

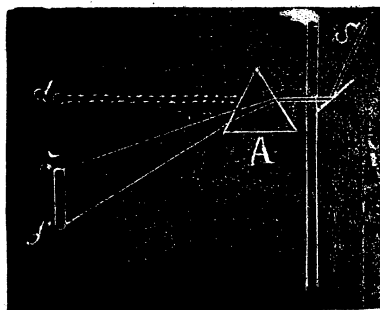
Index lomu tekutín a plynov určuje sa v hranoloch dutých, tenkými rovnobežnými sklenenými ploškami ohraničených, ktoré na lom dľa §. 90. vlivu nemajú.

§. 92.

Rozklad svetla. Vpustíme malým okrúhlým otvorom b (Obr. 154). papršlek slnečný do tmavej izby, objaví sa na protivej bielej stene, biely obraz otvoru d . Dopadajú ale papršlek ten na hranol A , ktorého lomiaci uhol je do hora obrátený, vidíme predne odchyl svetla, bo papršky v hranole sa lomiac utvoria dolu v ef obraz otvoru podlhý a čo viacej barevný. Tento barevný obraz voláme *vidmom hranolovým*. (Spectrum) Má on šírku obrazu prvotné-

ho, no zdĺžka jeho je vätšia a závisí od látky, z ktorej hranol pozostáva, jeho polohy a vzdialenosti steny. Vo vidmu vidíme z hora barvy: červenú, oranžovú, žltú, zelenú, jasno a tmavo belasú a fialovú. Barvy tieto volajú sa hranolovými, nasledujú vždy v tom istom poriadku, nie sú prísno ohraničené ale prechodia jedna do druhej a tvoria tak nekonečné množstvo bariev. Zachytímeli barvy tieto pod dutým zrkadlom alebo spojnu čočkou tak, že v ohnisku spolu jedna na druhú padnú, dostaneme obraz

Obr. 154.



biely. Prepustímeli barvu niektorú ešte raz cez hranol, odchýli sa síce ale nezmení. Cely tento úkaz voláme rozkladom svetla.

Postavímeli za hranol práve taký hranol jako bol prvý, ale lomiacim uhlom do dola spojujú sa barvy a papršlek vychádza ako by nelomený a biely.

Rozdelímeli kruh biely na šesť čiastok a siec v tom pomere v jakom barvy vo vidme sa nachodia, tedy pre červenú 45° , pre oranžovú 27° , žltú 48° , zelenú 60° , belasú 100° , a fialovú 80° , zabarvime výseče príslušnými farbami a točíme oný kruh rýchle, aby dojmy v oku chytro jeden na druhý nasledovaly, vznikne následkom miešania sa bariev v oku dojem bieleho svetla, kruh vidíme biely.

Z povedaného vyplýva: že je svetlo slnečné složené z papršlekov rozličnej farby, ktoré hramol vždy v tej istej rovine rozkladá. Papršky rozličných bariev majú rozličnú lomivosť, najmenej lomí sa červené najviac fialové. Barvy hranolové sú jednoduché, a dávajú spolu zase bielo svetlo.

Vidmo složené je z nesčíselných barevných obrazov slnca a preto je na stranách rovnobežné, hore i dolu zaokrúhlené. Bielo svetlo skladá sa z nesčíselných bariev. Bielo je tedy tak málo barva ako čierno, prvé je svetlo, druhé ale nedostatok svetla, ktorý povstáva tým, že teleso papršky pohlcuje a neodráža.

Hľadímeli hranolom na predmet spadávajú vidmá bodov jedno na druhé a tvoria tak zase bielo svetlo, preto vidíme predmet cez hranol nebarevný, len jeho kraje sú barvisté.

Jako vznikanie tónu z otrasov, tak aj vznikanie bariev z otrasov vysvetľujeme. Čím kratšie sú otrasy, tým kratšie i vlny svetlo fialové ma najkratšie, svetlo červené sie najdlhšie vlny, oné môžeme porovnať s vy-

sokými, toto s nízkymi tónami. Svetlo, ktorého vlny sú dlhšie, než červené alebo kratšie, než fialové oko naše nevidí, práve tak, jako ucho nečuje veľmi hlboké a veľmi vysoké tóny. Prechodom cez hranol a jiné látky mení sa rýchlosť svetla červeného jinak, než fialového, preto sa oné menej, toto viac odchyli, rýchlosť postupu červených papršiekov je najväčšia, fialových najmenšia.

Máli byť vidmo zreteľné musí byť hranol z čistého skla, jeho lomiaci uhol ale aspon 60° . Obyčajne sa svetlo najpru spojnu čočkou spojí a len tak na hranol pustí.

Zdĺžka vidma závisí hlavne od látky z ktorej hranol urobený je. Vidmo povstale hranolom z flintového skla je dlhšie, než povstale hranolom zo skla obecného, korunového. Majúli obe vidmá tú istú zdĺžku mať, musí byť lomiaci uhol flintového hranola menší, a síce keď bol lomiaci uhol hranola korunového 25° , musí hranol flintový mať $11\frac{1}{2}^\circ$ ový lomiaci uhol. Spojímeli takéto hranole v pre-

Obr. 155.

vrátenej polohe spolu (Obr. 155.) tak, že je hranol *A* korunový, hranol *B* ale flintový, ruší tento rozklad onoho, ponačádz v protivnom smere tou jistou silou pôsobí, papršleky vychádzajú rovnobežne, tedy nebarevné, predca odchylené od pôvodného smeru a síce zodpovedne lomiacemu uhlu složeného hranola φ . Takýto složený

hranol volá sa *bezbarvivým*, *achromatickým*. Bezbarevnosť ale nie je úplná, tak že povstáva veľmi nepatrné vidmo druhého stupňa. — prečo? — Prvý čo rozklad svetla pozoroval bol *Newton*.

Chcemeli dostať len jednu z jednoduchých bariev vidma, urobíme na doske, ktorou vidmo ulapujeme malý otvor, cez ktorý prepustíme tú barvu, ktorú chceme. Rovnorodé žlté svetlo dáva plameň liehu s vodou miešaného a solou nasáčeného. Miešaním jednoduchých vidmových bariev dostaneme *složené* barvy. Tak dáva k. p. belasá a žltá zelenú, červená a žltá oranžovú, belasá a červená fialovú atď. Tieto složené barvy dajú sa hranolom zase rozložiť na pôvodné, kdežto oranžová, zelená a fialová vidmová rozložiť nedajú sa a práve týmto od oných rozoznávajú sa. *Doplňujúce* barvy sú té složené barvy, ktoré spolu bielo svetlo dávajú, takéto sú k. p. červená a zelená, oranžová a belasá, žltá a fialová a t. d. Každá barva má príslušnú doplňovacú. Jeli jedna z nich jednoduchá musí druhá byť složená so všetkých ostatných, bo len tak spolu bielo svetlo dajú. Modré sklo na lampe oranžové svetlo vydávajúcej robí úkaz svetla bieleho.

§. 93.

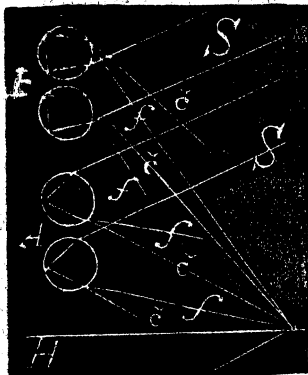
Barvy telies. Barva telesa nepriezračného povstáva odrázaním svetla. Odrážali teleso všetky papršky je bielo, odrážali ale len papršky istých vln k. p. červené a pohlcuje ostatné zjaví sa oku nášmu v barve červenej atď. Barva telies priezračných povstáva tiež odrazom, alebo lomom svetla. Červené sklo odráža a prepúšťa papršky červené v rovnej miere, bo ukazuje tú jistú barvu v odrazenom i lomenom svetle. Blankytná barva neba povstáva odrázaním sa belasích, zore pohlcovaním modrých a odrázaním červeno-oranžovo-žltých papršlekov.

Dúha povstáva lomením a rozkladaním sa papršlekov v drobných kvapkách dažďových a javí sa ako oblúk hranolobarevný na spodku fialový na vrchu červený. Dúha povstáva, keď na jednej strane prší a na druhej slnko svieti, tedy ráno na západe večer na východe a síce len vtedy, keď výška slnca $42^{\circ} 2'$ nepresahuje, o poludniu je tedy dúha nemožná. Papršky slnečné (rovnobežné) *S* (Obr. 156) vnikajú do padajúcich kvapôk, lomí sa v nich a odrážajú (raz alebo dvaráz) a vychodiac rozkladajú sa.

Obr. 156.

Na kapky *A* dopadajúce papršky lomí sa na vnútornej ploche odrážajú sa, pri východe ale zase lomí a rozkladajú sa. Z najnižšej kvapky môže oko naše len fialová z najvyššej červená a z ostatných medzi nimi postavených ostatnie barvy oko naše trafiť. Ponevadž toto z úkol víkol sa deje vidíme barevný oblúk, a keď by to obzor dovoľoval celý kruh. Dúha táto sa volá *prvotnou* je $2^{\circ} 16'$

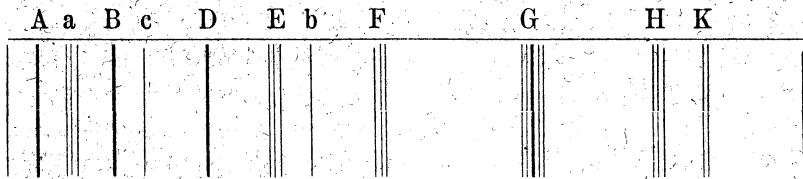
široká a skvelá. — $8^{\circ} 56'$ výše tejto prvotnej dúh povstáva v kvapkách *B* lomením a dvojným odrazom dúha *vtorá*, na spodku červená na vrchu fialová, o veľa slabšia a $3^{\circ} 42'$ široká. Že kvapky dažďové husto a stále padajú, nahradzujú sa rýchle, a úkaz splýva v celok stály. Niekdy povstáva dúha odrázaním sa slnca vo vode a tak dopadaním na dažďovú stenu. Mesiac tvorí tak zvanú mesačnú dúhu, ktorá v podstate od slnečnej neliší sa. Že každý pozorovateľ inú dúhu a na inom mieste vidí, vysvitá z určitého pomeru uhlu dopadu a lomu.



§. 94.

Fraunhoferove čiary a rozbor vidmový. Zväčšmeli vidmo náležite, ukáže sa, že barvy nesplývajú ale že medzi nimi nachodia sa tmavé čiary (do 3000), ktoré, po jich prvom pozorovateľovi, čiarami Fraunhoferovými sa volajú. Najdôležitejšie z nich značia sa s *A, B, C, D, E, F, G, H*, a *a, b, c*, nepatrnejšie s α, β, γ .

- Obr. 157.



Červená. | Or. | Zltá. | Zelená. | Belasá. | Fialová.

Čiary tieto zostávajú vždy v tej istej barve, z takej kolkevek látky by hranol pozostával. Lámeli sa ale v hranole jiné svetlo, mení sa vidmo aj čiary tak, že jedny miznú druhé svetlými sa stávajú atď. Čiary Fraunhoferove slúžia za základ určovania indexu lomu.

Vyparujú sa v plameni kov alebo jeho slúčenina ukázu sa vo vidmu plameňa zvláštne jasné čiary na mieste tmavých Fraunhoferových. Z prítomnosti takýchto jasných čiar súdime na dotýčný kov v plameni. Ponevadž kovy zväčša len plameň určitej barvy mávajú, bude jich vidmo zväčša len z niekoľko čiar pozostávať. Tak vidíme v sodíkovom vidme len čiaru *D* svetlú, v draslíkovom čiaru *A*, a *H*. atď.

Žeravé, pevné alebo tekuté teleso dáva vidmo nepretržité bez Fraunhoferových čiar. Takéto vidmo dáva svetlo Drumodovo, do biela žerava platina, sklo a p. Prechádzali svetlo také cez plameň, v ktorom sa k. sodík vyparuje povstane tmavá čiara *D*. Z tohoto úkazu súdi sa, že je slnce žeravé teleso, v ktorom žeraveje: draslík, sodík, vápnik, železo, horčík, chrom, baryum, nikl, meď, zinok atď. Zlata, striebra, olova, rtuti, cínu, arsenu, lithia a hliníka niet v slnci.

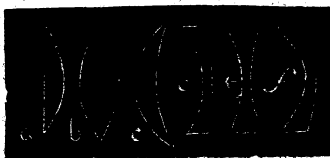
§. 95.

Lom svetla v čočkách.

Priehľadné guľovými úsekami ohraničené teleso zovieme *čočkou* (Linse). Čočky môžu byť dľa toho jako jich plochy ohnuté sú 1, ploskovydaté *a* (Obr. 158), 2, dvojvydaté *b*; 3, poddutydydaté *c*; 4, ploskopodduté *d*, 5, dvojpodduté *e* a 6, vydytopodduté *f*. Prvé tri volajú sa vydytými alebo spojnými, dru-

lé tri poddutými alebo rozptilujúcimi. Stred čočky volá sa *optickým stredobodom* Prímka stredobody gúl čočkám patriacich (geometricke stredobody) spojujúca volá sa *optickou osou*. Čočky robia sa z korunového, flintového skla a drahých kameňov k. p. diamantu, tekutín rovnobežnými guľovými úsekami skla ohraničených a t. ď.

Obr. 158.



Čočky vyduté. Ponevác úkazy čočiek dvoj-plosko- a podduťovydutých dla týchže zákonov povstávajú, budeme len úkazy na dvojvydutej čočke (Obr. 159) pozorovať. *S* je optický stredobod, *C*, *C'* geom. stredobody, *B B'* optická osa.

Obr. 159.

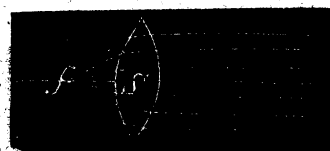
Papršleky dopadajú zo svietiaceho bodu *B*. Každý papršlek, ktorý cez optický stredobod ide volá sa *hlavním* a nelomí sa (prečo?). Papršlek *B B'* prechádza tedy nelomený. Ostatnie papršleky lomí



sa na prednej ploche ku, na zadnej pri východe z čočky od kolmi- ci, a sice zúkol vúkol pravidelne, ponevadž čočka je pravidelná a schádzajú sa v *B'*. Bod tento je obraz bodu *B*, fyzický a volá sa *spojištom*. Vzdalujeli sa svetlý bod *B*, od čočky sblízuje sa obraz *B'* ku nej, a dosiahne najmenšú vzdialenosť, keď bod *B* je nekonečne ďaleko, tedy papršleky na čočku rovnobežne dopadajú. Ponevadž sa v bodu tomto nie len svet-

Obr. 160.

lo ale aj teplo slnečných papršlekov so- streďuje, volá sa *ohniskom* (focus) *f* (Obr. 160), vzdialenosť ale *Sf* jeho *diaľkou* (Brennweite). Naopak vychádzajú pa- pršleky svietiaceho bodu v *f* sa nachá- dzajúceho rovnobežne. Nachodili sa svietiaci bod medzi ohniskom



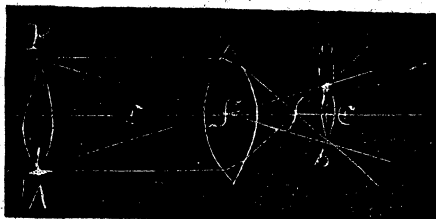
a čočkou, vychodia papršleky rozbežne a dávajú spojište geometrické.

$$\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right), \frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right); \right.$$

$$\left. \frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p} \right]$$

Obraz predmetu najdeme keď hľadáme spojištia hraničiacich bodov. Toto docieli sa ľaháním rovnobežného a hlavného papršleku. Stojili k. p. predmet pred stredobodom geometrickým *AB* (Obr. 161) najdeme jeho obraz, keď z *A* i *B* rovnobežné papršleky *Am* a *Bn* a hlavnie *AS* a *BS*

Obr. 161.



Obr. 162.



ďalej. Prvie lómi sa do ohniska O , druhé prejdú nelomené a styknú sa s prvými v a a b . Obraz povstane teda v ab prevrátený, fyzický a zmenšený. Na bielu plochu možno ho ulapiť. Nachádzali sa predmet medzi stredobodom a ohniskom dostaneme opak predchádzajúceho (sostroj!). Keď predmet medzi čiarou a ohniskom v AB (Obr. 162) stojí, povstane obraz geometrický, primý zväčšený a b . Stojíli predmet v dvojnásobnej diaľke ohniskovej pred čočkou, povstane obraz práve tak veľký, a tak ďaleko za čočkou ale prevrátený. Čím väčší blíž sa predmet ohnisku, tým viac vzdaluje sa zväčšený, prevrátený obraz. Predmet v nekonečnej diaľke má obraz v ohnisku; predmet v ohnisku nemá žiadneho obrazu, paprsky vystupujú rovnobežne.

$$\left(\frac{ab}{AB} = \frac{\alpha}{a} = \frac{p}{a-p} \right).$$

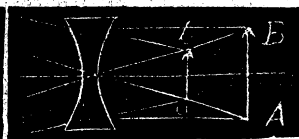
Čočky spojné užívajú sa k osvetľovaniu predmetov, k rozličným optickým nástrojom. Obyčajne zväčšujúce a zapalovacie sklá sú čočky vyduté. V ohnisku zapaluje sa práchno, síra, a t. d.

Čočky podduté, čili rozptilovacie majú len geometrické ohnisko f (Obr. 163), z ktorého paprsky zdánlivo vychodia a rozptilujú

Obr. 163.



Obr. 164.



sa. Predmet AB dáva geometrický, zmenšený obraz ab (Obr. 163), ktorý vedením rovnobežných a hlavných paprskov zostrojíme.

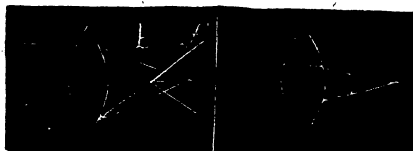
Čočka rozptilovacia dáva vždy obraz primý, geometrický a zmenšený, ktorý je medzi geometrickým ohniskom a čočkou na tej strane, na ktorej sa predmet nachádza. Keď sa predmet ku čočke blíži alebo vzdaluje, blíží alebo vzdaluje sa i obraz a padá do ohniska, keď je predmet v nekonečnej diaľke.

$$\left[\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = - (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) \right]$$

$$= - \frac{1}{p}; \frac{ab}{AB} = \frac{\alpha}{a} = - \frac{p}{a+p}.$$

§. 96.

Vady čočiek. Všetky čočky majú dve vady, 1 *vadu pre guľovatosť čočky* (sphaerische Abweichung) a 2 *vadu barvivosti*, (chromatische Ab.) Prvá čili sphaerická vada povstáva tým že papršky *stredové*, t. j. blízko okolo stredu čočky dopadajúce menej sa lámu, než *krajné* (Obr. 165 a).



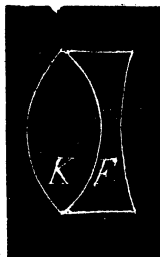
Každú totižto čočku môžeme si myslieť složenú z nekonečného množstva hranolov (Obr. 166), ktorým čím ďalej od stredu čočky ideme väčší lomiaci uhol φ zodpoveda, preto lomí vzdialenejšie od stredu miesta väčšími, než stredové. Vade tejto odpomáhame predložením *clonky*, t. j. na čierne barvenej otvorom opatrenej ploštičky, ktorá krajné papršky zachycuje a pohlcuje. (Bleňde, diafragma). Čím väčšími je čočka zakrivená, tým väčší odchyl a na opak. Čočky ploskovyduté a ploskopodduté majú veľmi malý odchyl sphaerický, keď zakrivenou plochou k predmetu obrátené sú, preto volajú sa i čočkami najlepšej podoby.

Obr. 166.

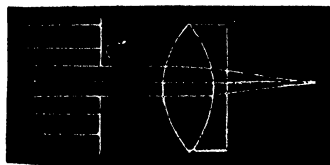


Ponevadž čočka z hranolov pozostáva a tak vlastne hranol s plochami guľovatými tvorí, rozkladá svetlo, (Obr. 165. b) a preto ukazujú sa predmety s barvistými krajmi. Vadu túto voláme *vadou barvivosti*. Dá sa zamedziť podobným spôsobom ako pri hranolu a síce spojením viac čočiek z rozlične rozkladajúcich látok na čočku *nebarvivú, achromatickú*. Spojné achromatické čočky pozostávajú zo spojných čočiek korunových a rozptilujúcich flintových, čočky achromatické rozptilujúce ale z rozptilujúcich korunových a spojných flintových jako to Obr. 167 ukazuje. Čočka na ktorej obe vady odstránené sú volá sa *aplanatickou* (Obr. 168. Čočka *dialytická* od *Litrova* a *Ploessla*.

Obr. 167.

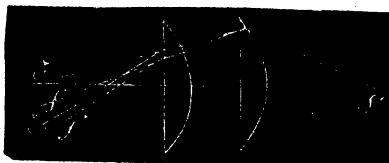


Obr. 168.



vajú zo spojných čočiek korunových a rozptilujúcich flintových, čočky achromatické rozptilujúce ale z rozptilujúcich korunových a spojných flintových jako to Obr. 167 ukazuje. Čočka na ktorej obe vady odstránené sú volá sa *aplanatickou* (Obr. 168. Čočka *dialytická* od *Litrova* a *Ploessla*.

Obr. 169.



Čočka *dialytická* od *Litrova* a *Ploessla*.

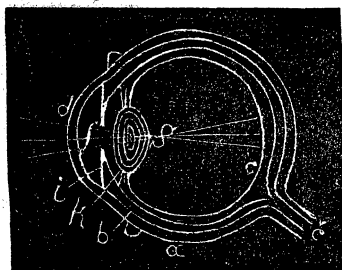
Vada chromatická da sa i istým postavením čočiek z tej istej látky docieľiť, na základe poučky že krajné papršky viac než stredové sa lomí, ako to vegora 169 znázorňuje.

§. 97.

Okno a nástroje optické.

Okno je nástroj k videniu, bez neho nemali by sme žiadnej vedomosti o svetle. Cítiacim ústrojom v oku je čuv, ktorý sa vnútri oka rozkláda. Okno samo je dutá viac menej rohovatá guľa umiestená v očnej dutine, ktorá pomocou šiestich svalkov otáčať sa dá.

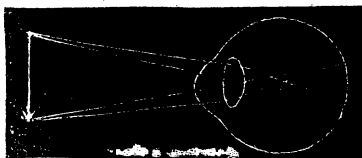
Obr. 170.



Guľa táto pozostáva z bielej *tvrdkej kvory* (sclerotica) *a* (Obr. 170), ktorej prednia priehľadná čiastka *rohovkou* (cornea) *a* sa volá. Druhá čiastka je *žilovica* (choroidea) *b*, pretkávaná krevnými žilami a z vnútra čiernou farbou, ktorá ku pohlcovaniu bočných paprškov slúži, pokrytá. Na jej predných koncoch nachodí sa *dúhovka* (iris) *i*, ktorá je na predku pri rozličných ľuďoch rozlične, na zadku ale na čierne zafarbená, v prostriedku má otvor *zorničkou* (pupilla) zvanú *f*, *c* je *sietnica* (retina) čili blankovité rozšírenie čuvu *č* z mozgu (vystupujúceho. *) Za zorničkou visí na tenkých cievach *čočka očnia* (lens cristallina) *k*, ktorá je na prednej ploche eliptický, na zadnej parabolicky vydutá. Ona pozostáva z tenkých kožtičiek, ktoré čím ďalej do stredu, tým hustejšie sú. Čočkou predelené je oko na dva oddiele, predný vyplnený je *tekutinou vodnatoú*, v ktorej dúhovka volne pláva, druhý ale, *tekutinou sklovou*, ktorá tenkými priezračnými blánkami (membrana hyaloidea) na viac skliepkov rozdelená je. Svetlo láme sa v rohovke, tekutine vodnatej, čočke a tekutine sklovej a síce v čočke najsilnejšie v tekutine vodnatej najslabšie. Okno predstavuje nám tedy čočku složenú spojnú, achromatickú a clonkou (iris) opatrenou, ktorej optický stredobod niečo málo za čočku do *s* padne preto povstáva z každého nie

*) Najspodnejšia vrstva sietnice pozostáva z koncov jednotlivých čuvov, z ktorých každý súčasne len jeden dojem pozorovať vstave je. Končiare tieto sú $\frac{1}{3}$ okolo *očnej osy* najhustejšie sriadené, tedá tento priestor (žltý) najcitlivejší. Miesto, na ktorom čuv do oka vniká je temer necitlivé a preto volá sa *punctum coecum*.

príliš blízko sa nachádzajúceho predmetu obraz zmenšený, prevrátený, physický. Obraz tento dopadáva na sietnicu a pôsobiac na čuv prichádza ku vedomiu nášmu (Obr. 171). A tak potrebné je ku videniu aby obraz vzniknul na sietnici, a aby sietnica a čuv boly dost citlivé. Na otvorenom volovom oku alebo na oku bieleho zajáčka zreteľne vidieť dá sa povstalý obraz. Chorobou stáva sa, že sa čička zakalí, nemoc táto volá sa *zákal* alebo *oblak šedý* a odstráni sa vyňatím čičky, ktorá sa potom okuliarom vynahradzuje. Keď sietnica citlivosť svoju stratí povstáva choroba *oblakom čiernym* zvaná. Zatemnenie rohovky nejakým výrostkom volá sa *belmo*.



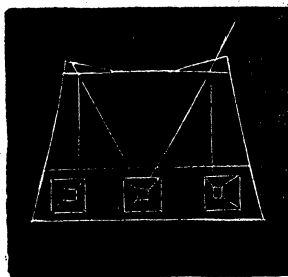
Obr. 171.

Ačpráve obraz v oku je prevrátený predca vidíme predmety priamo, toto deje sa tým že oko obraz necíti, lež jeho dojmy tam hľadá odkiaľ prichodia. Najde tedy hornie body obrazu dolu a dolnie hore.

Ponevadž sa dívame na predmet oboma očima, a v každom oku jeden obraz povstáva myslieť by mohlo sa, že dva predmety vidíme, čo ale nestáva sa, bo obrazy na súmerne položené miestá oboch sietnic padajú, a teda obe oči predmet na tom istom mieste hľadajú. Vyšiniemeli jedno oko zo zákonej polohy pritlačením, vidíme dva obrazy, bo obrazy padly na miestá nesúmerné. Šilhanie. Ponevadž vo dvoch očiach dva obrazy, dvoch rozličných polôh predmetu máme, z ktorých jeden väčšú čiastku pravej, druhý väčšú čiastku ľavej strany predmetu ukazuje vystupuje v dojmu telesnosť predmetu. Preto potrebujeme k posúdeniu vzdialenosti obe oči. (Do prsteňa v smeru očnej osy zaveseného netrafíme pomocou jedného oka).

Naopak predstaví sa malovaný predmet telesne, keď je vo dvoje vymalovaný, raz tak, ako ho pravé, druhýraz tak, ako ľavé oko vidí (Obr. 172) a keď dojem oboch obrazov spolu splynie. Toto docieli sa pomocou prístroja *stereoskop* (telesohľad) zvaného. Je to nevelká kasnička z dreva alebo lepenky, v ktorej vo vzdialenosti očí dva hranole tak pripravené sú, že následkom lomenia oba obrazy v jeden telesný splynú.

Obr. 172.



Hranole majú plochy vyduté, tak že zväčšujú, čím dojem zväčšuje sa Wheatson (1832) zostrojil stereoskop z dvoch pod pravým uhlom slože-

ných zrkadiel. Fotografie stereoskopické. Stereoskop užíva sa k poznaniu padeláných bankoviek.

Podmienky jasného videnia sú subjektívne a objektívne t. j. len v jednotlivých pádoch alebo všeobecne platiace. Podmienky všeobecné sú, aby obraz v oku povstalý bol dosť jasný, dosť veľký a aby jeho dojem určitú chvíľu trval. Podmienky subjektívne sú aby obraz na sietnicu padnul, keď predmet v istej vzdialenosti sa nachodí.

Známe z predešlého (§. 95.), že čím ďalej predmet od čočky sa vzdaluje, tým viac ku čočke na druhom boku obraz blíží sa. Oko naše ale má i blízke i vzdialené predmety zreteľne vidieť teda, obraz blízkych i vzdialených predmetov na sietnicu padnúť. Dľa mnohých skúmaní ukázalo sa, že sa čočka môže na oboch plochách viac alebo menej vyduť a tak pre rozličné vzdialenosti upraviť, toto upravovanie volá sa *accomodáciou* čočky. Zreteľne vidí zdravé oko zákone (normalne) vo vzdialenosti 8—10", ktorú vsdialenosť *zorňou dialkou* (Sehweite) zovieme. Oko ktorého zornia dialka je menšia, než 8—10" volá sa *krátkozrakým*, naproti tomu oko väčšej zornej dialky *dľhozrakým*.

Obydve vady sú alebo prirodzené alebo následkom zlého upotrebenia oka, výstrednosti atď. povstale. Oko krátkozrakého má alebo od prírody (male deti do 3 mesiaca sú krátkozraké) alebo zkazením oka (výstupnosť, prílišné mnoho čítania a písania) čočku pri vypuklú, tak že pri jej všetkej accomodácii obraz vzdialenejšieho predmetu pred sietnicu padne. Dľhozraké oko je opak predešlého, čočka je pri ploská, obraz bližších predmetov padne na sietnicu, (starí ľudia, polovníci, roľníci bývajú dľhozrakí,) Obom týmto vadám odpomáha sa čočkami pred oči položenými, ktoré *okuliarami* zovieme. Krátkozrací upotrebuujú čočiek poddutých, ktoré papršky rozptilajú a tak pred sietnicou povstalý obraz na ňu hádžu; dľhozrakí naproti tomu čočky spojné, ktoré za sietnicou povstalý obraz na ňu dovedú. Okuliare užívajú sa od r. 1370, jich výhody a vady. Jaké? jako? a kedy? máme okuliare užívať. Okuliare barevné, sklá jednooče, *periskopické*. *Schreinerova* zkuška.

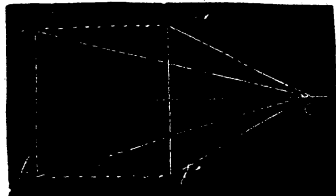
Obraz musí byť *primerane jasný*, tak aby ani pri veľmi ani pri málo osvetlený nebol. Zornička rozširuje sa pri menšej, sťahuje pri väčšej jasnosti. Pri svetle veľmi ostrom jako aj v šeru víčka mimovolne zatvárajú sa aby oko neprúžilo sa. V temnej komore vidíme zreteľne len po istom čase, keď odtial vindeme na denie svetlo mračí nás. Zornička nočných dravcov.

Obraz musí byť *dostatočne veľký*. Veľkosť túto označujeme

zorným uhlom, ktorý tvoria krajné do oka padajúce papršky \angle *aob* (Obr. 173). Zorný uhol je pre jeden a ten istý predmet tým väčší čím bližšie predmet ku oku stojí.

Obr. 173.

Ponevadž uhol zorní nezávisí len od veľkosti ale i od vzdialenosti predmetu, môžeme skutočnú veľkosť zo zdálivej posúdiť, keď je skutočná vzdialenosť známa a na opak. Čím jasnejší je predmet, tým bližšie zdá sa, ponevadž obraz tým jasnejší je, čím bližšie predmet. Stalice, svetlá



v tme, hmle atď. Predmet, ktorého veľkosť známe, zdá sa byť vzdialenejší čím menší sa ukazuje. Vo veľkej vzdialenosti zdajú sa všetky predmety rovnaké vzdialené. Čím viac predmetov medzi okom a telesom, tým ďalej zdá sa ono byť. Najmenší zorný uhol, pri ktorom ešte predmet zreteľne pozorovať možno je $\frac{1}{2}$ minuty, je-li uhol menší splyne predmet s druhým, k. p. stromy vo vzdialenej hore, len stalice a svetlé predmety na tmavom pozadí vidíme aj pod menším uhlom.

Aby sa obraz určitý a jasný vytvoril mohol, musí dojem svetla najmenej 0,4 sec. obnášať. Nasledujúci dojmy rýchlejšie jedno za druhým splynú v dojem jeden. Žeravý uhol rýchlo krútený robí dojem ohnivého kruhu. Vystrelená guľa, šanzovanie, elektrická iskra a duhobarevný kruh. *Thaumatrope* je doštička, na ktorej na jednom boku k. p. vták na druhom kletka vykreslené sú, krútimeli rýchlo vidíme vtáka v kletke. *Stroboskop*. *Anorthoskop*, *Kinesiskop* *Purkyňov*. *Chromatrope*.

Vady čočiek barevnosť a odchyl pre guľovatosť odstránené sú v oku temer úplne. Prvá zvláštnym ustrojením čochky a rozlične lomiacimi látkami v oku, druhá dúhovkov a vydutím sietnice. Ponevadž oko je nie úplne achromatické stáva sa že svetlý predmet na tmavom pozadí širší vidíme než je v skutku, ukaz tento volá sa *irradiation*; a dá sa pekne na rastúcóm alebo padajúcom mesiaci pozorovať. Rožok osvetlený zda sa väčšej gule prináležať, než je ostatnia len slabo viditeľná guľa mesiaca.

Dívame sa na červený bod postavený na bielom pozadí upre- ne a odchýlime razom zrak na bok vidíme na bielom pozadí práve tak veľký bod zelený. Úkaz tento vysvetľuje sa tým že čuvy siet- nice červenú barvu vnímajúce, ostrým dojomom sa otupily a tak ostat- né čuvy z vnikajúceho do oka bieleho svetla len ostatnie barvy ci- tia, ktoré dojem *doplňujúcej* tedy zelenej barvy zapričiňujú. Pri zlatožltej večernej zore zdajú sa byť biele steny, tvone atď. nabe-

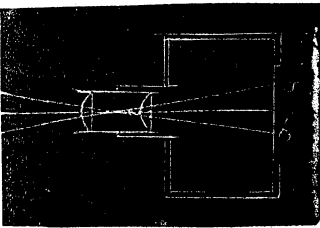
lasté. Na nepriezračné teleso dopadajúce červené a z druhého boku biele papršky tvoria na bielej stene dve tvone toho telesa, jednu červenú, druhú zelenú. Každéj bárvy zodpovedajú v sietnici isté čuyy, ktoré hlavne dojem tejže barvy pocitujú. Jsúli čuyy jednej barvy v oku zoslábnuté ukazuje sa biely predmet v barve doplňujúcej. Niektorí ľudia nevidia jistú barvu, jiní nerozoznávajú k. p. belasú a zelenú.

O pohybu predmetu súdime z pohybu obraza na sietnici. Obraz ale pohybuje sa alebo keď sa predmet, alebo keď sa my pohybujeme, preto sme mnohokrát neistý či predmet stojí a či sa pohybuje. Zdánlivý pohyb slnca, poľa stromov, keď sa my rýchle pohybuje atď. *Parallosa*.

§. 92.

Temnica. (Camera obscura), je v podstate tak sriadená jako oko. Pozostáva z truhličky z dnuká na čierno zabarvenej, do

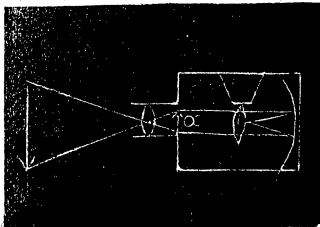
Obr. 174.



ktorej je zasadená trúba, v ktorej druhej spojnu čočku majúca pohybovať dá sa (Obr. 174). Obraz povstane na zadnej stene truhličky, ktorá z jemne brúseného polopriezračného skla pozostáva. Physičný, zmenšený prevrátený obraz dopadá na toto sklo tak, jako v oku na sietnicu, a dá sa zvonku zreteľne vidieť, keď ostatnie svetlo zamedzíme. Temnicu s čočkami aplanatickými užívajú svetlópisci.

Podobne zriadená je i **čarovná lampa** (*laterna magica*). Je to bláchová truhlička (Obr. 175) na jež prednej strane trúba so spojnu

Obr. 175.

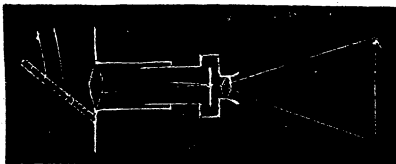


čočkou, na zadnej ale podduté zrkadlo, v ktorého ohnisku lampa horí, sa nachodí. Papršky zrkadlom odrážané dopadajú rovnobežne na predmet na skle olejovými farbami maľovaný, ktorý medzi ohniskom a geometr. stredobodom sa nachádzajúc na protistojacej stene zväčšený prevrátený obraz dáva. Aby obraz na stene bol primý musí sa predmet prevrátené položiť. Upotrebením dvoch väčších a ostrým (Drumodovým) svetlom opatrených čarovných lomp vyvádzajú sa tak zvané *hmlové obrazy*.

Slniečný a plynový drobnohlád sú tiež tak jako čarovná lampa sriadeae. Pri prvom osvetľuje sa malý predmet svetlom slniečným

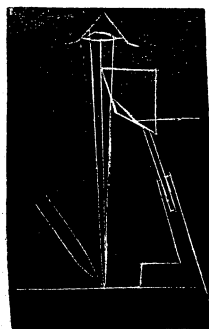
heliostátom odraženým a spojnou čočkou spojeným, pri druhom ale svetlom Drumodovým. V ohnisku onej čočky nachodí sa predmet, ktorý medzi stredobod a ohnisko druhej malej značne vydutej čočky padne a a na protipostavenej bielej stene zvätsený prevrátený obraz ukáže. (Obr. 176).

Obr. 176.



Svetlica. (Camera lucida), zakladá sa na úplnom odraze a slúži k tomu, aby z nejakého predmetu vytvoril sa zretelný obraz na papieru, kde sa nakresliť dá. Svetlica pozostáva z malého štvorhraného hranola. (Obr. 177), ktorého jeden uhol je pravý, protiležiaci 135° a oba ostatnie po $67\frac{1}{2}^\circ$ obnášajú. Dopadajúce papršky vchodia do hranolu, odrážajú sa dva ráz úplne a prichádzajú do oka. Oko vidí obraz v prímkke na papieru, ktorý dá sa ľahko kresliť, ponevadž oko po pri hrane hranola aj priamo na papier hľadí.

Obr. 177.



§. 99.

Drobnohlady, (Microskop) sú prístroje, pomocou ktorých veľmi drobné predmety zskúmame.

Jednoduchý drobnohlád je každá vydutá čočka s malou ohniskovou diaľkou. Predmet kladie sa medzi čočku a ohnisko a v zornej dialke ukáže sa zvätsený, prímý geometrický obraz (§ 95). Čočka s ohniskovou diaľkou $\frac{1}{2}$ — 2" volá sa *lupou*. Jednoduchý drobnohlád čili lupa býva i z viac spojných jedno na druhú priliehajúcich čočiek spojená, ktoré ako jedna čočka krátkej dialky ohniskovej účinkujú.

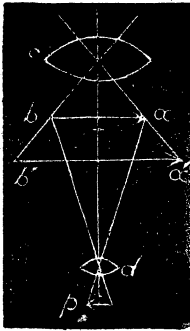
Zvätsenie $m = \frac{a}{p} + 1$. Kvapky vodné zavesené v dierke z blachu účinkujú ako drobnohlád.

Drobnohlád složený pozostáva z dvoch spojných čočiek, a síce, malej čočky *d* obrátenej ku predmetu (predmetnice objectiv.) ktorý pred jej ohniskom sa nachodí a väčšej *C* (očnice, okular.) tak postavenej, že prvou čočkou vytvorený prevrátený obraz *a b* medzi ňu a jej ohnisko padne, a obraz *a' b'* vytvorí. (Obr. 178).

$$\left[\text{Zvätsenie } m = \frac{\alpha}{a} \left(\frac{h}{p} + 1 \right) \text{ Zdlžka prístroja } = \alpha + p'. \right]$$

Aj predmetnica aj očnica bývajú čočky achromatické a složené. Celý prístroj býva obyčajne kolmo na ťažkej podkove upevnený. Pod strojom

Obr. 178.

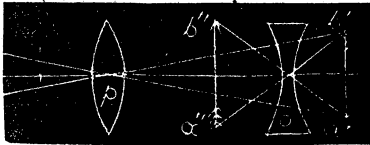


nachodí sa stolíček, opatrený rozličnými clonkami, na ktorý predmet klade sa. Pod stolikom upevnené je zrkadlo podduté, pomocou ktorého predmet osvetlí sa zo spodku. Nepriezračné predmety osvetľujú sa z vrchu pomocou čočky spojnej. Na niektorých drobnohľadoch je stolík, na druhých samá trubica pomocou šróby pohyblivá, aby sa tak prisluchajúca vzdialenosť medzi predmetom a čočkou docieliť dala. Prvý složený drobnohľad zostrojil Jansen (1590). Drobnohľadom dá sa docieľiť zväčšenie 1500 ráz v primke.

§. 100.

Ďalekohľady (Teleskop) sú prístroje optické, pomocou ktorých veľmi vzdialené predmety zreteľne vidieť možno. Delia sa na *dioptrické* pozostávajúce z čočiek a *katoptrické*, pozostávajúce zo zrkadiel a čočiek, (Refractor, reflector).

a. Ďalekohľad holandský alebo *Galileov* (Obr. 179) má za predmetnicu čočku vydutú veľkej ohniskovej dialky, ktorá by v Obr. 179.

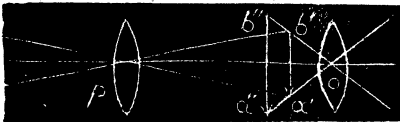


$a' b'$ prevrátený, fyzický obraz utvorila, keby na rozptíľujúcu očnícu nepadal. Lež paprsky dopadajúce prv na rozptíľujúcu očnícu, vychádzajú rozbiehavo a tvoria geometrický, ohľadom predmetu priamy obraz $a'' b''$. Ďalekohľad tento zostrojil prvý; holanďan Jansen (1600), potom ale Galilei (1609). Užíva sa len na menšie vzdialenosti, zväčša dve trúbky pre obe oči. Vada jeho je že má malé zorné pole.

$$\left(m = \frac{p}{p'} ; L = p - p' \right).$$

b. Ďalekohľad hviezdársky čili Keplerov (Obr. 180)

Obr. 180.



pozostáva z aplanatickej spojnej predmetnice, ktorá utvorí prevrátený, fyzický obraz $a' b'$. Očníca takže aplanatická a tak postavená, že obraz $a' b'$ medzi ňu a jej ohnisko padne tvorí zväčšený obraz geometrický $a'' b''$, ktorý je ohľadom na predmet prevrátený

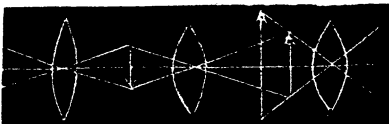
$\left[m = \frac{p}{p'} ; L = p + p' \right]$.

Křížna niť (Fadenkreuz) je v $a' b'$ křížom napnutá nitočka z pa-

vučiny alebo z platínového drôtu, ktorej priesečník do osy ďalekohľadu padá.

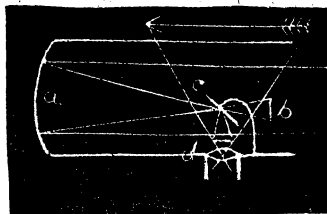
Aby ďalekohľad Keplerov obraz primý dal vkladá sa medzi predmetnicu a očnicu spojná čočka, ktorá obraz predmetnice prevracia, tak že sa cez očnicu ohľadom na predmet prmo ukáže. Ďalekohľad takto upravený (Obr. 181) volá sa *pozemským*, a vyznamenáva sa veľkou zdĺžkou. (prečo?).

Obr. 181.



c. Ďalekohľady katoptrické pozostávajú z veľkého poddutého obyčajne kovového na dne veľkej trúby upevneného zrkadla *a*, ktorým utvorený obraz *b* pomocou malého zrkadielka *c* na spojnú čočku *d* sa odráža a tak v *a'b'* zväčšený obraz predmetu povstáva. (Obr. 182 je ďalekohľad Herschelov). Ďalekohľad *Gregoryho*, *Cassegrainov*, *Newtonov* a *Foucaultov*.

Obr. 182.



Katoptrické ďalekohľady majú prednosť pred dioptrickými, ponevadž pri nich barvivosti niesto a vada pre gulovatosť mnoho menšia je, než pri čočkách tohože otvoru. Dôkladne vyvedenie závisí tu len od jednej plochy, no svetlosť a pohodlnosť pri upotrebení, trvácnosť, je pri dioptrických väčšia, bo kovové zrkadlá katoptrických ďalekohľadov ľahko hrdzavejú. Obrovský ďalekohľad *Rosseho* mal 53' zdĺžky a vážil okolo 300 centov, samé zrkadlo vážilo 76 centov a malo 6' priemeru.

§. 101.

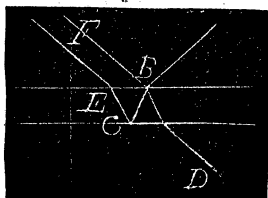
Križenie a ohyb svetla.

[Interferenz & Beugung (Diffractio) des Lichtes]

Prechádzajúci cez clonku dvoma maličkými okrúhlými otvorami papršky, ktorých obrazy na stene čiastočne kryjú sa, v ydno že hranice spoločnej plochy obrazu sú tmavé (Grimaldi). Dopadali papršlek na dve pod veľmi tupým uhlom naklonené zrkadla (*Fresnelova* zkuška), alebo lámeli sa v hranole, ktorý veľmi tupý uhol má tak, že oba vychádzajúce papršky pod veľmi ostrým uhlom sa krížiajú, pozorujeme na bielej v križujúcom bode postavenej stene čierne čiary. Pri zkuškách týchto schádzajú sa vlny o liché násobné pol vln rozdielne a preto rušiac sa zapričinujú oné tmavé čiary.

medzi nimi povstávajú svetlé priestory, v ktorých o sudé násobné pol vln rozdielne vlny sa stykajú tedy soslňujú. Keď boly dopadajúce papršky biele, uzieme medzi čiernymi čiarami duhobarevné pásiky, ponač na každom mieste postupne len vlny zodpovednej dĺžky ničt sa môžu. Úkaz križenia pozorujeme na tenulinkých telesách (bublíny mydlove, masná plácha na vode) a predstavíme

Obr. 183.

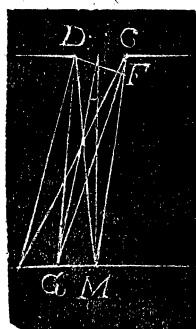


si ho následovne. Obr. 183 predstavuje tenké teleso, naň dopaduje papršlek FE kosom. Jedna čiastka z neho odráža sa na prednej ploche do G , druhá vnika lomiac sa, odráža sa na zadnej ploche a schádza sa v B , s priamo odrážajúcim sa papršlekom FB . Jích cesta je o ECB rozdielna.

Obnášali rozdiel ciest liché násobné pol vln, ničia sa papršky v BA , jeli rozdiel sudé násobné pol vln soslňujú sa. Pri bielom svetle ničia sa len papršky zodpovedajúcich vln a preto ukaže sa teleso v meniacich duhových farbách (dúhovenie, irisatio). Pri prechode križuje sa priamo lomený, papršlek FBD , a papršlek $FECBD$, ktorý dvaráz sa odraziac s prvým splynie. *Newtonove* barvokruhy.

Prechodí svetlo cez úzku škáru, odchyľuje sa na jej hranách a križujú sa s prvotným svetlom, podáva na proti položennej stene obraz svetlý škáry a na oboch jeho bokoch striedave čierne a svetlé čiary, ktoré poslednie dúhové barvy ukazujú, keď svetlo bielo dopadalo. Úkaz tento voláme *ohybom svetla*, a obraz škáry *vydmom ohybovým* (Diffractionsspectrum). Jeli CD (Obr 184) škára, cez ktorú

Obr. 184.



svetlo prechodí ukáže sa v M biely obraz škáry. Papršlek na hrane ale ohne sa a styká sa v G s druhým CD , ktorého cesta je o CF rozdielna. Dľa toho či rozdiel cesty liché alebo sudé násobné pol vln obnášal, bude i bod G tmavý alebo osvetlený.

Úkaz ohybu javí sa i keď svetlo zo škáry okolo tenkého telesa k. p. drôtu ide. Okolo jeho tóni vidíme po oboch bokoch ohybové vidmá.

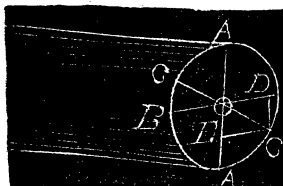
Pri rovnorodom svetle sú úkazy križenia a ohybu najzreteľnejšie. Podoba škáry mení vidmá. Okrhlé škáre zodpovedajú svetlé a tmavé sústredné kruhy. Jednou škárou idúce papršky, môžu s paprškami cez pobočné škáry idúcimi sa križovať. Vidmo sieťkové. Ohradenie mesiaca, paslncia a dvory slnčné, dúhové barvy svieci za zarosenou doskou sklenenou postavenej, pri prižmúrených zvlášte slzavých očiach zakládajú sa na ohybu svetla.

Pomocou úkazov križenia možno zdĺžku vlnovú rozlične barevného svetla vynajší. Najkrajnejšie červené svetlo má zdĺžku vlnovú $\lambda = 0,0007064\text{mm}$; najkrajnejšie ultrafialové $\lambda = 0,000354\text{mm}$, vzdialenosť táto obnáša tedy úplnú octávu. Zdĺžka vlny svetla pre čiarn B je $\lambda = 0,000688\text{mm}$; pre D , $\lambda = 0,000589\text{mm}$; pre H , $\lambda = 0,000393\text{mm}$. Z rovnaj pre všetky barvy rýchlosti a zdĺžky vlnovej vysvitá že v po-
vetrí červené svetlo za sekundu 450, žlté 526 a fialové 790 billionov
otrasov robí.

§. 102.

Polarisacia a dvojlom.

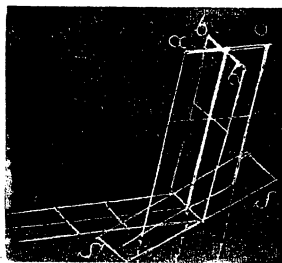
Polarisacia. Obecný papršlek (k. p. valcovitý Obr. 185) pozostáva z vln, v ktorých častice etherové vo všetkých možných rovinách (AA' , BB' , CC' ...) okolo stredobodu O sa otriasajú. Ponevadž ale každý otras k. p. CO na dva kolmo jedno nadruhom stojace pohyby rozložiť možno OD , a OE , môžeme povedať, že: v obecnom papršleku častice etherové v dvoch kolmo jedno na druhú stojacích rovinách AA' a BB' sa otriasajú a síce rovnakou veľkosťou t. j. ostrosť účinkov jích je rovnak veľká. Zapričinímeli nejakým spôsobom, že sa papršlek obecný tak rozdelí, že sa častice etherové v jednej polovici len v rovine AA' v druhej polovici ale len v rovine BB' otriasať budú dostaneme svetlo polarizované, Polarisacia možná je len pri otrasoch popriečných. Úkazy polarizacie sú tedy dôkazom, že svetlové vlny v popriečných otrasoch sa pohybujú.



Obr. 185.

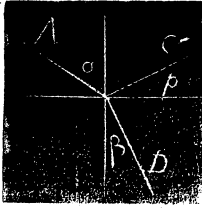
Malus vynašiel, že obecný papršlek na hladenej ploche SS neodráža sa úplne a, že keď papršlek pod istým od látky odvyslým uhlom (uhol polarisačný pre sklo $= 35\frac{1}{2}^\circ$) dopadá len tie vlny bb sa odrazia, ktorých otrasová rovina bb' na rovine odrazovej aa' kolmo stojí. Rovinu odrazovu, na obrázku 186 ro-
nu papieru voláme rovinou polarizačnou, odrazený papršlek je polarizovaný. Polarizačný uhol je vždy uhol p keď papršlek A na teleso tak dopadá že odrazený papršlek C s lomeným D pravy uhol tvorí. (Obr. 187.)

Obr. 186.



Pomocou tohoto určuje sa pri priezračných látkach polarizačný uhol, bo $\alpha = R - p$, $\beta = p$; $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \cotang p$.

Jeli zrkadlo SS (Obr. 186) priezračné, prejde čiastka odrazeného polarizovaného papršku bb spolu i s paprškom



Obr. 187.

kolmo na polarizačnú plochu dopadajúcim aa . Pozostávajú ale zrkadlo SS z viac jedno na druhú položených sklenených plosiek, odráža sa papršok bb na každej čiastočne tak, že pri 10—12 ploskách z neho nič nezostane a len papršok aa prechádza, ktorý takže polarizovaný je, otrasy jeho ale dejú sa

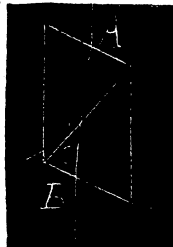
rovnobežne s rovinou polarizačnou, no kolmo s otrasami odrazom povstaleho polarizovaného svetla. Niektoré nerasty, obzvlášte turmalin, a herapathit polarizuju lomené svetlo.

Aby sme polarisovaný papršok od obecného rozoznávot mohli, dáme mu zase dopadať na zrkadlo pod uhlom polarizačným naklonené, alebo prepustíme ho cez vrstvu plosiek sklenených, alebo cez turmalín. Splyneli rovina polarizačná tohoto prístroja (analyzátor) s rovinou polarizačnou prvého (polarisátor), odráža alebo prechádza papršok úplne. Keď ale oné roviny jedna na druhej kolmo stoja, stáva sa papršok neviditeľným, pri inom postavení odráža alebo prechádza papršok čiastočne. Polarizačný prístroj *Nörrebergov*.

Dvojlom. Prechádzali obecný papršok cez beztvarnú, alebo pravidelne hlatenú látku (sklo, soľ kuchynská) postupujú oba druhy svetla rovnou rýchlosťou a lomí sa rovno. To jisté deje sa, keď papršok v smere krystallografickej osy v ihlancovej a klenčovej sústave sa hlatiacich telies (Cirkon, vápenec, kremeň atď.) prechodí. V hlatiach spomenutých sústav je pružnosť étheru v smere hlatopisnej osy inakšia, než v druhých smeroch. Kolmo na osu hlatopisnú (čili optickú osu) je pružnosť étheru všade rovnomerná, v smere osy najväčšia alebo najmenšia, následkom rôzneho sriadenia častíc telesa. Dopadajú tedy papršok obecný kosom k optickej ose, lomí sa tie vlny, ktorých častice kolmo na rovinu, cez dopadajúci papršok a osu optickú položenú, sa otriasajú, vždy dľa známých zákonov lomu, vlny ale, ktorých častice etherové rovnobežne s onou rovinou sa otriasajú, lomí sa hneď väčší hneď menej, dľa toho, jaký uhol papršok dopadajúci s osou optickou tvoril. Oba druhy svetla sa tedy po lomu delia. Úkaz tento volá sa *dvojlomom*. Prvý, riadne sa lomiaci papršok volá sa *riadnym*, druhý *mimoriad-*

nym. Úkaz tento najlepšie pozoruje sa na islandickom vápen-
cu dvojlomnom (isl. Doppelspath).

Hlate označených sústav volajú sa optične jednoosími a
síce zápornými, keď je pružnosť étheru v smere osy najväčšia a
kladnými keď je najmenšia. V záporných hlatiach (vápenec) postu-
puje tedy riadny papršlek pomalšie, lomí sa väčšími, než mimoriad-
ny. V kladných (Cirkon, quare) naopak. Pri vapencu je index lomu
pre riadny = 1,654, pre mimoriadny medzi 1,654 a 1,483. V quar-
cu pre riadny = 1,548, pre mimoriadny medzi 1,548 a 1,558. Po-
nevádz vápenec obecný papršlek na dva polarizované rozkladá, možno
ho za prístroj polarizačný (polarisator alebo analysator) upotrebiť.
Aby ale z oboch papršlekov len jeden vychodil zostrojí sa z dvoch
kusov. Taký prístroj je *Nicolsov* hranol (Obr. 188). Pozostáva on
z dvoch kanadským balsamom splených vápencových Obr. 188.
hranolov. Papršlek *A* lomí sa vo dvoje, mimoriadny
papršlek *B* prechádza cez hranol, riadny ale odra-
ža sa dľa zákona úplného odrazu na ploche *C* a
tratí sa.



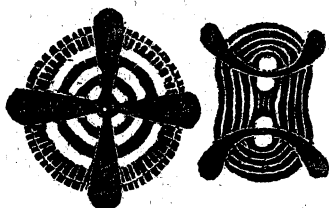
Hlate nepatriace do udaných sústav nemajú osy, oko-
lo ktorej by pružnosť etheru rovnaká bola, preto lomia
papršlek vo dvoje síce ale ani jeden riadne. Hlate této
(Sanitra, arragonit, cukor, sádra atď.) volajú sa *optične*
dvojosé, ponevádz obecný papršlek v dvoch smeroch (osách) sa nelomí, a
tak oba druhy svetla rovnou rýchlosťou sa pohybujú.

Niektoré hlate pohlcujú každý druh svetla inak, a preto zdajú sa v
jednom smere svetlejšie než v druhom, keď sú farbivé ukazujú rozličné
barvy (Dichroismus).

Kolmo jedno na druhý polarizované papršky nemôžu sa kri-
žovať; len v jednej rovine polarizované križujú sa. Prechádzali po-
larizovaný papršlek cez tenkú plošku dvojlomnej hlati, k. p. cez
gyps, rozloží sa na dva druhy vln, ktorých častice kolmo jedno na
druhom sa otriasajúce vlny majú. Pri východe nachádzajú sa vlny
v rozdielnom údobí, nemôžu sa ale križovať, ponevádz sa neotria-
sajú v tej istej rovine. Keď ale prechodia ďalej cez polarizujúcu
látku (analysator), rozkladá sa zase každý papršlek na dvoje, a v
tej istej rovine otriasajúce vlny križujú sa. Ploska ukáže sa tedy
pri, jednobarevnom svetle dľa polohy analysatora svetlá alebo tmavá,
pri bielom svetle ale barevná. Krútimeli ju mení sa farba, ktorá od
hrúbky plosky závisí, pri ďalšom krútení myzne a prechodí na bar-
vu doplňujúcu.

Prechádzajúli polarisované papršky cez hlate jednoosie, k ose rovnobežne brúsené, prejde kolmý z nich nelomený stredom, preto ukáže sa stred cez analysator tmavý, keď krížom na polarisator stojí; svetlý, keď s ním rovnobežne postavený je. Všetky ostatnie papršky ale lomí sa dvojne a prechádzajúc cez polarisator križujú sa. Preto vidíme množstvo sústredných, tmavých a svetlých, pri bielom svetle tmavých a barvistých kruhov okolo tmavej osy, krížom ale vidíme čierny kríž, zodpovedný tým miestam, na ktorých otrasy s otrasovými rovinami krížom postaveného polarisatora a analysatora splývajú. Stojali polarisator a analysator rovnobežne povstane úkaz v doplnujúcich farbách (Obr 189 a). Dvojosé hlate

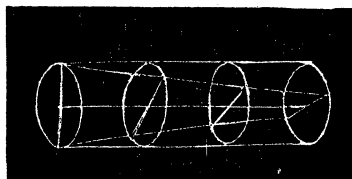
Obr. 189.



ukazujú podobné úkazy, ktorých ale podoba dľa skloňu brúsenej plochy ku optickej ose sa mení. (Obr. 189, b). Rýchlo chladené alebo stlačené tedy nerovnobusté sklo, podáva tieže úkazy, pokiaľ pružnosť étheru v rozličnom smere je rozdielna.

Dva polarisované o štvrt vlny pošínuté papršky, vytvoria otrasy kruhové, ktoré v behu šrôbovnicu opisujú. Takýto papršek volá sa *kruhovite polarisovaným*. A volá sa *pravým*, keď sa na pravo, *ľavým* keď sa v ľavo točí. Quarc, čukrový, vinokamený roztok, terpentýnový olej sú látky kruhovite polarizujúce. Trstinový cukor krúti v pravo, (Obr. 190), hroznový v ľavo. Ponevadž roztok cukrový tým viac papršek krúti, čím viac cukru obsahuje, zakladá sa na tomto úkaze *sacharomer*

Obr. 190.



(Saccharimeter).

Jeli rozdiel polarizovaných vln menší, než štvrt vlnovej zdĺžky, povstávajú otrasy eliptické a papršek krúti sa v šrôbovnici eliptickej. (Polarisacia eliptická).

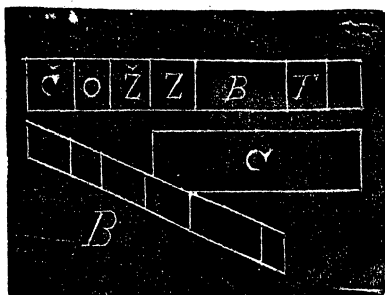
§. 103.

Fluorescencia a phosphorescencia.

Vedielmeľi farby hranolové postupne od červenej farby cez roztok sírana chininového, alebo uranové sklo atď. nepozorujeme z počiatku nič zvláštneho, každá farba prechodí nezmenená. Za fialovou ale farbou objaví sa v onom roztoku alebo uranovom skle

slabé modravé svetlo, ktoré je ku kraji vidma vždy silnejšie a ešte za fialovými paprškami sa nachádza. Svetlo toto obyčajne neviditeľné stáva sa len dopadom na spomenuté látky, viditeľným a javí sa v účinkoch lučebných tým, že jisté látky rozkladá, ktorú vlastnosť svetlo červené, oranžové, zelené a žlté nemá. Papršky tieto volajú sa *chemicko-účinkujúcimi* alebo *ultrafialovými*, a úkaz opísaný *fluorescenciou*. Vlny paprškov ultrafialových sú tak krátke, že jich oko naše nevníma. Látky fluorujúce zdĺžia oné vlny a zmenia veľmi lomivé svetlo neviditeľné na menej lomivé viditeľné. Pozeráme-li vidmo hranolové dopadajúce na fluorujúcu látku, a tedy ultrafialovými paprškami predĺžené *A* (Obr. 161.) druhým hranolom, ktorého lomiaci brana rovnobežne s vidmom ide, vidíme obecné vidmo kosom v *B*, v *C* ale ultravioletové svetlo fluorujúce. Plameň lehoví vodíkový a elektrická iskra (poslednia v dažďových oblakoch a Geisslerových trubicách) fluorujú silne, majú tedy mnoho chemične účinkujúcich paprškov. Úkazy tieto volajú sa fluorovaním, ponevadž na fluoridu vápenatom (kazivec) po prvé pozorované boly

Obr. 191.



Fluorescencia vysvetluje sn dľa *Eisenlohra* križením vln nerovnej zdĺžky čím povstáva vlna dlhšia než obe, tak jako pri tóne kombinačnom.

Mnohé látky stávajú sa vo tme svietiacimi, keď v nich deje chemické dejstvá, alebo keď nane za istý čas slnečné svetlo dopadalo. Úkaz tento volá sa *phosphorescenciou* (svetlúškovanie). Vidíme ho v prvej forme na hnjúcich látkach, na ústrojoch jistých živočíchov (svatojanska muška), fosforu atď. v druhej ale na diamantu, ktorý osvetlený byvše, v tme červenožlto, na chlorophanu, ktorý zeleno svetlúškuje. Umelé svetlúškujúce kamene, bononsky a osannský pozostávajú z vypáleného ľazivca, tragantu alebo z ustricových škрупín a sirnika antimonového.

§. 104.

Chemické účinky svetla

Svetlom podporuje alebo ruší sa slúčivosť mnohých látok. No papršky rozličných bariev majú rozličné chemické účinky. Vo vidme sú účinky chemické barvy červenej až ku zelenej nepatrné, od zelenej barvy ale javia sa čím dial tým patrnejšie a najväčšie sú za fialovou barvou v svetle neviditeľnom. Chlor a vodík slučujú sa na

svetle, zrastliny vydávajú kyslík, dusičná kyselina sa rozkladá atď. Nektore slúčeniny javia svetlom zapríčinený účinok tým, že rozkladajú sa farvu menia. Takéto telesa sú chlorid, jodid, bromid a dusičnan striebornatý, z ktorých striebro čo drobný čierny prášok sa vylučuje, oni tedy zčernejú. Jodid olovnatý stáva sa takže čiernym. Farvy odevu blednú. Bielenie plátna, vosku atď.

Svetlo sviec a lampa javí len nepatrné účinky chemické, ponevadž nemá papršky ultrafialové. Elektrické, drumódovo a horčíkové svetlo majú mnoho chemických paprškov. Chemické účinky svetla vysvetľujeme tým, že otrasy étherové, častice látok do otrasov privedú, ktoré následkom pohybu toho slučujú alebo rozlučujú sa.

Farvy rastlín a živočíchov vyvíňujú sa len vlivom svetla (Chlorophyll), pri ďalšom účinkovaní svetla za zase menia alebo tratia.

Nová doba upotrebila opísaných úkazov ku ustáleniu obrazov temnice drobnohľadov a kuzelnej lampy. Spôsob tento volá sa *svetlopisectvom* (photographiou.) *Doguerre* ustaloval obrazy na leštenej striebornej ploske, vystavenej vo tme jodovým parám. Na povrchu utvoril sa svetlocitlivý jodid striebornatý. Ploska taká vystavená v temnici a potom parám rtuťovým, podržala obraz predmetu, keď sme v sírnatane sodnatom nerozložený jodid striebornatý odstránili. Pozdejšie vyvíňoval *Niepce* obrazy na papieri zvanoukou napustenom a potom v dusičnanu striebornatom zvlaženom. Povstali chlorid striebornatý sa v temnici rozložil. Obraz ale vyvinul sa úplne len zmočením v roztoku štrana železnateho alebo kyseliny pyrogalovej, a zostal ustálený, keď sa nerozložený chlorid striebornatý sírnatane sodnatým alebo cyanidom draselnatým odstránil. Obraz takýto bol opačný (negatívny) t. j. svetlá boli tmavé, tieň svetlé. Opakovaním výkonu povstal obraz pozitívny t. j. s predmetom súhlasiaci. Uvedenie colloidia a mnohých druhých látok stal sa dej fotolithografie složeným, no výsledky tak znamenité sú, že sotva viac žiadať možno. Photographia. Upotrebenie photographie pri samopisných meteorologických nástrojoch.

VI. Oddiel.

O Teple (Thermika).

§. 105.

Theoria tepla. Prad vyvinutím theorie vlnenia držali učenci teplo za jistu veľmi jemnú, pružnú, neťažkú látku, ktorá do telies vniká, s nimi sa spojuje a jich otepluje. No zo všetkých úkazov tepla, ktoré ďalej viviňovať budeme, vysvitá, že teplo má pôvod svoj vo vlnení étheru a vlnení častíc telies samých.

Prepúšťameli slnečné papršky cez hranol, spozorujeme zvláštnymi prístrojmi míže červenej barvy, papršky, ktoré pre jich predĺhé vlny oku nášmu neviditeľné zostávajú. Sú to papršky teplové, ktoré i v červenej, oranžovej, žltej a zelenej barve sa nachodia. Podobne pozorujeme, že pri spojnej čočke alebo poddutom zrkadle v ohnisku so svetlovými paprškami spolu i teplové sa sbíhajú. Tého a podobné úkazy priviedly učencov na tú myšlienku, že teplo sú otrasy étherové, ktoré svojím pohybom častice telies do otrasového pohybu prevádzajú a tak telesá oteplujú. Trením, rýchlym pohybom atď. prechádzajú častice telies do otrasov teplových, a tak otepluje sa teleso. Postup otrasov teplových v telese voláme *rozvádzaním tepla* (die Leitung), postup otrasov teplových v étheru *sálaním, žiarením* (die Wärmestrahlung). Čím širšie otrasy teleso robí, tým je teplejšie. Úzke otrasy zapríčiňujú pocit zimy. Úplná zima je dľa výpočtu asi 273°C. Pri tomto náteplí nachádzaly by sa častice telesa v úplnom pokoji. Veľkosť, rýchlosť, smer a iné pomery otrasov teplových nie sú ešte úplne preskúmané, ačpráve teplo so svetlom mnoho analogie obsahuje, a všetky úkazy tepla z theorie vlnenia úplne vysvetliť dajú sa. Stav, v ktorom sa teleso ohľadom tepla, tedy otrasov teplových nachádza, volá sa *teplotou* alebo *náteplím* (temperatura).

§. 106.

Rozvádzanie tepla. Otrasy teplého telesa zdelujú sa telesu menej teplému, ktorého otrasy sú slabšie, tak dlho, až sa otrasy v oboch vyrovnajú, t. j. teplota oboch sa vyrovná. Zahrievameli teleso na jednom konci, rozvádza sa teplota ďalej, a síce v rozličných telesách rozličnou rýchlosťou. Telesá, v ktorých teplota rýchle postu-

pujúc častice v rýchľom postupe vo všetkých smeroch zahrieva, volajú sa *dobrými teplovodičmi* (kovy); telesá, v ktorých teplota pomaly zdeluje sa, volajú sa *zlými teplovodičmi* (sklo, hlina, drevo, slama, uhlie, pohol, zem, vlna, vlasy, sneh a ľad, všetky tekutiny vyjmúc rtuť, a všetky plyny; šaty, drevené rukoväte; ohňopevné kassy, ľadôvne, železné a hlinené kachle podávajú príklady upotrebenia zlých teplovodičov.) Mnohé zkúšky *Despretz*-ove a jiných ukázaly, že teplo postupujúc pri rozvážaní ubýva v rade geometrickej, keď vzdialenosti v rade aritmetickej pribýva.

Zahrievajú sa tekutina v nádobe, od spodku vystupujú zahriate, tedy redšie a tak i ľahšie čiastky dohora, tekutina mieša sa až rovnú teplotu dosiahla. Zahrievajú tekutinu zhora, postupuje ona vo štvorcoch vzdialenosti od studnice tepla. Ten jistý ukaz spatrujeme pri plynoch. Pri ochladzovaní chladnú častice zhora v tom jistom pomere postupe, chladná tekutina stáva sa hustejšou, padá dolu, až celá tekutina rovnak ochladila sa. Výnimku tvorí voda, ktorá je pri 3⁰R najhustejšia, ďalším ochladením sa rozšahuje, až konečne na ľahší ľad prechodí. Prúdenie plynov v komíne, prievan atď. sú úkazy sem patriace. *Meissnerovo* kúrenie. Vietor pri požiaru.

§. 107.

Sáľanie tepla (*Wärmestrahlung*)

Otriasajú sa éther v priestore následkom otrasov teplových nejakého telesa, podáva teplo úkazy, so svetlovými a zvukovými analogické. Postupovanie tepla v otrasoch étherových od jedného telesa k druhému bez toho, aby sa teleso prostredujúco (povetrie) zahrielo, voláme *sáľaním* alebo *žiarením* tepla. Ku dokázaniu a preskúmaniu úkazov sáľajúceho čili žiariaceho tepla, užívajú sa veľmi citlivé teplomery alebo stĺp *thermoelektrický*, jaký *Melloni* (1833) na jeho prístroji k ukázaniu a skúmaniu úkazov žiariaceho tepla upotrebil. Pomocou tohoto prístroja vypátrali sa nasledujúce zákony:

Sáľajúce čili žiariace teplo postupuje bez toho, aby prostredujúcu látku zahrielo, tak jako svetlo prímočiarne, asi 3.400 mil za sekundu.

Na slnci, pri zahriatých kachľách atď. cítime žiariace teplo aj vtedy, keď povetrie ešte nebolo zahrielo sa, a zamedzujeme ho slnečnikom, bránidlami, keď nás obľahuje. Pečienka z ražna len vtedy býva dobrá, keď len následkom žiariaceho tepla sa upiekla. Kvety, révy etc. pokrývame na

noc, aby následkom vysálovania nezmrzly. Priestor svetový medzi slncom a zemou je studený.

Sálavosť je pri rozličných telesách rozličná, a je tým väčšia, čím je teleso teplejšie, čím menšia hustota telesa a čím väčší vysálujúci povrch.

Kopt a beloba majú rovnú sálavosť, voda menšú, liatina väčšiu než kované železo.

Telesá vysálujú teplotu vždy tak dlho, až je teplota telies, teplotu sálaním prijímajúcich, rovná teplote telesa, teplotu vysálajúceho. Čím väčší rozdiel teplôt oboch telies, tým rýchlejšie deje sa sálanie (Newton 1687). Telesá tmavé, s povrchom drsným rýchlejšie vysálujú teplo, než telesá svetlé a leštené. Preto vychladneme prv v čiernom, než v svetlom obleku.

Opak sálania tepla je *pohlcovanie*. Paprsky teplové dopadajúce na teleso, od ktorého neodrážajú sa, ani cezeň neprechodia, zostávajú následkom zmeny étherovej pružnosti, mliekulami telesa zapríčinennej, v ňom. Rozličné telesá pohlcajú teplo v rozličnej miere. Až po 100°C pribýva pohlčovania v tej miere, v ktorej sálavosť, t. j. telesá, majúce veľkú sálavosť majú aj veľkú pohlcovavosť. Sadzou začiernený sneh prú taje, než biely.

Paprsky teplové odrážajú sa práve tak, jako svetlové. Dámely do ohniska veľkého poddutého zrkadla *A* (Obr. 192) sviecu, zapáli sa v ohnisku oproti posta-

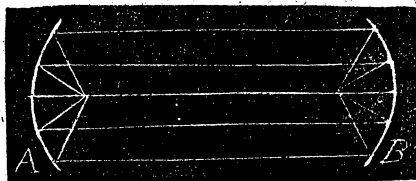
Obr. 192.

veného zrkadla *B* púšny prach, trebars zrkadlá aj viac stóp jedno od druhého vzdialené boly.

Telesá, ktoré paprsky teplové prepúšťajú vo veľkej miere, volajú sa *prieteplavými* (diatherman), teplotu neprepúšťajúce ale *neprieteplavými* (atherman).

Najprieteplavejšie teleso je *z v á n o v k a*, potom povetrie. Prieteplavosť nesávisí ani od priehľadnosti ani od barvy telies. Priehľadný liadok je neprieteplavý. Hrubé čierne sklo je prieteplavé, priezračný ľad a voda temer neprieteplavé. Cez nasátený roztok jodu v sírouhliku prechádzajú všetky teplové paprsky, no nie svetlové. Roztok liadkový prepúšťa svetlo, no teplo nie.

Teplové paprsky *lomia a rozkladajú* sa v prieteplavých látkach, dľa zákonov lomu a rozkladu svetla. Vidmo teplové rozprostiera sa od zelených paprskov až po níže červené; z toho nasleduje, že aj teplové paprsky rozličnú lomivosť majú.



Práve ako farbivé telesá neprepúšťajú všetky papršky svetla, tak neprepúšťajú aj všetky prietepľavé látky všetky teplové papršky; máme tedy *teplo rozličnej barvy*. Podobne prepúšťa to jisté teplo teplové papršky rozličných telies v rozličnej miere.

Tak k. p. prepúšťa povetrie zo 100 papršlekov teplových lampy s červeným knôtom 100; zvánovka 92; sklo 39, vápenec 39, liadok 9, ľad 6; zo 100 papršlekov žeravého platinového drôtu, povetrie 100, zvánovka 92, sklo 28, vápenec 28, liadok 2, ľad 0; zo 100 papršlekov medenej, na 400°C zahriatej dosky povetrie 100, zvánovka 92, sklo 6, vápenec 6, liadok 0, ľad 0; zo 100 papršlekov začiernenej mosadzovej dosky, zahriatej na 100°C, povetrie 100, zvánovka 92, sklo 0, vápenec 0, ľad 0. Kovy rozptilujú každé teplo rovnou mierou. Kopt pohlcuje každé teplo rovnou mierou, beloba olovená rozličnou.

Fluorescentia, krížlenie, ohyb, dvojlom a polarisatia teplových papršlekov deje sa dľa najnovších, ačprave ešte nie úplne prevedených badaní *Kuochblaucha*, *Seebecka*, *Foucaulta* a. j. dľa týchže zákonov čo pri svetle. Miesto skla zastupuje tu zvánovka a sleda, čo najprietepľavejšie látky.

§. 108.

Pramene tepla.

Najhlavnejší prameň tepla je *slnce*, ktorého papršky tým silnejšie hrejú, čím viac jích na túže plochu dopadá, čím kolmejšie a čím dlhšie na teleso dopadajú, konečne čím viac jích teleso pohlcuje.

Zrkadlá zapalujúce, teplomer s čiernou guľôčkou, heliothermometry. Pôvod tepla slnečného hľadajú učenci v žeravom povrchu slnca. Ráno, večer, v zime dopadajú papršky kosom, hrejú tedy menej. Vysálovaním tepla zemou, zahrieva sa ovzdušie po jistú čiaru — snáhovú hranicu. Dľa *Pouilleta* vysiela na zem slnce tolko tepla, žeby sa ním do roka 98' hrubá kôra ľadu okolo zeme obložená stopila. Čiastky roka. Teplota denia je najväčšia medzi 2—3 hod. popol. najmenšia pol hodiny pred východom slnka. Strednia teplota denia a ročná. (Vo V. Revúci priem. teplota je 7,5°R). Január je najchladnejší, Jún najteplejší. *Isothermy* sú čiary na zemi našej, ktoré spájajú miesta, rovnú strednú teplotu majúce. *Isothery* sú čiary na zemi, spojujú miesta, ktoré majú rovnú teplotu letniú; *Ischimeny*, ktoré spájajú miesta rovnéj teploty zimnej. Rovník teplový. *Vetry* povstávajú následkom nerovnomernej zahriateho povetria, ktoré sa potom prúdi. *Vetry* pravidelné, pobrežné, passatné, bezvetrie. Rýchlosť vetru meria sa prístrojmi, *vetromermy* (anemometer) zvanými.

Slncom zahrieva sa len vrchnia čiastka zeme. V hĺbke 60—80' zostáva teplota zeme vždy rovná. V hlbších vrstvách pribýva tepla, a síce na každých 95' hĺbky o 1°C. Z toho nutno zavierať, že v hĺbke 8—10 míl je naša zem úplne žeravá alebo už tekutá.

V pivnici parizskej hvezdári 27,5^m hĺbokej, ukazuje teplomer od roku 1783 vždy 11, 826°. Zem bola volakedy žeravá tekutá gula. Jako vysvetľuje sa vznik horúcich prameňov, zemetrasenia a sopky?

Mechanické pramene tepla sú: tlak, uder, prilnavosť, pohlcovanie a trenie. Kresanie ocielky o kremeň. Pflniky, nebožie- ce, čápy atď. trením zahrievajú sa. Zápalky, kapslíky atď.

Chemické slučovania telies zapričiňuje teplotu. Hase- nie vápna, horenie, hnitie, kysnutie a výkony životné podávajú to- ho príklady. Teplo horením zplodené, je pomerné ku množstvu spo- trebovaného za ten čas kyslíka. Živé telo ľudské má teplotu 37°C, v horúčke 40—42°C. Ptáci majú teplotu 32,2°—43,9°; oboživelníci 28°—32°, ryby 25°—25,5° hmizy 25°C. Teplota zvierat teplokrev- ných je stála, chladnokrevných nestála. Prvé su proti prílišnému vysálovaniu tepla chránené zlými teplovodičmi: srstou, vlasami, vlnou atď. Vyparovaním potu telo sa ochladzuje, a len týmto umožnené je človekovi vykonávanie ťažkých prác i v najhorúcejšom pásme. Roz- ličný pokrmy v lete a v zime, v horúcom a studenom pásme.

§. 109.

Účinky tepla.

1. **Rozťahovanie telies**, deje sa teplom v jednom, vo dvoch alebo vo troch smeroch; prvé volá sa *podialnym*, *lineárnym*, druhé *v ploche*, tretie *v objemu*. Pri pevných telesách určuje sa hlavne rozťahovanie podialné pri tekutých a plyných objemové.

Rozťažlivosť deje sa až do 100°, pri niektorých telesách aj výše, zväčša pravidelne: Prírastok na zdĺžke alebo objeme, zohriatim o jeden stupeň povstalý, volá sa *koeficientom rozťažlivosti v dialke* alebo *v objemu*. Pevné telesá majú najmenšú, tekuté väčšú, plyn- né najväčšú rozťažlivosť.

Koeficienty roťažlivosti sú pre:

| | | | |
|-------------------|---------------|-----------------|-------------|
| sklo | 0,000 008613 | rtuť | 0,000 18153 |
| platínu | 0,000 008 842 | pliny | 0,00 3665 |
| ocel | 0,000 010 788 | | |
| železo | 0,000 011 250 | | |
| meď | 0,0000 17 182 | | |

Voda roztahuje sa nepravidelne, je pri 4°C najhustejšia. Beremeli jej

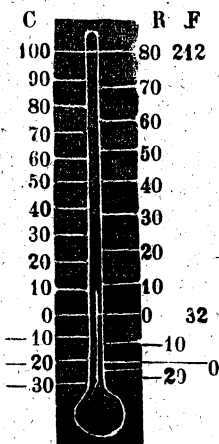
mosadz . . . 0,0000 18 782 objem pri 0° za jednot, obnáša on
 striebro . . . 0,0000 190 97 pri $4^{\circ}\text{C} = 0,999\ 88$.
 zinok 0,0000 29417 (Spôsoby, ktorými určuje sa koeficient rozťažlivosti telies, vo VIII tr.).

Účinok tepla, že ono telesá rozťahuje, upotrebuje sa k jeho meraniu. Prístroj k meraniu tepla volá sa **teplomer** (thermometer).

Najstaršie teplomery (od Galilaeiho, Drebbel-a) pozostávaly z trubice guľôčkou opatrenej, v ktorej povetrie rtuťou uzavrené bolo. Rozťahovanie sa povetria zapríčiňovalo pohyb tekutiny, z ktorého sa náteplie posudzovalo.

Aby teplomer porovnávať sa dal, musia aspon dva body na ňom označené byť, ktoré vždy určiť možno. Tieto body určoval *Fahrenheit* nasledovne: Zimu miešanejiny snehu, zvánovky a salmiaku v jistom pomere vzal za jeden, teplotu ľudského tela za druhý pevný bod, a naplniac sklenenú, na spodku guľôčkou opatrenú trubicu rtuťou, označil stav rtuti v miešanine s 0, stav druhej s 96° . Pozdejšie vynajšlo sa, že je náteplie topiaceho sa ľadu ako aj vriacej vody stále; preto vzali *Reaumur* a *Celsius* tieto body za základné. Prvý podelil priestor medzi nimi (zakladný priestor) na 80, druhý na 100

Obr. 193.

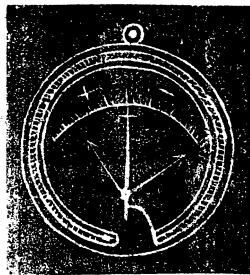


stupňov. Dolný bod volá sa *bod ľadu*, horný *bod varu*. Fahrenheitov teplomer má na bode ľadu 23° , na bode varu 212° . Z toho vysvitá že $4^{\circ}\text{R} = 5^{\circ}\text{C} = 9^{\circ}\text{F}$. Niže bodu ľadu označujú sa stupne také jako výše, a značia sa s —. (Obr. 193) Najvhodnejšia teplomerná látka je rtuť. Teplomery pre nízku teplotu plnia sa liehom. Maximum a minimum teplomery. Thermometrograph. Teplomery povelrné sú najdôkladnejšie. Shotovovanie, plnenie teplomerov a určovanie bodu ľadu a varu. Určovanie veľmi vysokého tepla pomocou sliatin, pálenej hlíny, pyrometrov. Určovanie tepla v neprístupnej hĺbke. Teplomer rozdielový.

Nerovné rozťahovanie sa kovov upotrebuje sa tiež k meraniu tepla. Spojímeli dva prúžky rozdielne sa rozťahujúcich kovov, zohnú sa zahriate alebo ochladené na jeden alebo na druhý bok. *Holzmannov* kovový teplomer pozostáva (Obr. 194) z dvojitého prúžka zo železa alebo platiny, a z mosadze alebo medi. Jeden koniec je upevnený, druhý ale spojený je s kratším ramenom ručičky. Pribývali tepla, rozťahuje sa prúžka a ručička ukazuje stupne v smere \rightarrow ;

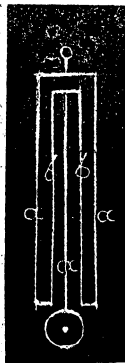
ubývali tepla, zakrivuje sa pružka a ručička ide v smere —. Na ručke je kolmý nitok, ktorý posúva ručičky v pravo a ľavo, ktoré potom najvyššiu a najnižšiu teplotu dennú ukazujú. *Breguetov* teplomer pozostáva z pružky z troch, jedno na druhý pospájaných kovov, striebra, zlata a platiny. Pružka svinutá je spirálne, striebrom do vnútra. Poneváď sa striebro dvaráz viac rozlhuje, než platina, bude sa pri rastení tepla pružok roztvárať, pri padaní sťahovať. Ručička na koncy spirály upevnená, ukazuje stupne tepla na stupníku, skusmo ustanovenom.

Obr. 194.



Kotle, rúry železné nesmejú byť tesno zamurované. Železničné koľaje nesmejú priliehať. Sklo rýchlo zahriate práska. Pri dôkladnom meraní (tlakomer) nutno na rozťažlivosť obľad brať. Kývadlo na hodinách sa teplom zdĺhuje, hodiny idú pomalšie, v zime rýchlejšie. Aby vadz táto odstránila sa, uživa sa *kompenzačné kývadlo*, pozostávajúce z týchok železných *a*, a mosadzových *b*. (Obr. 195). Následkom rozličného rozláhovania sa železa a mosadze, zostáva ťažište kývadla vždy v rovnakej výške. Pohyb bude tedy úplne pravidelný aj pri zmene náteplia. Podobným spôsobom vyrovnáva sa pohyb nepokoja na chronometroch.

Obr. 195.



§. 110.

2. Premena stavu skupenstva teplotom.

a. Topenie čili tanie. Mnohé pevné telesá, primerane zahriate, prechádzajú zo stavu skupenstva pevného do tekutého; ukaz tento voláme *topením* (česky taním.) Až po bod topenia vystupuje teplota; dokiaľ ale teleso topí sa, zostáva teplota vždy tá istá. Rozličné telesá topia sa pri rozličnom nátepliu.

Teplomer vložený do nádoby, v ktorej ľad alebo sneh topí sa, padá na bod null, a zostane tak dlho stáť, až všetek ľad nestopil sa.

Následujúca tabuľka udáva body topenia sa niektorých látok.

| | | | |
|------------------------------|--------|--------------------|--------|
| alkohol čistý | —78 °C | bismút | 264 °C |
| rtuť | —40 | olovo | 335 |
| terpetinová silica | —10 | zinok | 412 |
| ľad | 0 | antimon | 430 |
| loj | 40 | striebro | 916 |
| stearin | 49 | zlato | 1040 |

| | | | |
|----------------------------|-----|------------------------|------|
| vosk | 64 | liatina | 1100 |
| phosphor | 44 | meď | 1200 |
| síra (živý oheň) | 115 | železo kujné | 1600 |
| čín | 235 | ocel | 1800 |

Uhlie nedalo sa dosiaľ roztopiť. Mnohé telesá nedajú sa topiť, ponevadž už prv chemične slučujú alebo rozlučujú sa; niektoré ale, k. p. káfor, jód z pevného stavu hneď do plynného prechodia. Hal^l (1850) roztopil mramor.

Zvšimeli tlak na teleso, topí sa pri vyššej teplote; ľad robí výnimku a topí sa pri nižšej. Sliatiny kovov topia sa pri nižšej teplote, než je tá, pri ktorej sa v nej obsažené kovy topia. Sliatina z 5 častok olova, 3 čínu a 5 bismutu topí sa pri 100°C.

Dokiaľ teleso topí sa, ukazuje vždy tú jistú teplotu, čoby sme ho jak veľmi zahrievali. Topenie sa sdeleným teplom zrýchluje ale ponevadž teplotu túto teleso pohlcuje, bez toho žeby sa viac zahrielo, voláme ju *viazanou, utajenou* (latente, gebundene Wärme).

V papiery možno olovo roztopiť. Topením snehu, ľadu ochladzuje sa povetrie značne.

Keď pevné teleso v tekutine sa rozpúšťa, viaže sa tiež teplo. Tak ochladí sa miešanina.

| | |
|--|--|
| 3 častok salmiaku, 5 č. sanity a 16 č. vody z 10° na -10°R | |
| 3 čast. Glauberovej soly a 3 čst. kys. dusičnej z 10° „ -12° | |
| 1 č. snehu. 1 č. zvánovky z 0° „ -14° | |
| 3 č. chloridu vápenatého a 4 č. snehu z 0° „ -36° | |
| 1 č. snehu a 1 č. kys. sírovej z -5° „ -41° | |

Pri roztekaniu niektorých pevných telies v tekutinách, zvyšuje sa teplota, ponevadž chemickým slučovaním sa tekutiny s pevným telesom viac tepla vyvíňuje, než viaže sa. (Hasenie vápna).

Keď tekutinu až po jistý stupeň ochladíme, stuhne. Toto stuhnutie deje sa pravidelne pri teplote topenia tohože telesa. Ľad topí sa pri 0°, rtuť pri -40°C. Voda ztuhne pri 0° rtuť pri -40°C.

Teleso, prechádzajúco takto zo stavu tekutého do pevného, púšťa teplotu, ktorú bolo pri topení viazalo. Voda v jazerách mrzne pomalí, bo vypúšťa mnoho viazaného tepla. Čínový tanier, naplnený snehom posoleným, primrzne na mokrom stole i v zakúrenej izbe. Dve topiace sa kryhy primrznú jedno na druhú položené. Že ľad 0° viac objemu zaujíma, a tedy ľahší je než 0° voda, vysvetluje sa hladením častíc, ktoré tým viac priestoru zaujímajú. Ten istý úkaz javí liatina a bismut. Ľad štiepa skaly, trhá sudy, nádoby atď.

§. 111.

b. Výpar a var. Prechádzali tekuté teleso z povrchu do stavu plynného, voláme to *vyparováním*, a plyn povstalý *parou*. Prechádzali ale tekutina do stavu plynného z vnútra, voláme to *varom*, *vrením*. Čím viac teleso zahrievame, tým viac rastie jeho teplota a tým rýchlejšie sa vyparuje. Pri jistej teplote začne vriieť, a podržuje ju stále, trebarsby sme teleso jakokolvek zahrievali. Všetku ostatniu teplotu *viaže*. Teplota varu je pri rozličných tekutinách rozdielna, a ponevadž vrením povstalé pary tlak povetria prekonať musia, jestliže z vnútra tekutiny vystupovať majú, závisí teplota varu i od tlaku. A síce čím väčší tlak, tým vyšší je bod varu.

Prí zákonomnom tlaku vrú:

| | | | |
|---------------------------------|--------|--------------------|--------|
| kyselina uhličitá pri | — 98°C | alkohol | 78° |
| „ „ síričitá „ | — 10° | voda | 100° |
| éter | + 35° | „ morská | 103,7° |
| sírouhlík | + 47° | fosfor | 290 |
| kyselina sírová | + 310° | rtuť | 360° |
| lanový olej | + 316° | síra | 420°. |

Na vysokých vrchoch, kde je tlak menší, vrie voda pri menej než 100°C, pod vývevou pri 30°C; naproti tomu v Papinovom hrnci pri teplote vyše sto stupňov. Aj látka nádoby, v ktorej sa voda varí, má vlyv na teplotu varu, nie ale na teplotu vyvíňujúcej sa pary. V sklenených nádobách požaduje voda vyššieho tepla k vretiu, než v nádobách železných.

Tekutiny, ktoré pri obyčajnej teplote veľmi rýchlo sa vyparujú, voláme *vyvetrivé* (flüchtig, rusky: letúčny, čes: tĕkavý) ako k. p. alkohol, éter, lieh, kyselina síričitá, tekutá kyselina uhličitá. Pevné vyvetrivé telesá sú káfor, jód. Voda vyparuje sa aj pri teplote —40°C, éter pri —51°C.

Vyparovanie zrýchluje sa zvýšením teploty, zväčšením povrchu tekutiny, zredením povetria nad povrchom tekutiny, a odstraňovaním vyvinutých pár.

Ohľadom viazaného tepla pri vyparovaní, t. j. prechádzaní tekutín do stavu plynného, vieme, že pary vyvíňujúce sa tým viac tepla viažu, čím rýchlejšie sa vyvíňujú, t. j. čím menšia teplota k jích varu je potrebná. Pri veľmi rýchlom výparu zmrzne čiastka tekutiny. Odtiaľto vysvetľujeme cit zimy po vypotení alebo premoknutí, kúpaní. V lete kropí sa pre ochladenie. Po daždi chladí sa povetrie. Alkarazza. Gemerské džbány. Robenie ľadu v Bengalsku.

Wollastonov *kryofor*, *Carré*-ho (1859) stroj ku robeniu ľadu. Pri vretí viažu pary všetkú ďalšú teplotu. Preto nezohreje sa voda v otvorenom hrnku výšej, než na 100° . V nádobách cínových a olovených, ba i v papiery možno vodu variť.

Keď pary prechádzajú do stavu tekutého, vypúšťajú viazané teplo. Horúca para zahrieva, vovedená do vody, túto viac, než by ju smiešaním zahriať mala. Pod dažďom býva horúce, ponevadž vodnie pary zrážajúc sa, viazané teplo pustily. Keď sneh padá, býva teplejšie. Množstvo teploty, ktorá sa pri topení viaže, vynajdeme miešaním ako nasleduje. k. p. 1 ř vody 0 stupňovej a 1 ř vody 79° , dajú 2 ř vody $39\frac{1}{2}^{\circ}$; ale 1 ř ľadu (0°) a 1 ř vody 79° dajú 2 ř vody 0° . Pri roztopeniu sa: 1 ř ľadu viaže sa 79° tepla. Miešameli s ľadom sol, viaže sa ešte viac. Pri vrení vody viaže sa 540° , bo 1 ř pary 100° , môže 9 ř vody z 0° na 64° zahriať; dostaneme tedy 10 ř vody 64 stupňovej.

Mnohým plynom možno viazanú teplotu len veľmi veľkým ochladením, a veľkým tlakom odobrať. *Natterer* zostrojil zvláštny tlakostroj, pomocou ktorého sa uhličitá kyselina ku ztekuteniu priviesť dá.

Na umelom ochladiení pár zakladá sa *triebenie* (*destillatio*): Tekutiny sú často pevnými látkami zanečistené, alebo s druhými tekutinami smiešané. Pri zahrievaní vyvíňujú sa najprv pary tej tekutiny, ktorá pri najnižšom stupni vriete. Zahrievameli ľah smiešaný s vodou, budú jeho pary už pri 79°C uchádzať, a teplota sa ďalej nezvýši, vodnej pary len málo sa tvorí. Pary vedú sa rúrami, v ktorých sa ochladzujú a zraziac sa do nádoby odtekajú. Soly, zeminy a druhé vyparovania neschopné látky zostanú, a čistá tekutina prejde. Destillovanie vody.

§. 112.

Kvapka Leidenfrostova. Zohrejeme ľad téglik platinový do žerava, a vpustíme do neho pár kvapiek vody: utvoria kvapky guľočku, ktorá sa síce ustavične pohybuje, ale nevre a len málo sa vyparuje. Len keď téglik sa ochladil, začne voda sičať a veľmi sa variť. Úkaz tento pozoroval prvý *Eller*, *Leidenfrost* ho prvý opísal. Úkaz vysvetľuje sa tým, že vrstva pary zabraňuje vode prístup ku kovu, ju odpudzujúc.

Zo žeravého otvoru parného kotla nevychádza ani voda ani para. Keď v parnom kotlu niet dostatočného množstva vody, rozžeraveje sa, po ochladiení vyvíňuje sa mnoho pary, ktorá kotol roztrhne. V salmiakovej vode namočenú ruku môžeme bez úrazu do tekutého olova alebo železa za-

norí. V žeravom platinovom téglíku zamrzne rtuť, s étherom u pevnou uhýčitou kyselinou smiešaná. Žeravé železo za čas pod vodou žeraveje a nesíči, vodné kvapky po žeravom sporáku behajú ticho.

§. 113.

Určovanie množstva tepla. Zo skúsenosti známe, že vždy rovné množstvo tepla potrebujeme, aby sme jisté teleso, jistej váhy, na jistý stupeň sohriali. Preto bereme za *jednosť tepla* (Calorie) to teplo, ktoré je v stave 1 ž vody z 0° na 1°C zahriať. Množstvo tepla, t. j. počet jednotí tepla, potrebné ku zahriatiu jednoty váhy volá sa teplom *pomerným* (Specifische Wärme). A schopnosť telesa pohlcovať jisté množstvo tepla, aby sa jeho teplota o 1°C zvýšila, volá sa *ponímavosťou* (capacitas). Špecifická teplota a ponímavosť značia sa tým jistým číslom; lebo koľkoráz je väčšia alebo menšia pomerná teplota, toľkoráz je i ponímavosť väčšia alebo menšia. Špecifická teplota a ponímavosť stoja v tom jistom pomere, čo špecifická váha a hustota.

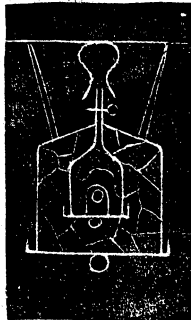
Špecifická teplota železa je 0,1138, rtuťi 0,0333, skla 0,177; t. j. železo potrebuje 0,1138, rtuť 0,0333, sklo 0,177 jednotí tepla, aby o 1° sa zahrielo. Smiešame 1 ž vody 7°C teplej s 1 ž rtuťi 109°C teplej; má miešanina teplotu = 10°C. Voda prijala zo rtuťi 99° tepla a zohriala sa tým na 3°, pokiaľ je jej ponímavosť 33 ráz väčšia než rtuťi.

Relatívna teplota je to množstvo tepla, ktoré je potrebné aby jednotá objemu o 1°C sa zvýšila.

K určovaniu špecifickej teploty užívajú sa tri spôsoby: 1. Topením od *Lavoisier*-a. Do nádoby (Obr. 196) ľadom naplnenej, a v druhej, taktiež ľad obsahujúcej, dá sa v drôtovom košíku teleso, ktoré svoju teplotu ľadu zdelí a čiastku z neho roztopí. Z množstva povstalej vody určuje sa jeho špecifická teplota.

2. Druhý spôsob miešaním zakladá sa na tom, že teleso pri ochladení inú teplotu oddá, než je tá, o ktorú zteplí tekutinu, v ktorej sa ochladzuje.

3. Tretí spôsob ochladením, od *Dulonga* a *Petit*-a, zakladá sa na tom, že nejaké teleso tým menej sa ochladza, čím väčšia jeho špecifická teplota.



Dulong a Neumann vynajšli, že súčin zo špecifickej teploty a aequivalentného čísla telesa, stály zostáva pre slúčeniny, podobné vlastnosti chemické majúce.

Špecifická teplota niektorých telies je;

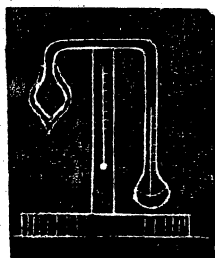
| | | | |
|--------------------|--------|--------------------|--------|
| voda | 1,0000 | železo | 0,1138 |
| lieh | 0,7000 | zinok | 0,0955 |
| ľad | 0,5130 | meď | 0,0951 |
| uhol | 0,2411 | striebro | 0,0570 |
| zvánovka | 0,2300 | cín | 0,0562 |
| síra | 0,2026 | rtuť | 0,0333 |
| sklo | 0,1974 | zlato | 0,0324 |

§. 114.

Na základe viazaného tepla máme viac prístrojov, slúžiacich k meraniu vlhkosti povetria (vidz § 57). Sem patrí:

1. *Vlhomer Daniellov*; on pozostáva z ohnutej, na podstavku podoprenej a na nerovných koncoch guľôčkami opatrenej sklennej trubice (Obr. 197). Guľôčka *a* je do $\frac{2}{3}$ étherom naplnená, do ktorého zasahuje vnútru nachádzajúci sa teplomer, z vonka je guľôčka

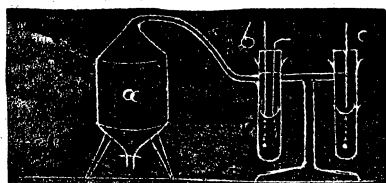
Obr. 179.



a zväčša pozlátaná. Druhá guľôčka *b* je v mušlienku zaobalená. Celá trubica je vnútru vzduchoprázdna a obsahuje len éterové pary. Kapne-li sa étheru na mušlienku, vyparuje sa tento a viažúc teplotu ochladzuje guľku *b*, v ktorej sa éterové pary srážajú. Tým vinvujú sa v guľôčke *a* nové pary, čím sa zase teplota viaže a éther, vnútorný teplomer a guľôčka ochladzujú sa, až konečne zarosí sa pozlacená čiastka, následkom

zrazenia sa pár v povetrí obsažených. V okamihu zarosenia pozorujeme teplomer vniutorny (*t*) aj zovniutorny (*T*) na podstavku, a určíme vlhkosť *V*, keď v tabulkách vyhľadáme maxima expansivnosti pre obe teploty (*t* a *T*). *e* a *E*,

Obr. 198.



tak je $V = \frac{e}{E}$; alebo v procentoch

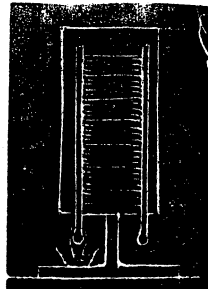
$$V = \frac{100e}{E}.$$

2 *Vlhomer Regnaultov* (Obr. 198) pozostáva z dvoch sklenených, na spodku postriebrených nádobiek *b*, *c*, v nich nachádzajú sa osa-

džené teplomery. Obe nádoby naplnené sú asi do polovice étherom, ktorý sa rýchle vyparuje, keď nádobku *b* spojíme s vodou naplneným aspiratorom *A*. Tu klesá teplota v nádobke *b*, ktorej povrch sa zarsosí. V tomto okamihu určíme teploty oboch teplomerov *t* a *T* a vypočítujeme vlhkosť dľa predešlého. Obydva tieto vlhomery majú rozličné vady a ťažkú manipuláciu.

• 3. *Psychrometer Augustov* (Obr. 199) pozostáva zo dvoch teplomerov, jeden má guľočku zaobalenú mušlienom, z ktorého visí do nádoby vodou naplnennj knôt, po ktorom voda hore vystupujúc guľočku vše vlhkú udržuje. Keď je povetrie vodnými parami nie nasitené, vyparuje sa voda z guľočky mokrej, a viažúc tým teplo padá rtuť tak dlho, až povetrie okolo guľočky sa parou nasíti. Z teploty vlhkého *t* a suchého teplomeru *T*, ktorých rozdiel psychrometrickou diferenciou zovieme, určí sa dľa rovnice $e = e' - k \cdot b (T - t)$, expansita pár vodných, práve v povetrí obsažených. *e'* je expansita príslušná teplote *t*, *b* tlak povetria, a *k* určitá, obyčajne na 0,0006246 ustanovená veličina.

Obr. 199.



Psychrometrom možno každý okamih vlhkosti povetria bez všetkých príprav predbežných určiť. Len o to sa starať treba, aby nádobka, do ktorej je knôt vlhkého teplomera zanorený, vždy dostatočne vodou naplnená bola.

Z pozorovaní, pomocou psychrometrov konaných ukázalo sa, že je v lete povetrie najvlhšie o 9 hod. ráno. Od 9—4 hod. po pol. ubýva vlhkosti, o 4 hod. je povetrie najsuchšie, o 9 hod. večer, je povetrie zase najvlhšie, a k ránu zase najsuchšie.

§. 115.

Rovnomocnina tepla.

Každý mechanický účinok čili práca vzbudzuje teplo, a síce: množstvo tepla vzbudeného činnosťou mechanickou, je pomerné účinkom mechanickým, keď oni druhej práce nekonajú. K meraniu tepla, mechanickými účinkami povstaleho, užíva sa koleso, ktoré vo vode sa trie a túto zahrieva. A tu ukázalo sa, že 423,55 kilogrammometrov zplodzujú trením jednu jednotu tepla, t. j. povstale teplo zahreje 1 kilogramm

vody o 1°C. Práca 423,55 kilogrammometrov volá sa *rovnomocnou* tepla. Naopak možno teplo premeniť na prácu mechanickú, ako sa to pri parostrojoch deje, a síce zodpovedá každej jednotke tepla 423,55 kilogrammová práca. Tak vidíme, že teplo premieňa sa na prácu, keď z teplejšieho telesa prechodí teplo do studenejšieho, tak ale že sa z neho nič neztratí.

Podobný výjav máme pri mlune. Mluno pôsobí teplo, svetlo a chemické účinky. Keď spojíme pajkov rozdielne kovy a na spojnom mieste jích zahrejeme, povstane mluno, ktoré vodu na kyslík a vodík rozloží. Hľadámeli spálením vyvinutého plynu povstale množstvo tepla, nájdeme, že rovná sa teplu prvotnému.

Z tohoto vidíme múdre usporiadanie síl v prírode, ktoré veľmi spolu súvisia a s látkou spojené sú. Ponevadž ale látka nemôže sa ztratíť, lež len premeniť; preto i sily ztratíť nemôžu sa, a sú tedy tak jako i látka stále.

U

153307