

# Fizika

za

nižje razrede srednjih šol.

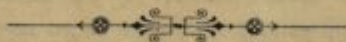


Spisal

**Andrej Senekovič,**

*e. kr. profesor v Ljubljani.*

V berilo je vtisnenih 200 slik.



**V Ljubljani.**

Tiskala in založila Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg.

1883.

## Predgovor.

---

Zbirajoč gradivo svoji «Fiziki za nižje razrede srednjih šol» sem se oziral v prvi vrsti na ministerijalno instrukcijo o pouku v fiziki na realkah (*Instructionen für den Unterricht an den Realschulen in Oesterreich im Anschlusse an einen Normallehrplan. Zweite, neu redigierte Auflage. Wien 1881*). Moja knjiga obseza gledé na gradivo in metodo bistveno vse, kar se v teh instrukcijah zahteva. Sem ter tjà je nekoliko dodanega, ali izpuščenega, kar se mi je po mojih nazorih potrebno dozdevalo. Vsled večletnih izkušenj sem spoznal za primerno, da sem izbrano gradivo na nekaterih mestih nekoliko drugače razvrstil, kakor je razvrščeno v navedenih instrukcijah. To postopanje pa opravičujem s tem, ker se ondù (pag. 187) izrečno poudarja, da se sme gradivo razvrščevati tudi na drug način. Z ozirom na povedano bi bila moja fizika namenjena v prvi vrsti realkam; a mislim, da se bo dala z istim vspehom rabiti tudi na gimnazijah in realkah.

Učna načrta za gimnazije in učiteljišča zahtevata pri pouku v fiziki bistveno isto gradivo in metodo, katero zahteva učni načrt za realke; razločke nahajamo le v podrobnostih, kateri sledé neposredno iz različnih smotrov teh učnih zavodov. N. pr. na gimnazijah se zahteva ob enem s poukom v fiziki tudi kratek pouk v kemiji in astronomiji; pri vsem pa je temu pouku odmerjeno najmanjše število ur. Vsled tega mora ostati na gimnazijah pouk v fiziki nekoliko bolj teoretičen in omejen na najvažnejše prirodne zakone.

Da bi knjiga ustrezala vsem trem zavodom, bilo je treba osnovati jo nekoliko na bolj obširni podlagi, nego bi bilo treba, ako bi jo hotel nameniti samo jednemu zavodu, recimo gimnaziji. Vender sem preverjen, da zaradi tega ne nastanejo pri pouku nobene težkoče.

Gradivo samo záse sem tako razvrstil in še posebej z različnim tiskom tako zaznamenoval, da se dá prav lahko izpuščati, kar bi se zdelo učitelju za ta ali óni zavod nepotrebno, ali česar ne more poučevati, ker mu nedostaje časa.

Marljivemu učencu pa je dana priložnost, da svoje znanje fizikalnih zakonov sam razširjuje in utemeljuje, posebno če izstopi iz šole, izdelavši le nižje razrede srednjih šol (število takih učencev pa se množi od dne do dne).

V drobnem tisku sem dodal knjigi precejšnje število računskih nalog in vprašanj, katere more učenec prav lahko reševati, ako so mu postali priučeni fizikalni zakoni prava duševna lastnina. Koristi teh nalog in vprašanj v odgojevalnem in praktičnem oziru še posebej poudarjati, ne zdi se mi potrebno.

Knjiga je sicer namenjena v prvi vrsti šolskemu pouku, vendar upam, da bode našel tudi drug razumnik v njej marsikatero zrnce, katero ga odskoduje za njegov trud pri prebiranju.

Pri popravljani tiska in sestavljanji terminologije me je blage volje podpiral prijatelj moj in kolega gosp. prof. Fr. Levec. Štejem si v prav prijetno dolžnost, da mu izrekam za njegov nesebični trud svojo najtoplejšo zahvalo.

V Ljubljani meseca aprila 1883.

Pisatelj.

## UVOD.

§ 1. Po svojih čutih (vidu, sluhu, vonji, okusu in otipu) doznavamo, da je razen nas v brezkončnem prostoru brezštevilo rečij. Vse vkup, kar doznavamo ali po svojih čutih doznavati moremo, imenujemo prirodo (*Natur*); reči v prirodi pa telesa (*Körper*). To, kar izpolnjuje prostor, v katerem so telesa, imenujemo tvarino (*Stoff, Materie*); množino tvarine v kakem telesu pa njega maso (*Masse*).

Opazujoči stanje raznih teles najdemo, da je zelo izpremenljivo. Kamen z roke spuščen pade na zemljo, na nit obešen jo napenja in po gostem tudi pretrga. Voda zmrzuje o mrazu v led; v toploti se pretvarja led zopet v vodo. Solnce vzhaja in zahaja i. t. d.

Vsako izpremembo v stanji teles imenujemo prikazen (pojav, *Erscheinung*).

§ 2. Železo se razbela v velikem ognji, v mrzlem prostoru se pa zopet ohladi. — Voda se strdi v mrazu v led, a led je zopet taljiv.

Poleno v peči goreče zgine navidezno skoro vse, ostane le nekoliko pepela. — Ako žgeš kos žvepla, zgine ti vse; razvija se pa pri tej prikazni neko novo plinasto telo, katerega doslej ni bilo. — Prikazni na telesih v prirodi so, kakor je iz povedanega razvidno, dvojne: a) take, pri katerih ostane tvarina bitno neizpremenjena (voda in led sta tvarno jednaka), b) take, pri katerih se tvarine izpreminjajo (goreče poleno, žveplo); prve imenujemo fizikalne (*physikalisch*), druge kemijske (*chemisch*).

Oni del prirodoznanstva, kateri se peča s prikaznimi brez bitne izpremembe pri teh udeleženih teles, imenuje se fizika (*Physik*); kemija (*Chemie*) pa je del prirodoznanstva, kateri se peča s prikaznimi z bitno izpremembo pri teh udeleženih teles.

§ 3. Izpod neba deží le takrat, kadar je nebo oblačno; dež spremljajo pa dostikrat viharji, grom in blisk. — Dobro zavezan prazen mehur se razpenja na gorki peči in konečno more tudi razpokniti. — Zvon zadoni le, ako nánj udariš in se vsled tega udarca trese; njegov glas pa neha, ko se umiri.

Opazujoči večkrat jedno in isto prikazen najdemo, da zavisi nje nastop od nekaterih okolščin, t. j. drugih prikaznij, katere se vsakikrat ponavljajo ter prikazen spremljajo, in da ta prikazen izostane, ako manjka le jedna spremljajočih jo prikaznij. (Da zvon zadoni, mora se tresti i. t. d.) Take prikazni so bitni pogoj nastopu druge prikazni. Razen teh opazujemo še prikazni, katere časih kako prikazen spremljajo, časih pa ne. (Vihar, grom in toča spremljata časih dež, časih ne). Take prikazni so nastopu druge prikazni nebitne.

Da zvemo zvezo prikaznij, kako sledí prikazen prikazni, kako je jedna bitni ali nebitni pogoj druge, treba natančnega opazovanja. Prikazni opazovati moremo v prvi vrsti takrat, kadar se v prirodi vršé. Tako opazovanje pa je težavno in časih neprilčno. Veliko prikaznij v prirodi je zelo redkih ali pa z drugimi tako sklopljenih, da je težavno bitne in nebitne pogoje njih nastopa določevati; vršé se redkokrat, ali v nam neugodnem času. Človeški duh pa je izumil pripomočke, da more vsakdo sam raznovrstne prikazni proizvajati isto tako, kakor se vršé v prirodi, in sicer v njemu najugodnejših okolščinah.

Vsako ponavljanje prikaznij v to svrhu, da jih láže opazujemo in da zvemo bitne in nebitne pogoje njih nastopa, imenujemo poskus (*Versuch, Experiment*). Poskusom potrebni so pa raznovrstni, bolj ali menj umetno sestavljeni stroji in priprave (aparati).

Pôtem opazovanja prikaznij, bodi si v prirodi sami, bodi si po poskusih, dobimo množino prikaznij, katere so si med seboj v marsičem podobne; zvemo, kako sledí druga drugi; zvemo, da se prikazni vršé vedno pravilno in pod istimi pogoji na enak način. Pravilnost v ponavljanji prikaznij in njih zavisnost od različnih pogojev imenujemo prirodni zakon (*Naturgesetz*).

Ako znamo navesti prirodni zakon, po katerem se vrší ta ali óna prikazen, pravimo, da znamo prikazen popisati. S tem pa še ni dovolj, poznati hočemo tudi uzroke prikaznij. Prikazen pojasnimo, ako vemo navesti vse pogoje in uzroke nje nastopa.

Iskaje uzrokov različnim prikaznim pridemo tako daleč, da moramo jemati konečno kakor uzroke prikaznij nekaj, česar ne moremo več čutiti in dalje doznovati. Take konečne uzroke prikaznij imenujemo potem sile (*Kräfte*).

N. pr. Na niti viseč kamen jo napenja; ako jo pretrga, pade na zemljo. Ako kamen z roke spustiš, pade na zemljo; po poševni cesti ali strmini se kota v dol. Vsem tem prikaznim iščemo uzroka v medsebojni privlačnosti zemlje in drugih teles ter ga imenujemo težnost (*Schwerkraft*). Ako poznamo zakone padanja teles, poznamo tudi način delovanja te sile, katere same ob sebi ne moremo čutiti.

Iz povedanega sledi, da je fizika znanost, katere podlaga je izkušnja, in da imamo učēci se zakone fizikalnih prikaznij staviti v prvo vrsto opazovanje in poskus.

## I. Občna svojstva.

§ 4. Telesa, naj si bodo med seboj gledē tvarine še toliko različna, imajo vendar nekatera vsem občna svojstva. Ker se fizika peča s prikaznimi na telesih, treba se je torej najprej seznaniti s telesi in njih svojstvi. Najprej hočemo govoriti o občnih svojstvih in ta so: 1.) prostornost, 2.) neprodornost, 3.) mehanična deljivost, 4.) luknjičavost, 5.) razteznost in stisljivost, 6.) vztrajnost, 7.) težnost.

§ 5. **Prostornost** (*Ausdehnung im Raume*). Vsako telo izpolnjuje del prostora, to je, razprostira se v prostoru na tri medsebojno pravokotne strani: na dolžino, širino in višino ali globino. Kolikost prostora, v katerem se telo razprostira, zove se njegova prostornina, telesnina ali telesna vsebina (*Volumen, Raum- oder Körperinhalt*). Meje telesa so ploskve in način, kako se telo razprostira v prostoru, kako ga ploskve omejujejo, določuje njegovo obliko (*Gestalt, Figur*).

Kakšna merila poznaš za merjenje dolžine, širine in višine; kakšna za merjenje ploskev in za merjenje prostornine? Ponavljalj jih! Kakšen razloček nahajaš med geometrijskimi in fizičnimi telesi? Naštej nekoliko teles v izbi, ter označi njihovo dolžino, širino in višino; povej kakšno obliko imajo!

§ 6. **Neprodornost** (*Undurchdringlichkeit*). Poskusi: *a)* Na ono mesto mize, kjer leži knjiga, ne moreš položiti roke, ali druge reči, dokler knjige ne odstraniš. — *b)* Čez rob do vrha polne kupice razlije se nekoliko vode, ako vtakneš v njō žlico ali kako drugo reč. — *c)* Vzemi steklenico (slika 1.),

Slika 1.



zamaši jej grlo s pluto in vtakni skozi to livnik prav trdno. Ako v livnik naliješ vode, ostane v njem, a ne teče v steklenico. Steklenica se napolni z vodo le takrat, ako more zrak oditi skozi zamašek. Vsako telo in torej tudi vsaka tvarina izpolnjuje prostor, v katerem je, tako da ob jednom na istem prostoru druga tvarina ne more biti; vsaka tvarina je torej neprodinra ali njej pripada svojstvo neprodinosti.

Ako vtakneš v vodo kos gobe, odhajajo iz nje mehurčki; od kod in zakaj? Kalupi, v katere vlivajo zvonove, morajo imeti več stranskih lukenj, odduškov; zakaj? Ako s pestjo po vodi udariš in te pest zaboli, ali si se prepričal o neprodinosti vode?

§ 7. **Mehanična deljivost** (*mechanische Theilbarkeit*). S tem, da tolčeš, piliš, žagaš, drgneš, stiskaš, v obče s kakim orodjem na telesa deluješ, moreš vsako telo razdeliti v več istovrstnih delov; vsakega teh delov zopet v manjše dele i. t. d. Ako tolčeš po kamnu, razdrobi se najprej v več koscev, te kosce moreš v posebnih mlinih toliko zdrobiti, da dobiš prah moki podoben. Gram mošaka napolnjuje izbo več let s svojim vonjem, torej s svojimi delci, čeravno izbo vsaki dan odpiramo.

Vsako telo je torej deljivo, ali ono ima svojstvo deljivosti.

Deleči jedno in isto telo dobivamo vedno manjše kosce; — ti kosci morajo postati sčasom tako majhni, da jih ni mōči več videti in sploh čutiti. Misliti si vender moramo, da ima mehanično deljenje tudi svoje meje. Potem pa je sestavljeno vsako telo iz delov, kateri mehaničnim pôtem niso več deljivi. Take najmanjše dele imenujemo molekule (*Moleküle*). Molekule je možno deliti le s kemijskimi pripomočki. Najmanjše delce teles, kateri niso na noben način deljivi, imenujemo atome (*Atome*).

Molekuli so vedno iz iste tvarine, kakor celo telo, atomi pa ne vselej, n. pr. molekul vode sestoji iz vodika in kisika. Molekuli so skupine vsaj dveh ali pa tudi več atomov; fizična telesa pa skupine molekulov.

§ 8. **Luknjičavost** (*Porosität*). Na kruhu, gobi, siru, mehkem lesu i. t. d. opazujemo že s samim očesom veliko število večjih ali manjših luknjic, v katerih je zrak, voda ali kako drugo telo. — Ako stoji kozarec vode več časa na gorkem, nabere se na steklu veliko število zračnih mehurčkov. Med posameznimi molekuli vode moral je biti torej prostor za ta zrak. — Kakor se prepričamo pri teh telesih, misliti si moramo, da tudi molekuli drugih teles niso v po polnem natančni dotiki, ampak da je med njimi večji ali manjši prostor, luknjice (*Poren*). Telesa so torej luknjičava (*porös*).

Ako se potiš, priča ti li ta prikazen, da je koža luknjičava? — Kako si pojasnjuješ prikazen, da postane les v vodi ležeč tudi znotraj moker?

Luknjice nekaterih teles so tako male, da ne more niti zrak skozi nje; da so pa tudi ta telesa luknjičava, sklepamo med drugim iz tega, ker se krčijo in raztezajo.

Skozi les, usnje i. t. d. dá se tudi živo srebro stiskati (tiskalo za živo srebro).

§ 9. **Razteznost in stisljivost** (*Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit*). Prostornina jednega in istega telesa ni neizpremenljiva. Sploh moremo telesom njih prostornino zmanjšati z vsakim dosti jakim pritiskom.

Poskusi: *a)* Vzemi močno stekleno, na jednom konci privarjeno cev (slika 2.); potem båt, kateri se dá neprodušno po cevi premikati. Ako ta båt porivaš v cev, spraviš ga prav globoko, vendar ne do dna. Ko pa nehaš pritiskati, raztegne se zrak pod båtom ter ga porine nazaj. Poskus kaže, da je zrak v cevi zelo stisljiv in tudi raztezen. — *b)* Vzemi kovinsko kroglo in obroč tako prirejen, da gre krogla ravno skozi obroč (slika 3.) Ako kroglo obesiš nekoliko časa v plamen vinskega cveta, poveča se njena prostornina, kar spoznaš na tem, da krogla ne gre več skozi obroč. Ko se pa krogla zopet ohladi, pade skozi obroč. — *c)* Stekleno posodo napolni do vrha z vodo, potem jo dobro zamaši; v zamašek vtakni pa na obeh koncih odprto stekleno cev. Ako postaviš tako pripravljeno posodo k ognju ali jo sploh greješ, vstaja voda v stekleni cevi; pri ohlajenji pa zopet pada. — *d)* Dobro zavezan mehur razpoči na gorkem prostoru, ker se zrak v njem razteza.

Telesom se prostornina poveča ali telesa se raztegnejo, ako ja segrejemo; prostornina pa se njim zmanjša ali ona se skrčijo, ako ja ohladimo.

Slika 2.



Slika 3.





§ 10. **Nekoliko o toploti in temperaturi.** Ako se dotikamo različnih teles, n. pr. zakurjene peči, mize, stene, ledú i. t. d., vzprijemamo posebne občutke, katere izrazujemo s tem, da pravimo: peč je gorka, miza je hladna, led je mrzel i. t. d. Doteknivši se krogle (slika 3.), katero smo več časa v plamenu držali, čutimo jo vročo, ali vsaj precej toplo. Poskus nam kaže, da se je povečala ob jednem tudi nje prostornina. Uzrok takim prikaznim imenujemo toploto (*Wärme*); stanje teles gledé tega ali so topla, mrzla i. t. d. pa toplotnost (*Wärmezustand*). — Jedno in isto telo more biti po vrsti toplo, mrzlo, vroče; torej imamo v toplotnosti razločevati tudi stopinje. Stopinjo toplotnosti kakega telesa imenujemo njegovo temperaturo ali toplino (*Temperatur*). Ima li isto telo več toplote v sebi, pravimo, da ima višjo temperaturo in obratno.

Razbeljena železna krogla se ohladi, ako jo vržemo v škap vode, voda pa se nekoliko segreje; — konečno imata voda in krogla isto temperaturo. Toplota prehaja torej z jednega telesa na drugo, in sicer s toplejšega na mrzlejše. Tak prehod toplote z jednega telesa na drugo, prvega se dotikajoče, imenujemo *podelitev toplote* (*Mittheilung der Wärme*). Ako se dotaknemo toplejšega telesa nego smo sami, dobivamo od njega nekoliko toplote; nasprotno izgubimo toplote, ako se dotaknemo mrzlejšega. S svojimi čuti temperature telesom ne moremo določevati, ker nas naši čuti večkrat varajo; n. pr. ako pridemo v zimskem času z mrzlega v nezakurjeno sobo, dozdeva se nam toplejša nego je v resnici; mrzlejša dozdeva se nam pa, ako pridemo v njo iz druge, prav tople sobe.

Temperaturi dveh teles moremo medsebojno primerjati torej le po drugih učinkih toplote. Taki učinki so raztezanje teles po toploti. Govoreči pozneje o toploti, bomo dokazali, da se vsa telesa ne raztegnejo za toliko, ako so se do iste temperature segrela; prostornina jednega in istega telesa pa je večja, ako je njega temperatura višja in obratno; pri isti temperaturi je prostornina neizpremenjena, ako je ostal le tlak na telo tudi neizpremenjen. S tem, da opazujemo prostornine istega telesa, ki ima z drugimi jednake temperature, in da te medsebojno primerjamo, moremo primerjati tudi temperature teh teles.

Vsako orodje, s katerim moremo meriti temperature, imenujemo *toplomer* ali *termometer* (*Thermometer*).

Najnavadnejši so živosreberni termometri.

§ 11. **Živosreberni termometer** (*Quecksilberthermometer*)  
prireja se na ta-le način:

Na tanko in povsod jednako široko cev privari se na jednom konci steklena kroglica. To kroglico in nekoliko cevi napolnimo s čistim živim srebrom s tem, da cev segrevamo in potem z odprtim koncem stavimo v živo srebro. Pri segrevanju se je raztegnil zrak v cevi in krogli in nekoliko ga je odšlo; pri ohlajenji pa vtisne zunanji zrak živo srebro v cev. Z živim srebrom približno do polovice napolnjeno cev segrejemo potlej na plamenu toliko, da odide iz cevi ves zrak in da izstopi na odprtem konci tudi nekoliko živega srebra; — potem pa zavarimo cev. V cevi je sedaj le živo srebro brez vsega zraka. Treba je na cevi še lestvice ali škafe.

Za to je treba na cevi določiti stanje živega srebra pri dveh temperaturah, kateri moremo vsakikrat lahko in natančno dobiti. Taki temperaturi sta temperatura taléčega se ledú in temperatura vrele vode. Da določimo stanje živega srebra pri temperaturi taléčega se ledú, postavimo cev v posodo polno čistega razdrobljenega ledú. Živo srebro v cevi pada sprva, konečno obstoji pa pri gotovi točki, od katere se ne premakne, dokler se ni ves led stalil. To točko zaznamujemo na cevi, ter jo imenujemo ledišče (*Gefrier- oder Eispunkt*).

Ko je ledišče določeno, obesimo termometrovo cev v posebno posodo (slika 4.), v kateri je na dnu nekoliko čiste vode. To vodo segrejemo, da začne vreti. Vodene pare krožijo okoli cevi in odhajajo po stranskih dveh luknjah. Živo srebro v cevi se dvigne do gotove točke, pri kateri ostane neizpremenljivo, dokler je še v posodi le kaplja vode. To točko imenujemo vrelišče (*Siedepunkt*). Ledišče in vrelišče sta temelj vsaki delitvi, torej se imenujeta temeljni točki (*Fundamentalpunkte*), njijina razdalja pa temeljna razdalja (*Fundamentalabstand*).

Temeljno razdaljo delimo ali v 80, ali v 100, ali v 180 enakih delov, stopinj (*Grade*) imenovanih; in potem imamo 80delne ali termometre z Reaumurjevo, 100delne ali termometre s Celsijevo, 180delne ali termometre z Fahrenheitovo delitvijo. Stopinje vnašamo tudi pod lediščem. 80- in 100delni termometri imajo pri ledišči številko 0, pri vrelišči torej 80, oziroma 100. 180delni termometri imajo pri ledišči številko 32, pri vrelišči 212 in ničlo 32 stopinj pod lediščem. Pod ničlo proti krogli štejejo stopinje na novo in jih razločujé od stopinj nad ničlo, toploto kažečim, imenujemo stopinje mraza.

Slika 4.



Stopinje toplote zaznamujemo s  $+$  (*plus*), stopinje mraza z  $-$  (*minus*); znak stopinje je  $^{\circ}$ .

Ako stoji živo srebro v kakem slučaju do stopinje  $n$  delitve po Celsiji, pišemo to  $\pm n^{\circ}C$  in beremo  $n$  stopinj Celsijevih, in sicer toplote, ako je številka  $n$  nad ničlo, in mraza, ako je  $n$  pod ničlo. Jednako znači  $m^{\circ}R$   $m$  stopinj Reaumurjevih in  $r^{\circ}R$   $r$  stopinj Fahrenheitovih.

Temperaturo kakega telesa merimo s termometrom s tem, da povemo, do katere stopinje stoji živo srebro v cevi, ako ima isto temperaturo kakor dotično telo. Določujê temperaturo kakega telesa treba torej termometer spraviti z njim v dotiko in čakati, da dobita oba isto temperaturo.

Ker je 80 Reaumurjevih stopinj enakih 100 Celsijevim in 180 Fahrenheitovim, imamo za pretvorbo različnih stopinj te-le jednačbe:

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

$$1^{\circ}R = \frac{5}{4}C = \frac{9}{4}F \dots 2.)$$

$$1^{\circ}F = \frac{5}{9}C = \frac{4}{9}R \dots 3.)$$

Ker ima Fahrenheitov termometer pri ledišči številko 32, moraš pretvarjaje Reaumurjeve in Celsijeve stopinje v Fahrenheitove dobljenemu produktu prišteti število 32; pretvarjaje pa Fahrenheitove stopinje v Reaumurjeve ali Celsijeve najprej odšteti 32 in ostanek še le množiti z  $\frac{4}{5}$ , oziroma z  $\frac{5}{9}$ .

Koliko  $C^{\circ}$  je:  $30^{\circ}R$ ,  $45^{\circ}F$ ,  $-5^{\circ}R$ ,  $+16^{\circ}F$ ?

Koliko  $R^{\circ}$  je:  $-15^{\circ}C$ ,  $30^{\circ}F$ ,  $45^{\circ}F$ ?

Koliko  $F^{\circ}$  je:  $70^{\circ}C$ ,  $48^{\circ}R$ ,  $-15^{\circ}C$ ,  $-6^{\circ}R$ ?

Da je termometer prav občutljiv, mora imeti tanko in dolgo cev, pa nekoliko večjo kroglo. Krogla pa vendar ne sme biti prevelika, ker drugače bi preveč toplote jemal termometer telesu, katerega temperaturo hočemo meriti.

§ 12. **Vztrajnost** (*Beharrungsvermögen*). Poskusi: *a*) Na steklenico s precej širokim grlom postavi mali obroč po konci; na obroč pa denar, da leži ravno nad grlom. Ako udariš obroč naglo v stran, pade denar v steklenico. — *b*) Postavi na mizo skledo polno vode. Ako skledo naglo nekoliko naprej potegneš, teče voda začetkom nazaj; ko pa gibanje ustaviš, steče nekoliko vode naprej čez skledo. — *c*) Ako zavrtiš na gladkih tleh vrtalko, vrti se prav dolgo časa. Hotêč jo ustaviti čutiš poseben upor. — Iz teh poskusov sledi:

Vsako telo hoče vztrajati v stanji, v katerem se nahaja; ako je mirno, hoče ostati mirno, in da se začne gibati, treba je posebnega zunanjega uzroka; ako se giblje, hoče se v jedno mer gibati; da se ustavi, treba isto tako zunanjega uzroka. Svojestvo teles, da vztrajajo v stanji, v katerem so, imenujemo vztrajnost.

Vsak uzrok, kateri more premagati vztrajnost, imenujemo silo (*Kraft*); ona sila, katera izpreminja stanje miru v stanje gibanja, zove se gibajoča sila (*bewegende Kraft*); ona sila pa, katera ustavlja gibanje, uporna sila (*Widerstandskraft*). Izmed upornih sil sta najvažnejši trenje in pa upor zraka, v katerem se telesa gibljejo.

Krogla, katero potočiš po ravni in gladki cesti, kota so dosti dalje, nego na novo s kamenjem nasuti, hrapavi cesti. Pri prvi cesti je trenje manjše, pri drugi večje.

Vztrajnost je svojstvo vsakega telesa in vsakega njegovega molekula. Vztrajnost ónih teles, katera imajo več tvarine, mora biti torej večja.

Prav težka vrtalka se ne ustavi tako hitro, kakor lahka. — Težkega kolesa ni môči v teku ustaviti. — Na vozu stoječ človek pade nazaj, ako se voz naglo naprej pomakne; naprej pa pade človek, ako voz v teku hitro obstoji. — Jezdec pade s konja, ako ta naglo v stran skoči. — Zakaj rabimo pri raznih strojih, n. pr. parnih, velika, vrteča se kolesa, zamašnjake? — Povej še druge primere, v katerih opazuješ vztrajnost teles!

§ 13. **Težnost** (*Schwere*). Poskusi: *a*) Položi velik kamen na tanko, na koncih podprto deščico. Kamen stare deščico in pade na zemljo. — *b*) Na niti viseč kamen napenja nit, in če je tanka, pretrga jo ter pade na zemljo. — *c*) Na nit obesi kamen, da je napeta; poleg niti spusti iz roke drug kamen, da pade na zemljo. Kamen pada vsakikrat vzporedno z nitjo. — Poskusi torej kažejo: Vsako samo sebi prepuščeno telo pada proti zemlji. Vsled zakona vztrajnosti imamo iskati uzroka tem prikaznim zunaj teles, in sicer ondi, kamor se vsa telesa gibljejo. Ta uzrok ali to silo imenujemo težnost (*Schwerkraft*); telesa pa so težna (*schwer*). Težnost ni drugzega nego sila, s katero vleče zemlja vsa telesa náse. Ker padajo vsa telesa proti zemeljskemu središču, mislimo si sedež težnosti tudi tam.

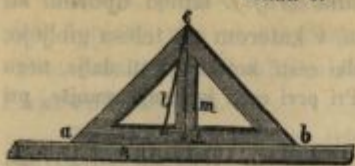
Mer prosto padajočega telesa imenujemo vertikalno ali navpično (*vertical, lothrecht*).

Da jo vsaki pot najdemo, služi nam svinčnica (*Bleiloth*), t. j. valjast in spodaj priostren kos svinca, ali druge težke kovine, viseč na močni, vendar bolj tanki niti. S pomočjo svinčnice moremo vsakovrstne predmete, kakor stebre, stene i. t. d., staviti vertikalno. (Kako se mora to vršiti?)

Poskus: Ako obesimo svinčnico nad mirno stoječo vodo v veliki posodi, in ako položimo jedno kateto pravokotnega trikotnika vzporedno z nitjo, prepričali se bodemo, da stoji nit na površji vode pravokotno. Vsako ravnino, na kateri stoji vertikalna prema pravokotno, imenujemo vodoravno ali horizontalno (*wasserrecht oder horizontal*).

Da se prepričamo, stoji li kak predmet vodoravno ali ne, služi nam grebljica (*Schrottwage*) (slika 5.)

Slika 5.



Grebljica je jednakokrak trikotnik  $abc$ ; osnovnica  $ab$  je razpolovljena v  $d$ , pri vrhu  $c$  pa je obešena svinčnica  $cd$ . Od vrha do razpolovišča  $d$  vrezana je na lesu črta. Ako postavimo grebljico n. pr. na mizo, in ako pade nit v zarezo, trikotnikova višina je potem vertikalna, osnovnica torej horizontalna.

Kako moreš z grebljico predmete, n. pr. mize, klopi i. t. d., staviti horizontalno? — Na katero stran zareze visela bode nit, ako stoji miza pošev in je desna stran višja nego leva?

Poskus: Ako spustiš z iste višine kosček papirja in kovan denar istodobno, ne dospeta oba istodobno do tal; papir potrebuje več časa, da dospe na zemljo.

Ako ponoviš isti poskus v stekleni cevi, iz katere je odstranjen ves zrak, padajo papir in denar, in sploh vsa telesa, z jednako hitrostjo.

Težnost deluje na vsa telesa z isto jakostjo ali vsa telesa so istotežna.

V zraku padajoča telesa ovira v padanji zračni upor.

Telo imajoče malo tvarine ne more zraka tako lahko odstranjevati kakor telo imajoče veliko tvarine.

Poskus: Raztolči kamen ali kako drugo telo v male kose ter jih spuščaj z roke na zemljo, — vsi padajo na zemljo.

Težnost deluje na vsako najmanjše delce teles, torej tudi na molekule in atome.

Natančni poskusi učé dalje, da je težnost v večjih razdaljah od zemeljskega središča manjša, in sicer da je težnost 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat manjša, ako je razdalja od zemeljskega središča 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja.

§ 14. **Teža** (*Gewicht*). Kamen na niti viseč jo napenja, na roki ležeč jo tlači k zemlji. Sploh tlači vsled težnosti vsako telo podlago, na kateri leži. Tlak na podlago je manjši, ako stoji podlaga pošev.

Tlak podloženega telesa na horizontalno podlago ali teg obešenega telesa v vertikalni meri imenujemo njega absolutno ali nasebno težo (*absolutes Gewicht*).

Ako priložiš h kamenu v roki še drugega, tlak na roko postane večji, — teža teles zavisi torej od njih mase.

Ker je vsako delce težko, mora biti teža telesa 2, 3, ...  $n$ krat večja nego teža drugega, ako ima 2, 3, ...  $n$ krat več mase.

Da moremo težo različnih teles medsebojno primerjati, moramo jemati težo jednega telesa, katero je sploh poljubno, za jednoto teže. Taka jednota teže je teža kubičnega centimetra vode pri temperaturi  $4^{\circ} C$ ; imenujemo jo gram. Ako povemo, teža telesa  $A$  je jednaka 25 gramom, ima ta izrek to zmisel, da je tlak telesa  $A$  tolik, kolik je tlak 25  $kub.\%_m$  čiste vode pri  $+4^{\circ} C$ .

Orodja, s katerimi določujemo težo teles gledé določene jednote, imenujemo tehtnice. Težo teles določevati pravi se telesa tehtati. Da postane tehtanje priročneje, ne jemljemo vode, ampak telesa od kovin, uteži (*Gewichte*) imenovane, katerih teža je gledé vode natančno določena.

Kakor pri merjenji dolžin, ploskev in prostornin, tudi nimamo za tehtanje samo jedne jednote, ampak več, n. pr. dekagrame, hektograme, kilograme i. t. d. — Koliko gramov ima kilogram, decigram i. t. d.? Ponavljaj to, kar si se učil o utežéh v računstvu!

§ 15. **Specifična teža in gostota** (*Specificisches Gewicht und Dichte*). Tehtaje kocki od železa in srebra, katerih vsaka stran je jednaka centimetru, najdemo težo železne kocke jednako  $7\cdot8 \mathcal{G}$ ; težo sreberne kocke jednako  $10\cdot5 \mathcal{G}$ .

Prostorno-jednaka telesa nimajo jednake teže, ampak vsako ima svojo posebno težo. Težo kakega telesa, katerega prostornina je jednaka jednoti, imenujemo njegovo specifično ali primerno težo. Za jednoto prostornine jemljemo 1  $kub.\%_m$  ali 1  $kub.\mathcal{d}_m$ ; specifična teža je dana potem v gramih, oziroma kilogramih.

Specifična teža železa je  $7\cdot8$ , specf. teža srebra  $10\cdot5$ .

Ako znači  $v$  (volumen) prostornino,  $s$  specifično težo,  $p$  (pondus) absolutno težo kakega telesa, je

$$p = v \cdot s, \dots \text{ t. j.}$$

Absolutna teža je jednaka prostornini množeni s specifično težo. . . . . 1.)

Absolutno težo dobimo v gramih, oziroma kilogramih, ako je prostornina dana v kubičnih centimetrih, oziroma decimetrih.

Iz jednačbe  $p = v \cdot s$  dobimo, deleči jo s  $v$

$$s = \frac{p}{v}, \text{ t. j.}$$

Specifična teža je jednaka absolutni teži deljeni s prostornino. . . . . 2.)

Deleči jednačbo  $p = v \cdot s$  z  $s$  dobimo

$$v = \frac{p}{s}, \text{ t. j.}$$

Prostornina je jednaka absolutni teži deljeni s specifično. . . . . 3.)

Kolika je absolutna teža svinca, čegar prostornina je 8  $\text{kub.}\%_m$ , specifična teža 11·4? — Kolika je absolutna teža  $H_2O$  vode, spec. teža 1? — Kos železa tehta 3  $\frac{1}{2}$ , kolika je njegova prostornina, spec. teža 7·8? — Posoda z vodo tehta 6·4  $\frac{1}{2}$ , posoda sama 40  $\%_g$ ; kolika je prostornina posode, kolika teža vode v njej, koliko  $l$  vode je v posodi?

1  $\text{kub.}\%_m$  vode tehta 1  $\%_g$ , 1  $\text{kub.}\%_m$  srebra 10·5  $\%_g$ ; — torej je 1  $\text{kub.}\%_m$  srebra 10·5krat težji od 1  $\text{kub.}\%_m$  vode; sploh mora biti vsako sreberno telo 10·5krat težje, nego voda, katera ima s srebrom jednako prostornino.

Število, katero pove, kolikokrat je kako telo težje, nego isto toliko telo vode pri  $+4^{\circ}C$ , imenujemo gostoto tega telesa.

Ker so, kakor smo slišali, vsi molekuli istotežni, moramo si misliti, da so molekuli v onem telesu, katero je pri jednaki prostornini težje, tolikokrat bližje drug drugemu, tolikokrat gostejši, kolikokrat je njegova teža večja.

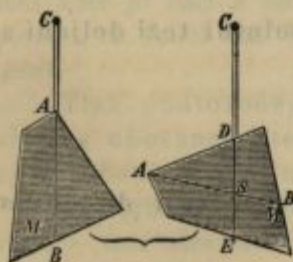
Primerjaje gostoto teles, jmljemo gostoto vode pri  $+4^{\circ}C$  za jednoto gostote. Števila, katera zaznamenujejo gostoto teles, so brezimenska, ker so kvocijenti, drugače pa tista, katera zaznamenujejo specifično težo.

V oddelku o toploti učili se bomo, da se specifična teža in gostota izpreminjata s temperaturo.

§ 16. **Težišče** (*Schwerpunkt*). Vzemi leseno desko ter jo skušaj na priostren in na mizi utrjen kvišku stoječ žebelj tako posaditi, da ne pade. Na prvi hip se ti ne posreči, s časom moreš vendar najti na deski točko, v kateri jo moreš tako podpreti, da ti ne samo ne pade, ampak ostane horizontalna.

V vsakem telesu moremo najti točko, da ostane telo, ako je v tej točki podpremo, mirno in horizontalno; to točko imenujemo težišče. V tej točki moremo si misliti združeno maso vsega telesa. Vsaka skozi težišče potegnena prema črta je težišnica (*Schwerlinie*); težišnica, katera je ob jednem vertikalna, pa črta namernica (*Richtungslinie*), ker kaže mer prosto padajočega telesa.

Slika 6.



Ako si težišče kakega telesa zaznamiš in telo potem obesiš na nit, prepričaš se lahko z ravnilom, da leži težišče v meri napete niti.

Iz tega pa sledí, kako moremo težišče kakega telesa prav lahko najti. Vzemimo, da imamo najti težišče štiroglate deske (slika 6.) Ako obesimo desko v točki  $A$  na nit  $AC$ , leži težišče v premi

*AB*. Ako obesimo potem desko v točki *D* na nit *CD*, leži težišče v premi *DE*; težišče *S* mora biti torej presečišče prem *AB* in *DE*.

Na drug način najdeš lahko težišče tudi s tem, da dotično telo na robu vodoravnega ravnila toliko sem ter tja premikaš, dokler ostane mirno in ne pade. Ako si zaznamiš premo, v kateri se dotika telo ravnila, leži težišče v tej premi. Da določiš ležo težišča natančno, treba je telo v drugi meri zopet tako na ravnilo položiti, da ne pade. S tem najdeš drugo težišnico; presečišče obeh je težišče.

Ta način določevanja težišča je pripraven bolj za ploščnata telesa.

§ 17. **Zračni tlak** (*Luftdruck*). Zemljo obdaja od vseh strani zrak ali vzduh. Čeravno ga ne vidimo, čutimo ga vendar pri vsakem hitrem gibanji. Zrak nosi oblake; veter ni nič drugega nego gibajoči se zrak. Ves zrak okoli zemlje imenujemo ozračje ali atmosfero (*Atmosphäre*).

Da ima zrak tudi težo, kaže jasno sledeči poskus: Okroglo stekleno posodo (slika 7.), katera drži 6—10  $\%$  in se dá zapreti s pipo, stehtajmo najprej polno zraka; drugikrat jo stehtajmo, ko smo odstranili iz nje s posebno pripravo (zračno sesalko) ves zrak. Po polnem prazna posoda ima manjšo težo, in izguba na teži je jednaka teži zraka, katerega smo odstranili iz posode. — (Na isti način moremo se prepričati, da ima tudi vsako drugo zraku podobno telo svojo težo). — Ker je zrak težek, sledí neposredno, da mora tlačiti zemljo in sploh vsako telo, katerega se dotika. Pozneje bomo dokazali, da je na površji morja zračni tlak na vsak kvadratni centimeter jednak 1033  $\%$ . Tolik tlak imenuje se tlak jedne atmosfere.

Tlak in gostota zraka sta v višini manjša nego na zemeljskem površji.

Zračni tlak pojasnjuje tudi ta-le poskus:

Napolni kozarec do vrha z vodo ter položi nánj list papirja. Kozarec moreš sedaj počasno vzvrtiti (slika 8.), a list ne odpade in voda ne izteka.

Slika 7.



Slika 8.





## II. Molekularne sile, njih delovanje in učinki.

§ 18. **Zveznost** (*Cohäsion*). Poskusi: *a*) Vzemi leseno palico, ter jo skušaj raztrgati, prelomiti ali zdrobiti; — vsaki pot čutiš, da se palica bolj ali manj upira pretvorbi v drugo obliko. — *b*) Ako vtakneš prst v vodo, obvisi nekoliko kapljic vode na njem. Živo srebro, voda tvorita v malih delih kroglice, kapljice. — *c*) Ako porineš bät v otlo cev (slika 2.), čutiš upor, in ako nehaš pritiskati, odskoči bät nazaj.

Med posameznimi molekuli delovati morajo torej sile, katere molekule medsebojno v določeni leži vežejo in se vsakemu preinačenju medsebojne razdalje molekulov upirajo.

Te sile so zvezne sile ali sploh zveznost; ker delujejo med molekuli, zovejo se tudi molekularne sile (*Molekularkräfte*), in sicer so dvoje: *a*) privlačne; katere molekulom branijo se oddaljevati in katere vzbujaemo, ako hočemo telo pretrgati; *b*) odbijalne, katere molekule odbijajo, ako jih stiskamo.

Oboje sile delujejo le v neskončno majheno daljavo; pri različnih telesih so različne. Sploh zmanjšuje toplota privlačne in povečava odbijalne sile, kar vidimo iz tega, da toplota telesom prostornino povečava.

§ 19. **Skupnost** (*Aggregatzustand*). V vodi je precej lahko gibati roko, molekuli vode so torej gibljivi in se dajo lahko odrivati. Še bolj lahko je odrivati zračne molekule. Ko se v njem gibljemo, navadno ga ne čutimo. Molekularne sile vežejo molekule teles v različnih merah; način, kako se vežejo molekuli jednega in istega telesa medsebojno, imenujemo njihovo skupnost. Gledé skupnosti moramo uvrščevati telesa v tri vrste ter imamo: *a*) trdna, *b*) kapljivo tekoča, *c*) raztezno tekoča telesa.

Trdna telesa (*feste Körper*) imajo sebi lastno obliko in se vsaki preinačbi medsebojne leže molekulov izdatno upirajo. (Les, kamen, železo i. t. d.)

Kapljivo tekoča telesa (*tropfbarflüssige K.*) nimajo sebi lastne oblike (shranjevati ja moramo torej v posodah), vendar pa določeno prostornino. V malem množtvu tvorijo kroglice, kaplje imenovane. Zveznost posameznih molekulov je neznatna; preinačenju svoje oblike ne stavijo nobenega upora.

Raztezno tekoča telesa (*ausdehnsamflüssige K.*) razločujejo se od kapljivih v tem, da nimajo sebi lastne prostornine ter se raztezajo, do gotove meje tudi težnosti nasproti, na vse strani. (Z zrač-

kom določene teže moremo napolniti vsako poljubno veliko posodo). Pri teh telesih prav za prav o zveznosti še govoriti ne moremo. (Zrak, svetilni plin i. t. d.)

Vsled razteznosti pritiskajo molekuli raztežno tekočih teles na stene posod, v katerih so; ta tlak na stene imenujemo njih razpenjavost (*Expansivkraft*) ali napetost (*Spannung*).

Raztežno tekoča telesa možno je dostikrat pretvoriti v kapljivo tekoča, n. pr. vodene hlape. Taka telesa, ki se dajo lahko pretvoriti v kapljivo tekočo skupnost, so hlapi ali pare (*Dünste oder Dämpfe*); ostala pa plini (*Gase*).

Kapljivo tekoča telesa imenujemo kratko kapljevine ali tekočine; raztežno tekoča pa pline ali zrakovine (vzdušnine).

Voda more biti trdna (led), tekoča (navadno) in plinasta (vodeni hlapi); isto velja tudi za železo, žveplo in celo vrsto drugih.

§ 20. **Skupnost trdnih teles.** Nekatera trdna telesa moremo mehanično precej lahko deliti ali njim dajati drugo obliko, druga bolj težko. Trda (*hart*) telesa so óna, katera se izdatno upirajo, ko jim hočemo delke odtrgati; — nasprotno so mehka (*weich*).

Oba pojma sta le primerna, kajti govorimo n. pr. o trdem in mehkem lesu, kruhu, železu i. t. d. Izmed dveh tvarin je óna trša, s katero moremo drugo rezati ali praskati. Jedno in isto telo more biti trdo ali pa mehko. Trdota zavisi od marsikaterih okolščin. V toploti se tvarine sploh mehčajo, v mrazu pa trdijo; tudi način ohlajevanja vpliva na trdoto. Steklo in jeklo postaneta z naglim ohlajenjem zelo trda; baker in med pa mehka. Kovine čiste so sploh mehkejše, nego njih zmesi. Za to se primeša zlatu in srebru bakra, da postaneta trša. Izkušnja uči, da je med vsemi rudami lojavec ali milovka najmehkejši in dijament najtrši. Mohs sestavil je posebno trdotno lestvico (*Härtescala*). Ta lestvica je: 1.) lojavec ali milovka, 2.) kamena sol, 3.) apnenec, 4.) jedavec, 5.) apatit, 6.) živec, 7.) kvarec, 8.) topaz, 9.) korund, 10.) dijament.

Krhka (*spröde*) telesa so óna, katera se tekój zdrobijo, ako se pretrga zveza med nekaterimi molekulami.

Steklena plošča razleti v veliko kosov, ako jo upogibljemo ali zvijamo. Steklenice z debelimi stenami, hitro ohlajene (bolonjske steklenice), razpršé se v prah, ako jih malo prasemo s kremencem. Steklene kaplje, t. j. kaplje, katere dobimo spustivši nekoliko tekoče steklovine naglo v vodo, da se strdi; razpršé se v prah, ako jim odtrgamo ost.

Od železa, srebra, zlata dajo se vleči dolge, poljubno tanke žice; od voska delamo raznovrstne podobe; od ilovice dela lončar lonce. Telesa, katera se dajo iz jedne oblike stalno pretvoriti v drugo, pa se zveznost ne pretrga, so vlečna ali raztezna (*dehnbar*).

Vosek, smola sta v mrazu trda in krhka; topla pa mehka in raztezna. Zelo raztezno n. pr. je zlato. Cekin je možno skovati v tanke listke, s katerimi bi mogli poviti jezdeca in njegovega konja.

Kroglo od kavčuka moreš izdatno stiskati, da postane manjša; ko nehaš pritiskati, postane zopet okrogla, kakeršna je bila. Jekleno pero smeš precēj zavijati; ko je spustiš, dobi svojo prvobitno obliko.

Telesa, katera menjajo svojo obliko in časi tudi prostornino, ako deluje nánja sila, a dobé svojo prvobitno obliko in prostornino, ko sila neha, so prožna (*elastisch*). Svojstvo teles, da so prožna, imenuje se prožnost (*Elasticität*); v prožnem telesu delujoča sila, katera spravlja telesne molekule v njih naravno ležo, imenuje se prožna sila ali s kratka prožnost (*Elasticitätskraft*). Ako kriviš jekleno šibiko, vrne se po polnem v svojo prvobitno obliko in ležo le takrat, ako nánjo delujoča sila ni prekoračila gotove meje. Ako je sila prevelika, šibika se ali stere ali pa ostane nekoliko ukrivljena.

Mera za kolikost prožnosti (*Elasticitätsgrösse*) je óna največja sila, katera sme delovati na prožno telo, da dobi to svojo prvobitno obliko, ko je sila nehala nánje delovati.

Prožnost je molekularna sila, katera se vzbudi, ako skušamo molekule v druge razdalje spraviti; do gotove meje (meje prožnosti, *Elasticitätsgrenze*) je prožnost sorazmerna kolikosti premikanja molekulov.

Prožnost vzbujajo se, ako prožna telesa raztézamo, tlačimo, zvijamo, sučemo ali upogibljemo.

Po polnem prožna telesa so plinasta telesa, kapljevine le pri tlačenji; nekoliko prožna so pa vsa telesa. Stekleno šipo na oknu moreš nekoliko upogniti, pa se ne stere in skoči nazaj, ko prst odtegneš. Toplota in način obdelovanja vplivata močno na prožnost. Jeklo razbeljeno in naglo ohlajeno postane trdo in krhko; trdo jeklo do gotove temperature segreti, ostane prožno. — Baker, med, srebro postanejo prožni, ako se polagoma kujejo.

Prožna telesa rabimo: 1.) za obleko, da se telesu dobro prilaga in ga v gibanji ne moti; 2.) kakor gibajočo silo (pri urah i. t. d.); 3.) da zmanjšujemo udarce, (peresa pri kočijah, krhke reči treba zavijati v slamo i. t. d., da se pri pošiljavi ne poterejo); 4.) da dve ali več rečij drugo k drugi pritiskamo (pri ključanicah, nožih i. t. d.); 5.) da merimo sile in določujemo teže (pri silomerih in tehtnicah na peresa).

Silomer (*Dynamometer*) (slika 9.) je podolgasto zvita prožna jeklena progá;

Slika 9.



na jedni strani ima na posebni plošči vrtljiv kazalec, na drugi strani je vzvod tako pritrdjen, da poriva kazalec od desne proti levi, ako raztezamo progo v meri njene dolžine. Kazalec se giblje pred delitvijo, katero prirejamo s tem, da raztezamo silomer po vrsti z utežmi 1, 2, ...  $n \frac{kg}{g}$  in zaznamujemo točke, v katerih stoji vsakikrat kazalec.

Prožna tehtnica (*Federwage*) je po konci stoječe zvito jekleno pero. Ako položimo nánje utež, upogne se, in sicer tem bolj, čim večja je utež. Ako smo si zaznamenovali, koliko se upogne pero, ko nánje položimo 1, 2, ...  $n \frac{kg}{g}$ , moremo potem razna telesa tehtati. Teža kamenu n. pr. je  $10 \frac{kg}{g}$ , ako stisne pero toliko, kolikor utež  $10 \frac{kg}{g}$ . Ker pero ni po polnem prožno, treba je delitev pri silomeru in prožni tehtnici večkrat popraviti.

§ 21. **Trdnost** (*Festigkeit*) imenujemo upor, katerega čutimo, ako skušamo zvezo molekulov pretrgati. Trdnost more biti: a) trgovpórna ali absolutna, b) lomopórna ali relativna, c) odpórna ali tlakopórna, d) sukopórna.

a) Trgovpórna ali absolutna trdnost (*Zugfestigkeit*) je sila, s katero se telo upira pretrganju.

Da moremo trgovpórno trdnost raznih teles primerjati, treba da imajo vsa isti prerez. Jemljemo v to svrhu telesa v obliki palic ali žic, utrdimo jeden konec v zid ali kak precep z vijakom, na drugi konec pa vesimo polagoma toliko utežij, da se telo pretrga. Največja utež, katero more telo nositi, da se ne pretrga, je mera njega trgovpórne trdnosti.

Izkušnja uči, da je trgovpórna trdnost nezavisna od dolžine in sorazmerna prerezu.

Železna žica z $1 \square \frac{mm}{m}$ v prerezu ima trdnost	6581 $\frac{kg}{g}$ ,
jeklena    »   » 1   »   »   »   »   »   »	8664   »
medena     »   » 1   »   »   »   »   »   »	5270   »

b) Lomopórna (relativna) trdnost (*Bruch- oder relative Festigkeit*) je sila, s katero se telo upira lomu.

Otla telesa imajo večjo lomopórno trdnost nego masivna iste teže in tvarine. — Za valjasta ali četverooglata na obéh koncih podložena in v sredini obtežena telesa našli so s poskusi:

Lomopórna trdnost zavisi od tvarine in je pri telesih iste tvarine: a) 2, 3, ...  $n$ krat manjša, ako je dolžina 2, 3, ...  $n$ krat večja; b) 2, 3, ...  $n$ krat večja, ako je širina 2, 3, ...  $n$ krat večja; c) 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat večja, ako je višina 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja.

Lomopórna trdnost je zavisna tudi od tega, kako in kje je telo podprto. Telo more biti: 1.) na jednem konci utrjeno, na drugem konci z bremenom obteženo; 2.) na jednem konci utrjeno in po celi dolžini enakomerno obteženo (trdnost je 2krat večja kot pri 1.); 3.) na obéh koncih utrjeno, v središči obteženo (trdnost je 4krat večja kot pri 1.); 4.) na obéh koncih utrjeno in po vsej dolžini obteženo (trdnost je 8krat večja kot pri 1.)

c) Odpórna (tlakoporna) trdnost (*rückwirkende Festigkeit*) je sila, s katero se telo upira raztlačenju.

Zavisna je odporna trdnost od tvarine in velikosti proreza; tudi je večja, ako je prerez krožnat.

d) Sukoporna trdnost (*Torsionsfestigkeit*) je sila, s katero se telo upira, ako je previjamo ali sučemo.

Sukoporna trdnost zavisi od tvarine; pri otilih valjih je večja nego pri masivnih iste teže in tvarine.

Koliko dolga bi morala biti železna žica, da bi jo lastna teža pretrgala, ako ima v prerezu  $1 \text{ cm}^2$  in spec. težo 7·8? — Zakaj treba dolge klopi podpirati na več mestih? — Lesen 1<sup>my</sup> dolg, na obéh koncih podprt drog nosi v sredini viseče breme 40  $\frac{h}{g}$ ; koliko more nositi, ako je 80  $\frac{cm}{m}$  dolg? — Štirioglato bruno je 1<sup>my</sup> dolgo, 3  $\frac{cm}{m}$  široko, 2  $\frac{cm}{m}$  visoko, na enem konci utrjeno, ter nosi na drugem konci breme 50  $\frac{h}{g}$ ; koliko breme more nositi bruno iste tvarine, ako ima isto dolžino in višino in je 5  $\frac{cm}{m}$  široko; koliko, ako je le 80  $\frac{cm}{m}$  dolgo, 2  $\frac{cm}{m}$  široko in 3  $\frac{cm}{m}$  visoko?

§ 22. **Sprijemnost** (*Adhäsion*). Poskusi: a) Potrosi stekleno ploščo z moko ali drugim prahom. Na plošči obvisi nekoliko moke ali prahu, ako jo tudi vzvrneš. — b) Dve stekleni, na površji prav gladki plošči, položeni druga na drugo, sprimeta se tako, da ji je težko ločiti. — c) Vtakni prst v vodo; iz vode potegneš ga mokrega. — Ako se dotikata dve telesi v več točkah, sprimeta se toliko, da ji more ločiti le večja ali manjša sila. To prikazen imenujemo sprijemnost; silo pri njej delujočo sprijemno silo ali s kratka sprijemnost.

Sprijemnost med dvema telesoma je večja, ako se v več točkah dotikata in zavisi od tvarine dotikajočih se teles ter deluje le v neskončno male daljave; med trdnimi in kapljivimi, ali trdnimi in zračnatimi telesi je večja nego med trdnimi. Poskus c) uči, da je sprijemnost med roko in vodo večja nego zveznost vode. Z oljem ali tolsšo pomazano steklo se v vodi ne omoči, torej je sprijemnost manjša nego zveznost vode. Sprijemnost med dvema telesoma povečamo, ako spravimo med nji tekočino, katera se s časom strdi. Mizar maže deske z limom, da se dobro sprimejo i. t. d. — Pisanje s črnilom, kreda i. t. d. so prikazni sprijemnosti. — Zakaj je perje povodnih ptic mastno? — Kakšen je razloček med zveznostjo in sprijemnostjo?

§ 23. **Raztop** (*Auflösung*). Poskus: Vrzi kos sladorja v kozarec vode. Kmalu začne slador razpadati v manjše kosce, ti zopet v manjše i. t. d., da konečno sladorja ni več videti. Voda pa dobi sladek okus.

Sprijemnost med trdnim in kapljivo tekočim telesom more biti večja nego je zveznost trdnega telesa; telo razpada, ali kakor pravimo, telo se topi. Kapljevina, v kateri se telo topi, je topilo (*Lösungsmittel*); kapjevina imajoča v sebi kako telo raztopljeno je raztopina (*Lösung*).

Poskus: Kamen je neraztopen v vodi in vinskem cvetu; pečatni vošek je neraztopen v vodi, nekoliko raztopen v vinskem cvetu.

Vsa trdna telesa niso raztopna, jedno in isto telo je v nekaterih kapljevinah raztopno, v drugih pa ne. V določeni množini iste kapljevine more se raztopiti le določena množina trdnega telesa, ostanek ostane neraztopljen.

Poskus: V stekleno posodo dáj kuhinjske soli in vode, soli primeroma dve tretjini. Nekoliko soli se raztopi, druga pa ostane na dnu. Ako posodo z vodo segrevaš, raztaplja se vedno več soli.

Pri višjih temperaturah more ista kapljevina večje množine topiti nego pri nižjih. Kapljevina je nasičena (*gesättigt*), ako ima v sebi kakega telesa toliko raztopljenega, kolikor ga pri tej temperaturi topiti more.

Raztop se dá pospešiti s tem, da *a)* trdno telo mehanično zdrobimo, *b)* kapljevino mešamo, *c)* raztopino segrevamo.

§ 24. **Mešanje** (*Mischung*). Ako prilijemo v kozarec vode nekoliko rudečega vina, razdeli se vino v vodi tako, da ni mōči ločiti vode od vina. Kapljevina dobi nekoliko rudečkasto barvo, vonj in okus po vinu. Voda se je zmešala z vinom in obratno. To prikazen imenujemo mešanje kapljev.

Olje vodi prilito se ne meša z njo; če tudi posodo prav krepko stresemo, zbere se vender kmalu vse olje na površji vode. Vse kapljevine se ne mešajo; óne pa, katere se mešajo, moremo mešati v poljubni meri.

Dve ali več zmešanih kapljev. imenujemo njih zmes.

Kovine dajo se mešati, ako so staljene n. pr. baker in cinek, zlato in baker i. t. d.; zmesi kovin imenujemo zlitine (*Legirungen*).

Poskus: Na jednom konci zaprto stekleno cev napolni do polovice z vodo, drugo polovico pa z alkoholom. Ako potem cev streseš, da se voda in alkohol zmešata, cev ni več polna.

Pri mešanji dveh kapljev. zmanjša se velikokrat njijina prostornina, ker zleze jedna kapljevina v luknjice druge.

§ 25. **Vpojnost** (*Absorption*). Oblačila viséca v prostorih polnih tabakovega dima navzamejo se vonja po tabaku. — Voda ima vedno nekoliko plinov v sebi.

Trdna telesa in kapljevine imajo svojstvo, da prva kapljevine in plinasta telesa, druga plinasta telesa v svoje luknjice vsrkajo in tam obdržé. To prikazen imenujemo vpojnost.

Množina vsrkanih teles je zavisna od tvarin obéh teles, od tlaka na oboje in od temperature.

Pri nizki temperaturi in pod visokim tlakom vpija voda velike množine ogljikove kisline; kar vidimo pri sifonih. Voda vpija iz zraka več kisika nego dušika.

§ 26. **Pronicanje** (*Diffusion*). Poskusa: *a)* V stekleno posodo nalij raztopine modre galice, na to pa previdno čiste vode. Sprva ostaneta obé kapljevini ločeni; kmalu pa se začneta mešati, da ni mōči več razločiti meje, kjer se dotika voda raztopine.

Voda pronicuje polagoma raztopino in obratno raztopina vodo.

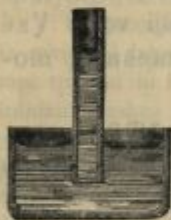
*b)* Napolni posodo z ogljikovo kislino, katera je precej težja od zraka. Ako pustiš posodo odprto, odide s časom skoro vsa ogljikova kislina iz posode, in ta se napolni z zrakom, mešanim z ogljikovo kislino.

Takšno mešanje dveh kapljivo ali dveh raztezno tekočih teles je pronicanje (difuzija).

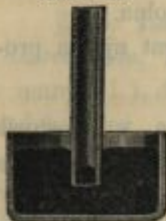
Kapljevine ne pronicujejo vse (n. pr. voda in živo srebro ne pronicujeta); plinasta telesa pa pronicujejo vsa.

Pronicanje plinastih teles je zelo važno v prirodi; ker na tak način n. pr. čisti se zrak v naših stanovanjih.

Slika 10.



Slika 11.



§ 27. **Lasovitost** ali **kapilarnost** (*Capillarität*). Poskus: *a)* Ako postaviš na obéh stranéh odprto zelo tanko stekleno cev (lasasto cev) v vodo (slika 10.), ne stoji voda v cevi horizontalno, ampak dvigne se više nego je zunaj cevi in njeno površje je jamičasto, vdrto. — *b)* Ako postaviš isto lasasto cev v posodo z živim srebrom (slika 11.), stoji živo srebro v njej niže in je na površji izbočeno. Vzemi za ta poskusa bolj ozke cevi in prepričaj se bodeš, da se v ožjih cevéh pri poskusu *a)* voda više dviga kakor pri širjih, in pri poskusu *b)* živo srebro niže ostaja, kakor pri širjih.

Prikazni te vrste imenujejo se lasovitost ali kapilarnost. Uzrok njim je sprijemnost.

Telesa z vidnimi luknjicami vpijajo in držé v sebi različne kapljevine; nekatere v večji, nekatere v manjši meri; njih luknjice so zelo številne lasaste cevi.

V sladorni se dviga voda, ako mu le spodnji konec v vodo pomočiš. — Olje in petrolej se dvigata v stenji naših svetilnic. — Imenuj še druge take prikazni!

§ 28. **Endosmosa** (*Endosmose*). Poskus: Stekleno posodo, livniku podobno, zaveži z mehurjem in jo napolni z raztopino modre

galice. To posodo obesi v drugo večjo (slika 12.) in napolni tudi to do iste višine s čisto vodo; potem pa pusti vse mirno stati približno 24 ur. Potem opaziš, da je postala voda nekoliko modra, in da stoji raztopina više nego je stala sprva. Kapljevini pronicujeta torej skozi mehur, vendar jedna (voda) hitreje nego druga. Ta prikazen zove se endosmosa in je v pravem le nekoliko drugačna prikazen lasovitosti. Podobne prikazni moreš opazovati, ako sta sploh dve tekočini ločeni druga od druge po luknjičavi pregraji ali steni. Endosmosa neha, ako sta obé tekočini v jednaki meri mešani.

Endosmosa je jako važna za živalsko in rastlinsko življenje.

### § 29. Kristalizovanje (*Krystallisation*).

Poskus: *a)* V plitvi posodi raztopi kuhinjske soli, kolikor je moreš, potem postavi posodo na toplo mesto. Voda polagoma izhlapeva, sol se pa nabira v trdni skupnosti na dnu v majhnih kockah.

— *b)* V posodi raztali nekoliko žvepla; potem postavi posodo na hladno mesto. Ko se žveplo dovoljno ohladi, naredi se na njegovem površji trdna skorja. Ako to predereš in tekoče žveplo pod njo izliješ, najdeš pod skorjo zelo veliko žvepljenih iglic.

Nekatere tvarine dobivajo, ako postajajo iz kapljevin zopet trdne, posebne like s pravilnimi ogli in sijajnimi ploskvami. Take like imenujemo kristale (ledee), prikazen pa kristalizovanje.

Tvarine kristalizujejo le takrat, ako so bile raztopljene ali po toploti raztaljene. Nekatere tvarine pretvarjajo se tekój iz trdnih v plinasta telesa, n. pr. jod, kafra; ako se taka plinasta telesa z ohladom zopet strjujejo, kristalizujejo tudi časih. Tako kristalizovanje imenujemo prehlapovanje (*Sublimation*) ali kristalizovanje na suhem potu.

Kristali so sploh bolj trdi in krhki nego so iste tvarine nekristalizovane. Tudi so bolj prozorni, imajo drugo barvo in tališče, ter kažejo sploh v različnih merih razna svojstva.

Na trdna telesa se posebno radi vlegajo. Tudi voda kristalizuje, n. pr. v snežinkah ali pa v ledu na šipah. — Kristali imajo sploh nekoliko vode v sebi (kristalna voda).

Tvarine so brezlične (*amorph*), ako nikdar ne kristalizujejo. Natančnejši pouk o kristalizovanji spada v mineralogijo.

Slika 12.





### III. Osnovni nauki iz kemije.

§ 30. **Kemijska spojina** (*chemische Verbindung*). Poskusi:

a) V porcelanasti posodi zmešaj približno 32 utežnih delov dobro stolčenega žvepla s približno 56 utežnimi deli železnih opilkov. — Iz te zmesi moreš vsak čas s povečalnim steklom železo razločevati od žvepla; s pomočjo krepkega magneta obe tvarini tudi ločiti. Vsa druga pa je stvar, ako to zmes nad ognjem dovoljno segreješ. Zmes menja barvo, postane črnorujava, in v njej ni moči več spoznati niti žvepla niti železa. S segrevanjem postala je čisto nova tvarina, katere svojstva so celo druga. Ta tvarina ne gori v zraku kakor žveplo, magnet ne deluje nánjo, kakor na železo; v toploti se stali pri temperaturi, katera je višja od tališča žvepla in nižja od one, pri kateri se tali železo. To novo nastalo tvarino imenujemo železov sulfid (*Schwefeleisen*). — b) S klješčami drži žico od magnezija v plamen vinskega cveta, da se ti užgè in zgoreva. Pri gorenji pada na tla bel prah, v vodi nekoliko raztopen in lužnatega okusa. Tehtaje magnezij pred zgoretjem in tehtaje tudi novo nastali prah najdeš, da ima ta prah večjo težo nego je bila teža zgorelega magnezija. Goreč magnezij se je pretvoril v čisto novo tvarino magnezijev okis ali magnezijo (*Magnesiumoxyd* oder *Magnesia*), in sicer s tem, da je iz zraka prisvojil si nekoliko kisika. Od 24 utežnih delov magnezija dobiš 40 utežnih delov magnezije, torej je pristopilo 16 utežnih delov kisika. — c) Vzemi približno 32 utežnih delov žvepla ter je dobro zdrobi in primešaj mu približno 200 utežnih delov živega srebra. Ako oboje prav dobro zmešaš, dobiš črn prah, zmes, iz katere se dá izločevati živo srebro od žvepla. Čisto novo tvarino pa dobiš, ako to zmes v stekleni cevi toliko segreješ, da zaslišiš slab pok. Ta nastala tvarina imenuje se črni cinober (*schwarzer Zinnober*). — Poskusi a), b) in c) kažejo, da med posameznimi tvarinami delavne molekularne sile morejo delovati s takim vspehom, da se tvarine izpreminjajo in da nastajajo iz dveh ali več tvarin čisto nove, od prvih gledé svojstev po polnem različne tvarine. Tako delovanje molekularnih sil je kemijsko; proizvode tega delovanja zovemo kemijske spojine.

Tvarine so si kemijsko sorodne (*verwandt*), ako stopajo v kemijske spojine ali se spajajo.

Kemijska sorodnost je različna med različnimi tvarinami; zavisna je tudi od temperature. Žveplo in železo spajata se le pri

visjih temperaturah. Med apnom in ogljikovo kislino je sorodnost večja pri nižji temperaturi nego pri višji. Kemijska sorodnost vzbuja se med drugim le takrat, ako se tvarine neposredno dotikajo, tedaj takrat najbolj, ako so zdrobljene ali raztopljene ali staljene ali plinaste. Dalje vplivajo na kemijsko sorodnost tudi svetloba, toplota in elektrika.

§ 31. **Kemijski razkroj** (*chemische Zersetzung*). Poskusa:

*a)* V stekleni cevi segrevaj srebrov okis, to je črnorjav prah. Kmalu začne iz cevi odhajati nek poseben plin. Ako vtakneš v cev tlečo trsko, užgè se s plamenom, kar kaže, da je ta razvijajoči se plin kisik. V cevi ostane pa čisto srebro. Ko bi bil vzel 232 utežnih delov srebrovega okisa in razvijajoči se kisik prestregel v posebni posodi in ga stehal, našel bi ga 16 utežnih delov; srebra v cevi pa 216 utežnih delov. — *b)* Cinobru primešaj železnih opilkov ter segrevaj to zmes v dolgi stekleni cevi. Na zgornjem konci steklene cevi naredi se kmalu svetel obroč, katerega lahko spoznaš za živo srebro; na dnu cevi ostane pa neka nova tvarina, železov sulfid.

Poskusa *a)* in *b)* kažeta, da se dajo nekatere tvarine ločiti v dve ali več drugih novih tvarin, katere so od prvih gledé svojstev različne. Tvarino v tvarno druge dele ločiti pravi se, tvarino kemijsko razkrajati. Tako postopanje je kemijski razkroj.

Kemijski razkroj more biti dvojen: *a)* razkroj na kakovost (*qualitative Analyse oder Zersetzung*), ako iščemo z razkrojem samo sestavine, ne gledé na njihovo kolikost; *b)* razkroj na kolikost (*quantitative Analyse*), ako se oziramo pri razkroji na kakovost in kolikost sestavin.

Kemija ima nalogo: *a)* da razkraja spojine v njihove sestavine (analitična kemija), *b)* da sestavlja iz danih sestavin nove spojine (sintetična kemija) in da uči svojstva spojin in njihovih sestavin.

§ 32. **Kemijske prvine** (*chemische Elemente*). S pomočjo toplote, svetlobe, elektrike in še drugih pripomočkov dajo se skoro vsa telesa razkrajati v več sestavin. Te sestavine so velikokrat same sestavljene še iz drugih tvarin. Vender najdemo tvarine, katerih z nobenim dosedaj poznatih pripomočkov ni mōči dalje razkrojiti. Take tvarine imenujemo kemijske prvine (*chemische Elemente oder Grundstoffe*).

Dosedaj je znanih 64 prvin. Pri poskusih *a)*, *b)* in *c)* v § 30. so žveplo, železo, srebro, magnezij prvine; železov sulfid, magnezija in cinober pa spojine.

V sledeči tablici našete so do sedaj znane prvine.

Ime	Znak	Atom. teža	Ime	Znak	Atom. teža
<b>Nekovine.</b>			Kadmij (Cadmium) . . . . .	<i>Cd</i>	112
Bor . . . . .	<i>B</i>	11	Kalcij (Calcium) . . . . .	<i>Ca</i>	40
Brom . . . . .	<i>Br</i>	80	Kalij . . . . .	<i>K</i>	39
Dušik (Nitrogenium) . . . . .	<i>N</i>	14	Kobalt (Cobaltum) . . . . .	<i>Co</i>	58·8
Fluor . . . . .	<i>Fl</i>	19	Kositer (Stannum) . . . . .	<i>Sn</i>	118
Fosfor (Phosphor) . . . . .	<i>P</i>	31	Krom (Chromium) . . . . .	<i>Cr</i>	52
Jod . . . . .	<i>J</i>	127	Lantan . . . . .	<i>La</i>	90
Kisik (Oxygenium) . . . . .	<i>O</i>	16	Litij . . . . .	<i>Li</i>	7
Klor (Chlorum) . . . . .	<i>Cl</i>	35·5	Magnezij . . . . .	<i>Mg</i>	24
Kremik (Silicium) . . . . .	<i>Si</i>	28	Mangan . . . . .	<i>Mn</i>	55
Ogljik (Carbonium) . . . . .	<i>C</i>	12	Molibden . . . . .	<i>Mo</i>	96
Selen . . . . .	<i>Se</i>	79·4	Natrij . . . . .	<i>Na</i>	23
Telur . . . . .	<i>Te</i>	128	Nikelj . . . . .	<i>Ni</i>	58
Vodik (Hydrogenium) . . . . .	<i>H</i>	1	Niobij . . . . .	<i>Nb</i>	94
Žveplo (Sulfur) . . . . .	<i>S</i>	32	Osmij . . . . .	<i>Os</i>	199·4
<b>Kovine.</b>			Paladij . . . . .	<i>Pd</i>	106·6
Aluminij . . . . .	<i>Al</i>	27·4	Platin . . . . .	<i>Pt</i>	197·4
Antimon (Stibium) . . . . .	<i>Sb</i>	122	Rodij (Rhodium) . . . . .	<i>Rh</i>	104·4
Arzen (Arsenicum) . . . . .	<i>As</i>	75	Rubidij . . . . .	<i>Rb</i>	85·4
Baker (Cuprum) . . . . .	<i>Cu</i>	63·4	Rutenij . . . . .	<i>Ru</i>	104·4
Barij . . . . .	<i>Ba</i>	137	Srebro (Argentum) . . . . .	<i>Ag</i>	108
Berilij . . . . .	<i>Be</i>	9·4	Stroncij . . . . .	<i>Sr</i>	87·5
Bismut (Bismuthum) . . . . .	<i>Bi</i>	210	Svinec (Plumbum) . . . . .	<i>Pb</i>	207
Cerij . . . . .	<i>Ce</i>	92	Talij (Thallium) . . . . .	<i>Tl</i>	204
Cezij (Caesium) . . . . .	<i>Cs</i>	133	Tantal . . . . .	<i>Ta</i>	182
Cinek (Zincum) . . . . .	<i>Zn</i>	65	Titan . . . . .	<i>Ti</i>	50
Cirkonij (Zirkonium) . . . . .	<i>Zr</i>	89·6	Torij (Thorium) . . . . .	<i>Th</i>	231
Didim . . . . .	<i>Di</i>	94	Uran . . . . .	<i>U</i>	120
Erbij . . . . .	<i>E</i>	112·6	Vanadij . . . . .	<i>V</i>	51·3
Galj . . . . .	<i>Ga</i>	69·9	Volfram (Wolframium) . . . . .	<i>W</i>	184
Indij . . . . .	<i>In</i>	113·4	Zlato (Aurum) . . . . .	<i>Au</i>	197
Iridij . . . . .	<i>Ir</i>	197·4	Železo (Ferrum) . . . . .	<i>Fe</i>	56
Itrij (Yttrium) . . . . .	<i>Y</i>	68	Živo srebro (Hydrargyrum) . . . . .	<i>Hg</i>	200

V prvem vertikalnem razredku stoji slovensko ime prvine, pri nekaterih tudi latinsko, in sicer pri onih, katerih latinsko ime se drugače glasi ali z drugimi črkami začenja kakor slovensko; v drugem razredku je kemijski znak prvine. O tretjem razredku z napisom «Atom. teža» (atomska teža) govorili bomo pozneje. Znaki prvinam so začetne črke njih latinskega imena, n. pr. znak za vodik (Hydrogenium) je *H*. Izmed dveh prvin z jednako začetno črko dobiva pozneje poznata k prvi črki še drugo; n. pr. žveplo (Sulfur) ima znak *S*, kositar (Stannum) pa *Sn* i. t. d. Prvine z drobno tiskanimi imeni so v naravi zelo redke.

Prvih 14 prvin imenujemo nekovine (*Ametalle, Metalloide*), druge kovine. Kovine so, izvzemši živo srebro, pri navadni temperaturi trdna, neprozorna, v vodi neraztopna a vlečna telesa, dobri prevodniki toplote in elektrike; lastna njim je tudi kovinska svetlost (*Metallglanz*). Kovine so lahke, ako je njihova specifična teža manjša nego 5, druge so težke. Nekovine so nekatere trdne, nekatere plinaste ali časi kapljivo tekoče.

§ 33. **Kemijski osnovni zakoni.** Ako vzememo pri poskusu a) § 30. železa več nego 56 utežnih delov, žvepla pa le 32 utežnih delov, ne spoji se vse železo z žveplom, ampak le 56 utežnih delov, kar ga je več, ostane neizpremenjeno.

Teža nove spojine je vsakokrat 88 utežnih delov.

Takisto se prepričamo, da se spajata žveplo in živo srebro v utežnem razmerji 32:200. —

Iz teh in brezštevilnih drugih poskusov sledita ta-le za vso kemijo velevažna zakona:

1.) Kemijske prvine spajajo se le v stalnih utežnih razmerjih.

Plinaste prvine spajajo se tudi v stalnem razmerji prostornin.

2.) Teža vsake kemijske spojine je jednaka vsoti tež njenih sestavin.

V prirodi ostane torej množina tvarine neizpremenjena.

Številke v tretjem vertikalnem razredku povedajo, v katerem razmerji se prvine medsebojno spajajo; radi tega zovejo se po gostem tudi spojinske teže prvin (*Verbindungsgewichte*).

Kakšen je razloček med kemijsko spojino in fizikalno zmesjo?

§ 34. **Molekuli, atomi, teža atomov.** V § 7. smo rekli, da je vsako telo sestavljeno iz brezkončno malih, mehanično nedeljivih delcev, iz molekulov. Kemija nas uči, da molekuli niso najmanjši deli tvarine, ker vsak molekul cinobra n. pr. sestoji še iz živega srebra in žvepla. Najmanjši delci tvarine, iz katerih so sestavljeni molekuli, so atomi. Molekul cinobra n. pr. sestoji iz atoma živega srebra in iz atoma žvepla. Vsaka prvina sestoji iz atomov, kateri so vsi jednako veliki in jednako težki; atomi različnih tvarin so gledé teže in velikosti sploh različni. Atome plinastih teles smatramo pri jednaki temperaturi in pod enakim tlakom jednako velike.

Jeden atom sam záse ne more ostati, ampak pritegne k sebi še najmenj jeden drugi atom, ter tvori z njim molekul. Kemične spojine vršé se le med atomi.

V cinobru sta si teži žvepla in živega srebra kakor 32:200; znano je dalje, da je molekul cinobra sestavljen iz jednega atoma žvepla in jednega atoma živega srebra. Teži po jednega atoma žvepla in po jednega atoma živega srebra morata si torej biti kakor 32:200.

Voda se dá razkrojiti v dva plina: kisik in vodik, katerih prostornini sta si kakor 1:2; teži pa kakor  $16:2 = 8:1$ . Jedna prostornina kisika je torej 16krat težja od jednake prostornine vodika. Ker so atomi plinastih teles vsi jednako veliki, mora biti vsak atom kisika 16krat težji nego je atom vodika.

Na podoben način so spoznali kemijki utežna razmerja atomov vseh prvin in našli, da je teža vodikovega atoma najmanjša. Vzeli so jo za jednoto in zračunali, kolikorkrat težji so atomi drugih prvin. Utežna razmerja atomov so ista, kakor utežna razmerja, v katerih se prvine spajajo. V gori navedeni tablici prvin zaznamenujejo številke v tretjem vertikalnem razredku specifične teže atomov gledé vodika.

Te številke torej zaznamenujejo:

- a) Kolikorkrat je atomska teža kake prvine večja od atomske teže vodikove;
- b) v katerih utežnih razmerjih se prvine spajajo.

§ 35. **Kemijska pisava.** Prvine zaznamujemo z začetnimi črkami njihovega latinskega imena; n. pr. vodik s črko *H*; s to črko zaznamujemo ob jednem tudi utežna razmerja, v katerih se spajajo prvine. Spojine zaznamujemo s tem, da stavimo znake njih prvin znak k znaku. Kemijski znak cinobra je *HgS*, ter pomeni, da je molekul cinobra sestavljen iz atoma *Hg* (živega srebra) in atoma *S* (žvepla) in da sta si teži kakor 200:32.

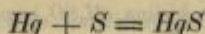
Ako je molekul kake spojine sestavljen iz več atomov jedne prvine, zaznamujemo to s tem, da pridenemo znaku te prvine spodaj na desni še kazalec.

Znak modre galice je: *CuSO<sub>4</sub>* in pomeni, da sestoji molekul modre galice iz jednega atoma bakra (*Cu*), jednega atoma žvepla (*S*), štirih atomov kisika (*O<sub>4</sub>*), in da so utežna razmerja teh prvin  $63.4:32:16 \times 4$ .

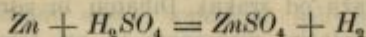
Teža molekula modre galice (molekularna teža, *Molekulargewicht*, imenovana) je  $63.4 + 32 + 64 = 159.4$ .

Več molekulov kake prvine zaznamujemo s koeficijentom; n. pr. *3HgS* pomeni tri molekule cinobra.

Kemijske presnove (*Processe*) zaznamenujemo z jednačbami. Pred jednačaj stavimo prvine ali njih spojine pred medsebojno zvezo, za jednačajem pa proizvode njih spojitve. Take jednačbe imenujemo potem črteže kemijskih presnov. N. pr.

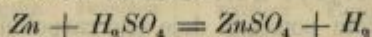


pomenja, da sta se spojila atom živega srebra in žvepla v molekul cinobra (*HgS*).



pomenja, da je proizvod spojitve cinka (*Zn*) in žveplene kisline (*H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*) cinkova ali bela galica (*ZnSO<sub>4</sub>*) in dva atoma vodika (*H<sub>2</sub>*).

V utežnih razmerjih pomenja:



$$65 + (2 + 32 + 64) = (65 + 32 + 64) + 2$$

$$65 + 98 = 161 + 2, \text{ t. j. :}$$

65 utežnih delov cinka in 98 utežnih delov žveplene kisline spaja se v 161 utežnih delov cinkove galice in ostaneta še 2 utežna dela vodika.

### Nekatere prvine in njih spojine.

§ 36. **Vodik** (*Wasserstoff*). Dobitev: Na dno steklene posode *a* (slika 13.) daj nekoliko kosov cinka. Grlo zamaši z zamaškom; skozi tega vtakni plinovodno cev *c* in livnik *b*, kateri pa mora segati blizu do dna. Skozi livnik nalij v posodo nekoliko z vodo razredčene žveplene kisline. — Kmalu se začne razvijati nek poseben plin, kateri odhaja skozi plinovodno cev. Ta plin je vodik.

Da moreš plin prestrezati, postopaj tako-le:

Konec cevi *c* postavi v posodo polno vode (pnevmatično kadičko, *pneumatische Wanne*), potem napolni stekleno posodo do vrha z vodo, pokrij jo s stekleno ploščo in jo povezni na poseben mostič pnevmatične kadičke, tako da je otvor posode nad koncem cevi *c*. Ako stekleno ploščo odtegneš, ne izteka voda iz posode, ker jo pritiska zračni tlak. Ko pa se začne v posodi *a* razvijati plin, odhaja skozi cev *c* v posodo in iztlačí nekoliko vode iz nje. V sliki 14. vidiš na desni tako pnevmatično kadičko in v njej prestrezno posodo (*Auffangglas*).

Slika 13.



Da dobiš v prestrezni posodi čistega vodfka, moraš sprva toliko čakati, da je odhajajoči vodik iz posode *a* odgnal ves zrak.

Črtež kemijski presnovi je:



Činek (*Zn*) in žveplena kislina ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) spojita se v belo galico ( $\text{ZnSO}_4$ ) in vodik ( $\text{H}_2$ ) odhaja.

Vodfik je plin brez barve, vonja in okusa, naj lažji izmed vseh plinov ( $14\frac{1}{2}$ krat lažji od zraka). Dihanju in gorenju ne služi; sam pa gori s slabo svetečim plamenom in pri tem se razvija velika toplota. Goreč se spaja s kisfkom v zraku v vodene pare. Platinska goba vpija ga v veliki meri; pri tem se vodfik toliko segreje, da se užgè (Doebereinerjeve netilnice).

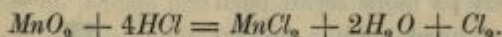
Vodfik z zrakom pomešan daje zelo razpokljivo zmes (pokalni plin, *Knallgas*).

V prirodi je zelo razširjen, vendar ne sam, ampak jedino le v spojinah. Največ ga je spojenega s kisfkom (voda); organskim tvarinam je bistveni del.

Liter vodfka tehta (pri  $0^\circ \text{C}$  in pod tlakom  $760 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$ )  $0.0896 \text{ g}$ . — Vodfik našel je prvi Paracelsus v 16. stoletji, Cavendish je l. 1781. še v pravo spoznal njegova svojstva.

§ 37. **Klor** (*Chlor*). Dobitev: V steklenico daj rujavega manganovca in prilij solne kisline, v grlu pa utrdi plinovodno cev. Ako to zmes v posodi segrevaš, razvija se poseben plin, klor.

Črtež presnovi je:



Rujavi manganovec (manganov prekis,  $\text{MnO}_2$ ) in solna kislina ( $\text{HCl}$ ) spojita se v manganov klorid (*Manganchlorür*,  $\text{MnCl}_2$ ), vodo ( $\text{H}_2\text{O}$ ) in klor ( $\text{Cl}_2$ ).

Klor je plin rumenkasto zelene barve in posebnega vonja. Ako ga dihamo, draži pluča, sili h kašlju in k pluvanju krvi, torej je otroven. V odprtih po konci stoječih posodah se dá prestrezati, torej je težji nego zrak. ( $2.44$ krat.)

Goreča trska ugasne v kloru, svetilni plin gori pa v njem isto tako kakor v zraku.

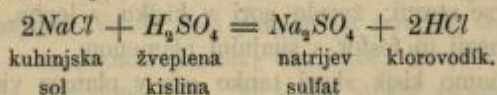
V prirodi nahajamo klor le v spojinah; največ ga je spojenega z natrijem (kuhinjska sol) in drugimi kovinami. S kovinami spaja se klor v kovinske kloride (*Chlormetalle*).

Posebno velika mu je sorodnost z vodfkom. Zmes enakih prostornin obéh plinov razpokne svetlobi izpostavljena z glasnim pokom; plina spojita se v vodikov klorid ali klorovodik (*Chlorwasserstoff*). Organskim tvarinam jemlje klor vodfik ter se spaja z

njim. Rastlinske barve, smrdljivi in škodljivi plini imajo več ali manj vodika v sebi; klor njim ga jemlje, s tem pa uničuje barve in škodljive pline. (S klorom belimo platenine; s klorovnatim apnom (*Chlor-kalk*), t. j. z žganim apnom, skozi katero je krožil klor, razkužamo zrak.) Mrzla voda vpija velike množine klora; taka voda imenuje se potem klorovnata voda (*Chlorwasser*). — Klorovodik dobivamo med drugim tudi tako-le:

V stekleno posodo dajmo kuhinjske soli in žveplene kisline. Zmes se začne peniti in razvija se plin brez barve, klorovodik.

Črtež presnovi je:



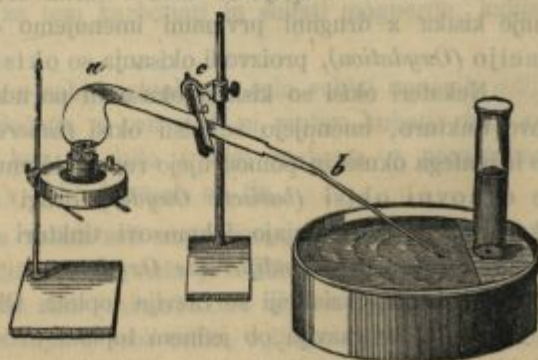
Klorovodik je plin brez barve, ima večjo težo nego zrak in se na zraku kadí. Voda vpija ga zelo pohlepno. Jedna prostornina vode vpije pri  $15^\circ \text{C}$  480 prostornin klorovodika. Voda, katera ima v sebi raztopljen klorovodik, imenuje se solna kislina (*Salzsäure*). Ako solno kislino segrevaš, odda ves svoj klorovodik. Solna kislina raztaplja malo ne vse kovine; pri tem se razvija vodik. Rabi nam v zdravilstvu, barvarstvu i. dr.

§ 38. **Brom, jod, fluor.** Brom je rujavkasto rudeča in otrovna tekočina zelo neprijetnega okusa. Pri navadni temperaturi izhlapeva; torej ga je treba hraniti pod vodo. Brom služi ali sam, ali pa v spojinah v zdravilstvu in fotografiji. — Jod je pri navadni temperaturi trden, grafitu podoben, otroven; vonja pa bromu podobno. V vodi je slabo, v alkoholu zelo raztopen. V alkoholu raztopljen zove se jodova tinktura. Na zraku ležč pretvarja se počasi, segret pa hitro v vijoličaste hlape. Ti se zgoščujejo z ohlajenjem zopet v majhne iglice in luske.

Skrob dobiva v dotiki z jodom posebno vijoličasto barvo. — Fluor je plin, kateri se nespojen v prirodi ne nahaja. Največ ga je v fluoritu ali jedavci. Težko ga je dobiti in preiskovati, ker razje vse posode, steklene in platinske.

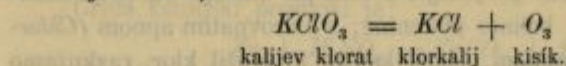
§ 39. **Kisik** (*Sauerstoff*). Dobitev: V retorti *a* (slika 14.) razgrevaj kalijev klo-

Slika 14.





rat ali klorovokisli kalij ( $KClO_3$ ). Toplota razkroji kalijev klorat v klorkalij in kisik, kakor kaže črtež



Razvijajoči se kisik moreš nad vodo prestrezati v steklenih posodah.

Kisik je plin brez barve in vonja, nekoliko težji nego zrak, v vodi nekoliko raztopen. Sam ne gori, pospešuje pa vsako gorenje. V kisiku vzplamti tleča trska s svetlim plamenom; žaróče jekleno pero zgoreva s plamenom in glasnim praskom, da se iskrice razletavajo na vse strani; žveplo gori v kisiku z lepim, modrim plamenom; magnezij in fosfor s sijajnim plamenom.

Ako pihamo kisik skozi tanko cev v plamen vinskega cveta, dobi ta toliko toploto, da moremo v njem taliti žice od jekla in platina. Ker je v zraku tudi kisik, umevno bode, zakaj dobi vsak ogenj višjo temperaturo, ako vánj pihamo zrak. (Kovač piha z mehóm, urar s puhalnico i. t. d.)

Dihanju je kisik neobhodno potreben, brez njega ni živalskega življenja.

Nespojen kisik nahajamo v zraku in nekoliko tudi v vodi; največ ga je spojenega z drugimi prvinami. Z vodikóm spojen tvori vodo, v drugih spojinah je glavna sestavina naše zemlje.

Ozon ali delavni kisik. Kisik dobiva druga svojstva, ako spustimo vánj veliko električnih isker, ali ako fosfor v zaprtem prostoru počasno zgoreva. Kisik dobiva s tem poseben vonj, nekako po žveplu, in dosti večjo sorodnost k drugim prvinam. Spaja se potem s prvinami, s katerimi se navadno ne spaja. Tak izpremenjen kisik zove se ozon ali delavni kisik. Nahajamo ga tudi v prirodi, posebno na travnikih in gozdih. Ozon razkužuje zrak; kjer ga je veliko, ni se treba toliko bati kužnih bolezni.

Iz vzemši fluor spaja se kisik z vsemi drugimi prvinami. Spajanje kisika z drugimi prvinami imenujemo okisanje ali oksidacijo (*Oxydation*), proizvodi okisanja so okisi ali oksidi (*Oxyde*).

Nekateri okisi so kislega okusa in porudečujejo modro lakmusovo tinkturo, imenujejo se kisli okisi (*sauere Oxyde*); drugi okisi so lužnatega okusa in pomodrujejo rudečo lakmusovo tinkturo; zovejo se osnovni okisi (*basische Oxyde*); drugi zopet so brez vsega okusa in ne izpreminjajo lakmusovi tinkturi nje barve; zovejo se nerazločni okisi (*indifferente Oxyde*).

Pri vsaki oksidaciji se razvija toplota. Oksidacija zove se gorenje, ako se razvija ob jednem toplota in svetloba. Pri počasni oksidaciji toplota ni prav čutna, ker se razvija počasno in v pro-

storu tekój izgublja. Rjavenje železa, trohnenje, dihanje ljudij in živalij i. t. d. so prikazni oksidacije. Razkísati (*desoxydiren*) se pravi, okísu odtegniti kisik.

Kisik našel je l. 1774 Anglež Priestley in leto dnij pozneje od njega nezavisno Švedec Scheele. Francoz Lavoisier spoznal se je vendar (1775), da je kisik prvina.

§ 40. **Voda** ( $H_2O$ ). Poskus: V posodi *a* (slika 13.) razvijaj vodik; plinovodno cev *c* napelji pa v drugo cev, v kateri je klor-kalcij. Klorkalcij jemlje odhajajočemu vodiku vso mokroto. Ko smeš biti uverjen, da odhaja iz cevi čist vodik brez vsega zraka, užgi na plano prihajajoči vodik; nad plamen pa povezni steklen zvonec. — Kmalu se zvonec znotraj orósti, kar kaže, da se v zraku goréč vodik pretvarja v vodene pare, ki se na steklu zgoščujejo v vodo.

Voda je kemijska spojina vodíka in kisika. Natančni poskusi učé, da se spaja s silnim pokom jeden prostorni del kisíka z dvema prostornima deloma vodíka v vodene pare (pokalni plin, *Knallgas*). Kemijsko znamenje vode je  $H_2O$ . Voda je prozorna, brez barve, vonja in okusa; more biti trdne, kapljive ali plinaste skupnosti (led, voda, vodene pare). V temperaturi  $0^{\circ}C$  zmrzuje in se strjuje v led; pri  $100^{\circ}C$  in pod tlakom jedne atmosfere zavrè in se pretvarja v pare, pri navadni temperaturi izhlapeva le na površji. Izmed vseh kapljevín je na zemlji naj bolj razširjena. ( $\frac{3}{4}$  zemeljskega površja pokriva voda.) Pline more vsrkati v veliki meri ter topi tudi celo vrsto trdnih teles. Rastlinskim in živalskim tvarinam je glavna sestavina. — V prirodi vendar ni nikoli po polnem čista, ampak ima v sebi raztopljenih celo vrsto teles. Ogljikova kislína daje jej poseben prijeten okus, ter jo sposobuje, da more več solij raztapljati. Izmed solij, v vodi raztopljenih, najvažnejša je ogljikovo kisló apno, za tem karbonati in sulfati magnezije, kalija, natrija, železa i. t. d.

Trda voda ima v sebi raztopljenih zelo veliko apnenih solij; mehka prav malo. Sočivja v trdi vodi ni možno kuhati; tudi za pranje ni pripravna, ker se milo v njej razkraja v neraztopno apneno milo, ki pada v belih kosmah na tla.

V morski vodi je veliko soli raztopljene, z izparivanjem dobivamo to sol. Iz globočine prišla voda je velikokrat topla ter ima v sebi raztopljenih solij in rud (mineralne ali rudninske vode). Slatine ali kisle vode imajo v sebi veliko ogljikove kisline in natrijevih karbonatov.

Tudi organske tvarine (rastlinske in živalske) so dostikrat v vodi. Te začnejo gnjiti. Plini razvijajoči se pri gnjitji dajo jej neprijeten in smrdljiv vonj in okus; taka voda sploh za pijačo ni zdrava. Neprijetni vonj in okus jej jemljemo s tem, da jo precejamo čez oglje.

Najčistejša voda v prirodi je deževnica, vendar tudi ta ni kemijsko čista, ker ima v sebi nekoliko dušfka, kisika, ogljikove kisline in tudi amonijaka.

Snežnica nastane s taljenjem ledu ter nima v sebi nobenih plinov.

Kemijsko čisto vodo dobivamo jedino le s prekápanjem.

§ 41. **Žveplo** (*Schwefel*) nahajamo v prirodi samočisto, posebno blizu ognjenikov (v Siciliji in Islandiji), dalje med laporom in apnencem. Največ ga je spojenega s kovinami v rudah, v kisikovih in kovinskih spojinah (žveplenokislih soléh), n. pr. v mavci, beli in modri galici i. t. d.)

Žveplo je trdno telo svetlorumene barve, v vodi neraztopno, nekoliko raztopno v alkoholu in êtru, zelo raztopno v terpentinovem olji in ogljikovem sulfidu (*Schwefelkohlenstoff*). Gledé kristalizovanja je dvoliko. Do  $111^{\circ} C$  razgreto izpremeni se v redko rumeno, nekoliko medu podobno tekočino. Ta tekočina postane pri temperaturi  $150$  do  $160^{\circ} C$  rujava in žilava, pri  $250^{\circ} C$  toliko gosta in žilava, da ne teče iz posode, ako jo tudi vzvrnemo; pri  $440^{\circ} C$  je zopet redka in zavrè, ter se pretvarja v rudečkasto rujave pare. Ako izlijemo redko tekoče žveplo v mrzlo vodo, ohladi se v nekoliko prozorno, mehko, rumeno in tvorno tvarino, katera se s časom zopet strdí in porumení. — Žveplo je slab prevodnik toplote in elektrike, drgneno postane električno. — V zraku gori z modrim plamenom, izgorina je žveplena sokislina.

Čisto žveplo dobivamo deloma od samočistega žvepla v prirodi, deloma od njegovih spojin z izparivanjem žvepla. Žveplene pare pretvarjajo se z ohlajenjem v prah, žvepleni cvet (*Schwefelblumen*) imenovan.

Žveplo uporabljamo za žveplenke, smodnik, zdravila; trosimo je na grozdje, ako se tega lotijo bolezní i. t. d.

§ 42. **Žveplove spojine.** Žveplo se rado spaja z drugimi prvini, posebno s kisikom, vodikom in kovinami.

Spojine žvepla s kovinami zovemo sulfide (*Sulfide*).

1.) Žveplov dvokis (*Schwefeldioxyd*,  $SO_2$ ) tvori se, ako žveplo v zraku gori ter je plin brez barve, kislega okusa in rezen. Rudeča

roža obledi v žveplovem dvokisu; zaradi tega nam služi žveplov dvo-  
kis za beljenje slame, svile i. t. d. Voda je tega plina zelo pohlepna ter  
se spaja z njim v žvepleno sokislino (*Schweifelige Säure*,  $H_2SO_3$ ). —

2.) Žveplena kislina (*Schweifelsäure*,  $H_2SO_4$ ). Čista žveplena  
kislina je brezbarvena, oljasta tekočina, jako jedka, kislá in vode po-  
hlepna. Ako jej prilijemo malo vode, spoji se s to ter se po gostem  
toliko segreje, da se pretvarja voda v pare, katere razpršé tekočino  
vsled svoje razpenjavosti na vse strani. Da se kaj tacemu izognemo,  
treba žvepleno kislino počasno prilivati vodi, a nikoli obratno.

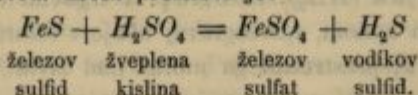
Žveplena kislina poteguje iz zraka náse vodene hlape; rastlin-  
skim in živalskim tvarinam odvzame vodo ter jih razdene in zoglení.  
Nje gostota gledé vode je 1.84; pri  $326^\circ C$  zavrè ter pušča na zraku  
megle.

Žveplena kislina topi malo ne vse kovine, ter se spaja z njimi  
v kovinske soli, sulfate imenovane. Take soli so n. pr. zelena galica  
ali železov sulfat (*Eisensulfat*,  $FeSO_4$ ), cinkov sulfat ali bela  
galica (*Zinksulfat*,  $ZnSO_4$ ), bakrov sulfat ali modra galica (*Kupfer-  
sulfat*,  $CuSO_4$ ); kalcijev sulfat ali mavec (*Calciumsulfat*, *Gyps*,  
 $CaSO_4$ ), natrijev sulfat ali Glauberjeva sol (*Natriumsulfat*,  
*Glaubersalz*,  $Na_2SO_4$ ).

Dobitev žveplene kisline je precej sestavljena kemijska presnova. Dobiva  
se s tem, da se izgoreva žveplo v zraku dotikaje se vode in solitarne kisline  
( $HNO_3$ ). Pri zgoretji žvepla nastali žveplov dvokis jemlje solitarni kislini kisik  
in vodik ter se pretvarja v žvepleno kislino. To je tako imenovana angleška  
žveplena kislina.

Razven te je običajna v trgovini tudi še kadéča se žveplena kislina,  
Nordhausenska ali češka žveplena kislina (hudičevo olje). Ta se dobiva s pre-  
hlapánjem suhe, brezvodne železove galice; oljasta je in rujava ter pušča na  
zraku megle. Kadéča se žveplena kislina ni čista, primešan ima žveplov trokis  
( $SO_3$ ), kateri na zraku odhaja ter se spaja z vodo v pare žveplene kisline. Upo-  
raba žveplene kisline je zelo mnogovrstna, tudi v obrtniji.

3.) Vodíkov sulfid (*Wasserstoff-sulfid*, *Schweifewasserstoff*,  
 $H_2S$ ). Poskus: V stekleni posodi polij železov sulfid ( $FeS$ ) z raz-  
redčeno žvepleno kislino ter segrevaj to zmes. Razvijajoči se plin  
prestrezaj v posodi nad živim srebrom ali nad toplo vodo. Ta plin  
je vodíkov sulfid. Črtež presnovi je:



Vodíkov sulfid je plin brez barve, smrdeč po gnjilih jajcih,  
plućam škodljiv in čist silno otroven. V zraku izgoreva z modrim  
plamenom v vodo in žveplov dvokis.

Voda ga vpija velike množine ter dobiva neprijeten, smrdljiv okus in porudečuje modri lakmusov papir.

Veliko kovin dobiva v vodikovem sulfidu črno barvo; tvorijo se namreč kovinski sulfidi. Vodikov sulfid se razvija tudi ondù, kjer gnjijó žveplenate rastlinske ali živalske tvarine, n. pr. na gnojščih in straniščih. V žvepljenih toplicah ga je precej obilno, po smradu ga je možno tekój spoznati.

§ 43. **Dušik** (*Stickstoff*). Dobitev: Košček fosfora polóži na plutino skorjico plavajočo na vodi ter ga užgi. Čez vse povezni steklen zvonec, da ne more zunanji zrak pod zvonec (slika 15.) Goreči fosfor spaja se z kisíkom iz zraka v  $P_2O_5$  (anhidrit fosforove kisline) in ta izgorina se v vodi topi. Ostali plin v zvonci je dušik in polni, ko je zgorel ves fosfor, le  $\frac{4}{5}$  prostora.

Slika 15.



Dušik je plin brez barve, vonja in okusa; sam ne gori, pa tudi vsaka goreča tvarina ugasne v njem; živali se v njem zadušé. Gledé zraka mu je gostota 0·791.

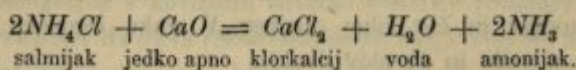
Dušik je samočist v zraku, spojen z drugimi tvarinami pa v amonijaku, solitarji, v mesu, laséh i. t. d.

Zrak je zmes dušika in kisíka, vendar ne spojina teh prvin. V 100 prostornih delih zraka je 20·9 prostornih delov kisíka in 79·1 prostornih delov dušika; ali v 100 utežnih delih zraka je 23·16 utežnih delov kisíka in 76·84 utežnih delov dušika. Razen teh prvin so v zraku še vodeni hlapi, amonijak in nekatere organske tvarine. Voda vpija iz zraka več kisíka nego dušika, kar tudi kaže, da zrak ni kemijska spojina.

§ 44. **Dušikove spojine.** Dušik sploh nima velike sorodnosti do drugih prvin, najmanjšo pa do kovin.

1.) **Amonijak** ( $NH_3$ ). Dobitev: V trgovini običajni salmijak pomešaj z jedkim apnom, ter segrevaj oboje v retorti. Razvijajoči se plin je amonijak, prestrezati ga moraš nad živim srebrom.

Črtež presnovi je:



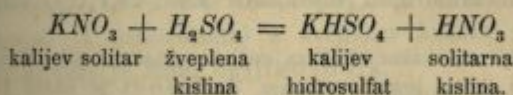
Amonijak je plin brez barve, zelo bodóčega vonja in peče v očéh. Sam ne gori in goreče tvarine ugasnejo v njem. Specifična teža gledé zraka mu je 0·59. Pod tlakom  $6\frac{1}{2}$  atmosfer ali pri temperaturi  $-40^{\circ}C$  postane kapljivotekoč, pri  $-80^{\circ}C$  se strdí. Voda vpija ga prav pohlepno ter dobiva po tem vsa svojstva amonijaka. Liter vode more pri temperaturi  $15^{\circ}C$  vpiti 700 litrov amonijaka. Z amonijakom nasičena voda se imenuje salmijakovec ali vodeni amonijak (*Salmiakgeist*, *Aetzammoniak*). Salmijakovec pomodruje rudeči lakmusov papir.

Amonijak se razvija v obilni meri po gnojšičih in stranišičih, posebno ob vlažnem vremenu; sploh vsakikrat, ko gnjijo dušičnate tvarine.

Rabi nam v zdravilstvu, barvarstvu, za pranje in odstranjevanje tolšče v oblačilih in za umetno prirejanje ledú.

2.) Solitarna kislina (*Salpetersäure*,  $HNO_3$ ). Dobitev: V retorti *a* (slika 16.) segrevaj kalijev solitar ( $KNO_3$ ) in čisto žvepleno kislino. Razvijajoči se plin prestrezaj v predčepini *b*, na katero pada curkoma mrzla voda. Z ohlajenjem zgoščuje se plin v kapljevino in ta je solitarna kislina ( $HNO_3$ ).

Črtež presnovi je:



Kalijev hidrosulfat ostane v retorti.

Čista solitarna kislina je pri navadni temperaturi podobna čisti vodi, zelo kislega okusa je in jedka ter porudečuje lakmus; njena gostota gledé vode je 1·5, pri  $86^{\circ}C$  zavrè. Čista solitarna kislina se navadno ne prodaje, ampak pomešana z vodo ( $2HNO_3 + 3H_2O$ ). Ta zmes zavrè pri  $120^{\circ}C$ , nje gostota pa je 1·4. Solitarna kislina razkraja se prav lahko, ker rada oddaje kisik. V njej topé se vse kovine, izvzemi zlato in platin. Pri tem se tvorijo solitarno kisle kovinske soli ali nitrati (*salpetersaure Metallsalze oder Nitrate*), n. pr. bakrov nitrat ( $CuNO_3$ ), srebrov nitrat (peklenski kamen,  $AgNO_3$ ), kalijev nitrat (kalijev solitar,  $KNO_3$ ), natrijev nitrat (čilski solitar,  $NaNO_3$ ) i. t. d.

Slika 16.



Z vodo pomešana solitarna kislina se zove ločnica (*Scheidewasser*), ker loči zlato od srebra in bakra. Zlatotopna voda (*Königswasser*) je zmes jednega dela solitarne in dveh delov solne kisline; v njej se topita tudi zlato in platin.

Solitarno kislino rabimo mnogovrstno: n. pr. v barvarstvu, da topimo kovine, da prirejamo strelni bombaž i. t. d.

§ 45. **Fosfor** (*Phosphor*). Fosfora v prirodi ni samočistega, ampak le v spojinah. V možganih, živcih, jajcih, mesu, posebno pa v kostéh je veliko fosfora.

Čisti fosfor je prozoren, svetel, pri navadni temperaturi mehek kakor vosek, v mrazu krhek ter vonja po česniku. Na zraku pušča bele pare, katere se v temi svetijo (fosfor se okisuje). Pri  $44^{\circ}C$  se tali, pri  $290^{\circ}C$  pa zavrè in se pretvarja v brezbarvene pare.

V suhem zraku se zelo rad užgè, časih že zadostuje toplota roke, posebno, ako ga nekoliko drgnemo. Hraniti ga treba pod vodo; sploh se mora z njim prav previdno postopati, ker je zelo otroven. Navadni fosfor se pretvori v rudeči fosfor, ako ga izpostavimo delj časa svetlobi ali ga v zraku brez kisika segrejemo do  $240-250^{\circ}C$ . Rudeči fosfor je brezlik prah brez vonja in okusa ter ni otroven. V temi se ne sveti in pri  $200^{\circ}C$  se še le užgè.

Ako izgoreva fosfor na suhem zraku ali v kisíku, izgorína je bel prah, anhidrid fosforove kisline ( $P_2O_5$ ), kateri je vode zelo pohlepen in se z njo spaja v fosforovo kislino ( $H_3PO_4$ ). Ta kislina je brezbarvena in neotrovná tekočina, ki se rabi po gostem tudi v zdravilstvu in se spaja s kovinami v fosfate ali fosforovokisne soli. Najimunitnejši fosfat izmed vseh je kalcijev fosfat ali fosforovokislo apno (*kohlensaurer Kalk*,  $Ca_3P_2O_8$ ), kateri je glavna sestavina kostij.

Fosfor rabi nam kakor otrov za miši in podgane, pri užigalnih klinčikih i. t. d. Fosfati so glavna hrana rastlinam. — Brandt je našel l. 1669. fosfor slučajno, ko je hotel zlato delati.

§ 46. **Ogljik** (*Kohlenstoff*) se nahaja v prirodi samočist, kristaliziran kakor dijamant in grafit in brezlik kakor oglje. Skupnosti je trdne, brez okusa in vonja, ni taljiv in v nobeni kapljevini topljiv; jedino taljeno železo ga nekoliko topi. Ker ni organske tvarine brez ogljika, torej je poleg kisíka in vodika v prirodi najbolj razširjena prvina.

Kemijsko najčistejši ogljik je dijamant. Dijamant je znan po svoji trdosti, prozornosti, svetlosti ter veliki lomljivosti svetlobe. Gostota mu je 3.5. Ob jednem je tudi krhek in se dá sèmljeti v droben prah. V kisíku izgoreva brez vsakega pepela. Njegova svetlost, trdost in redkost delajo ga toliko cenjenega. —

Grafit ali tuha je tudi kristaliziran ogljik, vendar ne tako čist, kakor diamant; gostota mu je 2·25. Grafit je sivkasto črn, kovinsko svetel, na papirji pušča barvo (uporabljamo ga za svinčnike); ker še bolj nerad gori, kakor diamant, delajo iz njega posode za talitev različnih tvarin.

Brezlik ogljik, oglje, tvori se, ako goré organske tvarine in njim primanjkuje zraka. Pri takem gorenji odhajajo razne plinaste ogljikove spojine, čist ogljik pa ostaja; primešanih mu je vendar še nekoliko tvarin, katere pri zgoretnji ostanejo kot pepel.

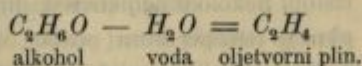
§ 47. **Ogljikove spojine.** Število ogljikovih spojin je brezštevilo, ker je ogljik bistvena sestavina vsake organske tvarine. Največjo sorodnost ima z vodikom, kisikom in žveplom.

Omenjati hočemo le nekaterih posebno važnih spojin.

1.) Lahki ogljikovodik (močvirni plin, *leichter Kohlenwasserstoff*, *Sumpf- oder Grubengas*,  $CH_4$ ). Ako s palico ruješ po blatu na močvirnatem kraju, razvijajo se posebni mehurčki. Te mehurčke moreš prestrezati v posebne posode in tako dobiš močvirni plin. Ta plin je brez barve in vonja, gori s slabo svetečim plamenom, lažji je nego zrak (gostota gledé zraka mu je približno 0·6), in se razvija povsod, kjer rastline pod vodo počasno gnjijó. Pomešan s kisikom in užgan razpokne s silnim treskom. Velike množine se ga razvijajo tudi po nekaterih rudnikih. Rudokopi imenujejo ga z zrakom pomešanega treskavi plin (*schlagendes Wetter*).

2.) Težki ogljikovodik ali oljetvorni plin (*étílen*, *schwerer Kohlenwasserstoff*, *ölbildendes Gas*,  $C_2H_4$ ). Dobitev: V retorti segrevaj alkohol (1 prostornino) z žvepleno kislino (3 prostornine). Razvijajoči se plin je težki ogljikovodik.

Žveplena kislina odtrga alkoholu nekoliko kisika in vodika v razmerji, kakor sta v vodi spojena. Črtež presnovi je po tem



Oljetvorni plin ali težki ogljikovodik je plin brez barve, slabega vonja in otroven. Sam gori s svetlo svetečim plamenom; v njem pa ugasnejo goreče tvarine. Gostota gledé zraka mu je 0·975. Z zrakom pomešan in užgan razpokne še s hujšo silo nego močvirni plin. S klorom daje neko posebno oljasto tekočino, in od tod njegovo imé: oljetvorni plin.

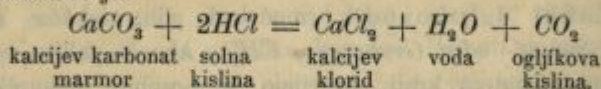
Razvija se pri prehlapu lesnega ali premogovega olja, smol in tolstih olj ter je bistvena sestavina svetilnega plina.



3.) Ogljikov okis (*Kohlenoxyd*,  $CO$ ) se razvija, ako oglje gori, pa nima dovolj zraka; plin je brez barve, posebnega okusa in vonja, v zraku gori z lepim modrim plamenom ter se spaja s kisikom v ogljikov dvokis (to prikazen moremo opazovati na žarečem oglji). Ogljikov okis je otroven. V zraku nekoliko z njim pomešanim, začne človeka glava boleti in omotica obhajati. V večji meri vdihan usmrti ljudi in živali.

Ako v peči zaklopnico zapremo, a oglje še ni vse zgorelo, razvija se ogljikov okis ter se razširja potem po sobi. Ne sme se torej v zaprti sobi žgati oglja ali pa pri peči zapirati zaklopnice.

4.) Ogljikov dvokis, ogljikova kislina (*Kohlendioxyd*, *Kohlensäure*,  $CO_2$ ). Dobitev: V stekleni posodi polij kosce marmorja s solno kislino. Razvijajoči se plin je ogljikova kislina. Črtež presnovi je:



Ogljikova kislina je plin brez barve, nekoliko kislega okusa in vonja ter 1·52krat težja nego zrak (moremo jo torej prestrezati v po konci stoječih posodah). V njej ugasnejo goreče tvarine; živali se zadušé. V mali množini vdihana zdravju ne škoduje. Pod tlakom 36 atmosfer in pri temperaturi  $0^{\circ}C$  postane kapljiva. Ako kapljivo ogljikovo kislino spustimo skozi tanko luknjo, pretvori se hitro v pare in odzame zaostali tekočini toliko toplote, da se ta strdi in zmrzne. Trdna ogljikova kislina je bela ter snegu podobna, med prsti se čuti kakor razbeljeno železo.

Voda vpija ogljikovo kislino precej pohlepno ter dobiva potem malo kiselast, prijeten in krepilen okus.

Hladna voda more pod navadnim tlakom vpijati in topiti jednako prostornino ogljikove kisline, pod večjim tlakom pa še več. Ko pa tlak neha, izstopi nekoliko ogljikove kisline; še rajši pa izstopi ogljikova kislina, ako se temperatura poviša. (Pijače, ki se pené). Vsa prirodna voda ima nekoliko ogljikove kisline v sebi, posebno veliko je imajo vrelci, slatine ali kiselice imenovani.

V krajih blizu ognjenikov puhti časih ogljikova kislina iz zemlje, ter se nabira na zemeljskem površji. (Pasja jama pri Napolji.) Ogljikova kislina se razvija dalje pri dihanji ljudij in živalij, pri alkoholskem vrenji in kjer goré ali gnijó ogljičnata telesa.

Ogljikova kislina je zelo važna za rastlinsko življenje. Rastline vdihajo iz zraka ogljikovo kislino ter jo razkrajajo; ogljik si osvobujajo, kisik pa izdihajo.

Spojine ogljikove kisline s kovinami so zelo številne; zovejo se splošno karbonati ali ogljikovokisle soli (*Carbonate, kohlelsaure Salze*). N. pr. kalcijev karbonat ali ogljikovo kislno apno (*kohlensaurer Kalk, CaCO<sub>2</sub>*). Dobiš ga, ako v apneno vodo napelješ ogljikove kisline. Soda ali natrijev karbonat (*kohlensaures Natron, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*); kalijev karbonat, pepelika (*kohlensaures Kali, Pottasche, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*), i. dr.

§ 48. **Gorénje** (*Verbrennung*) je sploh prikazan, da se pri spajanju dveh tvarin razvija toplota in svetloba. Navadno jemljemo vendar pri gorenju v poštev le spojitev kisika z drugimi prvini. Gorenje pospešujoča tvarina je netivo (*Zündstoff*), s kisikom spajajoča se tvarina pa gorivo (*Brennstoff*). Navadna goriva so ogljik, vodík, žveplo in njih spojine.

Pogoji gorenju so:

1.) Gorivo mora imeti določeno temperaturo. Treba ga prižgati in potem vzdržati pri tej temperaturi. Uže prižgano telo razvija navadno samo toliko in še več toplote, kolikor je potrebno, da ima gorivo stalno višjo temperaturo, nego je óna, pri kateri se užgè. Razmaljeno gorivo užgè se laže nego nerazmaljeno. Različna goriva užigajo se pri različnih temperaturah. (Žveplenke ali užigalni klinčki užgejo se z malim drgnenjem (še laže užgè se fosfor).

2.) Gorivo mora dobivati dovoljno množino kisika.

Tega dobiva navadno iz zraka, večkrat daje ga samo, namreč takrat, ako ima v sebi kisika. (N. pr. solitar v smodniku.) Čim več dobiva gorivo kisika, tem živahnjše je gorenje.

Kisik privajamo gorivu s tem, da skrbimo za dober prepih, kateri donaša na jedni strani gorivu čistega zraka, na drugi strani pa odpravlja izgorine (*Verbrennungsproducte*). —

S plamenom goré tvarine, katere se pred zgoretjem pretvarjajo v pline, n. pr. sveče, olje, petrolej, prémog; druge pa le žaré, n. pr. železo, baker.

Da je temu tako, kaže jasno plamen goreče sveče (slika 17.) Raztopljeno gorivo prilazi po stenji do plamena, tukaj se razkraja in pretvarja v svetilne pline. Ti plini tvorijo teman prostor *a* okoli stenja (jedro plamena). Jedro obdaje okoli in okoli zelo sveteči plašč *b*. V tem gori vodík; ker v ta kraj prihaja premalo kisika, ogljik le žari in daje plamenu svetljivost. Plašč *b* obdan je konečno od drugega plašča *c*, v katerem tudi ogljik po polnem zgoreva, ker dobiva zadosti kisika. Modri rob na spodnjem konci plamena tvori goreči ogljikov okís.

Slika 17.



Svetlivost dobiva plamen od trdnih, v njem žarečih tvarin. Svetlivost je tem večja, čim več je trdnih tvarin v plamenu in čim višja je njih temperatura. Nobene svetlivosti nimajo one goreče tvarine, pri katerih se ne razvijajo nobena trdna telesa, n. pr. goreč vinski cvet, vodik. Ako dobiva gorivo toliko kisika, da izločeni ogljik tekój zgoreva ter ne žari, ne sveti se plamen; vendar ima zelo veliko temperaturo. (Svetilni plin gori navadno s svetlim plamenom, ako mu primešamo dovolj zraka, rekše kisika, izgubi vso svetlivost, dobi pa visoko temperaturo [Bunsenov gorilnik]). — Gorivo more dobivati tudi premalo kisika, v tem slučaju se ne spaja ves ogljik s kisikom; plamen dela saje ali gorivo se kadí (petrolejska svetilnica, ako nima steklene cevi).

Barvo dobiva plamen od tvarin, katere se v plamenu pretvarjajo v pare, ki žaré. (Kuhinjska sol dáje plamenu rumeno, bakrov klorid zeleno barvo i. t. d.)

Gorenje moremo ustaviti ali gorečo tvarino ugasniti: *a*) ako gorivo pod temperaturo ohladimo, pri kateri se je užgala, *b*) ako zaprečimo zraku, rekše kisiku, pristop h gorivu.

Goreča drva z vodo polita ugasnejo. — Velicega ognja z malo vode ni móči ugasniti. Velika toplota razkrajá vodo v njeni sestavini, kisik pospešuje gorenje, vodik pa sam gori, torej postane ogenj še hujši. Gorečo svečo ali svetilnico ugasnemo, ako dovolj močno nánjo pihnemo; dovolj silen puh ohladi plamen. — Ogenj ugasne tudi, ako gorivo zakrijemo, n. pr. s prstjo, pepelom i. t. d. — Gorečih tolšč z vodo gasiti ni varno. Voda je težja od tolšč, pada torej na dno, tam se segreje in izpariva. Vodene pare odhajajoče na plano razmetavajo tolščo na vse strani.

## Nekoliko iz organske kemije.

§ 49. Organsko kemijo imenujemo oni oddelek kemije, kateri uči sestavine živalskih in rastlinskih tvarin in njihova svojstva. V organskih tvarinah so najbolj razširjene spojine ogljika, dušika, kisika in vodika. Vse organske spojine delimo v dve vrsti: *a*) v spojine brez dušika, brezdušikove (*stickstofffreie*), *b*) v spojine z dušikom, dušičnate (*stickstoffhaltige*).

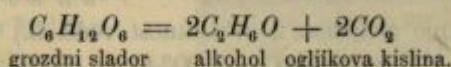
Brezdušikove spojine so bolj navadne v rastlinstvu, dušičnate v živalstvu.

Brezdušikove spojine so n. pr. alkohol ( $C_2H_6O$ ), trstni sladkor (*Rohrzucker*,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), grozdni sladkor (*Traubenzucker*,  $C_6H_{12}O_6$ , nahaja se v grozdji, sladkem sadji kakor figah, češnjah i. t. d.), mlečni sladkor (*Milchzucker*,  $C_{12}H_{22}O_{11} + aqua$ , nahaja se v mleku sesavcev). — Dušičnate spojine so n. pr. beljakovina (*Albumin*, nahaja se v jajcih, krvi i. t. d.), vlaknina

(*Fibrin*, raztopljena je v krvi, mesu, mišicah in rastlinah), *sirajna* (*Casein*, bistven del živalskega mleka, nahaja se tudi v sočivji).

§ 50. **Alkoholsko vrenje** (*geistige Gährung*). Poskus: V vodi raztopi nekoliko grozdnega sladkorja; raztopini prideni pa kvasú; potem pusti raztopino stati pri temperaturi 10—25° C. — Tekočina se začne kmalu peniti, iz nje odhajajo mehurčki, katere moreš lahko spoznati za ogljikovo kislino. Sprva kalna tekočina se čez nekoliko časa na novo sčisti. Izgubivša sladek okus po sladkorji ima okus po vinskem cvetu in je opojna. Ta pretvorjena tekočina je vinski cvet, z destilovanjem dobiš iz nje alkohol.

Slador se je pretvoril v vinski cvet po tem-le črteži:



Takšen razkroj sladkorja v alkohol in ogljikovo kislino zovemo **alkoholsko vrenje**.

Vreti morejo vse sladkoravnate tekočine, n. pr. sok od grozdja, sadja, ječmena i. t. d., vendar je vrenju neobhodno potrebno:

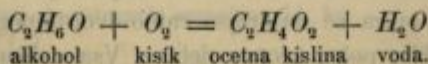
- 1.) Slador vrenja sposoben ( $C_6H_{12}O_6$ ).
- 2.) Nekoliko vode; nasičene raztopine ne vró.
- 3.) Temperatura od 5—30° C. (Ako je temperatura nižja nego 5° C, neha alkoholsko vrenje po polnem; pri 20—25° C je naj jačje.)
- 4.) Kvas (*Hefe*).

Kvas so glive, sestojéce iz majhnih kožnatih mehurčkov, polnih neke tekočine. Ti mehurčki (kroglice) poganjajo iz sebe popke in brste, ki rastó in se zelo hitro plodijo. Za živež rabi kvas ogljikovo kislino (jemlje jo sladkorju), amonijak in fosforovokisle soli (nekoliko teh tvarin mora biti vedno v tekočini, kalera vre).

Kvas alkoholskemu vrenju potreben imenujemo tudi drožé. Takih kvasovih glivic je vedno nekoliko tudi v zraku; torej je lahko umevno, da začne raztopina grozdnega sladkorja vreti, če le pride zrak z njo v dotiko.

Opojne pijače: vino, pivo, žganje, i. t. d. dobivamo pötem alkoholskega vrenja.

§ 51. **Kisanje** (*sauere Gährung*). Poskus: Alkoholú primesaj nekoliko kvasú ter ga pusti na zraku, da dobiva iz njega kisika. Alkohol se pretvori kmalu v očetno kislino (*Essigsäure*). Črtež presnovi je:



Najprej privzame alkohol samo jeden atom kisika in tvori se spojina  $C_2H_4O$  (aldehid) in  $H_2O$  (voda); aldehid privzame še jeden atom kisika, in tako nastane očetna kislina.

Pretvorba alkohola v očet se zove kisanje ali kisatev. — Pogoji kisanju so:

1.) Razredčen alkohol; (ne več kot jeden del alkohola na devet delov vode.) 2.) Temperatura 12—38° C. 3.) Pristop zraka, rekše kisika. 4.) Prisotnost kvasû.

Tudi ta kvas je posebna gliva. Za kvas služiti morejo očetna kislina sama, lepivo (*Kleber*) in druge beljakovine. Tudi organske tvarine iz zraka prouzuročujejo kisanje.

Podobne prikazni so: kisatev kruha, mleka, masla i. t. d.

§ 52. **Gnjitje** (*Fäulnis*) je prostovoljni razkroj organskih tvarin v jednovitejše, katere sploh smrdijo. — Pogoji gnjitju so:

1.) Nehanje življenja. 2.) Prisotnost vode. 3.) Prisotnost zraka, rekše kisika. 4.) Temperatura 6—100° C. — 5.) Da je tvarina dušičnata; ako je brezdušikova, mora se dotikati že gnjijoče tvarine, kvasû. Ako manjka jeden ali več teh pogojev, ostane tvarina več časa nepokvarjena. To uporabljamo n. pr. ko si sušimo meso ali je polagamo na led.

## IV. Toplota.

§ 53. Toplota je uzrok prikaznij, da vzprijemamo dotikajoči se teles posebne občutke, katere izražamo s besedami: mrzel, topel, vroč i. t. d., in uzrok prikaznij, da se prostornina in skupnost teles izpreminjata. Stopinja toplotnosti kacega telesa je njega temperatura. Kjer je malo toplote ali je pa sploh ni, pravimo, da je mraz. (Primerjaj § 10.)

V naslednjem hočemo preiskovati učinke toplote.

### 1. Raztezanje teles po toploti.

§ 54. **Kako razteza toplota trdna telesa.** Da moremo meriti, koliko razteza toplota trdna telesa, služi nam priprava (slika 18.) Palica, katere raztezo hočemo meriti, utrjena je na jednom konci, drugi njen konec opira se na krajšo ramo dvoramnega vzvoda, čegar drugi konec se giblje poleg krožne delitve. Vsa palica tiči v tekočini, katera dobiva od spodaj toploto. Toplota razteza palico, in ta premiče dvoramen vzvod. Iz kolikosti gibanja tega vzvoda dá se računati, za koliko milimetrov se je palica raztegnila.

Raznovrstni poskusi  
učé:

1.) Razteza razno  
dolгих palic od iste  
tvarine je pri jednaki  
temperaturi soraz-  
merna dolžini palice.

2.) Ako jedno in  
isto telo segrevamo  
med  $0^{\circ}$  in  $100^{\circ}C$ , raz-  
teza je sorazmerna šte-  
vilu stopinj, za koliko  
smo telo segreli.

Ako se je tempera-  
tura 2, 3, ...  $n$ krat povi-  
šala, prirastek na dolžini  
je 2, 3, ...  $n$ krat večji.

3.) Jednako dolga telesa od različnih tvarin raz-  
tezajo se v različni meri, ako ja segrevamo do iste tem-  
perature.

Pri višjih temperaturah nego  $100^{\circ}C$  raste razteza hitreje nego  
temperatura.

Telesa raztezajo se na vse strani; toplota jim daje večje ploskve in  
večjo prostornino. Telesa na vse strani jednako gosta raztezajo se na vse strani  
jednakomerno; druga pa ne, n. pr. kristali.

Število, katero pové, koliko je narastla dolgostna jednota vsled povišanja  
temperature za  $1^{\circ}C$ , zove se linearni raztezni koeficijent (*linearer Ausdeh-  
nungskoeffizient*). Ploskveni raztezni koeficijent pové prirastek ploskvene  
jednote, kubični raztezni koeficijent pa prirastek kubične jednote vsled  
povišanja temperature za  $1^{\circ}C$ .

Linearni raztezni koeficijent je za

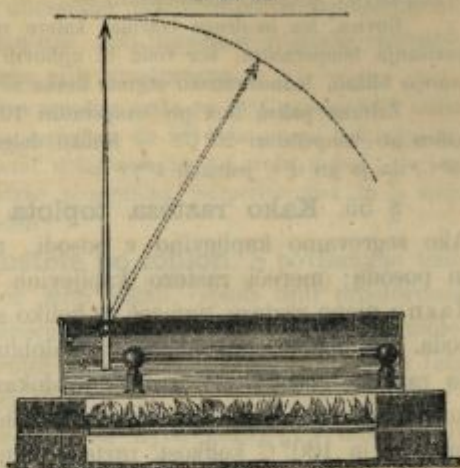
baker . . . . .	0·001717	srebro . . . . .	0·001909
méd . . . . .	0·001892	železo . . . . .	0·001167

Ako kakemu telesu temperaturo znižamo, skrči se toliko, da ima isto  
prostornino, koliko je imelo popreje pri isti temperaturi.

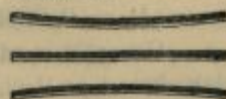
Sila, s katero se telesa po toploti raztezajo, ali v mrazu krčijo, zelo  
velika je ter jo časih tudi uporabljamo. Kovač napenja na leseno kolo šine, ko  
so zelo tople. Ohlajene se skrčijo ter držé les trdno skupaj. — Parnih kotlov  
ni smeti trdno vzidati, ker drugače razpokne zid, ko  
se kotli segrejejo i. t. d.

Palica, sestavljena od dveh različnih kovinskih  
prog (n. pr. od železa in bakra), se krivi, ako jo  
segrejemo ali ohladimo (slika 19.) Kako se krivi,  
ako jo segrejemo; kako, ako jo ohladimo?

Slika 18.



Slika 19.



Na to prikazen se opira uporaba termometrov od samih trdnih kovin. (Breguetov kovinski termometer.) —

Ilovica, les in druge tvarine, katere rade vpijajo vodo, krčijo se vsled povišanja temperature, ker voda iz njihovih luknjic izpariva, ter se molekuli morejo bližati. Jednostransko segrete deske se krivijo. (Zakaj?) —

Železna palica ima pri temperaturi  $10^{\circ}C$  dolžino  $3^{m}$ ; koliko dolga je palica pri temperaturi  $20^{\circ}C$ ? — Koliko dolgo mora biti merilo od medí pri  $18^{\circ}C$ , da je pri  $0^{\circ}C$  jednako  $1^{m}$ ? —

### § 55. Kako razteza toplota kapljivo tekoča telesa.

Ako segrevamo kapljevino v posodi, raztezata se obé, kapljevina in posoda; meréči raztezo kapljevine v posodi, zvemo le navidezno njeno raztezo, namreč za koliko se je bolj raztegnila nego posoda. Resnično raztezo kapljevine dobimo, ako navidezni prištejemo še raztezo posode. S poskusi je dokazano, da je kubični raztezni koeficijent različnim kapljevinam različen, in da pri temperaturah med  $0^{\circ}$  in  $100^{\circ}C$  kolikost razteze iste kapljevine sploh ni sorazmerna povišanji njene temperature. Živo srebro vender se razteza med  $0^{\circ}$  in  $100^{\circ}C$  enakomerno (kubični raztezni koeficijent =  $0.0001815$ ). Zaradi tega je živo srebro pripravno za termometre.

Pri termometrih, napolnjenih z alkoholom, treba je delitev napravljati primerjajoč z živosrebrnim termometrom.

Poskus: Malo steklenico napolni do vrha z čisto vodo, zamaši jej grlo in vtakni skozi zamašek termometer in na obeh stranéh odprto ozko cev, da moli za več centimetrov iz grla in da stoji voda v njej  $3-4^{cm}$  visoko. Pri vsem pa pazi, da ti pod zamaškom ne ostane nič zraka. Tako prirejeno steklenico postavi potem v zmes od ledú in solí. — Našel bodeš, da stoji voda v cevi najnižje, ko ima temperaturo  $+4^{\circ}C$ ; pri višji ali nižji temperaturi stoji pa više, torej se razteza in redči.

Iz tega poskusa sledi: da zavzema določena teža vode najmanjšo prostornino imajoča temperaturo  $+4^{\circ}C$ ; in da se pri nižji ali višji temperaturi razteza. Pri temperaturi  $0^{\circ}C$  ima voda približno isto prostornino, kakor pri  $+8^{\circ}C$ .

### § 56. Kako razteza toplota raztezno tekoča telesa.

Izmed vseh teles raztezajo se plinasta največ. Gay-Lussac našel je ta-le zakona: 1.) Vsi plini se raztezajo enakomerno in kolikost razteze je vsem jednaka, ako se jim temperatura za isto toliko poviša. 2.) Kubični raztezni koeficijent je  $= \frac{1}{273} = 0.003665$ .

Govoreči o raztezi plinastih teles moramo ozir jemati tudi na tlak, kateri ja tlači. Navedena zakona veljavna sta le dólj, dokler

ostane tlak na pline neizpremenjen. Ako oviramo raztezanje plinastih teles s tem, da jim ohranimo prostornino neizpremenjeno, narasta s povišanjem temperature njih napetost v istem razmerji, v katerem bi drugače narastala njih prostornina.

Ako zavzema določena utežna množina zraka pri  $14^{\circ} C$  prostor 6  $\mu$ ; kolika je prostornina tega zraka, ako ga segrejemo do  $50^{\circ} C$  in ostane tlak nánj neizpremenjen? — Za koliko bi moral določeno množino zraka segreti, da ima napetost 2 atmosfer, ako mu ostane prostornina neizpremenjena in je njega napetost pri  $0^{\circ} C$  jednaka 1 atmosferi?

§ 57. **Izprememba gostote po toploti.** S povišanjem temperature teles narasta, kakor smo slišali, sploh njih prostornina. Ako ima kako telo višjo temperaturo, mora biti torej število molekulov v jedni in isti prostornini manjše, torej tudi absolutna teža iste prostornine manjša. Torej sledi:

1.) Gostota teles zavisi od njih temperature in je manjša, ako je temperatura višja in obratno.

2.) Specifična teža teles je isto tako izpremenljiva, pri višji temperaturi je manjša in obratno.

Pri vodi imamo vendar izjemo; njena gostota in specifična teža sta pri temperaturi  $+4^{\circ} C$  največji. (§ 55.)

Določujoči gostoto in specifično težo moramo ozir jemati vsakokrat na temperaturo dotičnih teles. Primerjajoči gostoto teles z gostoto vode jemljemo vodo pri temperaturi  $+4^{\circ} C$ .

## 2. Kako se toplota širi. Kako se telesa segrevajo.

§ 58. Poskusi: a) Ako vržeš razbeljeno železno kroglo v skaf vode, ohladi se krogla, a voda postane toplejša; končno imata voda in železo jedno in isto temperaturo. — b) Drži železno palico z jednim koncem v ogenj. Sprva segreje se konec v ognji, s časom postane palica tudi na bolj od ognja oddaljenih mestih topla in vroča. Palica iz ognja vzeta ohladi se s časom do temperature jo obdajajočega zraka.

Toplota prehaja torej z jednega telesa na drugo in v jednom in istem telesu od molekula do molekula ter se širi tako v prostoru. Prehod toplote s toplejšega telesa na mrzlejše imenujemo podelitev toplote (*Mittheilung der Wärme*). Prehod toplote v jednom in istem telesu od molekula do molekula imenujemo prevod toplote (*Wärmeleitung*). — c) Stoječi blizu dobro zakurjene peči čutimo vročino na strani, katera je k peči obrnena. Ta vročina neha tekó, ako postavimo med sé in peč kako neprozorno steno, n. pr. desko. Zrak za



desko torej ni bil vroč. Toplota prehajala je s peči do našega telesa skozi zrak, pa tega vendar ni izdatno segrela. — *d*) Solnce nas menj pripeka, ako držimo nad glavo razpet solnčnik. — Toplota se more tedaj s teles na telesa širiti skozi tretje telo, katerega pri tem prehodu izdatno ne segreje. Tako širjenje toplote imenujemo žarjenje (*Wärmestrahlung*).

§ 59. **Kako prevajajo toploto trdna telesa.** Na jednom konci razbeljene, približno pol metra dolge železne palice ni mōči na drugem konci v roki držati, ker se čuti prevroča. Da jo moreš držati, treba jo oviti s platnom ali z lesom. Užigalni klinček pa lahko v roki držiš, čeravno je plamen že prav blizu prstov. — Izkušnja nas torej uči: da toplota v različnih telesih s razno hitrostjo prehaja od molekula do molekula; pri nekaterih zelo počasno (*les*); pri drugih pa hitro (*železo*). Prisojati moramo torej telesom različno vodljivost toplote (*Wärmeleitungs-fähigkeit*). Telesa, katera toploto hitro prevajajo od molekula do molekula ter na jednom konci segreta se hitro segrejejo do družega, in katera toploto drugim telesom hitro odvajajo, imenujemo dobre prevodnike toplote (*gute Wärmeleiter*). Telesa brez tega svojstva so slabi prevodniki toplote (*schlechte Wärmeleiter*.)

Slika 20.



(slika 20.), odpadajo kroglice na boljšem prevodniku preje in v večjo razdaljo od konca.

Dobrim prevodnikom imamo prištevati: kovine, in sicer v sledečem redu: srebro, baker, med, kositar, železo, svinec, platin, bismut; slabim prevodnikom: steklo, les, slamo, oglje, kožuhovino, ptičje perje, sneg i. t. d.

Dobri prevodniki toplote odvajajo hitro toploto, ako se njih dotaknemo; dozdevajo se nam imajoči jednako temperaturo kakor kak slab prevodnik toplote, vsakokrat hladnejši, dokler nas hladijo, t. j. našemu telesu toploto odvajajo; toplejši pa, ko nas grejejo, t. j. našemu telesu toploto privajajo.

Slabi prevodniki služijo nam, da telesom njihovo toploto več časa hranimo, njih mraza varujemo.

Da zvemo, je-li kako telo boljši ali slabši prevodnik toplote, nego drugo, jemljemo jednaki palici iz obeh in pritrdimo na njih z voskom v enakih razdaljah male lesene kroglice. Ako potem konca obeh palic na istem plamenu segrevamo

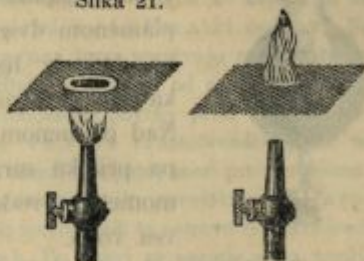
V zimskem času nosimo volneno, sukneno obleko, kožuhe. (Zakaj?) — Kovač ima na kleščih lesena držala. — Železna peč se hitro segreje pa tudi hitro ohladi. — Žito pod snegom je varno mraza. — Žareče oglje ugasne na kovinski plošči, na leseni deski pa ne. (Zakaj?)

Poskus: Vzemi tanko mrežo od drobnih žic in jo drži poprečno čez plamen gorečega plina. Plamen se na mreži pretrga (slika 21.) Mreža je dober prevodnik toplote in jemlje gorečemu plinu toliko toplote, da plin nad mrežo ne more dalje greti. Da plin skozi mrežo prihaja, prepričaj nas dim, katerega tamo pihnemo. Poskus moreš narediti tudi tako, da pipo plinovodne cevi odpreš in plin nad mrežo užgješ (slika 21. na desni). Potem gori plin nad mrežo in navzdol skozi mrežo pa se ne more užgati.

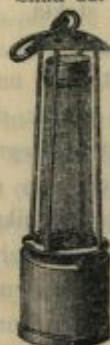
Ta zakon uporabljaja se pri Davyjevi svetilnici za rudokôpe (slika 22.) Oljeva svetilnica obdana je povsod s tanko mrežo od drobnih žic. Ako pride rudokôp s to svetilnico v kraj, kjer je treskavi plin, užgê se ta le v svetilnici, zunaj svetilnice se pa ne more užgati. Mreža pa vendar ne sme biti razbeljena.

§ 60. Kako prevajajo toploto kapljevine in plinasta telesa. Poskus: Vzemi na enem konci privarjeno stekleno cev, daj na dno nekoliko ledû in na tega nalij vode. Potem pa postavi v posebnem držalu cev pošev (slika 23.) Ako segrevaš s plamenom vinskega cveta vodo na zgorenjem konci cevi, more ti voda nad plamenom že vreti, a led na dnu ostane še nestaljen.

Slika 21.



Slika 22.



Slika 23.



Kapljevine so torej, razven živega srebra, katero spada med kovine, slabi prevodniki toplote, ako jih grejemo od zgoraj.

Slika 24.



Poskus: Steklenico napolni dobri dve tretjini z vodo, tej primešaj pa jantarovega prahu. Potem jo postavi nad plamen vinskega cveta (slika 24.) Kmalu zapaziš, da se jantarov prah v vodi nad plamenom dviga kvišku in ob stranéh pada zopet na dno. Iz tega izprevidiš, da je nastal v vodi, katero segrevaš od spodaj, dvojen tok (*Strömung*). Nad plamenom vzhaja voda proti površji, ob stranéh pa priteka mrzla na mesto nad plamenom. Termometer v vodo vtaknen prepriča te, da se segreva vsa voda.

Ta dvojni tok nastal je tako-le: Spodnji del vode segreje se dotikajoč se stekla. Ker je toplejša, raztegne se, postane lažja in kakor taka gre gori. Zgornje plasti vode so mrzlejše in težje, torej padajo ob stranéh na dno. — Ako pustimo segreto kapljevino stati v mrzlejšem zraku, da mu oddaje svojo toploto, opazovati moremo prvemu toku pri segrevanju nasproten tok.

Kapljevina se ohladi najprej na površji (posodo si mislimo od slabega prevodnika toplote), postane gostejša in težja ter pada na dno. Od dna vzhaja na površje toplejša in redkejša kapljevina.

Pri vodi najdemo izjemo tega zakona. Ker je voda pri  $+4^{\circ}C$  najgostejša, pada mrzlejša voda na dno, dokler se ne zniža nje temperatura do  $+4^{\circ}C$ . Ako se voda ohlaja niže, nego do  $+4^{\circ}C$ , ostaja najmrzlejša, ker je redkejša, na površji; torej se tvori prvi led na površji. V stoječi, globoki vodi najdemo o zimskem času pod ledom temperaturo  $0^{\circ}$ , niže doli  $+1^{\circ}C$ ,  $+2^{\circ}C$ ,  $+3^{\circ}C$  in na dnu  $+4^{\circ}C$ .

Ali imamo kak dobiček od tega, da stoječa voda zmrzuje najprej na površji? — Reke in potoki zmrzujejo isto tako, kakor stoječa voda najprej na površji. V potokih, v katerih voda zelo hitro teče, mešata se mehanično mrzlejša in gostejša voda, in v takih potokih tvori se večkrat prvi led na dnu.

Isto tako, kakor kapljevine so tudi plinasta telesa slabi prevodniki toplote, ako ja grejemo od zgoraj. Segrevati se morejo, ako postane v njih enak tok, kakor pri kapljevinah. Topel zrak se razteza in vzhaja kvišku, njegov prostor izpolnjuje mrzlejši, prihajajoč bodi si od spodaj, bodi si od strani.

Na vse strani zaprte zračne plasti služijo nam kakor slabi prevodniki toplote; n. pr. dvojna okna, dvojna vrata.

Ako o zimskem času sobina vrata nekoliko odpreš in v odprtino postaviš gorečo svečo, nagne se plamen v sobo, ako stoji sveča na pragu; iz sobe, ako je sveča visoko; miren pa ostane, ako je sveča v polovični višini te odprtine. Kaj kaže ta prikazen, kako si jo pojasnjuješ?

Meissnerjevo segrevanje prostorov s toplim zrakom se opira isto tako na kroženje toplega in mrzlega zraka.

Vetrovi so zračni toki, nastali vsled različnih temperatur na zemeljskem površji. Ako se zrak na kakem mestu zelo segreje, dvigne se kvišku in na njegovo mesto teče na zemeljskem površji mrzel. — 1.) Pasatni vetrovi. Na ravniku vpadajo solnčni traki malo ne navpično, torej segrevajo zemljo, ta pa zrak. Zrak se razteza, vzhaja kvišku in odteka v višavah od ravnika proti tečajema. Od tečajev teče mrzel zrak na zemeljskem površji proti ravniku. To veliko zračno kroženje zovemo pasatne vetrove (*Passatwinde*). Ker se zemlja vrti okoli svoje osi, pasatni vetrovi nimajo popolne meri proti tečajema; na severni poluobli je polarni veter severovzhodnik, ravniški veter jugozapadnik. Gorovje odklanja na posameznih mestih tudi te vetrove od navedenih merij. — 2.) Vetrovi ob morskih obalah. Po dnevi se segreje suha zemlja hitreje nego morska voda. Zrak nad suho zemljo se dviga kvišku in njegovo mesto zavzima zrak prihajajoč od morja (mornik, *Seewind*). Po noči se ohladi zopet zemlja hitreje nego morska voda. Zrak nad morjem se dviga in veter piha od suhega na morje (sušnik, *Landwind*).

§ 61. **Žarjenje.** Poskus: a) Vzemi občutljiv termometer ter ga drži blizu goreče svetilnice. Termometer se segreje in kaže višjo temperaturo. Ako pa postaviš med svetilnico in termometer papirnat zaslon, zniža se temperatura na termometru do prvobitne stopinje. Termometer kaže nižjo temperaturo, ako ga od svetilnice bolj in bolj oddaljuješ. — Podobne prikazni opazuješ, ako držiš termometer blizu železne posode, polne vrele vode.

Telesa izžarivajo toploto, naj si bodo svetla ali temna; čim višja je temperatura žarečega telesa, tem več toplote izžariva.

Natančni poskusi učé dalje:

Žareča toplota se širi premočrtno in je 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat slabša, ako je razdalja med žarečim in izžarjeno toploto vzprijemajočim telesom 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja.

Preme črte kažoče meri, v katerih se širi izžarjena toplota, imenujejo se toplotni trakovi (*Wärmestrahlen*).

Poskus: b) Vzemi štirioglato posodo od kovine; jedno stran jej ugladi, drugo razpraskaj, da je prav hrapava, tretjo prevleci s svinčeno beljo, četrto s sajami. V tako pripravljeno posodo nalij vrele vode ali vrelega olja. Ako postavljaš občutljiv termometer zdaj tej, zdaj óni strani nasproti, kaže ti termometer najvišjo temperaturo, ko je stal

sajasti strani nasproti; najnižjo pa, ko je stal uglajeni strani nasproti. Isti strani nasproti stoječ termometer ne segreje se toliko, ko se je tekočina v posodi že nekoliko ohladila.

Telesa iste temperature izžarivajo razne množine toplote; njih žarljivost (*Ausstrahlungsvermögen*) je večja, ako imajo višjo temperaturo in zavisi od kakovosti tvarine.

Črna, na površji hrapava telesa izžarivajo več toplote nego svetla in gladka.

Vroča voda se ohladi v prstni posodi hitreje nego v stekleni ali kovinski z gladkimi stenami.

Pesek ali prhka zemlja se ohladita hitreje nego kamenita ali ilovnata tla.

Poskus: *c*) Vzemí dva termometra; jednemu posaji kroglo, drugemu pa ne. Ako držiš potem oba na solnci, segreje se posajeni termometer hitreje in do višje temperature nego drugi. — Poskus: *d*) Napolni dve mali steklenici z vodo, jedno izmed njiju pa počrni. Ako postaviš obé na solnce, segreje se voda v počrnjeni posodi hitreje nego v drugi.

Tvarine vpijajo toploto od drugih teles izžarjeno in se s tem segrevajo. Telesa vpijajo več toplote; ako imajo tudi večjo žarljivost.

Saje vpijajo največ nánje padajoče toplote; telesa temne barve vpijajo več toplote nego svetla, posebno, ako so hrapava in na površji menj gosta.

V poletnem času nosimo obleko bolj svetle barve, v zimskem času bolj temne barve. — Ako potreseš po snegu pepela, ali ga pokriješ s tanko plahto, raztali se hitreje, ko ga solnce obseva, nego v okolici.

§ 62. **Specifična toplota** (*specifische Wärme*). Poskus:

Vzemí krogle jednake teže od železa, bakra, kositra in svinca ter jih

segrej skupno v olji približno do  $150^{\circ}C$ . Potem položi te krogle na približno  $2\frac{1}{m}$  debelo voščeno ploščo (slika 25.) Vosek pod krogami se začne nekoliko taliti in vsled tega se krogle nekoliko vderó. Najbolj globoko se vdere železna krogla, najmenj pa svinčena. Železna krogla je stalila torej največ voska, svinčena najmenj. — Iz tega sklepamo, da krogle



niso imele v sebi iste množine toplote, akoravno so imele vse isto temperaturo. Železna krogla je morala imeti največ toplote v sebi, svinčena najmenj.

Telesa jednake teže potrebujejo različne množine toplote, da se segrejejo do iste temperature. Množina toplote, katera segreje utežno jednoto ( $\frac{1}{g}$ ) kakega telesa za  $1^{\circ}C$ , zove se njegova specifična toplota.

Izmed vseh teles ima voda največjo specifično toploto, in to jemljemo splošno za jednoto toplote (*Wärme-Einheit, Calorie*). Številke izrazujoče specifično toploto drugih teles so torej pravi ulomki in povedajo, kolikokrat več toplote potrebuje  $\frac{h}{g}$  kakega telesa, da se mu poviša temperatura za  $1^{\circ}C$ , nego je potrebuje v isto svrhu  $\frac{h}{g}$  vode.

Specifična toplota znaša za:

baker . . .	0·09	steklo . . .	0·18
srebro . . .	0·06	železo . . .	0·114.
suho zemljo	0·25		

Ker je specifična toplota vode tolika, umevno je, zakaj se voda počasno segreva in počasno ohlaja. Na otokih in morskih obalah je sploh po letu hladneje, v zimi topleje nego na suhem pod isto zemljepisno širino. Kako pojasnjuješ veliki vpliv Zalivskega toka na podnebje severozapadnih in severnih Evropskih obal?

### 3. Pretvorba skupnosti po toploti.

§ 63. **Taljenje** (*Schmelzen*). Poskus: a) Segrevaj v porcelanasti posodi vosek. Toplota ga razteza; ko pa temperatura dospe do gotove višine, izpreminja vosek svojo skupnost ter postaja kapljivo tekoč.

Isto moreš opazovati pri svinci, železu, bakru i. t. d., treba jih je le segreti do višje temperature.

Pretvorba trdnih teles v tekočine se zove taljenje.

Temperaturo, pri kateri se kako telo začne taliti, imenujemo tališče (*Schmelztemperatur*). — Vsaka taljiva tvarina ima svoje posebno tališče.

Vsa trdna telesa niso taljiva, ker se jih veliko pri segrevanju začne razkrajati; to so sploh vse organske tvarine.

Tališče nekaterih tvarin: bakra  $1050^{\circ}C$ , ledu  $0^{\circ}C$ , srebra  $1000^{\circ}C$ , svinca  $325^{\circ}C$ , voska  $68^{\circ}C$ , živega srebra  $-39^{\circ}C$ , kovnega železa  $1600-2000^{\circ}C$ , litega železa  $1100-1200^{\circ}C$ .

Tališče zlitin je sploh nižje, nego so tališča njih sestavin. Zlitina 4 delov bismuta, 1 del svinca, 2 delov kositra tali se že pri  $94^{\circ}C$ .

Poskus: b) Ako prinesemo v sobo v skledi razdrobljen led in postavimo vanj termometer, kaže ta od hipa, ko se začne led taliti, do hipa, ko se je ves stalil, jedno in isto temperaturo, namreč  $0^{\circ}C$ . Ko se je pa ves led stalil, dviga se živo srebro, voda se torej segreva nad  $0^{\circ}C$ .

Podobno prikazen opazujemo pri taljenji voska (termometer kaže  $68^{\circ}C$ ) i. t. d.

Da se tvarina tali, dobivati mora toplote, vendar ta privedena toplota ne more zvišati njega temperature. Toplota, katero talečemu se telesu privajamo, služi za to, da premaguje zveznost molekulov.

Toploto, katero privajamo telesu, katera pa njegove temperature ne poviša, imenujemo utajeno ali skupnostno toploto (*latente, gebundene oder Aggregationswärme*). Nasprotno se zove toplota prosta ali čutiljiva (*frei*), ako temperaturo povišuje in je po termometru čutiljiva.

Taleča se telesa utajajo toploto, in utajena toplota služi za izpremembo skupnosti.

Poskus: c) Raztopi v vodi precej veliko soli ter pospešuj raztop s tem, da vodo mešaš. Ob jednem pa opazuj temperaturo raztopine, ko jej prideneš soli in pozneje, ko se je že veliko soli raztopilo. Opazil bodeš, da se je temperatura raztopine znižala za  $3 - 5^{\circ} C$ .

Toplota utaja se tudi, ako se trdna telesa topé; utajeno toploto jemlje raztopina sama sebi in okolici. — Utajena toplota služi zopet za izpremembo skupnosti trdnega telesa.

Nekatere raztopine utajajo posebno veliko toplote. Take raztopine se zovejo sploh mrazotvorne zmesi (*Kältemischungen*).

Zmes 3 delov snega, 1 dela kuhinjske soli zniža temperaturo od  $0^{\circ} C$  do  $-16^{\circ} C$ ; 6 delov Glauberjeve soli, 4 deli salmijaka, 2 dela solitarja, 4 deli razredčene žveplene kisline tvorijo zmes, katera daje mraz do  $-33^{\circ} C$ . — Še večji mraz daje zmes étra in trdne ogljikove kisline (do  $-79^{\circ} C$ ). S pomočjo mrazotvornih zmesij moremo na umeten način delati led.

Vzpomladi ostane zrak hladen, dokler se led in sneg talita. — Svinčeno kroglo, prav natančno v papir omotano, možno je taliti, da se papir ne užgè. — Držeč kos ledú v roki čutiš vedno večji mraz. (Zakaj?)

§ 64. **Strjenje** (*Erstarren*). Poskus: Ako pustiš mirno stati raztaljen vosek, katerega temperatura je nekoliko čez  $70^{\circ} C$ , in mu ne privajaš toplote, začne se hladiti. Ko se ohladi do  $68^{\circ} C$ , začne se pretvarjati iz tekočine v trdno telo. Z daljšim ohlajenjem dobiš zopet trden vosek.

Pretvorba kapljivo tekočih teles v trdna imenuje se strjenje. Temperatura, pri kateri se kapljevine strjujejo, je ista, pri kateri se talé.

Voda zmrzuje pri  $0^{\circ} C$ ; led se tali pri  $0^{\circ} C$  i. t. d.

Poskus: V zatvorjeni posodi moreš vodo, iz katere si, kuhaje jo, izgnal ves zrak, ohladiti do  $-10^{\circ} C$ , da se ne strdi (zmrzne); treba le, da stoji po polnem mirna.

Ako pa do  $-10^{\circ}C$  ohlajeno vodo nekoliko streseš, strdi se tekó, temperatura jej pa poskoči od  $-10^{\circ}$  do  $0^{\circ}C$ .

Povišanje temperature kaže, da kapljevine pri taljenji utajeno toploto pri strjenji zopet izpuščajo, da postane torej toplota prosta ali čutljiva.

Z natančnimi poskusi je dokazano, da postane vsa pri taljenji utajena toplota prosta, ako se kapljevina strdi.

§ 65. **Hlapenje** (*Verdunstung*). Poskus: Ako vliješ v odprto in plitvo posodo žveplenega étra, vinskega cveta ali vode, izgine čez nekoliko časa kapljevina iz posode, posoda se posuši. Kapljevina se je pretvorila v raztezno tekoče telo, v hlape (*Dünste*).

Pretvorbo kapljivih teles v plinasta imenujemo hlapenje.

Tudi trdna telesa izhlapevajo, n. pr. kafra, jod, led (zmrzlo mokro perilo se tudi počasno suši).

Hlapna telesa (*flüchtige Körper*) so taka, katera že pri navadni temperaturi jako izhlapevajo. Žvepleni éter, vinski cvet i. t. d. so hlapna telesa.

Poskusi: *a)* Ista množina vode izhlapuje hitreje v plitvi in široki posodi, nego v ozki in dolgi cevi. — *b)* Mokro perilo vesimo na sonce ali toplo peč, da se hitreje posuši. — *c)* Na tintno liso na papirji pihamo, da se tinta hitreje usuši. — *d)* Ako postavimo izmed dveh skledic jedno pod poveznik zračne sesalke, drugo pa pustimo v sobi nepokrito, usuši se voda iz skledice pod poveznikom zračne sesalke hitreje, ako odstranjujemo iz poveznika zrak in ob jednem nastale hlape.

Hlapenje se dá torej pospeševati s tem, da

1.) povečamo površje hlapeče kapljevine, 2.) povišamo temperaturo, 3.) odstranjujemo s prepihom nastale hlape in 4.) zmanjšamo tlak na kapljevino.

Poskus: Vlij v dve skledici isti množini vode, čez vsako skledico povezni steklen zvonec, tako da ne propušča zraka. Vodo jedne skledice stehtaj čez jeden, vodo druge skledice čez dva ali še več dnij; našel bodeš, da teža vode v jedni skledici ni različna od teže vode v drugi. Treba vender, da imata oba zvonca isto prostornino, in da je ostala temperatura neizpremenjena.

Hlapenje je v zatvorjenem prostoru omejeno; ker drugače bi se moralo v daljšem času vedno več vode pretvarjati v hlape; poskus pa kaže, da se čez nekoliko časa teža vode ne zmanjšuje. Prostor je s hlapi nasičen (*gesättigt*), ako ima v sebi toliko hlapov, kolikor



jih more pri določeni temperaturi vzprijemati. Ako s hlapi nasičen prostor segrejemo, more več hlapov vzprijeti; sitišče (*Sättigungspunkt*) zavisi torej od temperature. (Primerjaj v mehaniki § 131.)

Poskus: *a)* Omotaj termometrovo kroglo s platnom ali predivom in pomoči kroglo v vinski cvet. Vinski cvet izhlapeva, in sicer tem hitreje, ako s kroglo v zraku mahaš; termometer pa pada za precejšnje število stopinj. — *b)* V livkasto stekleno posodo

nalij žveplenega étra; v éter pa postavi tanko stekleno cev, v kateri je nekoliko vode.

S pomočjo meha pa pihaj zrak v žvepleni éter (slika 26.) Čez nekoliko časa zmrzne voda v stekleni cevi.

Kapljevine, pretvarjajoče se v plinasta telesa, utajajo toploto; ta utajena toplota se uporablja za premago zveznosti. Hlapeča telesa jemljó utajeno toploto sebi in svoji okolici.

Zakaj nas, prišedše iz kopeli, trese mraz, posebno takrat, če je vetrovno? — Zakaj čutimo mraz, ako na roko vlijemo vinskega cveta? — Zakaj mraz ni tolik, ako na roko vlijemo vode? — (Voda ni toliko hlapna.) — Zakaj nas hladi, ako stojimo v prepihu? — Hlapienje na našem telesu pripomaga veliko k temu, da ostane temperatura našega telesa neizpremenjena? — Zanimljiv je tudi ta-le poskus (slika 27.)

V dvakrat zaviti stekleni cevi *AB* je nekoliko vode, zrak pa je ves odstranjen in cev povsod zatorjena. Konec cevi *A* postavi v mrazotvorno zmes, vodo v cevi pa prelij vso v kroglo *B*. To kroglo omotaj ob jednem tudi s slabimi prevodniki toplote. — Čez nekoliko časa se nabere v *A* nekoliko ledú, voda v *B* pa zmrzne. — Ker v cevi ni zraka, voda lahko

Slika 26.



Slika 27.



izhlapeva; vodeni hlapi se pretvarjajo v *A* v vodo in voda zmrzuje. Radi tega vzhajajo od *B* vedno novi hlapi. — Hlapeča voda utaja toploto, torej se mora temperatura vode v *B* zniževati.

§ 66. **Vrenje** (*Sieden*). Poskus: Stekleno posodo, v kateri je približno  $\frac{2}{3}$  čiste vode, postavi nad plamen vinskega cveta; v vodo obesi pa termometer. — Ko se voda nekoliko segreje, vzhajajo iz nje drobni zračni mehurčki; pri višji temperaturi vidiš vzhajati od dna male mehurčke, kateri zginejo popréj nego dospejo do površja. Pri višji temperaturi ( $100^{\circ}C$ ) vzhajajo od dna drobni mehurčki, kateri na svoji poti na površje vedno bolj narastajo in na površji razpokajo. Ti mehurčki spravijo vodo v neko kipeče gibanje, pravimo, da voda vrè. Od tega hipa, ko voda zavré, kaže termometer neizpremenjeno isto temperaturo, dokler je še le nekoliko vode v posodi.

Vrenje je pretvorba kapljev in hlape ali pare v notranjem in na površji. Vrelišče (*Siedepunkt*) je temperatura, pri kateri kaka kapljevinna zavré. — (Pôtem vrenja nastala raztezno tekoča telesa imenujemo navadno pare (*Dämpfe*); hlapi so raztezno tekoča telesa, nastala pôtem hlapenja na površji.)

Prikazen vrenja je ta-le:

S prva odhaja zrak iz kapljevine, ker dobiva z večjo temperaturo tudi večjo napetost. Kmalu za tem se tvorijo prve pare na dnu posode, kjer je kapljevinna v dotiki z izvorom toplote. Vzhajajoče te pare pridejo v mrzlejšje plasti in tam se zopet v vodo zgoščujejo. Ko pa je kapljevinna dobila dovoljno temperaturo, tvorijo se pare, silne dovolj, da premagujejo zračni tlak in tlak kapljevine. Toplota, katero odslej kapljevinna dobiva, služi jedino le pretvorbi kapljevine v pare, torej ostaja temperatura kapljevine stalna, dokler vrè. Da more zavrela kapljevinna dalje vreti, mora od zunaj dobivati dovoljno toplote. Čim več toplote dobiva v istem času, tem živahnejše vrè. — Iz kapljevine odhajajoče pare imajo s to jednako temperaturo.

Vsaka kapljevinna ima svoje posebno vrelišče.

Pod navadnim zračnim tlakom zavré: alkohol pri  $79^{\circ}7^{\circ}C$ , laneno olje pri  $316^{\circ}C$ , ogljikova kislina pri  $-78^{\circ}C$ , petrolej pri  $85^{\circ}C$ , živo srebro pri  $360^{\circ}C$ , žvepleni éter pri  $37^{\circ}C$  i. t. d.

Poskusa: a) Pod poveznikom zračne sesalke zavré voda že pri temperaturi  $60-70^{\circ}C$ , ako odstraniš zrak iz poveznika. — b) V steklenici s precej dolgim grlom pusti vodo toliko časa vreti, da iztirajo vodene pare ves zrak iz njé; potem pa vzemi steklenico od

Slika 28.



izvora toplote, zamaši jo prav dobro in postavi jo vzvrtno na posebno držalo (slika 28.) Voda neha vreti; zavrè pa tekó j na novo, ako steklenico poliješ z mrzlo vodo. To moreš nekolikokrat ponavljati. Mrzla voda zgostí vsakikrat vodene pare v vodo, tlak na vodo postane manjši in voda zavrè na novo.

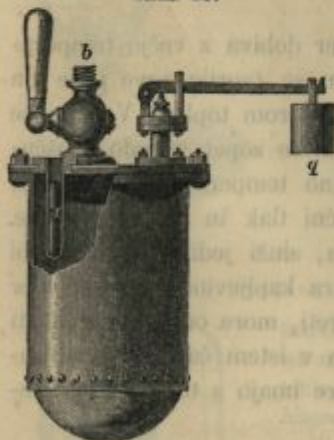
Vrelišče iste kapljevine zavisi torej od tlaka na kapljevino, znižuje se z pomanjšanjem tlaka in povišuje s povečanjem tlaka na kapljevino.

Na Sv. Gotthardu (višina 2360<sup>m</sup>) zavrè voda pri 92·9° C.

» Montblanku (višina 4600<sup>m</sup>) » » » 84° C.

Da povišamo vrelišče vode, rabi nam Papinov lonec (slika 29.) To je močan železen lonec s privitim železnim pokrivalom. Na pokrivalu je privarjena cev *a* polna živega srebra, v katero se vtakne termometer za merjenje temperature v lonci.

Slika 29.



Dalje je na pokrivalu zaklopnica varovalka, katero zapira utež *q*. Ko doseže napetost par gotovo mejo, odpre se zaklopnica in izpušča nekoliko vodenih par.

Pod tlakom 1 atmosfere zavrè voda pri 100° C; pod tlakom 2 atmosfer pri 120° C, pod tlakom 16 atmosfer pri 200° C.

Zakaj pokrivajo kuharice lonce s pokrivali, katere na planinah obtežujejo tudi s kamenjem? — Zakaj treba pri določevanju vrelišča na termometru ozir jemati na zračni tlak?

Ako voda ni čista, ako ima n. pr. v sebi raztopljene kake soli, ne zavrè pri navadni temperaturi, ampak se le pri višji. Vrelišče preinači se tudi, ako je vodi mehanično primešana kaka trdna tvarina. Ako n. pr. vodi primešamo železnih opilkov, zavrè pri nižji temperaturi.

§ 67. Zgoščevanje hlapov in par (*Condensation der Dünste und Dämpfe*). Poskusa: *a*) Ako držiš nad vrelo vodo mrzlo stekleno ploščo, orosí se in postane mokra. Nad vrelo vodo vzhajajo beli megleni mehurčki. Vzhajajoče vodene pare ohladé se in postanejo

zopet kapljivo tekoče. — *b*) Vzemi na jednom konci zatvorjeno stekleno cev polno vodenih par in potisni jo v drugo širjo cev z živim srebrom. Ako prvo cev v drugo pogreješ in tako vodene pare v njej dovoljno stiskaš, pretvori se njih nekoliko v vodo. — Iz teh poskusov sledí: Pare in hlapi pretvarjajo se zopet v kapljevine, ako jih dovoljno ohladimo ali pa stiskamo. Pretvorbo par in hlapov v kapljevine imenujemo njih zgoščevanje ali zgostitev.

Poskus: V posodi *a* (slika 30.) vré voda, njene pare morejo odhajati skozi cev *b*. Najprej počakaj, da vodene pare iztirajo iz posode *a* ves zrak, potem pa postavi pod cev *b* posodo *c*, v kateri je do posebnega znamenja mrzla voda določene temperature.

Pare vrele vode se v mrzli zgoščujejo v kapljivo vodo, v posodi *c* je vedno več vode in njena temperatura poskoči za nekoliko stopinj.

Temperaturo segrete vode določi in si jo zapomni. Potem izprazni posodo *c*, napolni jo drugikrat z mrzlo vodo do iste visine, kakor prvikrat ter prilij toliko vrele vode, kolikor se je prej zgostilo. Termometer uči te sedaj, da se voda ni za toliko stopinj segrela, kakor prvikrat z goščevanjem par. Torej sledí:

Ako se pare ali hlapi zgoščujejo v kapljevine, izpuščajo prej utajeno toploto ter jo oproščujejo. Natančni poskusi učé, da izpuščajo pare pri zgoščevanju isto toliko toplote, kolikor je je bilo utajene, ko se je kapljevina pretvarjala v pare.

Nekatera raztezno tekoča telesa zgoščujejo se le pod velikim tlakom in pri nizki temperaturi. Ogljikova kislina zgoščuje se n. pr. pod tlakom 36 atmosfer in pri temperaturi  $0^{\circ} C$ .

Da je možno veliko raztezno tekočih teles zgoščevati, bilo je že davno znano. Leta 1877. zgoščevala sta Louis Cailletet kisik, Raoul Pictet pa dušik in vodik. Kisik se zgoščuje pod tlakom 280 atmosfer in pri temperaturi  $-300^{\circ} C$ , isto tako vodik; dušik se zgoščuje pa pod tlakom 200 atmosfer in pri temperaturi  $-300^{\circ} C$ . Po teh poskusih smemo sklepati, da se dá vsako raztezno tekoče telo zgostiti, ako je le tlak nánje dovolj velik in njegova temperatura dovolj znižana.

Slika 30.



Da zaznamujemo okolščine, pod katerimi se zgoščujejo raztezno tekoča telesa, imenujemo pare in hlape óna raztezno tekoča telesa, katera se zgoščujejo, ako njih temperaturo za malo število stopinj znižamo ali tlak nánje nekoliko povišamo. Ostala raztezno tekoča so plini ali gazi.

### § 68. Prekápanje. Razhlápanje (*Distillation, Sublimation*).

Ako iz katerega koli uzroka pretvarjamo kapljevine v pare ter te zopet zgoščujemo, imenujemo to postopanje prekápanje (destilacijo). Navadno prekápamo kapljevine radi tega, da jih očistimo njim primešanih ali v njih raztopljenih trdnih teles, ali primešanih menj hlapnih kapljevín. S prekápanjem moremo ločiti alkohol od vode (kuhanje žganja), žvepleno kislino od vode i. t. d. Prekápana voda je kemijsko čista. — Nekatera trdna telesa dajo se tekój pretvoriti v pare; katere moremo zopet zgoščevati. Z izparivanjem je možno torej tudi od zmesij trdnih teles ločiti bolj hlapna od menj hlapnih. To postopanje imenujemo razhlápanje (sublimacijo). Zgoščene pare razhlapanih teles so razhlápína (*Sublimat*); dobivamo jih sploh kakor droben prah, n. pr. žvepleno cvetje.

§ 69. Zračna vlažnost (*Luftfeuchtigkeit*). Na zemeljskem površji je zelo veliko vode. Ta voda izhlapeva bolj ali menj hitro; v zraku je torej vsak čas več ali menj vodenih hlapov, ali zrak je bolj ali menj vlažen.

Ako privajamo v vlažen zrak novih vodenih hlapov ali pa jih ohlajamo, more biti, da se njih zgoščuje nekoliko v kapljivo tekočo vodo. N. pr. kozarec poln mrzle vode se orosí, ko ga prinesemo v toplo sobo. V zimi se naočniki orosijo, ako stopimo z mrzlega v toplo sobo i. t. d.

V § 65. smo se učili, da se morejo hlapi v določenem prostoru razvijati le do določene meje, dokler prostor z njimi ni nasičen. Zrak imenujemo vlažen, ako je v njem toliko vodenih hlapov, da je z njimi nasičen ali vsaj blizu tega stanja; suh pa je zrak takrat, ako ima v sebi dosti menj hlapov nego bi jih mogel imeti, da bi bil nasičen. — Je-li zrak vlažen ali suh, sodimo iz tega, ali se dajo njegovi hlapi z malim znižanjem temperature zgoščevati ali ne. (Po letu ima zrak sploh več vodenih hlapov v sebi nego v zimi, a vendar je primerno bolj suh, ker ima višjo temperaturo.)

Temperaturo, do katere moramo ohlajati zrak in vodene hlape v njem, da se začnejo zgoščevati, imenujemo rosišče (*Thaupunkt*). Razlika med rosiščem in navadno zračno temperaturo je mera zračne vlažnosti. Čim večja je ta razlika, tem suhejši je zrak in obratno. — Kolikost zračne vlažnosti določuje se s posebnimi

orodji, vlagomeri (*Hygrometer*) imenovanimi. — Je-li zrak bolj ali manj suh, kažejo pa vlagokazi (*Hygroskope*).

Nekatere tvarine vpijajo vodene hlapce iz zraka v veliki meri in izpreminjajo pri tem bolj ali manj svojo obliko, n. pr. strune, lasje, les i. t. d.

Kako izpreminja struna svojo obliko, kaže ta-le poskus: 3—4  $\frac{c}{m}$  dolgo struno utrdi na enem konci, tako da visi navzdol, na drugi konec prilepi pa majhen papirnat kazalec. Ako struno z vodo pomočiš, zavrti se kazalec nekoliko ter kaže, da se struna odvíja. Ko se struna suši, vrača se kazalec na prejšnje mesto, struna se zavija, in sicer tem bolj, čim bolj je suha. To pripravo moreš rabiti kakor najbolj jednostaven vlagokaz, treba le, da pod kazalcem napraviš delitev, na kateri zveš, koliko se je struna odvila ali zavila. (Boljši vlagokaz nego ta je Saussurov vlagokaz z lasom.) — Rosa, megla, dež. V noči izžarivajo predmeti po dnevu dobljeno toploto ter se hladé. Istočasno z njimi se hladi tudi zrak teh se dotikajoč. Ako se predmeti ohladé do rosišča ali še dalje, zgosti se nekoliko vodenih hlapov na njih v majhne vodene kroglice, v roso (*Thau*). Iz rose postane slana (*Reif*), ako se temperatura teles zniža pod 0° C. Največ rose se nabira na telesih, katera toploto v večji meri izžarivajo, torej na bolj temnih in hrapastih, n. pr. na travi.

Vodeni hlapci v zraku zgoščujejo se tudi, ako se mešata topel in mrzel zrak. V tem slučaju se pretvarjajo vodeni hlapci v majhne bele mehurčke, v katerih je nekoliko zraka. Skupino takih vodenih mehurčkov imenujemo meglo ali oblak, ako je na zemeljskem površji ali pa više v zraku.

Z daljnim zgoščevanjem postajajo megleni mehurčki težji, da končno ne morejo več v zraku plavati. Padajoči k tlom se še bolj zgoščujejo, iz več tvorijo se vodene kapljice in te padajo na zemljo kakor dež. Deževne kapljice so v višini majhne, padajoče pa narastajo, ker se jim pridružujejo druge. (Jeseni so oblaki nizko, deževne kapljice drobne; v poletnem času, posebno v vročem pasu, so oblaki visoko in deževne kapljice debele.)

Ako se zgoščevanje vodenih mehurčkov vrši pod temperaturo 0° C, tvorijo se tanki igličasti kristali; v obliki zvezdic padajo na tla kakor snežinke. Večkrat se izpreminja temperatura prav naglo; v tem slučaju se sklopi več snežink v kroglasta telesa, sodro ali babje pšeno. — Toča so zmrzle vodene kapljice imajoče v središču sodro. Toča pada običajno v poletnem času po dnevi, redkokrat po noči. (Mnenja gledé nastanka toče so različna.)

Odkod prihaja megla iz naših ust, ako dihamo v mrzlem zraku? — Kako nastane megla, ako v zimi v dobro zakurjeni sobi okno odpremo? — V zelo močvirnatih krajih je več megle in rose, nego v drugih. — V jesenskem času vidimo zjutraj in večer po rekah in jezerih meglo nastajati. (Zakaj?) — Ako solnce oblake obsije, izginejo po gostem. (Zakaj?) — Kako moreš pojasniti, da nam prinašajo južni in južnozapadni vetrovi deževno vreme? — Kako pojasnjuješ, da vzhodni in severovzhodni veter nebo razvedrujeta?

### Izvori toplote.

§ 70. 1.) Največji izvor toplote je **solnce**. Ono nam pošilja svetlobo in toploto ob enem; brez njega bi imeli večno temo in večen mraz. Grejoča moč solнца je vendar izpremenljiva. Ona je večja: *a*) ako vpadajo solnčni traki na zemljo in posamezne predmete na njej bolj navpično, *b*) ako vpadajo na isti predmet več časa.

Solnčne trake smemo smatrati medsebojno vzporedne, ker je solnce v primeri z našimi daljavami v neskončni daljavi od nas. Iz vzporednosti solnčnih trakov sledi pa neposredno, da zadeva isto ploskev največ trakov, ako vpadajo na ploskev pravokotno. Čim bolj je ploskev naklonjena proti meri vpadajočih trakov, tem menj trakov jo zadeva.

Telesa imajoča manjšo specifično toploto, segrejejo se pri enakih drugih okolščinah do višje temperature nego druga.

Na strehah in rebrih proti solncu naklonjenih tali se sneg naprej. — Ker ne vpadajo solnčni traki vedno v istem kotu na zemeljsko površje, sledi dalje, da se mora temperatura na zemlji vedno izpreminjati, in sicer imamo za isti kraj vsakdanje in letne izpremembe in v istem času izpremembe toplote na vsej zemlji.

Vsakdanje izpremembe temperature. Od zjutraj do poludne, ko stoji solnce najvišje, narasta temperatura, solnčni traki vpadajo na zemljo vedno bolj navpično; od poludne naprej pojema temperatura. Najnižja temperatura je ob času solnčnega vzhoda; najvišja pa v zimskem času ob dveh, v poletnem času med 3. in 4. uro po poludne. — Letne izpremembe. V poletnem času so dnevi daljši in solnčni traki vpadajo nekoliko bolj navpično; torej segrevajo zemljo bolj močno nego v zimskem času. V naših krajih je meseca januarja največji mraz, meseca julija in avgusta pa največja vročina. — Izpremembe temperature na zemlji sploh. Na ravniku je največja vročina, od ravnika proti tečajema pa vedno manjša; največji mraz je na tečajih.

Srednjo dnevno temperaturo dobimo, ako temperaturo v teku jednega dneva večkrat opazujemo, n. pr. vsako uro, in vsoto opazovanih temperatur delimo z vsoto opazovanj. Temu namenu zadostuje pa tudi le trikratno opazovanje; ob 7. uri zjutraj, ob dveh po poludne in ob 8. uri zvečer. Srednja mesečna temperatura je jednaka vsoti vseh dnevnih temperatur deljeni s številom dnij. Vsota 12 srednjih mesečnih temperatur deljena s številom 12 daje srednjo letno temperaturo. Srednja temperatura kacega kraja je jednaka vsoti večletnih srednjih letnih temperatur deljeni s številom let.

Je-li srednja temperatura kacega kraja višja ali nižja, zavisi deloma od zemljepisne leže tega kraja, deloma od višine tega kraja nad morskim površjem, deloma od tega, ali je ta kraj blizu morja ali blizu visokih gorâ ali ne. (Vroči, topli, zmerni in mrzli pasi.)

2.) **Zemlja.** Zemeljske tvarine so sploh slabi prevodniki toplote; v poletnem času ne prodere toplota globoko v zemljo in isto tako v zimskem času mraz. V globočini približno 20<sup>m</sup> nahajamo leto in zimo stalno temperaturo; do sem ne sega torej niti mraz niti vročina na zemeljskem površji. Ako od te plasti stalne temperature kopljemo 25—30<sup>m</sup> globokeje, najdemo temperaturo stalno za 1° C višjo, nego je v plasti stalne temperature. V globočini 50—60<sup>m</sup> pod plastjo stalne temperature poviša se temperatura že 2° C i. t. d. Ta okolsčina, dalje ognjeniki in toplice opravičujejo misel, da je zemlja znotraj zelo vroča, in sicer toliko vroča, da so v globočini kacic 10 milj že vsa kamenja raztaljena.

V kletih Pariške zvezdarne, 27·5<sup>m</sup> globokih, kaže termometer od leta 1783. stalno 11·8° C. — V zimi so kleti toplejše, po letu hladnejše, nego je zunaj. — Kmetovalci čuvajo repo, krompir i. t. d. mraza, s tem da ga precej globoko v zemljo zakopljejo. — Izmed topic omenjamo: Karlovi vari imajo temperaturo + 75° C, Wiesbadenske temperaturo + 70° C i. t. d.

3.) **Mehanični izvori toplote.** a) Razvoj toplote z drgnenjem. Ako dva lesa drugega ob drugem drgnemo, segrejeta se oba, časih celo toliko, da se užgeta. Svedri, pile, žage segrejejo se z drgnenjem bolj ali menj. Užigalne klinčke užigamo s tem, da jih drgnemo ob hrapavi ploskvi.

b) Razvoj toplote z udárom in pritiskom. Ako kovač železo dolgo enakomerno kuje, segreje se mu; more je na ta način celo razbeliti. — Pod konjskimi kopiti se iskri, ako s podkovami ob kamenje udárjajo. — Vzemi močno stekleno cev, kakeršno vidiš v sliki 2., § 9.; na spodnji konec bâta deni košček kresilne gobe. Ako bât naglo v cev potisneš, torej zrak v cevi močno stiskaš, segreje se toliko, da užgè kresilno gobo (zračno užigalo, *pneumatisches Feuerzeug*).

Ako se plinasta telesa naglo raztezajo, nareja se mraz; n. pr. vodene pare velike napetosti odhajajoče skozi ozko cev so zunaj cevi tekój izdatno ohlajene.

4.) **Kemijski izvori toplote.** Ako poliješ žgano apno z vodo (je gasiš), dobi veliko toploto; isto tako, ako priliješ čisti žvepleni kislini nekoliko vode. Sploh se razvija vsakikrat toplota, kadar se tvarine kemijsko spajajo. Največ toplote se razvija pri kemijskih spojinah, katere smo v § 48. imenovali gorènje.



5.) **Životna toplota.** Podobne prikazni, kakor pri gorenji, vrše se pri delovanji živalskega ustroja. S hrano donasamo telesu ogljičnate tvarine, kisíka pa vdihamo. Kisík spaja se v telesu z ogljičnatimi tvarinami; pri tem se pa razvija toplota kakor pri navadnem gorenji. Životna toplota razvija se v večji meri, ako prihaja več kisíka. (Pri delu se razgrejemo, ker bolj hitro dihamo.) Pri hlapenji vode skozi kožo utaja se toplota in to učini, da ostane temperatura našega telesa stalna. Zdrav človek ima stalno temperaturo  $+ 37^{\circ} C$ . Otrok diha hitreje in ima višjo temperaturo,  $37^{\circ} C$ . Ptíči imajo temperaturo  $40 - 41^{\circ} C$ .

6.) Konečno še imamo kot izvora toplote omenjati tudi elektrike.

## V. Mehanika.

### 1. Osnovni pojmi.

§ 71. **O gibanji sploh.** Telo se giblje, ako izpreminja svojo ležo gledé teles v njegovem okrožji; nasprotno pa miruje.

Na ladji stoječ človek miruje gledé predmetov na ladji, gledé predmetov na obrežji se pa giblje; gora miruje gledé predmetov na zemlji, gledé nebeških teles se pa giblje z zemljo okoli solnea in okoli zemeljske osí. Ker se gibljejo vsa nebeška telesa, smemo reči, da popolnega mirovanja ni nikjer, ampak vedno le primerno.

Gibanje teles more biti časih tudi le navidezno. Ko se peljemo na ladji, dozdeva se nam, da miruje ladja in mi na njej ter da se gibljejo predmeti na obrežji v nasprotni meri.

Pri vsakem gibanji treba v pošteev jemati:

1.) Gibljivo (*das Bewegliche*), t. j. tvarina, katera se giblje. Gibljivo more biti veliko ali pa neskončno majhno telo, tvarna točka (*materieller Punkt*). V naslednjem bodemo govorili v prvi vrsti o gibanji tvarne točke. — Vsako telo si moremo misliti sestavljeno iz velikoštevilnih tvarnih toček. Poznamo li zakone gibanja tvarnih toček, moremo spoznati tudi zakone gibanja velikih teles.

2.) Mer gibanja, t. j. prema, po kateri se telo giblje, ako ga nič ne ovira, ali v kateri se vsaj hoče gibati.

3.) Obliko pota. Vse točke, skozi katere je tekla tvarna točka v določenem času, tvorijo pot. Pot more biti premočrtna ali krivočrtna. Pri krivočrtnem gibanji je mer gibanja v vsaki točki poti drugačna ter je v vsaki točki dana po tangenti potegnjeni na pot v tej točki.

Dolžino poti merimo z dolgotno mero: z metri, kilometri i. t. d.

4.) Čas, v katerem se telo giblje. Merimo ga z enotami časa, navadno s sekundo.

5.) Hitrost. Opazujoči gibajoča se telesa najdemo, da naredi neko telo isto pot v krajšem času nego drugo; pravimo torej, da se giblje hitreje ali z večjo hitrostjo. Primerjajoči dolžino poti s časom, v katerem telo kako pot naredi, dobimo hitrost gibanja.

Ako je gibanje tako, da so poti v enakih časovnih oddelkih vedno jednako dolge, imenujemo gibanje enakomerno (*gleichförmig*). (Jednakomerno se giblje n. pr. kazalec na uri ali pa zemlja okoli svoje osi.)

Hitrost enakomernega gibanja zaznamujemo z dolžino poti v jedni sekundi.

Gibajoče se telo ali točka narediti more v enakih časovnih delih različno dolge poti; gibanje takih teles imenujemo nejednakomerno (*ungleichförmig*). (Železniški vlak.)

Pri nejednakomernem gibanji je hitrost izpremenljiva, torej o hitrosti splošno ne moremo govoriti, ampak le o konečni hitrosti (*Endgeschwindigkeit*), t. j. o hitrosti, katero ima gibljivo koncem kakega časa, n. pr. koncem prve, druge, ... minute. Konečno hitrost zaznamujemo s tem, da povedamo, koliko dolgo pot bi naredilo gibljivo v sledeči sekundi, ako bi se vso sekundo gibalo enakomerno.

Nejednakomerno gibanje je pospeševano (*beschleunigt*) ali pa pojemalno (*verzögert*), ako konečna hitrost narasta, oziroma pojemna. Pospeševano, oziroma pojemalno gibanje je enakomerno pospeševano, oziroma enakomerno pojemalno, ako hitrost v enakih časih isto toliko narasta, oziroma isto toliko pojemna.

Pri nejednakomernem gibanji govorimo časi tudi o srednji hitrosti (*mittlere Geschwindigkeit*) in razumevamo s tem óno hitrost, s katero bi se moralo gibljivo enakomerno gibati, da bi naredilo v istem času isto dolgo pot.

Srednja hitrost zvoka v zraku je 333<sup>mf</sup>; hitrost svetlobe je 312,000<sup>%<sub>m</sub></sup>; električnega toka 464,000<sup>%<sub>m</sub></sup>.

Konečna hitrost prosto padajočega telesa je koncem prve sekunde 9·81<sup>mf</sup>, koncem druge 19·62<sup>mf</sup>; kakšen pomen ima to?

6.) Uzrok gibanja, t. j. gibajoče sile.

§ 72. O silah sploh. V § 12. smo se učili, da ne more nobeno telo svojega stanja, bodi si stanja mirú, bodi si stanja gibanja, preinačevati samo iz sebe, ter imenovali to splošno svojstvo teles

vztrajnost. Uzroki izprememb v stanji teles gledé mirovanja in gibanja so sile. (Take sile so n. pr. težnost, napetost plinov, prožnost, mišične sile ljudij in živalij i. t. d.) Gibajoče sile prouzročujejo gibanje, uporne je ovirajo.

Pri vsaki sili treba v poštev jemati:

1.) Prijemališče (*Angriffspunkt*), t. j. točko, v kateri sila neposredno deluje in telo prijema.

2.) Mer sile, t. j. óno premo črto, v kateri sila prijemališče ali giblje ali vsaj gibati skuša, ako se prijemališče v meri sile ne more gibati.

Prijemališče leži vedno v meri sile.

Leži li v meri delujoče sile več s prijemališčem sile nepretrgljivo zvezanih točkek, ne izpremeni se učinek sile, če tudi preložimo nje prijemališče v katero koli teh točkek.

Sila ne more prouzročiti gibanja, ako je prijemališče ali druga v meri sile ležeča in s prijemališčem nepretrgljivo zvezana točka nepremakljiva.

3.) Kolikost sile (*Grösse der Kraft*). Sile same ob sebi so nevidne, meriti jih moremo jedino le po njih učinkih. Delovanje sil se nam javi kakor gibanje ali tlak ali teg. (Kamen n. pr. tlačí svojo podlago, ali nateza nit, ako ga nánjo obesimo, ali pa pada, ako ga spustimo. Vse tri prikazni so učinki iste sile, težnosti.) Medsebojno primerjati smemo le jednakošne učinke dveh ali več sil. Najprej hočemo silé meriti po velikosti njihovega tlaka ali tega v óni meri, v kateri delujejo. Izmed dveh sil je óna 2, 3, 4, ... *n*krat večja nego druga, katera v svoji meri 2, 3, 4, ... *n*krat jačje tlačí ali vleče. Za jednoto sile jemljemo kilogram.

N. pr. Ako nit toliko natezamo, da se raztrga, dobimo velikost za to potrebne sile, ako obesimo na po polnem s prvo jednako nit toliko utežij, da se nit raztrga. — Ako na prožno pero položimo utež, upogne se pero toliko, da je vzbujena prožnost jednaka tlaku uteži na pero.

Za merjenje sil služijo v § 20. omenjeni silomeri.

Pozneje se bodemo učili sile meriti tudi po njihovih učinkih gibanja. (§ 94.)

Gledé jakosti (*Intensität*) morejo biti sile stalne (*constant*) ali izpremenljive (*variabel*); stalne delujejo ves čas isto jako, izpremenljive časih jačje, časih slabše.

Ker moremo sile meriti, moremo jih tudi načrtovati; treba je le, da vzamemo določeno črto za jednoto sile. Vzemimo, da zazna-

menuje (slika 31.) črta  $mn$  jednoto sile, potem zaznamujejo črte:  $aa' = 3mn$ ,  $bb' = 5mn$ ,  $cc' = 6mn$  tri druge sile, katerih prva ima 3, druga 5, tretja 6 jednot.

Z načrtovanjem sil moremo zaznamenovati ob enem prijemališče, mer in kolikost sile. Začetna točka silo predstavljajoče preme zaznamuje prijemališče, mer te preme zaznamuje mer sile in dolžina preme kolikost sile. N. pr. v sliki 31. zaznamuje prema  $aa'$  silo prijemajočo telo  $A$  v točki  $a$  in delujočo v meri preme  $ax$ . Zaznamuje li  $mn$  silo jednega kilograma, potem je sila  $aa' = 3 \text{ kg}$ ;  $bb'$  zaznamuje silo  $5 \text{ kg}$  prijemajočo v  $b$  in delujočo v meri  $by$ ;  $cc'$  zaznamuje silo  $6 \text{ kg}$  prijemajočo v  $c$  in delujočo v meri  $cz$ .



Učinek dveh na isto telo delujočih sil more biti dvojen: a) da se stanje telesa ne izpremeni, t. j. da prej mirujoče telo ostane še dalje v miru, ali da se prej gibajoče telo jednako giblje kakor poprej; b) da se stanje telesa izpremeni, t. j. da se prej mirujoče telo začne gibati, ali da že prej gibajoče se telo menja svojo hitrost.

Dve sili sta si ravnotežni (*halten sich das Gleichgewicht*), ako obé istodobno na telo delujoči njegovega stanja neizpreminjata. Kakor osnovne resnice smemo jemati té zakone:

- 1.) Dve jednako veliki v isti točki, a v nasprotnih merih delujoči sili sta si ravnotežni.
- 2.) Dve sebi ravnotežni in v nasprotnih merih delujoči sili sta jednako veliki.
- 3.) Sila prouzročuje gibanje, ako jej ni nobena druga sila ravnotežna.

Govoreči o silah in njihovih učinkih moramo se ozirati na to, ali so si ravnotežne ali prouzročujejo gibanje. Nauk o silah in njih delovanji je mehanika. Deliti jo moramo v dva dela: v nauk o ravnotežji sil, statiko (*Statik*), in v nauk o gibanji, dinamiko (*Dynamik*).

V vsakem delu, statiki in dinamiki, gledati je še posebej na skupnost teles, na katera sile delujejo. Potem imata statika in dinamika vsaka záse še tri pododdelke. (Statika: statiko trdnih teles, geostatiko; statiko kapljivih teles, hidrostatiko; statiko raztezno tekočih teles, aerostatiko. Dinamika: geodinamiko, hidrodinamiko in aerodinamiko.)

## 2. Sestavljanje in razstavljanje sil.

§ 73. Na isto telo more delovati istodobno več sil, bodi si v isti, ali nasprotni meri, ali tako, da tvorijo njih meri oster, prav ali top kot; učinek njih delovanja more biti, da so si ravnotežne, ali da nastane gibanje. Ako nastane gibanje, more se gibati telo le v jedni meri. Potem pa more biti tudi možno dve ali več sil nadomeščevati z jedno, katera v meri gibajočega se telesa nánje deluje z istim vspehom kakor vse druge sile.

Dve ali več sil z istim vspehom nadomeščujoča sila se zove njih poslednjica (*Resultierende*); nadomeščene sile pa sile sestavljajče (*Componenten*).

Ako iščemo poslednjico dveh ali več sil, imenujemo to postopanje sestavljanje sil (*Zusammensetzung der Kräfte*).

Nasprotno moremo tudi jedno silo nadomeščevati z dvema drugima z istim vspehom delujočima. Tako postopanje je razstavljanje sil (*Zerlegung der Kräfte*).

Jeden konj vleče na vozu toliko breme, koliko vleče 5 močnih ljudi skupno. — Dva slaba konja moreš pri vozu nadomeščevati z jednim samim, se vé da močnejšim. — Imenuj še druge jednake primere!

§ 74. Sestavljanje sil s skupnim prijemališčem in v isti premi delujočih. Poskus: Obesi na silomer (§ 20.) uteži  $4 \frac{h}{g}$ ,  $2 \frac{h}{g}$ ,  $7 \frac{h}{g}$ ; kazalec premakne se istotoliko v stran, kakor takrat, ko obesiš jedno samo utež  $13 \frac{h}{g}$ .

Poslednjica v jedni točki istomerno prijemajočih sil je jednaka vsoti sestavljajč ter ima isto mer in isto prijemališče. . . . . 1.)

Obratno moremo jedno silo nadomeščevati z več drugimi istomernimi silami, katerih vsota je jednaka dani sili.

Slika 32.



V točki  $O$  (slika 32.) prijemata v nasprotni meri dve sili; v meri  $Ox$  sila  $70 \frac{g}{g}$ , v meri  $Oy$  sila  $30 \frac{g}{g}$ . Da dobimo njijino poslednjico,

razstavimo silo  $70 \frac{g}{g}$  v dve sestavljajči  $30 \frac{g}{g}$  in  $40 \frac{g}{g}$ . Po zakonu 1.) v § 72. uničujeta se sila  $30 \frac{g}{g}$  na desno in sila  $30 \frac{g}{g}$  na levo, ali oni sta si ravnotežni; ostane torej še sila  $40 \frac{g}{g}$ . Točka  $O$  se mora v meri  $Ox$  tako gibati, kakor takrat, ko bi delovala nánjo jedino le sila  $40 \frac{g}{g}$  v meri  $Ox$ .

Poslednjica dveh v isti točki, a v nasprotnih merih delujočih sil je jednaka razliki sestavljač in deluje v meri večje sestavljače. . . . . 2.)

Obratno moremo jedno silo razstaviti v dve v nasprotnih merih delujoči sili, ako je njijina razlika jednaka dani sili in mer večje sile ista, kakor je mer dane.

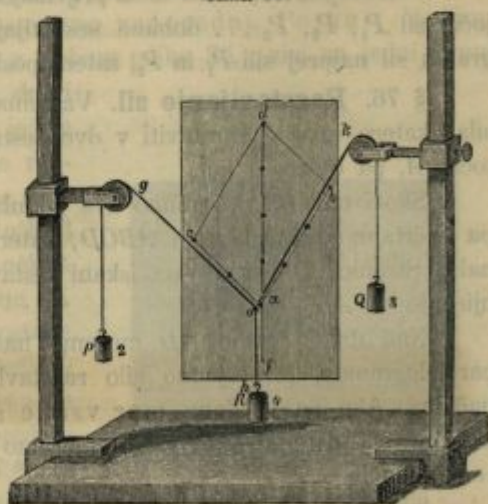
Ako deluje v isti točki več sil na jedno, in več sil na nasprotno stran, dobimo poslednjico vseh sil s tem, da sestavimo najprej vse istomerno delujoče sile v po jedno silo. Poslednjica teh dveh je poslednjica vseh danih sil.

V neki točki delujejo sile  $1 \frac{d}{g}$ ,  $16 \frac{d}{g}$ ,  $25 \frac{d}{g}$  vertikalno kvišku, sile  $15 \frac{d}{g}$ ,  $13 \frac{d}{g}$ ,  $94 \frac{d}{g}$  vertikalno doli; kolika je poslednjica vseh in v kateri meri deluje? — Kaj pomenja: poslednjica dveh sil je  $= 0$ ? Ali si morejo biti istomerno delujoče sile ravnotežne?

§ 75. **Sestavljanje sil s skupnim prijemališčem in v kotu delujočih.** Poskus: Na lepenki si načrtaj paralelogram  $abcd$  (slika 33.), tako da je  $ab = 3 \frac{d}{m}$ ,  $ac = 2 \frac{d}{m}$ , diagonala  $ad = 4 \frac{d}{m}$ . Paralelogram postavi med

stebroma, nosočima skripca  $g$  in  $k$ , tako da stoji diagonala vertikalno. Čez skripca  $g$  in  $k$  ovij vrstico in obesi na levem konci utež  $P = 2 \frac{d}{g}$ , na desnem konci utež  $Q = 3 \frac{d}{g}$ ; pri  $o$  pa skušaj obesiti toliko utež  $R$ , da ostaneta dela vrvi  $og$  in  $ok$  vzporedna s stranjo  $ac$ , oziroma  $ab$ . Da se to zgodi, mora biti utež  $R = 4 \frac{d}{g}$ . Ako vzameš  $R < 4 \frac{d}{g}$ , dvigne se  $o$ , ako pa vzameš  $R > 4 \frac{d}{g}$ , pade  $o$  nekoliko; dela vrvi  $og$  in  $ok$  nista več s stranema vzporedna.

Slika 33.



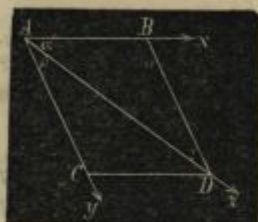
Ker na vrvi ne opazuješ gibanja, mora biti poslednjica sil  $P$  in  $Q$  jednaka sili  $R$  in delovati s to v nasprotni meri.

Načrtaj še druge paralelograme in ponavljaj to postopanje! Vsakokrat bodeš našel, da se imata v stanji ravnotežja vzporedno s stranema delujoči sili proti vzporedno z diagonalo delujoči poslednjici kakor dotični strani paralelograma proti diagonali od njiju oklepami.

Iz tega pa sledi ta-le zakon:

Poslednjico dveh v točki  $A$  (slika 34.) delujočih sil  $AB$  in  $AC$  dobimo, ako načrtamo paralelogram nad premama  $AB$  in  $BC$ , predstavljajočima dani sili, in ako potegnemo v tem diagonalo  $AD$ . Prema  $AD$  predstavlja kolikost in mer poslednjice danih sil.

Slika 34.



Tak paralelogram se imenuje paralelogram sil (*Kräftenparallelogramm*).

Ako sta sestavljači jednako veliki, razpolavlja diagonala kot, katerega oklepata meri sil; ako sta razno veliki, leži poslednjica bližje večji sestavljači. (Dokaži to z načrtovanjem!)

Čim večji kot oklepata sestavljači, tem večja je poslednjica. — Kolika je poslednjica dveh sil, kateri oklepata kot  $0^\circ$  ali  $180^\circ$ ?

Poslednjico več v isti točki prijemajočih in v raznih merih delujočih sil  $P_1, P_2, P_3 \dots$  dobimo sestavljajoči po zakonu o paralelogramu sil najprej sili  $P_1$  in  $P_2$ , zatem poslednjico teh s silo  $P_3$  i. t. d.

§ 76. **Razstavljanje sil.** Vzemimo, da je  $AD$  (slika 34.) dana sila, katero imamo razstaviti v dve sestavljači, ki prijemata v isti točki  $A$ , pa oklepata kot.

Skozi točko  $A$  potegnimo dve poljubni premi  $Ax$  in  $Ay$ ; zatem pa načrtajmo paralelogram  $ABCD$ , kateri ima dano silo za diagonalo. Stranici  $AB$  in  $AC$  sta iskani sestavljači, kajti njijina poslednjica je  $= AD$ .

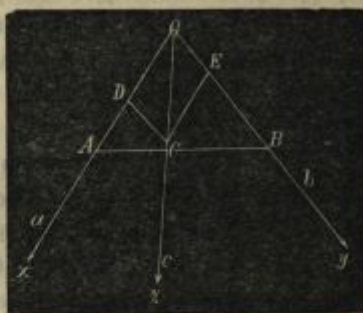
Nad dano premo  $AD$  moremo načrtovati brezkončno veliko paralelogramov, torej jedno silo razstavljati na brezkončno veliko načinov. Ako pa je dana mer vsake sestavljače, ali mer in kolikost jedne sestavljače, moremo razstaviti dano silo le na jeden način.

Silo  $40 \frac{kg}{g}$  je treba razstaviti v dve pravokotno delujoči sestavljači, katerih jedna je  $= 28 \frac{kg}{g}$ ; kolika je druga?

§ 77. **Sestavljanje sil, ki prijemajo v raznih, medsebojno nepretrgljivo zvezanih točkah.** Preiskovati hočemo samo dva slučaja:

I. Dani sili imata različni meri. Vzemimo, da sta  $A$  in  $B$  (slika 35.) nepretrgljivo zvezani točki in da prijema v točki  $A$  v meri  $Ax$  sila  $Aa$  (n. pr.  $3 \frac{h}{g}$ ), v točki  $B$  v meri  $By$  sila  $Bb$  (n. pr.  $2 \frac{h}{g}$ ). Da najdemo poslednjico danih sil, hočemo njijini prijemališči preložiti v presečišče  $O$  prem  $Ax$  in  $By$ , kar po § 72. smemo storiti, da je le točka  $O$  nepretrgljivo zvezana s točkama  $A$  in  $B$ . Ako naredimo  $OD = Aa$  in  $OE = Bb$ , učinek sil  $OD$  in  $OE$  je isti kakor učinek danih sil  $Aa$  in  $Bb$ . Poslednjica teh dveh sil pa je določena z diagonalo paralelograma nad premama  $OD$  in  $OE$  (in je v tem slučaju  $= 4 \frac{h}{g}$ ). Prijemališče te poslednjice preložimo končno v presečišče  $C$  njene meri in preme  $AB$  in s tem dobimo poslednjico  $Cc$  danih sil  $Aa$  in  $Bb$ , določeno po meri in kolikosti.

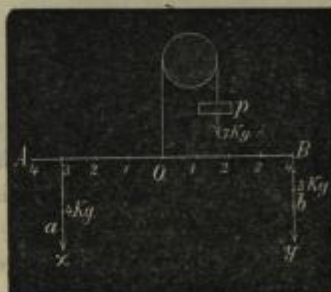
Slika 35.



Na enak način postopaje moreš sestavljati tudi več nevzporednih in v raznih točkah prijemajočih sil.

II. Dani sili sta istomerno vzporedni. Poskus: Na koncih niti, idoče čez kolesce z žlebom (slika 36.), visi na jedni strani palica  $AB$  vodoravno, na drugi strani pa tolika utež  $p$ , da je vse v ravnotežji. Palica  $AB$  je razdeljena v enake dolgostne dele. — Na levi strani obesi v točki 3 utež  $4 \frac{h}{g}$ , na desni strani v točki 4 utež  $3 \frac{h}{g}$ ; da dobiš ravnotežje, t. j. da palica ne pada, ampak ostane horizontalna, treba je uteži  $p$  pridjati še utež  $7 \frac{h}{g}$ . Iz tega pa sledi, da je poslednjica vzporednih sil  $4 \frac{h}{g}$  in  $3 \frac{h}{g}$  jednaka  $7 \frac{h}{g}$  in da prijema v točki  $O$  vertikalno navzdol.

Slika 36.



Primerjaje sestavljachi gledé njijinih jakostij in razdalji njijinih prijemališč od točke  $O$  imaš sorazmerje:

$$3 \frac{h}{g} : 4 \frac{h}{g} = O3 : O4.$$



Točka  $O$  leži 2, 3, ...  $n$ krat večji sestavljači 2, 3, ...  $n$ krat bliže. Torej velja zakon:

Poslednjica dveh istomerno vzporednih in v nepretrgljivo zvezanih točkah prijemajočih sil je jednaka njijini vsoti, njena mer je vzporedna z merima sestavljač. Razdalji prijemališča poslednjice od prijemališč sestavljač sta si kakor obratno jakosti sestavljač.

Poslednjico več istomerno vzporednih in v raznih točkah prijemajočih sil dobimo sestavljajoči prvo silo z drugo, poslednjico teh dveh s tretjo silo i. t. d.

Poslednjica več istomerno vzporednih sil je jednaka vsoti sestavljač in deluje s temi vzporedno. Prijemališče več istomerno vzporednih sil imenujemo časih tudi središče vzporednih sil (*Mittelpunkt paralleler Kräfte*). Obratno moremo dano silo razstavljati v dve, v raznih točkah prijemajoči in istomerno vzporedni sili; treba le sestavljači jemati toliki, da je njijina vsota jednaka dani sili in da sta razdalji njijinih prijemališč od prijemališča dane sile v obratnem sorazmerji s silama.

Na koncih  $40\%$  dolgega droga prijemata sili  $P = 40\text{ kg}$  in  $Q = 20\text{ kg}$ ; kolika je njijina poslednjica; kolika je razdalja prijemališča poslednjice od prijemališča sile  $P$ ; kolika od prijemališča sile  $Q$ ? — Na  $60\%$  dolgemu drogu  $AB$  visé tri uteži; v točki  $A$  utež  $4\text{ kg}$ , v točki  $C$ , od točke  $A$   $14\%$  oddaljeni, utež  $6\text{ kg}$ , v točki  $B$  utež  $8\text{ kg}$ ; kolika je poslednjica vseh treh sil; kolika je razdalja njenega prijemališča od točke  $A$ , kolika od točke  $B$ ? — Na  $2\%$  dolgemu drogu deluje v  $16\%$  od jednega konca oddaljeni točki sila  $R = 80\text{ kg}$ ; koliki morata biti sili na koncih droga, da moreta silo  $R$  po polnem nadomeščevati? — Poišči poslednjico 4 istomerno vzporednih sil, katere so ti dane po črtah!

### 3. Ravnotežje v položaji trdnih teles.

§ 78. **Težišče.** Vsak del telesa ima svojo težo, ker na vsakega deluje težnost, katera ga privlači proti zemeljskemu središču. Vse na posamezne dele delajoče privlačne sile so medsebojno vzporedne; kajti razdalja zemeljskega središča je v primeru z razsežnostjo teles zelo velika. Vse te sile imajo torej poslednjico jednako vsoti vseh. Kolikost te sile je absolutna teža teles, njeno prijemališče pa se zove težišče. V težišči telesa moremo si misliti nakopičeno vso njegovo maso. Vsaka skozi težišče potegnena prema črta se imenuje težišnica; vertikalno skozi težišče idoča prema črta pa črta namerinica, ker kaže mer, v kateri deluje težnost.

V istem telesu ostane teža in medsebojna razdalja posameznih delov neizpremenjena, ako telo tako ali tako zasuknemo.

Leža težišča je v istem telesu neizpremenljiva in nezavisna od položaja telesa.

Težišče je najbliže onemu koncu telesa, v katerem je največ mase nako-pičene. Težišče na vse strani jednako goste krogle leži v njenem središču; na vse strani jednako gost valj ima svoje težišče v geometrijskem središču. Sploh leži težišče pravičnih in na vse strani jednako gostih teles v njihovem geometrijskem središču. — Težišče teles moremo najti z računjenjem ali pa poskusoma. Kako najdemo težišče teles poskusoma, učili smo v § 16.

§ 79. **Položaj teles.** Telo je v ravnotežji, t. j. ne pada, ako je njegovo težišče, ali katera druga v namernici ležeča in s to nepretrgljivo zvezana točka nepremična. Okoli horizontalne izven težišča ležeče osi vrtljivo telo more biti v ravnotežji le takrat, ako leži os v meri namernice. Težišče more biti ali pod osjo ali nad njo. Recimo, da zaznamenuje (slika 37. I)  $O$  os in  $S$  težišče kakega telesa. V stanju ravnotežja je prema  $OS$  vertikalna. Ako telo okoli osi nekoliko zavrtiš, da opiše težišče  $S$  lok  $SS'$  in za tem telo prepustiš samo sebi, vrne se v svojo prvobitno ležo. V točki  $S'$  prijema teža, razstaviti jo moreš v dve pravokotni sestavljači, tako da deluje jedna v meri preme  $OS'$ , druga v meri tangente na lok  $SS'$ . Učinek prve sestavljače se uniči, ker sta os  $O$  in težišče  $S$  nepretrgljiva, druga sila vleče telo v njegovo prvobitno ležo. — Telo ima torej tak položaj, da se nekoliko iz prvobitne leže premakneno pod vplivom težnosti vrača v svojo prvobitno ležo. Tak položaj teles je stalen (*stabil*). . . . 1.)

Vzemimo, da je (slika 37. II) težišče  $S$  nad osjo  $O$ . Ako telo iz tega položaja nekoliko zavrtiš in je prepustiš samo sebi, ne vrne se več v prvobitno ležo, ampak zavrti se toliko, da pride težišče  $S$  vertikalno pod os  $O$ .

O pravosti tega se pre-pričaš, ako razstaviš v težišču  $S'$  prijemajočo težo v dve pravokotni sestavljači kakor pri I. Pri tem položaji telesa pride pri najmanjši vrtnji težišče nekoliko niže in telo torej pada. Tak položaj teles imenujemo padljiv (*labil*). . . . 2.)

Ako gre horizontalna os  $O$  skozi težišče  $S$  (slika 37. III), ostane težišče pri vsaki poljubni vrtnji na istem mestu in telo je v vsaki leži v ravnotežji. Tak položaj teles imenujemo nerazločen (*indiferent*). . . . 3.)

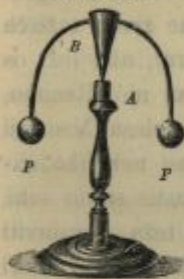
Slika 37.



Pravimo, da je telo podprto (*unterstützt*), ako leži nepremična os ali točka nad težiščem; telo pa visi (*aufgehängt*), ako je težišče nad nepremično osjo ali točko.

Položaj na niti visečega kamena je stalen. — Položaj stožca na vrhu stoječega je padljiv, na osnovnici stoječega stalen, in ob strani ležečega nerazločen. (Zakaj?) — Kupica z okroglim in debelim dnom se stavi sama po konci. — Lesen valj, kateri ima na robu vlitiga svinca, teče nekoliko po poševni ravnini navzgor. — V sliki 38. vidiš lesen stožec *B*, skozi njega je potegnena ukrivljena žica, katera ima na koncih uteži *PP*. Ako to pripravo postaviš na stojalo *A*, smeš jo nagibati in vrteti, a vendar ne pade. Nje položaj je stalen. (Zakaj?) —

Slika 38.



§ 80. **Stalnost položaja teles.** (Stojálnost, *Standfestigkeit, Stabilität der Körper*). Da je položaj podprtega telesa stalen, treba je telo sploh podpirati v treh a ne v jedni premi ležečih točkah. Ploskev, katero oklepajo skozi skrajna podporišča potegnene preme, imenujemo podporno ploskev (*Unterstützungsfläche*). Položaj kakega telesa je stalen, dokler seče namernica podporno ploskev; postane pa padljiv, ako leži težišče nad robom podporne ploskve.

Podporna ploskev mize je četverkotnik, njegovi vrhi leže ob skrajnih robih nóg. — Podporna ploskev na obeh nogah stoječega človeka je trapéc i. t. d.

Zakaj pošev stoječa stolpa v Pizi in Bolonji ne padeta? — V levi roki breme noseč človek se nagiblje nekoliko na desno. — Gredoči premičemo težišče svojega telesa od podporne ploskve pod jedno nogo na podporno ploskev pod drugo nogo. —

Vsako telo, čeravno je v stalnem položaji, dá se vendar podreti, treba da ga n. pr. v horizontalni meri delujoča sila ob robu njegove podporne ploskve toliko zavrti, da namernica ne seče več podporne ploskve. V to svrho so pri raznih telesih potrebne razno velike sile. Telo ima večjo stalnost položaja (večjo stojálnost), ako je treba večje sile, da je podere. Izkušnja uči:

Telesa imajo večjo stojálnost, ako imajo: *a*) širjo podporno ploskev, *b*) večjo težo, *c*) ako je njih težišče blizu podporne ploskve, *d*) ako prijema ja podirajoča sila blizu podporne ploskve.

Stolom in mizam dajemo repato ukrivljene noge, da stojé bolj stalno. — Svetilnice, svečniki i. t. d. so spodaj široki in s svinčcem ali peskom obteženi. — Vozovi s slamo ali senom visoko naloženi se radi vzvračajo. —

#### 4. Ravnotežje na strojih.

§ 81. Stroj (*Maschine*) imenujemo vsako orodje, na katerem se javi učinek delujoče sile v drugi meri in na drugem mestu, kakor deluje sama. Upor, kateri se stavi delujoči sili nasproti, in katerega hočemo zmagovati s pomočjo stroja, imenujemo breme (*Last*).

Težek kamen moreš nekoliko privzdigniti, ako pod njega zabijaš klin. — Da premagamo zveznost teles, rabimo nože, škarje i. t. d. — Klin, nož, škarje so torej stroji.

Stroje razločujemo v jednostavne in sestavljene. Prvi sestojé iz delov, kateri se ne dajo smatrati kakor stroji; drugi sestojé iz delov, kateri so sami záse že stroji.

Jednostavnim strojem prištevamo: 1.) vzvod ali navor, 2.) skripec, 3.) kolo na vretenu, 4.) strmino, 5.) vijak, 6.) klin.

§ 82. **Vzvod ali navor** (*Hebel*) se zove vsak okoli nepremične osi vrtljiv drog, katerega skušata dve sili v nasprotnih merih vrteti. Mesto, v katerem je vzvod podprt in vrtljiv, imenujemo njegovo podporišče (*Unterstützungspunkt*). Breme je óna sila, katero hočemo z drugo premagati, breme premagujoča sila zove se sila v ožjem pomenu besede. Razdalji prijemališč obéh sil, bremena in sile, od podporišča sta vzvodovi rami (*Hebelarme*), in sicer je rama bremena razdalja bremenovega prijemališča od podporišča, rama sile pa razdalja silinega prijemališča od podporišča. Vzvod, katerega težišče je v podporišči, imenujemo matematičen ali jednostaven, vsak drugi pa fizičen. Vzvod je dvoramen (*zweiarmig*), ako je podporišče med prijemališčema bremena in sile; jednoramen (*einarmig*) vzvod pa je óni, pri katerem sta prijemališči bremena in sile na isti strani podporišča.

Ravnatežje na vzvodu.

Poskusi: Vzemi drog *AB* (slika 39.), vrtljiv okoli skozi težišče idoče osi *C*. Drog je razdeljen v jednake dolgostne dele in v teh so kljukice, da je môči nánje obešati uteži. Drog sam záse je v vsaki poljubni leži v ravnotežji.

Ako obesiš na levi v razdalji 6 utež 4  $\frac{d}{g}$ , zavrtí se drog na levo. Da ostane v ravnotežji, moraš obe-

Slika 39.



siti na desni v razdalji 6 utež  $4 \frac{d}{g}$ . Isto tako je utež  $4 \frac{d}{g}$  viseča na levi v razdalji 7, 8 ... ravnotežna jednaki uteži viseči na desni v razdalji 7, 8, ... Torej sledi:

Jednakoramen vzvod ostane v ravnotežji, ako je sila jednaka bremenu . . . . 1.)

V 6. kljukici na levi strani obesi utež  $24 \frac{d}{g}$ . Da dobiš ravnotežje, moreš na desni obesiti  $12 \frac{d}{g}$  v 12. kljukico, ali  $48 \frac{d}{g}$  v tretjo kljukico. (Razdalje moraš vsakokrat šteti od podporišča.) S tem pa si dobil nejednakoramen vzvod. Ako smatraš utež  $24 \frac{d}{g}$  na levi za breme, potem je razdalja 6 njegova rama. Na desni imaš v stanji ravnotežja silo  $12 \frac{d}{g}$  in njeno ramo 12, ali pa silo  $48 \frac{d}{g}$  in njeno ramo 3. Torej sledi:

Na dvoramnem vzvodu sta si sila in breme ravnotežni, ako sta si kakor obratno njijini rami . . . . 2.)

Ker je  $24 \times 6 = 12 \times 12 = 48 \times 3 = 144$ , smemo navedeni zakon izraževati tudi tako-le:

Na vzvodu je ravnotežje, ako je produkt sile in njene rame jednak produktu bremena in njegove rame . . . . 3.)

Ako zaznamujemo delujočo silo s črko  $P$ , breme s črko  $Q$ ; dolžino siline rame s črko  $p$ , dolžino bremenove rame s črko  $q$ ; imamo splošni pogoj ravnotežja na vzvodu izražen s:

$$P : Q = q : p \dots\dots 4.)$$

$$P \cdot p = Q \cdot q \dots\dots 5.)$$

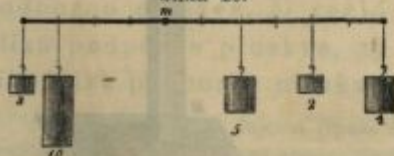
Produkt sile in njene rame imenujemo statični moment (*statisches Moment*). Oziraje se na to slově zakon 3.) tako-le:

Na vzvodu je ravnotežje, ako je statični moment sile jednak statičnemu momentu bremena . . . . 6.)

Pogoje ravnotežja na vzvodu razvidiš tudi po § 77. II. Na vzvodu možno je ravnotežje le takrat, ako gre mer poslednjice sile in bremena skozi podporišče, katero uničuje potem njen učinek, ker je nepremično. Potem pa sledé neposredno vsi navedeni zakoni.

Poskus: Na dvoramem matematični in v točki  $m$  vrtljiv vzvod (slika 40.) obesi na levi strani v razdalji 3 utež  $10 \frac{d}{g}$ , v razdalji 4 utež  $3 \frac{d}{g}$ ; na desni v razdalji 2 utež  $5 \frac{d}{g}$ , v razdalji 4 utež  $2 \frac{d}{g}$  in v razdalji 6 utež  $4 \frac{d}{g}$ . Te uteži so si ravnotežne.

Slika 40.



Vsota statičnih momentov vzvod na levo gibajočih sil je  $10 \times 3 + 3 \times 4 = 42$ , vsota statičnih momentov vzvod na desno gibajočih sil je  $5 \times 2 + 2 \times 4 + 4 \times 6 = 42$ . — Iz tega sledi:

Ako deluje na vzvodu več vzporednih sil, ravnotežne so si, ako je vsota statičnih momentov sil v istem zmislu delujočih jednaka vsoti statičnih momentov sil v nasprotnem zmislu delujočih. . . . 7.)

Pri fizičnem vzvodu se treba ozirati tudi na njegovo težo, prijemajočo v težišči vertikalno navzdol. Ravnotežje na fizičnem vzvodu je določevati po zakonu 7.)

Vsi ti zakoni veljavni so tudi za jednoramen vzvod.

Zaporna ranta pri železnici ali mitnici je dvoramen vzvod, isto tako so vzvodi: klešče, škarje, vile, motika, podnožki pri brusih, kolovratih i. t. d. Imenuj še drugih vzvodov, ter povej, kdo daje breme, kdo silo!

Na drogu, podprtem v njegovem težišču, leži od podporišča  $40\%$  oddaljen  $400 \text{ kg}$  težek kamen; v kateri razdalji na drugi strani podporišča je utež  $15 \text{ kg}$  temu ravnotežna? —  $2 \text{ m}$  dolg, povsod jednako gost in debel, in  $15 \text{ kg}$  težek drog je  $45\%$  od jednega konca podprt; na krajšem koncu leži  $120 \text{ kg}$  težek kamen; s koliko silo je treba drog na nasprotnem koncu pritiskati k tlom, da ostane v horizontalni meri? (Uporablaj zakon 7.)

Ravnotežje na vzvodu se poruši, ako je jedna izmed sil večja ali manjša nego mora biti za stanje ravnotežja. Potem pa nastane gibanje v meri večje sile. Spoznavši zakone o ravnotežju poznamo torej tudi pogoje, pod katerimi se vzvod začne gibati v meri delujoče sile. To velja splošno tudi za druge stroje.

### § 83. Uporaba vzvodov

**pri tehtnicah.** I. Trgovska tehtnica (*Krämerwage*), (kakeršna je navadna v štacunah, lekarnah i. t. d.) je jednoramen in dvoramen kovinski vzvod *AB* (slika 41.), prečka ali gredelnica (*Wagebalken*) imenovan, vrtljiv v škarjah *E* okoli horizontalne osi *C*. Na koncih prečke visita skledici; v jedno devamo telesa, katerih težo iščemo, v drugo uteži. Pravokotno na prečki stoječ jeziček *D* kaže, kadar stoji tehtnica horizontalno.

Slika 41.



Pri kemijskih tehtnicah (slika 42.) je os oster jeklen klin, ležeč s svojim ostrim robom na vertikalnem stebru v jamičastem valji od jekla ali ahata. Jeziček kaže navzdol in njegov konec se giblje pred krožno delitvijo, kažoč na ničlo, ko stoji prečka horizontalno. Skledici visita na kljukicah, vrtljivih okoli ostrih robov.

Slika 42.



Od vsake tehtnice terjamo, da je:

1.) njen položaj stalen, t. j. da se vrne, nekoliko v stran odklonjena, sama v horizontalno ležo (težišče vzvoda mora biti pod podoriščem); 2.) točna ali pravična; 3.) občutljiva.

Tehtnica je točna (*richtig*), ako se vsakokrat postavi v ravnotežje, ko sta sila in breme jednaki; ako je torej neobtežena ali obtežena z enakimi utežmi v ravnotežji. Da je tehtnica točna,

treba, da sta: *a*) oba dela prečnice jednako dolga in jednako težka; *b*) da sta njijini težišči od osi jednako oddaljeni; *c*) da imata skledici sami zase jednaki teži.

Je-li tehtnica točna ali ne, prepričamo se s tem, da skledici zamenimo; — ako po zameni skledic tehtnica ni več v ravnotežji, daljši je jeden del prečke od drugega in težja jedna skledica od druge.

Občutljiva (*empfindlich*) je ona tehtnica, katere prečka se izdatno ukloni, ko je jedna skledica le nekoliko bolj obtežena od druge. Tehtnica je zelo občutljiva, ako ima: *a*) dolgo prečko, *b*) malo težo, *c*) težišče blizu osi in *d*) ako so v skledicah male uteži.

Da so tehtnice občutljive in morejo nositi precejšnje teže, sestavljene so prečke iz štirioglatih medenih palčic v obliki trapčca (glej sliko 42.)

Težo kakega telesa določujemo s pomočjo tehtnice s tem, da položimo v jedno skledico dotično telo, v drugo pa toliko utežij, da se postavi tehtnica v ravnotežje — da se uravna —, kar spoznamo iz tega, da stoji jeziček pred določenim znamenjem; te uteži določujejo potem težo tega telesa.

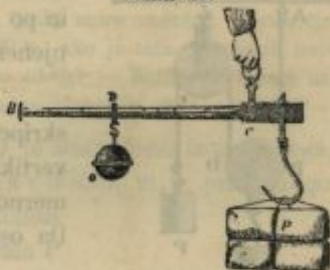
Z dvakratnim tehtanjem, kakeršno je izumil Borda, moremo teže teles natančno določevati tudi na netočnih tehtnicah. V jedno skledico se položi telo, katero treba stehtati, v drugo pa toliko kamenčkov ali šiber i. t. d., da se

tehtnica uravna. Potem se odstrani telo in nadomesti s toliko utežmi, da se tehtnica zopet uravna. Uteži mesto dotičnega telesa v skledico položene kažejo natančno njegovo težo.

II. Rimska tehtnica ali tehtnica s kembljem (*römische oder Schnell-Wage*) je nejednakoramen vzvod  $AB$  (slika 43.), vrtljiv okoli osi  $C$ . Telo, katero treba steh-tati, visi na kljuki  $A$ ; na drugi rami premiče se pa določena utež  $O$ , kem-belj (*Laufgewicht*) od osi  $C$  proti  $B$  za toliko, da ostane prečnica horizontalna, kar kaže jeziček nad  $C$ .

Ako je tehtnica sama ob sebi v ravnotežji, torej njeno težišče v točki  $C$ , teža telesa  $P$  je tolikokrat večja nego teža kemblja  $O$ ; kolikor-krat je  $AC$  krajša od  $CD$ ?

Slika 43.



Navadno pa tehtnica sama ob sebi ni v ravnotežji. V tem slu-čaji se deli prečka  $CB$  poskusoma. Na kljuko  $A$  se obesi utež  $1 \frac{h}{g}$ ; kembelj se pa premakne toliko, da se tehtnica uravna. Na mestu, kjer visi kembelj, naredi se zareza z napisom  $1 \frac{h}{g}$ . Isto treba po-navljati z utežmi 2, 3, ...  $n \frac{h}{g}$ .

Tehtnica s kembljem ni niti zelo občutljiva niti točna; uporabljamo jo takrat, ako hočemo telesa steh-tati hitro in z malimi utežmi.

§ 84. Škripec (*Rolle*) je okrogla plošča v škarjah vrtljiva okoli osi, idoče skozi njeno središče; na obodu pa ima žleb, okoli katerega se vije vrv. Škripec je nepremičen (*unbeweglich, fix*), ako je njegova os v prostoru nepremakljiva; a premičen (*beweglich*), ako se njegova os more gibati v prostoru, ko se vrtili škripec okoli svoje osi.

Na nepremičnem škripci (slika 44.) visi breme  $Q$  na enem konci vrvi, na drugem konci deluje sila  $P$ , hoteča breme dvigati. Ta škripec je prav za prav dvoramen vzvod;  $AO$  in  $BO$  sta njegovi rami. Ker je  $AO = BO$ , velja zakon:

Nepremični škripec ostane v ravnotežji, ako je sila jednaka bremenu. Splošno:  $P = Q$ .

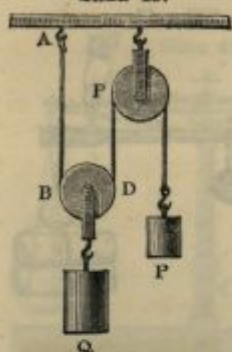
Slika 44.





Nepremični škripec je zaradi tega priročen, ker more na njem sila delovati v zánjo najpripravnejši meri. Uporabljamo ga, da vzdigujemo bremena (sila more delovati navzdol ali pa pošev); da se zapirajo duri same ob sebi; da narejamo viseče predmete premične, n. pr. svetilnice, svečnike i. t. d.

Slika 45.



Na premičnem škripci (slika 45.) je jeden konec vrvi pri *A* trdno privezan, za tem se vije vrv po žlebu premičnega škripca *BD* in po žlebu nepremičnega škripca. Na drugem njenem konci prijema pa sila *P*.

Breme *Q* visi na škarjah premičnega škripca. Ako sta oba dela vrvi vzporedna in vertikalna, nosita oba vse breme jednako-merno, torej nosi vsak le polovico bremena. Da ostane premični škripec v ravnotežji, treba vrv pri *D* natézati s silo  $P = \frac{Q}{2}$ .

Slika 46.



Premični škripec ostane v ravnotežji, ako je sila jednaka polovici bremena; vrv vendar mora biti vertikalno napeta. Prav za prav se mora bremenu prište-vati še teža premičnega škripca.

Premični škripec moreš smatrati za jednoramen vzvod, ki je vrtljiv okoli točke *B*. Rama sile je dvakrat daljša nego rama bremena.

3.) Sestavljeni škripci (*Flaschenzug*) sestojé iz več premičnih in nepremičnih škripcev, zvezanih z jedno samo vrvjo. Pri navadno sestavljenih škripcih (slika 46.) so po trije škripci v jednih škarjah. Zgornji trije škripci so nepremični, spodnji trije pa premični. Slika kaže, kako se vije vrv čez vse škripce. Breme visi na škarjah premičnih škripcev. V tem slučaju visi vse breme na šestih delih vrvi. Da si postaneta sila in breme ravnotežni, treba oni del vrvi, kateri se vije čez zadnji zgornji škripec, natézati s silo, ki je jednaka sestemu delu bremena.

Pri navadno sestavljenih škripcih je ravnotežje, ako je sila jednaka toli-

kemu delu bremena, kolikor je škripecev. Bremenu je priste-  
vati tudi teža vseh premičnih škripecev.

Ako sestavimo več nego šest škripecev, potrebujemo še manjše sile, da  
je ravnotežna danemu bremenu; ali potem postane tudi trenje (o katerem  
bomo pozneje govorili) večje in prijemališče sile mora narediti daljšo pot, da  
vzdignemo breme v določeno višino.

Kolika sila je ravnotežna na premičnem škripci visečemu bremenu  $80 \frac{kg}{g}$ ,  
ako teže škripca ne jemljemo v poštev? — Koliko pot naredi prijemališče sile,  
ako breme dvignemo  $3 \text{ m}$  visoko? — Koliko ljudi more vzdržati s pomočjo  
sestavljenih 6 škripecev ravnotežje bremenu  $2300 \frac{kg}{g}$ , ako je teža premičnih treh  
škripecev =  $14 \frac{kg}{g}$  in ako vsak mož vleče s silo  $40 \frac{kg}{g}$ ? — Koliko je breme na  
premičnem škripci, kateremu je sila  $16 \frac{kg}{g}$  ravnotežna, ako tehta škripec  $0.4 \frac{kg}{g}$ ? —

§ 85. **Kolo na vretenu** (*Wellrad*) je sestavljeno iz valjastega,  
okoli svoje osi vrtljivega telesa, vretena (*Welle*), in iz pravokotno  
na vreteno, a sosredno s tem, nabitega kolesa  
(slika 47.) Breme  $Q$  visi na obodu vretena, sila  $P$   
deluje pa na obodu kolesa. — Breme in sila  
delujeta sicer v raznih ravninah; ker pa je vre-  
teno v trdni zvezi s kolesom, smatrati smemo  
brez razločka v učinku obé sili v isti ravnini  
delujoči. Potem pa je ta stroj dvoramen vzvod.  
Rama bremena je jednaka polumeru vretena  $AO$ ,  
rama sile je jednaka polumeru kolesa  $BO$ .

Kolo na vretenu je v ravnotežji, ako  
sta si sila in breme kakor polumer v re-  
tena in polumer kolesa.

Ako zaznamuje  $r$  polu-  
mer vretena,  $R$  polumer kolesa,  
 $o$  obod vretena,  $O$  obod kolesa,  
moremo pogoj ravnotežja izra-  
ževati tudi s temi-le sorazmerji:

$$P : Q = r : R \dots 1.)$$

$$P : Q = 2r : 2R \dots 2.)$$

$$P : Q = o : O \dots 3.)$$

Izrazi zadnji sorazmerji z  
besedami!

Mesto celega kolesa je  
na vretenu dostikrat jedna  
ali več ročic (slika 48.) Sila  
prijema potem na konci  
ročice.

Kolo na vretenu, čegar os je horizontalna, imenuje se motovilo (*Haspel*);  
ono, čegar os je vertikalna, pa vitel (*Winde*).

Slika 47.



Slika 48.



Kolika sila mora delovati na obodu kolesa s polumerom  $1 \cdot 4^m$ , da je ravnotežna bremenu  $200^k$ , visečemu na vretenu s polumerom  $7^m$ ? — Vitel ima 4 ročice  $60^m$  dolge, té vrtijo 4 možje, vsak s silo  $10^k$ ; koliko sme biti brema na vretenu, čegar polumer je  $20^m$ , da sta si sila in brema ravnotežni? —

§ 86. **Strmina** (*schiefe Ebene*) se zove vsaka proti horizontalni meri naklonjena trdna ravnina. Ako zaznamenuje  $ABC$  (slika 49.)

Slika 49.



prerez strmine z ravnino papirja, imenuje se  $AB = d$  dolžina (*Länge*),  $BC = v$  višina (*Höhe*),  $AC = o$  osnovnica (*Basis*),  $\sphericalangle BAC$  naklonski kot (*Neigungswinkel*) strmine. Na strmino položeno telo (katero si hočemo, kakor tudi strmino samo misliti po polnem gladko) drsa po tej navzdol, ker se pri tem nje-

govo težišče bliža zemeljskemu središču. Da ostane brema v miru, mora nánje delovati še druga, drsanje ovirajoča sila. Ta sila more delovati v raznih merih; tukaj hočemo preiskovati samo dva slučaja.

I. Sila deluje vzporedno s strmino. Brema, jednako absolutni teži na strmini ležečega telesa, prijema v težišču  $S$ . Vzemimo, da je njega mer in kolikost dana po premi  $SG = Q$ . To silo razstavimo v sestavljači  $SN$  in  $SP$ , tako da je  $SN \perp AB$ ,  $SP$  pa vzporedna z  $AB$ . Trdnost strmine uničuje sestavljačo  $SN$ , delavna ostane le sestavljača  $SP$ . Telo ostane na strmini mirno, ako v točki  $S$  nánje deluje v nasprotni meri sile  $SP$  jednako velika sila  $P$ . Prema  $SP$  zaznamenuje torej silo, ki je ravnotežna bremenu  $Q$ . Trikotnika  $SGP$  in  $ABC$  sta si podobna (zakaj?); torej sledí:

$$SP : SG = BC : AB \text{ ali}$$

$$P : Q = v : d$$

Vzporedno s strmino delujoča sila je ravnotežna danemu bremenu, ako sta si sila in brema kakor višina in dolžina strmine.

Slika 50.



Ako zmanjšamo pri isti strmini naklonski kot, zmanjša se tudi njena višina in vzdrževanju ravnotežja zadostuje manjša sila, da le ostane brema neizpremenjeno.

II. Sila deluje vzporedno z osnovnico. V težišču  $S$  (slika 50.) na strmini ležečega telesa prijema-

jočo silo (težo) razstavimo v dve sestavljači: v  $SN$ , pravokotno na strmíno, in v  $SP$ , vzporedno z osnovnico. Iz istega uzroka, kakor zgoraj, delavna je le sestavljača  $SP$ . Breme ne drsa po strmíni, ako v točki  $S$  nánje deluje v nasprotni meri sile  $SP$  jednako velika sila  $P$ . Ker sta si trikotnika  $SPG$  in  $ABC$  podobna, sledí:

$$SP : SG = BC : AC \text{ ali}$$

$$P : Q = v : a.$$

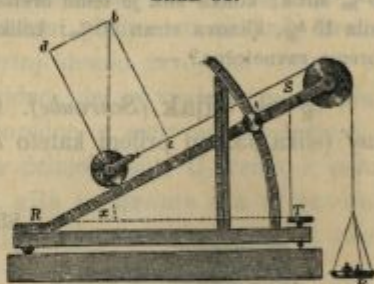
Na strmíni vzporedno z osnovnico delujoča sila je ravnotežna danemu bremenu, ako sta si sila in breme kakor višina in osnovnica strmíne.

O pravosti obéh zakonov uveriš se lahko s pripravo slika 51.

Vsaka poševna cesta, stopnice, lestve i. t. d. so strmíne.

Dolžina strmíne je 35 m, višina 5 m, na strmíni leži breme 265 kg; da ostane to breme mirno, kolika mora biti sila  $a$ ) vzporedno z dolžino,  $b$ ) vzporedno z osnovnico delujoča? — Kaj je bolj vspešno: da deluje sila vzporedno z osnovnico, ali vzporedno z dolžino? — Ako je vzdig strmíne  $\frac{1}{40}$ , kolikemu bremenu more biti ravnotežna vzporedno z dolžino delujoča sila 80 kg? — (Kvocient iz višine in dolžine strmíne ( $v : d$ ) imenujemo nje vzdig [*Steigung*]). —

Slika 51.



§ 87. **Klin** (*Keil*) se imenuje vsaka tristrana piramida od trdne tvarine; prerez mu je običajno jednakokrak trikotnik  $ABC$  (slika 52.) Ploskvi  $AC$  in  $BC$  sta klinovi strani (*Seiten des Keiles*) ter oklepata precej oster kot  $C$ .

Temu kotu nasprotna ploskev  $AB$  je klinov hrbet (*Rücken des Keiles*).

Klin zabijamo v telesa, da ja cepimo, ali da ja dvigamo, ali medsebojno pritiskamo. Vsakokrat deluje sila pravokotno na hrbet; breme pa pravokotno na strani. Klin moremo smatrati sestavljen iz dveh strmín, katerih osnovnici se stičeta. Ako zaznamujemo pravokotno na hrbet delujočo silo s  $P$ , pravokotno na strani

Slika 52.



delujoči upor  $Q$  in ako si tega predstavljamo s premama  $ad$  in  $ab$ , v ravnotežji je klin, ako je poslednjica  $ac$  teh sil jednaka v nasprotni meri delujoči sili  $P$ .

Trikotnika  $abc$  in  $ABC$  sta si podobna (zakaj?); torej sledi:

$$ac : ab = AB : AC \text{ ali}$$

$$P : Q = AB : AC.$$

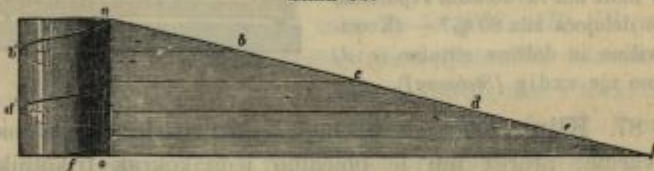
Na klinu delujoča sila je ravnotežna danemu bremenu, ako sta si sila in brema kakor hrbet in jedna stran klina.

Istemu bremenu je ravnotežna manjša sila, ako je klinov hrbet ožji ali klinova stran daljša.

Sekira, nož, dleto, sablja, zobje na žagah i. t. d. so klini. — Pravokotno na vsako stran klina deluje sila  $60 \frac{kg}{m}$ , ako je vsaka stran  $2 \frac{dm}{m}$  dolga in hrbet  $5 \frac{cm}{m}$  širok; kolika sila je temu bremenu ravnotežna? — Ako je brema  $100 \frac{kg}{m}$ , sila  $15 \frac{kg}{m}$ , klinova stran  $10 \frac{cm}{m}$ ; koliko širok mora biti hrbet, da sta si sila in brema ravnotežna? —

§ 88. **Vijak** (*Schraube*). Od papirja izreži pravokotni trikotnik  $aof$  (slika 53.) in prilepi kateto  $ao$  ob strani lesenega valja, tako da

Slika 53.



je vzporedna z njegovo osjó. Ako oviješ potem trikotnik  $aof$  okoli valja, opiše hipotenuza  $af$  na valjevem obstranji krivo črto, katera je proti stranicam povsod jednako naklonjena. Ako je prema  $ce'$  jednaka valjevemu obodu, pade točka  $c$  v točko  $c'$ , vertikalno pod točko  $a$ ; točka  $b$  pa v točko  $b'$ , točka  $d$  v točko  $d'$  i. t. d. Kriva črta  $ab'c'd'e'$  ... imenuje se zavojnica (*Schraubelinie*); razdalja dveh vertikalno druga pod drugo ležečih točk, n. pr.  $a$  in  $c'$ , ali  $b'$  in  $d'$ , je višina zavoja (*Höhe eines Schraubenganges*); med njima ležeči del zavojnice pa jeden zavoj (*ein Schraubengang*).

Ako ovijemo na zavojnico tristrano piramido in jo pritrđimo na valj, dobimo ostre zavoje (*scharfe Gewinde*) (slika 54.) Ako pa ovijemo na zavojnico četistrano piramido in jo pritrđimo na valj, dobimo ploske zavoje (*flache Gewinde*) (slika 55.) Tako prirejen

valj z ostrimi ali ploskimi zavoji se imenuje vijakovo vreteno (*Schraubenspindel*). Otel valj, kateri ima v svoji duplini tako vrezane zavoje, da se ujemajo z zavoji na vretenu, imenuje se vijakova matica (*Schraubenmutter*). Obá, vreteno in matica, tvorita skupno vijak (*Schraube*).

Slika 54.



Slika 55.



Pri uporabi vijaka je vedno jeden del nepremičen; ako je pre-mična matica, nepremično je vreteno in obratno. Sila prijema ali na obodu vijakovega vretena, ali na obodu matice ter deluje vzpo-redno z osnovno ploskvijo; breme deluje pa vzporedno z vijakovo osjó: kakor tlak, ako z vijakom kaj stiskamo, — kakor teg, ako kaj dvigamo. Ko se zavrti vreteno jedenkrat, dvigne se ali pade breme za višino jednega zavoja. Pri tej vrtnji drsajo zavoji na vretenu po zavojih matice. Iz tega pa je razvidno, da je vijak prav za prav strmína, na kateri deluje sila vzporedno z osnovno ploskvijo. — Zaznamenuje li  $P$  na obodu vretena delujočo silo,  $Q$  breme,  $r$  polu-mer vretena,  $v$  višino jednega zavoja, sila in breme sta si ravno-težna, ako sta si kakor višina jednega zavoja in obod vre-tena. Splošno:

$$P : Q = v : 2r\pi.$$

Uporaba vijaka je možna zaradi velikega trenja med vretenom in matico.

Vijak uporabljamo mnogovrstno: da predmete stiskamo (tiskalo), da pred-mete pritramo drugega na drugega, da kako breme počasno dvigamo i. t. d. Z vijakom moremo prouzročevati poljubno majhno gibanje. Jedna najvažnejših je uporaba vijaka pri parnikih na vijak. (Iznajdba Jos. Reslja, porojenega v Hrudimu 1793, umršega v Ljubljani 1857.)

Imenuj nekoliko predmetov, na katerih nahajaš vijake!

Sila ne prijema vsakikrat neposredno na obodu vretena ali matice, ampak dostikrat na konci daljše ročice, ki je z vretenom, oziroma z matico nepretrgljivo zvezana. V račun jemati imamo potlej namesto oboda na vretenu obod kroga, katerega opisuje prijemališče sile.

Višina vijakovega zavoja je  $1.5\%$ , polumer vretena  $8\%$ ; kolika mora biti sila, da je ravnotežna bremenu  $240\text{ kg}$ ? — Na vijaku, katerega zavoji so  $8\%$  oddaljeni, imela bi biti sila  $6\text{ kg}$  ravnotežna bremenu  $1000\text{ kg}$ ; koliko dolga mora biti ročica na vretenu, na kateri prijema sila?

§ 89. Delo sil (*Arbeitsleistung der Kräfte*). Da dvignes kamen na določeno višino, zmagovati moraš ves čas dviganja njegovo težo; ako cepiš drva, zmagovati moraš molekularno zveznost. Da se telo

po horizontalni podlagi giblje, zmagovati treba trenje med njim in podlago. Da se telo po toploti razteza, zmagovati mora toplota molekularne privlačne sile in zračni tlak.

Vsakokrat, ko vidimo učinek kake delujoče sile, mora zmagovati sila kak poseben upor na določeni poti. S tem, ko zmaga sila kak upor, opravlja delo (*leistet Arbeit*).

Ako potegne jeden iz med dveh konj 600  $h/g$  težek voz 1  $\mathcal{K}/m$  daleč, drugi pa 1200  $h/g$  težek voz po isti cesti tudi 1  $\mathcal{K}/m$  daleč, delo drugega konja je dvakrat večje, ker je zmagal dvakrat tolik upor v isti daljavi nego prvi.

Delavec nese breme 50  $h/g$  100  $m$  daleč, drugi delavec nese isto breme 200  $m$ . Delo drugega delavca je dvakrat večje, ker je nesel isto breme po dvakrat daljši poti. Torej sledi:

Delo dane sile je 2, 3, ...  $n$ krat večje, ako zmaga sila na isti poti 2, 3, ...  $n$ krat večji upor nego druga ... 1.)

Delo kake sile je 2, 3, ...  $n$ krat večje, ako je pot, po kateri je sila delovala in upor zmagovala, 1, 2, 3, ...  $n$ krat večja ... 2.)

Da moremo delo sil medsebojno primerjati in s števili izraževati, jemljemo za jednoto dela (*Arbeitseinheit*) delo óne sile, katera more 1  $h/g$  težko breme dvigniti 1  $m$  visoko in imenujemo to jednoto kilogrammeter ( $kgm$ ).

Sila, katera dvigne 10  $h/g$  težko breme 1  $m$  visoko, opravi po 1.) delo 10  $kgm$ ; ako dvigne druga sila 10  $h/g$  5  $m$  visoko, opravi delo  $5 \times 10 = 50 kgm$ .

Delo, katero je opravila kaka sila, dobimo, ako množimo premikano breme (zmagan upor) z dolžino poti ... 3.)

Splošno izrazujemo ta zakon, ako zaznamujemo  $D$  delo,  $P$  breme,  $S$  pot, z jednačbo

$$D = P \cdot S kgm.$$

Zmagan upor imamo v račun jemati v kilogramih, pot pa v metrih.

Padanje telesa neposredno (brez stroja) ovirajoča sila mora biti jednaka njegovi teži, torej jednaka bremenu, katero zmaga sila. Ako to silo le nekoliko povečamo, nastane gibanje v njenem zmislu. Pot prijemališča delujoče sile je jednaka višini, do katere je sila telo (breme) vzdignila. Zakon 3.) izraziti moremo torej tudi tako-le:

Delo sile je jednako produktu delujoče sile in dolžine poti, katero naredi njeno prijemališče ... 4.)

Za merjenje del večjih sil, n. pr. pri parnih strojih, uporabljamo tudi večje jednote nego  $kgm$ , namreč konjsko silo (*Pferdekraft*);

ta je določena na  $75 \text{ kgm}$ . Izkušnja namreč uči, da more navaden konj v vsaki sekundi opravljati delo  $75 \text{ kgm}$ . Parni stroj dvigajoč v vsaki sekundi  $700 \text{ h/g}$  težko breme  $6 \text{ m}$  visoko, opravlja v vsaki sekundi delo  $700 \times 6 = 4200 \text{ kgm} = 4200 : 75 = 56$  konjskih sil.

Da prav ocenimo delo sil, treba se ozirati tudi na čas, v katerem ta ali ona sila kako delo opravi, posebno pri mišičnih silah ljudij in živalij. Primerjavna števila dobimo, ako jemljemo v poštev pote narejene v enakih časih, n. pr. v jedni sekundi.

Konjsko silo moremo potem imenovati delo sile, katera dvigne v sekundi  $75 \text{ h/g}$  težko breme  $1 \text{ m}$  visoko.

Jasno je, da mora biti sila večja, ako ima v določenem času opraviti večje delo. Kar popelješ z jednim konjem dvakrat, lahko popelješ z dvema jedenkrat.

Koliko delo si opravil dvignivši  $8 \text{ h/g}$  težko breme  $4 \text{ m}$  visoko? — Človek,  $70 \text{ h/g}$  težek, zleze v 4 min.  $15 \text{ m}$  visoko; koliko delo je opravil? — Iz studenca je treba v vsaki minuti  $30 \text{ m}$  visoko dvigniti  $800 \text{ l}$  vode; koliko delo je za to potrebno, in kolika sila je more opravljati?

§ 90. **Delo sil na strojih.** V § 84. smo omenili, da je pot, katero naredi prijemališče na premičnem škripci, dvakrat večja od poti narejene od bremena. Recimo, da je breme  $= 40 \text{ h/g}$ ; njemu ravnotežna sila na škripci je potem  $= 20 \text{ h/g}$ . Ako silo  $20 \text{ h/g}$  nekoliko povečamo, nastane gibanje v njenem zmislu; pri tem gibanji naredi prijemališče sile dvakrat večjo pot nego je pot dvignenega bremena.

Jednako moremo ponavljati pri drugih strojih.

Kar na stroji sile prihranimo, izgubimo na poti (torej tudi na času). . . . 1.)

Da dvignemo z premičnim škripcem breme  $40 \text{ h/g}$   $3 \text{ m}$  visoko, pada prijemališče sile  $6 \text{ m}$ .

Po jednačbi 3.) prejšnjega paragrafa opravi sila delo  $40 \times 3 = 120 \text{ kgm}$ .; po jednačbi 4.) istega paragrafa izraziti moremo delo sile tudi z  $20 \times 6 = 120 \text{ kgm}$ . Iz tega sledi:

Na stroji gledé dela nimamo nobenega dobička; delo je isto, ako dvignemo  $40 \text{ h/g}$  neposredno  $3 \text{ m}$  visoko ali pa s pomočjo stroja. . . . 2.)

Ker imamo na vsakem stroji še trenje, katerega doslej nismo jemali v poštev, treba je za zmagovanje tega tudi posebnega dela. Pri strojih imamo še po takem izgubo na delu. Če ravno imamo na strojih izgubo na delu, uporabljamo jih zategadelj, ker moremo z njihovo pripomočjo opravljati dela, katerih drugače ni možno. Nobeden človek ne vzdigne neposredno  $1000 \text{ h/g}$  težkega bremena; s pomočjo strojev mu je to prav lahko.

Poskušaj pravost navedenih zakonov dokazati tudi na drugih strojih!



## 5. 0 gibanji.

§ 91. **Jednakomerno gibanje.** Vsako telo se začne gibati, ako nánje deluje zadosti dolgo le jedna sila. Gibanje pa ne neha, če tudi sila svoje delovanje ustavi. Vsled vztrajnosti mora se gibati gibljivo v meri sile z isto hitrostjo, katero ima v hipu, ko neha sila nánje delovati.

Ako na gibajoče se telo ne deluje nobena sila, mora se gibati enakomerno in premočrtno.

Telo, katero naredi enakomerno gibajoče se v prvi sekundi n. pr.  $10^m$  dolgo pot, naredi v 2, 3, ...  $n$  sekundah pote  $2 \times 10$ ,  $3 \times 10$ , .....  $n \times 10^m$ . Pot v jedni sekundi imenujemo hitrost.

Pot, katero naredi enakomerno gibajoče se telo, jednaka je produktu hitrosti in časa.

Ako zaznamenuje  $c$  (*celeritas*) hitrost v metrih,  $t$  (*tempus*) čas v sekundah,  $s$  (*spatium*) pot v metrih, splošno je

$$s = c.t \dots\dots 1.)$$

Izmed teh treh količin moremo zračunjati tretjo, ako sta nam dani drugi dve.

Iz jednačbe 1.) dobiš lahko tudi té dve:

$$c = \frac{s}{t} \dots\dots 2.)$$

$$t = \frac{s}{c} \dots\dots 3.)$$

Hitrost enakomernega gibanja je jednaka kvocijentu iz poti in časa.

Čas enakomernega gibanja je jednak kvocijentu iz poti in hitrosti.

Brzovlak teče enakomerno z hitrostjo  $9^m$ ; koliko pot naredi v jedni uri? — Pešec stopa v minuti 110krat, srednja dolžina jednega koraka je  $70^m$ ; koliko dolgo pot prehodi v 2 urah? — Kolo na vretenu se zavrti v minuti 40krat, kolika je hitrost na obodu kolesa, katerega premer je  $60^m$ ?

§ 92. **Jednakomerno pospeševano gibanje.** Zakone enakomerno pospeševanega gibanja preiskovati hočemo na stroji (slika 56.) Atwoodovem padalu (*Fallmaschine*). Na vertikalnem stebru postavljen je prav lahko vrtljiv škripec; steber pa je razdeljen v jednake dolgostne dele, n. pr. v  $\frac{d}{m}$ . Čez škripec se vije nit; na njenih koncih visita jednaki, torej si ravnotežni, uteži  $m$  in  $n$ . Mala mizica

z luknjico na sredi se dá utrjevati na različnih mestih dolgostno razdeljenega stebra. Da moremo meriti čas gibanja, imamo na stebru tudi nihalo, katero nihne v vsaki sekundi po jedenkrat. — Ravnotežje na škipci se poruši, ako položimo na utež  $n$  malo podolgasto pretego (*Uebergewicht*). Poskusoma hočemo pretego tako določiti, da pade utež  $n$  s pretego v prvi sekundi prvi del dolgostne delitve na stebru.

Poskus: Luknjičasto mizo postavi k prvi črti delitve; pretega ostane pri padanji na tej mizici; z njó pa je odstranjena tudi gibajoča sila; gibanje je odslej jednako merno. Ako pustimo utež  $n$  z njeno pretego padati jedno sekundo, torej od začetka delitve, in ako odstranimo pretego koncem prve sekunde, najdemo, da pade utež  $n$  v vsaki sledeči sekundi za dva dela. Ako mizo tako postavljamo, da odvdigne pretego koncem 2, 3, 4, ... sekunde, najdemo, da naredi utež  $n$  v vsaki sledeči sekundi pot 4, oziroma 6, 8, ... delov.

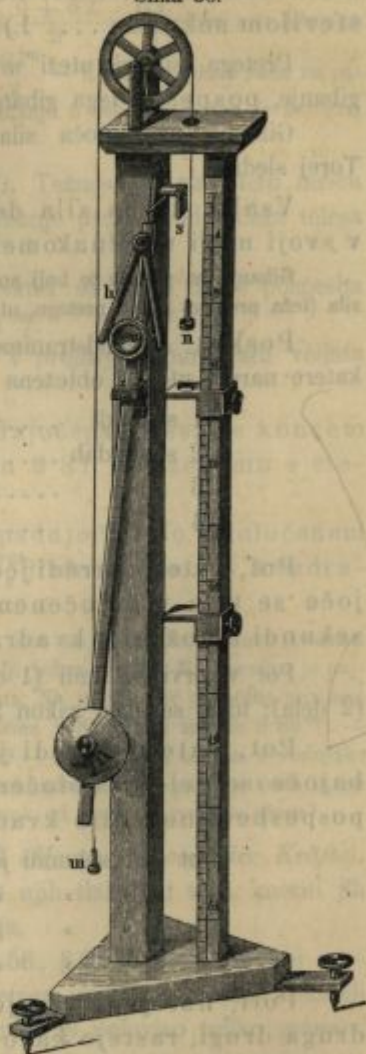
Po odstranitvi pretege je gibanje enakomerno, in pot narejena v jedni sekundi je končna hitrost v hipu, ko je bila pretega odstranjena.

Konečna hitrost je:

koncem 1. sekunde	.....	= 2 deloma delitve ( $\frac{d}{m}$ ),
» 2. »	.....	= 4 delom »
» 3. »	.....	= 6 » »
» 4. »	.....	= 8 » » i. t. d.

Hitrost narasta v vsaki sekundi za 2 dela.

Slika 56.



Konečna hitrost koncem določene sekunde je jednaka konečni hitrosti koncem prve sekunde množeni s številom sekund. . . . . 1.)

Pretega spravi uteži  $m$  in  $n$  v enakomerno pospeševano gibanje, pospešba tega gibanja je  $= 2$  deloma.

Gibanje uzrokujoča sila je teža pretege, tedaj stalna sila. Torej sledi:

Vsaka stalna sila delujoča na kako telo, spravi je v svoji meri v enakomerno pospeševano gibanje.

Gibanje na padalu je bolj počasno, kakor prosto padanje, ker mora ista sila (teža pretege) gibati pretego, uteži  $m$  in  $n$ , škripec in vrvico.

Poskus: Ako odstranimo luknjičasto mizo in opazujemo pote, katere naredi utež  $n$  obtežena s pretego, najdemo, da naredi

v 1 sekundi	.....	1 del	= 1 del	$\times 1^2$
> 2 sekundah	.....	4 dele	= 1 >	$\times 2^2$
> 3	>	.....	9 delov = 1 >	$\times 3^2$
> 4	>	.....	16 > = 1 >	$\times 4^2$ i. t. d.

Pot, katero naredi enakomerno pospeševano gibanje se telo v določenem času, jednaka je poti v prvi sekundi množeni s kvadratom števila sekund. . . . . 2.)

Pot v prvi sekundi (1 del) pa je jednaka polovici pospešbe (2 dela); torej se glasi zakon 2.) tudi:

Pot, katero naredi enakomerno pospeševano gibanje se telo v določenem času, jednaka je polovici pospešbe množeni s kvadratom števila sekund. . . . . 3.)

Pot v 1. sekundi je	=	1 delu,
> > 2. >	=	4 - 1 = 3 delom,
> > 3. >	=	9 - 4 = 5 >
> > 4. >	=	16 - 9 = 7 > i. t. d.

Poti, narejene v pojedinih sekundah, kakor sledijo druga drugi, rastejo kakor liha števila. . . . . 4.)

Zakone 1.) do 3.) hočemo splošno izraziti. Ako zaznamuje  $V$  konečno hitrost,  $G$  pospešbo,  $T$  čas,  $S$  pot enakomerno pospeševanega gibanja, je:

$$V = G \cdot T \dots\dots 5.); \quad S = \frac{GT^2}{2} \dots\dots 6.)$$

O pravosti zakona 6.) uverimo se lahko tudi tako-le:

Ker hitrost ves čas gibanja enakomerno narasta in v vsaki sekundi naraste za  $G$ , mora biti v času  $T$  narejena pot tolika, koliko bi naredilo jednako-

merno gibajoče se telo v času  $T$ , ko bi se gibalo ves čas s srednjo hitrostjo enakomerno. Ker je hitrost v začetku časa  $T$  jednaka 0, končna hitrost koncem časa  $T$  jednaka  $GT$ ; jednaka je srednja hitrost  $\frac{0 + GT}{2} = \frac{GT}{2}$ ; torej s to hitrostjo enakomerno narejena pot  $S = \frac{GT}{2} \cdot T = \frac{GT^2}{2}$ . — Kolika je višina pada na padalu, ako je pospešba jednaka  $2\%_m$ , čas padanja 6 sekund; kolika je končna hitrost? —

§ 93. **Prosti pad** (*freier Fall*). Težnost je na istem mestu zemeljskega površja stalna sila in gibanje prosto padajočega telesa enakomerno pospeševano.

Z natančnimi mnogovrstnimi poskusi so našli, da je pospešba prostega pada v naših krajih  $= 9 \cdot 81$   $\text{m/s}^2$ .

Z ozirom na zakona 1.) in 3.) v prejšnjem paragrafu veljata pri prostem padu ta-le zakona:

Konečna hitrost prosto padajočega telesa je koncem določenega časa jednaka številu  $9 \cdot 81$  množenemu s številom sekund. . . . . 1.)

Pot, katero naredi prosto padajoče telo v določenem času, jednaka je številu  $4 \cdot 91$  ( $\frac{9 \cdot 81}{2}$ ) množenemu s kvadratom števila sekund. . . . . 2.)

Pospešba je vsem telesom jedna in ista ne gledé na njihovo tvarino. (Primerjaj § 13.); vendar ni povsod na zemlji jedna in ista. Na ravniku je najmanjša, proti tečajema pa vedno bolj narasta. Na ravniku je pospešba prostega pada  $9 \cdot 78$   $\text{m/s}^2$ , na krajih  $45^\circ$  zemljepisne širine  $9 \cdot 81$   $\text{m/s}^2$ , na tečajih  $9 \cdot 83$   $\text{m/s}^2$ . — Kolika je višina pada v 4, 6, 7.5 sekundah? — Ako spustiš kamen v vodnjak; koliko globoko je do vode, ako slišiš v 3 sekundah kamen pasti v vodo in ne jemlješ v poštevek časa, katerega potrebuje zvok od vode do tvojega ušesa?

#### § 94. Merjenje gibajočih sil (*Messung bewegender Kräfte*).

V § 72. smo se učili sile meriti gledé njih tlaka ali tega; meriti jih moremo pa tudi gledé učinkov gibanja.

Poskusa: *a*) Na padalu (slika 56., § 92.) določi najprej pretego na utež  $n$  toliko, da padata pretega in utež  $n$  v prvi sekundi jeden delitven del. Potem odvzemi uteži  $m$  polovico toliko gramov, kolikor jih ima pretega in jih položi k uteži  $n$ . S tem nisi izpremenil mase na škipci visečih teles, podvojil pa gibajočo silo. Opazujoč sedaj padanje uteži  $n$  z njeno pretego najdeš, da naredi v istem času dvakrat toliko pot; torej mora imeti dvakrat večjo pospešbo.

2, 3, . . . . .  $n$ krat večja delujoča sila podeli isti masi 2, 3, . . . . .  $n$ krat večjo pospešbo. (Na isto maso delujoča sila in od nje prouzročena pospešba sta sorazmerni) . . . . . 1.)

b) Na padalu pusti pretego, kakeršno si imel pri poskusu a), priloži pa utežima  $m$  in  $n$  na vsako še isto toliko utež, in še polovico toliko gramov, kolikor jih ima pretega. S tem nisi izpremenil gibajoče sile, a podvojil si maso, katero ima gibati ista gibajoča sila.

Opazujoč zopet padanje uteži  $n$  najdeš, da naredi v istem času polovico krajšo pot, nego je pot, katero je naredila utež  $n$ , dokler nisi na  $m$  in  $n$  ničesar priložil. Torej sledi:

Jedna in ista sila delujoča na 2, 3, ...  $n$ krat večjo maso more njej podeliti 2, 3, ...  $n$ krat manjšo pospešbo... 2.)

Ta zakon moremo izraziti tudi tako-le:

Da dobi 2, 3, ...  $n$ krat večja masa nego je druga isto pospešbo ali hitrost, kakeršno ima ta, mora nánjo delovati 2, 3, ...  $n$ krat večja sila. .... 3.)

Meréci gibajoče sile jemljemo za jednoto sile óno, katera podeli jednoti mase pospešbo 1  $\text{m}/\text{s}^2$ . Sila, katera more podeliti masi  $m$  jednot štejoči, pospešbo 1  $\text{m}/\text{s}^2$ , šteti mora  $m$  jednot; sila pa, katera podeli masi,  $m$  jednot štejoči, pospešbo  $g$   $\text{m}/\text{s}^2$ , mora šteti  $m \cdot g$  jednot. Zaznamenujôč število jednot zadnje sile z črko  $p$ , imaš torej

$$p = m \cdot g, \text{ t. j.}$$

Kolikost gibajoče sile je jednaka produktu mase in pospešbe. .... 4.)

Pri prostem padu je teža padajočega telesa gibajoča sila, pospešba pa 9·81  $\text{m}/\text{s}^2$ . Zaznamenuje li  $P$  absolutno težo padajočega telesa, kolikost telo gibajoče sile je dana z enačbo ...  $P = m \cdot 9 \cdot 81$ .

Iz te enačbe sledi,  $m = \frac{P}{9 \cdot 81}$ , t. j.

Maso kakega telesa dobiš, ako njegovo absolutno težo deliš s pospešbo pri prostem padu.

Kolika je masa 945  $\text{kg}$  težkega telesa? — Koliko kilogramov teže ima jednota mase? — Kolika sila more 14  $\text{kg}$  težkemu telesu podeliti pospešbo 3  $\text{m}/\text{s}^2$ ?

### § 95. Sestavljanje gibanj (*Zusammensetzung der Bewegungen*).

Na isto telo more istodobno delovati več sil, katere si niso ravnotežne; one torej proužročujejo gibanje. Gibljivo more se gibati vendar-le v jedni meri, v meri sile poslednjice danih sil.

Preiskovati hočemo istodobno delovanje dveh sil v treh slučajih.

I. Sili delujeta istomerno. Primer takega gibanja je gibanje vertikalno doli vrženih teles. O telesu pravimo, da je bilo vrženo, ako je telo spravila v gibanje sila, le hip nánje delujoča. Hipno delujoča sila je metna sila (*Wurfkraft*).

Na vertikalno doli vrženo telo delujeta istodobno in istomerno dve sili, težnost in metna sila. Učinek težnosti same záse bilo bi jednakomerno pospeševano gibanje, učinek metne sile pa jednako- merno gibanje. Ako zaznamenuje  $c$  hitrost, s katero bi se telo vsled meta gibalo vertikalno doli, konečna hitrost  $v$  vrženega telesa koncem časa  $t$  je

$$v = c + 9 \cdot 81 \cdot t.$$

Pot, katero bi naredilo telo vsled metne sile v času  $t$ , je  $ct$ ; pot vsled prostega pada pa  $4 \cdot 91 \cdot t^2$ . Pot  $s$ , katero naredi vrženo telo, ako delujeta nánje istočasno obé sili, dana je z jednačbo

$$s = c \cdot t + 4 \cdot 91 \cdot t^2.$$

Koliko globoko pade v 4 sekundah s hitrostjo 5 <sup>m</sup>/s vertikalno doli vrženo telo? —

II. Gibajoči sili delujeta v nasprotni meri. Primer takega gibanja je met vertikalno gori. Metna sila deluje hipno; ko bi telo ne imelo teže, gibalo bi se enakomerno gori, recimo s hitrostjo  $c$ . Metni sili nasprotno deluje težnost. Hitrost  $c$  zmanjšuje se v vsakem času za konečno hitrost prostega pada. Vrženo telo ima

koncem 1. sekunde	hitrost	$c - 9 \cdot 81$	<sup>m</sup> /s,
» 2. »	»	$c - 2 \cdot 9 \cdot 81$	»
» 3. »	»	$c - 3 \cdot 9 \cdot 81$	» i. t. d.

Hitrost vrženega telesa se zmanjšuje v vsaki sekundi za  $9 \cdot 81$  <sup>m</sup>/s; telo se giblje torej enakomerno pojemalno.

Višina, do katere se telo dvigne, iz istih uzrokov je

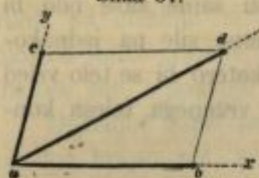
koncem 1. sekunde	$c - 4 \cdot 91$	<sup>m</sup> /s,
» 2. »	$2 \cdot c - 4 \cdot 91 \times 2^2$	»
» 3. »	$3 \cdot c - 4 \cdot 91 \times 3^2$	»
» . . . . .	» . . . . .	»
» $t$ .	$t \cdot c - 4 \cdot 91 \times t^2$	»

Ker hitrost vrženega telesa pojema, mora postati tudi jedenkrat jednaka 0, in sicer po toliko sekundah, kolikorkrat je  $9 \cdot 81$  <sup>m</sup>/s v hitrosti  $c$ . Do tega časa se telo dviga, odslèj pa pada.

Iz topa vertikalno gori ustreljena krogla ima hitrost 500 <sup>m</sup>/s; koliko visoko se dvigne v 6 sekundah; koliko časa se sploh dviga in kolika je njena največja višina; v koliko sekundah pade zopet na zemljo?

III. Gibajoči sili delujeta v kotu. Vzemimo, da delujeta na tvarno točko  $a$  (slika 57.) istočasno dve sili; prva v meri  $ax$ , druga v meri  $ay$  in da bi točka  $a$  v času  $t$  naredila pot  $ab$ , oziroma

Slika 57.



pot  $ac$ , ako bi delovala sila v meri  $ax$ , oziroma v meri  $ay$ , sama záse. Pod vplivom istočasnega delovanja obéh sil se točka ne more gibati ne v meri prve, ne v meri druge sile, ampak jedino le v meri poslednjice delujočih sil.

Ležo tvarne točke koncem časa  $t$  najdemo, ako si mislimo, da ne delujeta obé sili istočasno, ampak posamično druga za drugo. V meri  $ax$  delujoča sila premakne v času  $t$  točko  $a$  do  $b$ ; ako odslej deluje druga sila vzporedno svoji meri  $ay$ , premakne točko do  $d$ , tako da je  $bd = ac$  in s to vzporedna. Točka  $d$  zaznamenuje mesto, v katerem je tvarna točka koncem časa  $t$ , ako delujeta nánjo obé sili istočasno. Ako potegnemo še premo  $cd$ , lik  $abcd$  je paralelogram. Iz povedanega pa sledi to-le pravilo:

Načrtamo li paralelogram nad potema, kateri naredi tvarna točka v določenem času, ako delujeta sili nánjo posamično; določuje nasprotni ogel tega paralelograma točko, v kateri je tvarna točka koncem tega časa, ako delujeta sili nánjo istočasno.

Paralelogram  $abcd$  se imenuje paralelogram gibanja (*Bewegungs-Parallelogramm*).

Ali je pot, po kateri se giblje tvarna točka pod istočasnim vplivom obeh sil v času  $t$ , prema ali kriva črta, zavisí od tega, kakeršno je gibanje v merih  $ax$  in  $ay$ . Pot je prema, ako je oboje gibanje istovrstno, t. j. ali enakomerno ali enakomerno pospeševano. Pot je kriva črta, ako oboje gibanje ni istovrstno; gibanje v meri  $ax$  n. pr. enakomerno, v meri  $ay$  pa enakomerno pospeševano.

Slika 58.



Pokaži to z načrtovanjem! V ta namen moraš čas  $t$  razdeliti v več manjših delov, in za vsak tak časovni del načrtati posebej paralelogram gibanja.

Na isti način, kakor razstavljamo dano silo v dve sili sestavljači, moremo tudi dano pot razstavljati v dve poti, kateri oklepata kot; treba je nad dano potjo načrtati paralelogram, v katerem je ta pot diagonala.

§ 96. **Horizontalni met** (*horizontaler Wurf*). Ako bi delovala metna sila sama záse, gibala bi se tvarna točka  $A$  (slika 58.) v meri  $ax$  enakomerno. Ako bi naredila

v času  $t$  pot  $Aa$ , naredila bi v času  $2t$  pot  $Ab$ , v času  $3t$  pot  $Ac$ , v času  $4t$  pot  $Ad$ . Pri tem mora biti  $Aa = ab = bc = cd$ . Istočasno vleče težnost točko  $A$  vertikalno navzdol. Sama záse delujoča potegnila bi točko  $A$  v času  $t$  do  $a_1$ , v času  $2t$  do  $b_1$ , v času  $3t$  do  $c_1$ , v času  $4t$  do  $d_1$ . Pri tem mora biti  $Ab_1 = 4 \cdot Aa_1$ ,  $Ac_1 = 9 \cdot Aa_1$ ,  $Ad_1 = 16 \cdot Aa_1$ . Ako načrtamo paralelograme nad potmi, narejenimi v enakih časih, določujejo točke  $m, n, o$  in  $p$  mesta, skozi katera se giblje vržena točka.

Točke  $A, m, n, o$  in  $p$  s črto nepretrgljivo zvezane zaznamujejo pot  $Amnop$  vodoravno vržene točke. Ta pot je kriva črta metnica ali parabola imenovana.

Določi več točk metnice, s tem da razdeliš čas  $t$  v več enakih delov, ter preiskuj, kako se izpreminja oblika metnice, ako je metna hitrost večja ali manjša!

§ 97. **Poševni met** (*schiefer Wurf*). Ako vržemo tvorno točko  $A$  (slika 59.) v meri  $AD$ , da oklepa mer metne sile z horizontalno premo  $AC$  kot  $DAC$ , privzdigni kot (*Elevationswinkel*) imenovan, prepričamo se na isti način, kakor pri horizontalnem metu, da je pot vrženega telesa kriva črta, parabola  $AEBC$ . Temenišče te parabole je v točki  $B$ . Razdaljo najvišje točke  $B$  od horizontalne preme  $AC$ , t. j. daljico  $BG$ , imenujemo metno višino (*Wurfhöhe*), horizontalno razdaljo točk  $A$  in  $C$ , v katerih seče parabola premo  $AC$ , pa lučaj ali domet (*Wurfwerte*).

Slika 59.



Metna višina je največja, ako je privzdigni kot  $= 90^\circ$ , in najmanjša ( $= 0$ ), ako je privzdigni kot  $= 0$  (horizontalni met).

Lučaj ali domet je največji, ako znaša privzdigni kot  $45^\circ$ ; jednak pa je za dva kota, katera znašata vkup  $90^\circ$ , n. pr. za  $15^\circ$  in  $75^\circ$ , ali  $20^\circ$  in  $70^\circ$ ; metna hitrost vendar mora ostati neizpremenjena.

Dokaži pravost teh zakonov z načrtovanjem!

V resnici pot vrženih teles ni prava parabola, ampak nekoliko drugačna črta  $Abc$ , ker zračni upor ovira gibanje. —

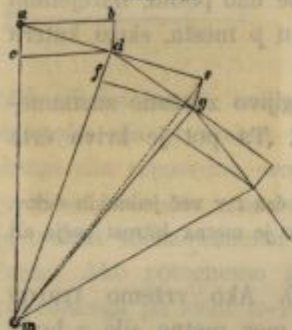
Kako mora strelec meriti, ako hoče oddaljeno točko zadeti?

§ 98. **Osrednje gibanje** (*Centralbewegung*). Ako se giblje kako telo v krivi črti okoli stalne točke, h kateri je neprenehoma vleče stalna sila, imenuje se tako gibanje osrednje.



Stalna točka ali ondù stoječe telo, okoli katere se gibanje vrši, imenuje se središko telo (*Centralkörper*), iz njega delujoča stalna sila je sredotežna sila ali sredotežnost (*Centripetalkraft*).

Slika 60.



Vzemimo, da privlači tvarno točko *a* (slika 60.) stalna sila (sredotežnost) proti središki točki *m* in da je dobila točka *a* ob jednem udár v meri preme *ab*. Ne oziraje se na sredotežnost gibala bi se tvarna točka enakomerno v meri udára in bi prišla v brezkončno kratkem času, n. pr. 0·001 delu sekunde, do točke *b*. — Sredotežnost si hočemo misliti delujočo z brezkončno majhnimi prestanki, tako da potegne n. pr. v vsakem 0·001 delu sekunde, in potem zopet nekoliko neha. Čim krajše in hitreje sledeče si mislimo te prestanke, tem bliže smo resnici.

Sredotežnost potegnila bi točko v takem kratkem času do točke *c*. Ker delujeta obé sili istočasno, tvarna točka je koncem tega časovnega dela na vrhu *d* paralelograma *abcd* ter je v tem času naredila pot *ad*. Od točke *d* naprej gibala bi se tvarna točka vsled vztrajnosti v meri *ad* in bi naredila v drugem isto tolikem časovnem delu pot *de = ad*. Sredotežnost, katera je v *d* tvarno točko hipno proti *m* pritegnila, premaknila bi jo v isto tolikem času do *f*, tako da je *df = ac*. Ker delujeta obé sili zopet istočasno, naredi tvarna točka v tem času diagonalo *dg* paralelograma *degf*. Kar smo povedali do sedaj, ponavlja se od točke *g* naprej.

Tvarna točka se mora pod istočasnim vplivom obéh sil gibati v lomljeni črti *adg*. . . . V resnici ta črta ni lomljena, ampak kriva, ker deluje sredotežnost neprenehoma brez prestankov, kakor smo jih mislili. Oblika te krive črte je zavisna od jakostij delujočih sil in more biti krog, elipsa, parabola ali hiperbola, sploh stožkosečnica.

Vzemimo, da bi sredotežnost hipno nehala. Zaradi vztrajnosti bi se gibala tvarna točka potem v meri tangente, potegnene v tej točki na pot. Kolikost gibanja v meri tangente, tangencialna sila (*Tangentialkraft*), je dana s produktom iz mase tvarne točke in njene hitrosti. (§ 94.)

Gibanje premično (planetov) okoli solnce je osrednje; solnce je središko telo tega gibanja in medsebojna privlačnost med solncem in premičnicami sredotežna sila.

Keppler (porojen l. 1571., umrl l. 1729.) je našel po dolgoletnem opazovanju te-le, po njem imenovane zakone:

1.) Premičnice krožijo okoli solnca v elipsah; solnce stoji v enem gorišči teh elips. — Točka *A* (slika 61.), v kateri je premičnica solncu *S* najbliže, imenuje se prisolnje (*Perihelium*); točka *B* od solnca najbolj oddaljena pa odsolnje (*Aphelium*).

2.) Preme potegnene od solnčnega središča do središča premičnice (črte prevodnice, *Leitstrahlen*) opisujejo v enakih časih plosčinsko jednake izseke.

Ako opiše premičnica lok *MN* (slika 61.) v istem času, kakor lok *M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>*, po tem zakonu je  $\triangle MNS = \triangle M_1N_1S$ . Iz tega pa sledi, da mora imeti premičnica v prisolnji največjo, v odsolnji najmanjšo hitrost.

3.) Kvadrata obhodnih časov (*Umlaufzeiten*) dveh premičnic sta si kakor tretje potence srednjih njihovih razdalj od solnca.

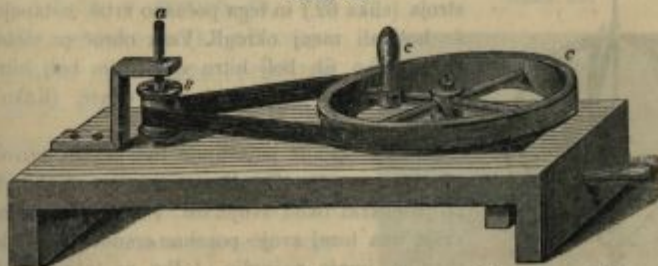
Newton (porojen l. 1642., umrl l. 1727.) je dokazal, da je vzrok gibanja premičnic okoli solnca medsebojna privlačnost tvarin (gravitacija). — Težnost je poseben primer gravitacije. — Gibanje sopremičnic (trabantov), n. pr. meseca okoli zemlje, vrši se isto tako po Kepplerjevih zakonih.

§ 99. **Sredobežnost** (*Fliehkraft, Centrifugalkraft*). Poskus: V krogu vrtič na niti visečo železno kroglo čutiš, kako se nit napenja: nit se tudi pretrga, ako vzameš precej težko kroglo ali jo prav hitro vrtiš. Ker je pri vrtenji krogle nit napeta, moramo sklepati, da deluje nánjo neka sila v meri polumera ónega kroga, v katerem se krogla vrti. To silo imenujemo sredobežno ali sredobežnost.

Gibanje v krogu vrtiče se krogle je prav za prav tudi osrednje; trdnost niti, s katero se upira raztrgu, predstavlja sredotežnost. Sredobežnost je jednaka sredotežnosti, samo da deluje v nasprotni meri.

Zakone, po katerih deluje sredobežnost, zvemo najlaže s pripomočjo sredobežnega stroja (vrtilke, *Schwungmaschine*).

Slika 62.



Ta stroj (slika 62.) sestoji iz večjega zlebastega kolesa *c* in manjšega kolesa *s*; čez obé kolesi se vije vrv brez konca. Na otlo

os  $a$  na kolesu  $s$  stavimo priprave, s katerimi hočemo preiskovati zakone, po katerih deluje sredobežnost.

Slika 63.



Poskus:  $a$ ) Na os  $a$  postavi lesen okvir (slika 63.), na katerem sta po železni žici gibljivi in z vrstico medsebojno zvezani raznoveliki kroglji; sicer je večja kroglja dvakrat tolika kakor manjša.

Ako kroglji od osi  $b$  jednako oddaljiš, ter potem stroj hitro vrtiš, potegne večja kroglja manjšo za seboj, obé udárta na obstransko steno okvirja.

Izmed dveh v enakih krogih z isto hitrostjo vrtéčih se teles ima večje tudi večjo sredobežnost. .... 1.)

$b$ ) Kroglji na okrovirji (slika 63.) postavi tako, da je dvakrat manjša od osi  $b$  dvakrat bolj oddaljena, nego večja. Ako okvir sedaj s strojem vrtiš, ostaneta kroglji vsaka na svojem mestu, bodi si da vrtiš hitro ali počasno.

Sredobežnost je večja, ako se telo vrti v večjem krogu, in sicer postane 2, 3, ...  $n$ krat večja, ako se vrti isto telo z jednako hitrostjo v krogu 2, 3, ...  $n$ krat večjega polmera. .... 2.)

Ako ostaneta neizpremenjena masa vrtéčega se telesa in polmer kroga, v katerem se telo vrti, našli so po natančnih poskusih:

Sredobežnost istega telesa postane 4, 9, 16, .....  $n^2$ krat večja, ako se telo vrti z 2, 3, 4, .....  $n$ krat večjo hitrostjo .... 3.)

Na ta zakon se opira tudi ta-le zanimljivi poskus:

Slika 64.



Več medenih obročev (slika 64.) tiči na železni osi  $zx$ , tako da so spodaj utrjeni, zgoraj pri  $h$  pa premični. Ako postaviš os  $zx$  na os  $a$  sredobežnega stroja (slika 62.) in tega počasno vrtiš, ostanejo obroči še bolj ali menj okrogli. Vsak obroč pa dobi obliko elipse, ako jih bolj hitro vrtiš; čim bolj hitro vrtiš, tem bolj podolžnate postanejo elipse. (Kako pojasnjuješ to prikazen po zakonu 2.)?) —

Ta poskus pojasnjuje tudi sploščenost (*Abplattung*) zemlje. Zemlja se zavrti v vsakih 24 urah po jedenkrat okoli svoje osi. Vsaka točka njenega površja ima torej svojo posebno sredobežnost; točke na ravniku imajo največjo, točke na tečajih najmanjšo sredobežnost. Ker govoré razni razlogi za tó, da je bila zemlja ob svojem času kapljivo tekoča, morala

se je pretvoriti njena kroglasta oblika v elipsoid. Natančno meréči so našli polumer zemeljskega ravnika  $859\cdot4$  zemljepisnih milj, polumer največjega kroga idočega skozi tečaja pa  $856\cdot5$  zemljepisnih milj; sploščenost znaša torej približno  $2\cdot9$  zemljepisnih milj. —

Sredobežnost zmanjšuje tudi težnost, in sicer na ravniku najbolj, na tečajih najmenj. — Ako je absolutna teža kakega telesa na tečajih  $= 100$  *kg*, znaša na ravniku  $0\cdot5$  *kg* menj. Z navadnimi tehtnicami tega razločka v teži ne moremo opazovati, ker se isto toliko zmanjšuje tudi teža utežij, katere rabimo za tehtanje. Na tehtnicah s prožnimi peresi se dá razloček v teži točno določiti. —

Od voznih koles odletava blato, ako se hitro vrté. (Zakaj in v kateri meri?) — Kozarec poln vode moreš v obroči prav hitro vrteti, a voda vendar ne izteka. — V krogu jahajoči ljudje odklanjajo se proti središču kroga, da ne padajo. — Železna cesta ne sme imeti naglih ovinkov. — Veliki in hitro vrteči se brusni kameni razleté časih. — Naštej še več primerov delovanja sredobežnosti!

S pomočjo sredobežnosti moremo narejati tudi umetni prepih zraka, n. pr. v rudnikih, da se zrak čisti. (Sredobežna puhala ali ventilatorji [*Centrifugalgebläse*].)

Prosta os (*freie Aze*). Ako se vrti telo okoli svoje osi, deluje sredobežnost vsake vrtéče se točke na os ter jo vleče v stran. Je li tvarina okoli osi enakomerno razdeljena, da so posamezni deli jednako veliki, jednako težki in v enakih razdaljah od osi, uničujeta se sredobežni sili po dveh v nasprotni meri in isti razdalji od osi ležečih točk. Na os potem ni čutiti nobenega tlaka, os je prosta.

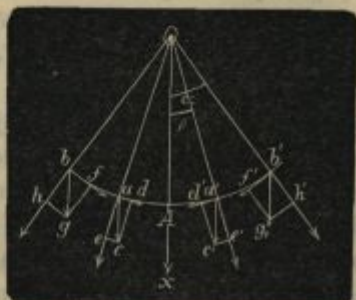
Na telesih vrtečih se okoli proste osi se javi delovanje sredobežnosti v tem, da kaže vrteče se telo neko posebno vztrajnost v svojem položaji, — da se upira vsaki izpremembi svojega položaja. To opazujemo lahko pri vrtalki (*Kreisel*).

Ako vrtalko, sestojéčo iz težke medene plošče z debelim robom, z vrstico zavrtimo, moremo jo na priostreno ost po konci postaviti, da ne pade. Vrtalka pade še le, ko se je nje hitrost izdatno zmanjšala.

§ 100. **Nihalo** (*Pendel*) imenujemo vsako okoli horizontalne, vendar ne skozi težišče idóče, osi vrtljivo telo. Tvarna točka viseča na niti brez teže je jednostavno ali matematično nihalo (*einfaches oder mathematisches Pendel*).

Takega nihala v resnici ni, ker ima vsaka še tako tanka nit svojo, če tudi zelo malo, težo; približno jednostavno nihalo vendar dobimo, ako obesimo na tanko nit drobno svinčeno ali platinovo kroglo. — Vsako drugo nihalo je sestavljeno ali fizično (*zusammengesetzt oder physisch*). Vzemimo jednostavno nihalo *OA* (slika 65.) V stanji mirú

Slika 65.



visi vertikalno, in nánje deluje vertikalno navzdol sila jednaka absolutni teži tvarne točke  $A$ .

Ako spravimo nihalo  $OA$  v ležo  $Ob$ , deluje v tej leži nánje teža tvarne točke  $A$  v meri  $bg$ ; njeno kolikost načrtajmo si s premo  $bg$ , ter jo razstavimo v dve sestavljači: v  $bh$ , delujočo v podaljsku niti  $Ob$ , in v  $bf$ , delujočo tangencialno na lok  $Ab$ . Trdnost niti uničuje učinek sestavljače  $bh$ , delavna je jedino le sestavljača  $bf$ , katera vleče nihalo v njegovo prvobitno ležo ter prouzroči v tej meri gibanje, ako nihalo v točki  $b$  spustimo, da se more gibati v loku  $bA$ . Da zvemo, kakšno gibanje prouzročuje tangencialno na lok  $bA$  delujoča sestavljača nihalove teže, moramo nje kolikost določevati tudi v drugih točkah loka  $bA$ . — V točki  $a$  deluje na nihalo njega teža  $ac = bg$ . Isto tako, kakor v  $b$ , razstavimo jo v sestavljači  $ae$ , v podaljsku niti  $Oa$ , in v  $ad$  tangencialno na lok  $bA$ . Gibanje prouzročuje sestavljača  $ad$ , prvo pa uničuje trdnost niti. — Primerjajoči paralelograma  $bfgh$  in  $adce$  vidimo, da je  $ad$  manjša nego  $bf$ . Iz tega pa sledí:

Ako nihalo v točki  $b$  spustimo, postaje gibanje prouzrokujoča in tangencialno na lok  $bA$  delujoča sestavljača nihalove teže tem manjša, čim bliže je nihalo svoji prvobitni leži  $OA$ ; v točki  $A$  je  $= 0$ . — Izpremenljive sile, delujoče v meri gibanja, prouzročujejo nejednakomerno pospeševano gibanje. Hitrost s točke  $b$  proti  $A$  gibajočega se nihala mora torej narastati nejednakomerno. — V točki  $A$  ima nihalo največjo hitrost; vsled vztrajnosti se v tej točki ne more ustaviti, ampak se mora gibati na desno stran v meri loka  $Ab'$ . Ko dospe n. pr. v ležo  $Oa'$ , deluje nánje njegova teža v meri  $a'c'$ . Razstavivši silo  $a'c'$  v sestavljači  $a'd'$  in  $a'e'$  vidimo, da vleče tangencialno na lok  $a'A$  delujoča  $a'd'$  nihalo nazaj proti  $A$ , da deluje torej protivno meri gibanja. V točki  $b'$  je sila  $b'f'$ , katera vleče nihalo nazaj v njega ravnotežno ležo, večja nego v  $a'$ . Nihalo se mora od  $A$  proti  $b'$  pojemalno gibati, in sicer nejednakomerno pojemalno, ker gibanje övirajoča sila ni stalna. Nasledek tega je, da se mora nihalo v neki točki, recimo v točki  $b'$ , za hip ustaviti. Od tod se začne iz istega uzroka, kakor pri  $b$ , gibati nazaj proti  $A$  nejednakomerno pospeševano in od  $A$  proti  $b$  nejednakomerno pojemalno. Ker so gibajoče sile v enakih razdaljah od točke  $A$  jednako velike in si nasprotne, mora hitrost od  $A$  do  $b'$  v isti meri pojemati, v kateri meri je narastala od  $b$  do  $A$ ; nihalo se mora na desni dvigati do iste višine  $b'$ , iz katere je od  $b$  do  $A$  palo, ali lok  $bA$  mora biti jednak loku  $b'A$ . Ako se ne oziramo na uporne sile: na zračni upor in trenje niti ob osi  $O$ , mora tako gibanje, jedenkrat začeto, trajati ves čas.

Gibanje točke  $A$  na obé strani njene ravnotežne leže imenujemo nihanje (*schwingende Bewegung*); pot od  $b$  do  $b'$ , ali kar je isto, od  $A$  do  $b$  in od tod do  $A$  nazaj, je jeden niháj (*eine Schwingung*); čas, v katerem nihalo jedenkrat nihne, je čas nihaja (*Schwingungsdauer*); kot  $bOA = b'OA$  je kot nihaja (*Elongationswinkel*) in  $OA$  dolžina nihala (*Pendellänge*).

§ 101. **Zakoni nihanja** (*Gesetze der Pendelschwingungen*).

Na horizontalen steber obesi na dveh nitih iste dolžine mali kroglici od raznih tvarin, n. pr. od lesa in medí. S tem si si priredil približno jednostavni nihali. Ako spraviš nihali v nihanje in ako šteješ število nihajev v določenem času, n. pr. jedno minuto, najdeš število nihajev pri obéh nihalih jednako veliko, dokler kot nihaja ni večji nego  $5^\circ$ . Iz tega pa sledí:

Čas nihaja je nezavisen od tvarine nihala. . . . 1.)

Nihaji enakodolгих nihal so istodobni, dokler so njihovi koti majhni, brez ozira na to, ali so večji ali manjši. . . . 2.)

Vzemi tri nihala, katerih dolžine so si kakor 1:4:9 in štej število nihajev vsakega záse v določenem času, n. pr. jedno minuto. Število nihajev najkrajšega nihala je največje, in sicer najdeš:

4, 9, 16, . . .  $n^2$ krat krajše nihalo nego drugo, nihne 2, 3, 4, . . .  $n$ krat, ko nihne daljše jedenkrat. . . . 3.)

Nihalo, katero nihne v vsaki sekundi po jedenkrat, imenujemo sekundno nihalo (*Secundenpendel*).

Dolžina sekundnega nihala je: na Dunaji  $0.9938$  <sup>my</sup>, na ravniku  $0.991$  <sup>my</sup>, v krajih  $45^\circ$  zemljepisne širine  $0.99355$  <sup>my</sup>, na tečajih  $0.9961$  <sup>my</sup>.

S poskusi in računi so našli konečno še zakon:

Nihalo iste dolžine stori v istem času 2, 3, . . .  $n$ krat več nihajev, ako je težnost 4, 9, . . .  $n^2$ krat večja. . . . 4.)

Zaznamenuje li  $l$  dolžino nihala (v metrih),  $g$  pospešbo prostega pada (v metrih),  $t$  čas nihaja (v sekundah) in  $\pi$  Ludolfovo število, dá se izraziti čas nihaja s to-le jednačbo

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

§ 102. **Sestavljeno nihalo.** Sestavljenemu nihalu dajemo navadno obliko tankega štirioglatega prota, kateri je na jednom konci vrtljiv okoli horizontalne osí in kateri nosi na drugem konci težko lečasto telo ( $AB$  v sliki 66.)

Sestavljeno nihalo moremo smatrati kakor sestavo velikega števila jednostavnih različno dolgih nihal. Vsaka tvarna točka sestavljenega nihala tvori sama záse jednostavno nihalo. Ker so pa vse

tvarne točke nepretrgljivo zvezane, mora biti čas nihaja vsem jeden in isti. Krajša nihala se morajo v tej sestavi gibati bolj počasno, daljša nihala pa bolj hitro, nego bi se gibala sama záse. V določeni razdalji od osi mora pa biti točka, katera v tej sestavi ravno tako niha, kakor jednostavno nihalo, katerega dolžina je jednaka razdalji te točke od osi. Razdaljo te točke od osi imenujemo prevedeno dolžino sestavljenega nihala (*reducierte Pendellänge*). Prevedena dolžina potem ni nič drugega nego dolžina jednostavnega nihala, katero v istem času po jedenkrat nihne, kakor sestavljeno.

Poskus: Na sestavljenem nihalu potisni lečo nekoliko bliže osi, in šteje število nihajev, katero stori nihalo v določenem času in katero je poprej storilo v istem času. Našel bodeš, da je število nihajev v istem času večje, ako je leča bliže osi.

Čas nihaja se poveča ali zmanjša, ako večjo maso od osi oddaljimo, oziroma osi približamo.

Uporaba nihala. Ker potrebuje nihalo za vsak svoj nihaj jeden in isti čas, najpripravneše je za merjenje časa. Rabiti je moremo v to svrhu ali samo záse, n. pr. pri Atwoodovem padalu, ali pa v sestavi z urnim kolesjem.

Nihalo samo ob sebi se kmalu ustavi ker ovirata njegovo gibanje zračni upor in trenje na osi. Da se giblje dolgo časa, treba je vedno toliko poganjati, za kolikor se zaradi upornih sil ustavlja. To se godi pri urah z nihali. Slika 66. kaže sestavo nihala z urnim kolesjem. *AB* je sestavljeno nihalo viseče pri *A* na tankem prožnem peresu. Z nihalom je zvezana kotvica (*Hemmung, Echappement*) *CFGE*, vrtljiva okoli horizontalne osi, tako da se mora gibati ob enem z nihalom. Kotvica ima dve kljukici, kateri sežeta med zobe stopnjatega kolesa (*Steigrad*) *H*. Ob vretenu *Q* tega kolesa je ovita vrvica noseča utež *P*.

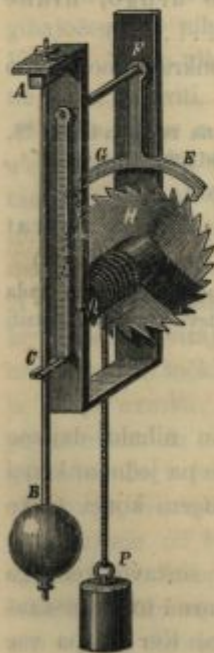
Utež *P* spravila bi kolesje, ko bi ne bilo nihala in kotvice, v enakomerno pospeševano vrtnjo; nihalo ima nalogo, da pretvarja to gibanje v enakomerno. Ko nihalo niha, grabita kljukici kotvice vrstoma med zobe kolesa *H*; ko nihne nihalo na desno, grabi leva kljukica med zobe; ko nihne na levo, pa desna. Ko stori nihalo jeden nihaj, premakne se kolesce za jeden zob dalje; nihalo pa dobiva tolike udarce, da se more gibati neprestano.

Posebno kolesje prenaša enakomerno gibanje kolesa *H* na urine kazalce.

Mesto padajoče uteži uporabljamo kakor gibajočo silo tudi prožnost navitega prožnega peresa.

V toploti se nihalo razteza, torej niha počasneje; v mrazu pa krči, torej niha hitreje. Da ostane

Slika 66.



dolžina nihala v raznih temperaturah neizpremenjena, služijo izravnajoča nihala (*Compensationspendel*), to so tako prirejena nihala, da ostane njih prevedena dolžina ista, če tudi ima nihalo višjo ali nižjo temperaturo.

Nihalo od suhega in z oljem napojenega lesa obdrži pri raznih temperaturah približno isto dolžino.

S posebnim vijakom se dá leča nekoliko dvigati in niže spuščati; ako ura zaostaja, treba je lečo nekoliko dvigniti, ako ura naprej uhaja, pa niže spustiti. (Zakaj?) —

Z nihalom moremo preiskovati tudi jakost težnosti.

Zakoni nihanja kažejo, da je težnost na istem kraju neizpremenljiva in da je pospešba prostega pada vsem telesom jedna in ista.

S pomočjo nihala je Foucault l. 1851. dokazal, da se zemlja vrti okoli svoje osi.

§ 103. **Udár** (*Stoss*). Ako zadene gibajoče se telo ob drugo bodi si mirujoče, bodi si gibajoče se telo, pravimo, da sta se telesi udáрили; njijino medsebojno delovanje pa imenujemo udár. Vsakemu udáru sledi izprememba v stanji gibanja teles.

Pečati se hočemo z nekaterimi slučajji udára prožnih krogel.

a) Udár dveh prožnih jednako velikih krogel.

Na stalu (slika 67.) visita na nitih jednako veliki krogli, tako da se ravno dotikata. S tema moreš delati te-le poskuse:

1.) Ako spustiš z določene višine desno kroglo na drugo mirujočo, odskoči po udáru druga, leva, do iste višine; prva, desna, pa ostane v miru.

2.) Ako spustiš obé krogli z enakih višin drugo proti drugi, da se udárita, odskočita po udáru obé do iste višine.

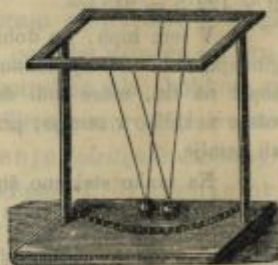
3.) Ako spustiš desno kroglo z večje višine nego levo, odskočita po udáru obé ter menjata svoji hitrosti; leva se dvigne do tiste višine, s katere je desna nánjo pala in obratno. Sploh moremo vse tri prikazni izraževati s zakonom:

Ako se udárita dve jednako veliki krogli, menjata svoji hitrosti.

b) Udár prožne krogel na prožno steno.

1.) Ako spustiš prožno kroglo na horizontalno prožno steno, odskoči krogla v vertikalni meri do iste višine, s katere si jo spustil. Ko pade krogla na steno, stlači se toliko, da izgubi vso svojo hitrost. S stlačenjem vzbujena prožnost odbije jo z isto silo, s katero je pala; torej mora odskočiti do iste višine.

Slika 67.





Slika 68.



2.) Ako udari prožna krogla na prožno steno  $MN$  (slika 68.) pošev v meri  $ab$ , odskoči z isto hitrostjo na drugo stran v meri  $bf$ .

Ako postavimo na steno  $MN$  v točki  $b$  pravokotnico  $bd$ , kažejo natančna opazovanja, da ležijo preme  $ab$ ,  $bd$  in  $bf$  v isti ravnini in da je  $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta$ .

Pravokotnico  $bd$  imenujemo vpadno navpičnico (*Einfallsloth*), kot  $\alpha$  vpadni kot (*Einfallswinkel*), kot  $\beta$  odbojni kot (*Reflexionswinkel*).

Prožne krogle vpadajoče na prožno steno, odbijajo se na tej na drugo stran vpadne navpičnice v istem kotu, v katerem so na steno udarile — ali vpadni in odbojni kot sta jednaka.

Zakone udara prožnih krogel uporabljamo n. pr. na biljardu.

§ 104. Kakšno sposobnost za delo imajo gibajoča se telesa (*Arbeitsfähigkeit bewegter Körper*). Ako vržemo  $2 \frac{1}{2} \text{ kg}$  težko kroglo s hitrostjo  $49 \text{ m/s}$  vertikalno kvišku, dviga se 5 sekund, (ako vzamemo zaradi krajšega računa pospešbo prostega pada  $= 9.8$ ) in naredi v tem času po § 95. II pot  $49 \times 5 - 4.9 \times 25 = 122.5 \text{ m}$ . S tem, da se je krogla toliko dvignila, opravila je delo, jednako produktu svoje teže in narejene poti, — torej delo  $2 \times 122.5 = 245 \text{ kgm}$ .

V tem hipu, ko dobi telo hitrost in ko izpremeni stanje miru s stanjem gibanja, dobi tudi sposobnost, da more opraviti kako delo. Ako pade ista krogla zopet na tla, more tudi delo zvršiti; krogla more n. pr. kaj zlomiti ali se pa vdere nekoliko v zemljo; pri tem pa je zmagala upor trdnosti zlomljenega telesa ali zemlje.

Na tanko stekleno šipo moreš položiti kamen, da je ne stare; ako pa ta kamen na šipo vržeš, stare jo. Težkega kamena ni treba na šipo vreči s toliko hitrostjo, da jo stare, nego lahkega. — Telo dobiva večjo sposobnost, da opravi kako delo, ako ima večjo hitrost ali večjo težo.

Da zvemo, kako delata hitrost in teža telesa sposobna, da morejo opravljati kako delo, preiskovati hočemo te-le slučaje:

1.)  $2 \frac{1}{2} \text{ kg}$  težka krogla vržena vertikalno kvišku s hitrostjo  $49 \text{ m/s}$  je sposobna, da opravi delo  $245 \text{ kgm}$ .

2.)  $4 \frac{1}{2} \text{ kg}$  težka krogla vržena vertikalno kvišku z isto hitrostjo  $49 \text{ m/s}$  dvigne se tudi do višine  $122.5 \text{ m}$ . Ali delo, katero opravi krogla zmagavši svojo lastno težo do te višine, je  $4 \times 122.5 = 490 \text{ kgm}$ .

3.)  $2 \frac{1}{2} \text{ kg}$  težka krogla vržena s hitrostjo  $49 \times 2 = 98 \text{ m/s}$ , dviga se 10 sekund in se dvigne v višino  $98 \times 10 - 4.9 \times 100 = 490 \text{ m}$ ; delo, katero pri tem opravi, je  $2 \times 490 = 980 \text{ kgm}$ ; t. j. delo je v tem slučaju 4krat toliko kakor v slučaju 1.)

Iz tega sledí:

Gibajoče se telo ima 2, 3, 4, ...  $n$ krat večjo sposobnost za delo, ako je njegova teža, tedaj tudi njegova masa, 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja. . . . . 1.)

Gibajoče se telo ima 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat večjo sposobnost za delo, ako je njegova hitrost 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja. . . . . 2.)

Z veliko hitrostjo izstreljena krogla predira in ruši železne plošče. — Kline zabijamo v zemljo s tem, da nánje tolčemo s težkimi kladvi. — Vihar dela toliko škode, ker je njegova hitrost velika. — Toča ne pobija poljskih pridelkov zaradi svoje absolutne teže, ampak ker pada z veliko hitrostjo. — Stoječa voda ne opravlja nobenega dela, tekoča pa goni mline, žage i. t. d.

## 6. Ovire gibanja.

§ 105. Vsaka na kako telo več časa delujoča sila spravi je v pospeševano gibanje; ko pa sila neha, moralo bi se telo vsled vztrajnosti gibati enakomerno z óno hitrostjo, katero ima v hipu, ko je sila nehala nánje delovati. Izkušnja pa uči, da se giblje vsako telo, izvzemši nebeska telesa, pojernalno, ako sila neha nánje delovati. Torej morajo biti ovire, katere gibanje ustavljajo. Take ovire gibanja so: trenje in upor sredstva.

§ 106. **Trenje** (*Reibung*) imenujemo óne ovire gibanja, katere se javijo, ako se giblje telo po površji drugega.

Vsa telesa so na površji neravna, bolj ali menj hrapava. Ako se giblje kako telo po površji drugega, morajo se povišbe jednega dvigati čez povišbe drugega, ali pa je treba povišbe jednega ali drugega odkrhati in zlomiti. Za to delo pa je potrebna sila; kolikost za to potrebne sile določuje kolikost trenja. Trenje more biti dvojno:

a) trenje pri drsanji ali drsno trenje (*gleitende Reibung*), ako jedno telo po drugem drsa, n. pr. sani po snegu; b) trenje pri valjanji ali tákanji (*wälzende oder rollende Reibung*), ako se okroglo telo po drugem valja ali táka, n. pr. vozno kolo po cesti.

a) Trenje pri drsanji se dá meriti s pomočjo strmine. V § 86. smo našli, da je na strmini ravnotežje, ako sta si vzporedno z dolžino delujoča sila in breme kakor višina in dolžina strmine. Ko bi na strmini ne bilo nobenega trenja, drsalo bi vsako na le nekoliko poševni ravnini ležeče telo enakomerno pospeševano po tej navzdol. Ker se pa strmina in breme drgneta, nastane gibanje le takrat, ako je vzporedno z dolžino strmine delujoča sestavljaja bremenove teže večja ali vsaj jednaka trenju. Ako si priredimo strmino tako, da moremo izpreminjevati njeno višino, moremo zračunjati tudi vsakikrat vzporedno z dolžino delujočo sestavljajo teže.

Naklonimo li tako pripravljeno strmino toliko, da začne na njej ležeče breme po malem udaru po njej enakomerno drsati, vzporedno z dolžino delujoča sila je jednaka trenju.

Na podoben način so spoznali te-le zakone drsnega trenja:

1.) Trenje pri drsanji je zavisno od teróčih se tvarin, in je večje, ako so telesa bolj hrapava.

2.) Trenje je sorazmerno pravokotnemu tlaku na ploskve, katere se tró.

3.) Trenje je nezavisno od hitrosti drsanja; v začetku gibanja je vendar nekoliko večje nego pozneje.

4.) Trenje je nezavisno od števila toček, v katerih se teróča telesa dotikajo, ako so njih ploskve prav uglačane. —

b) Trenje pri valjanji ali tákanji je sploh manjše od trenja pri drsanji in je sorazmerno tlaku na podlago in obratno sorazmerno polumeru tákajočega se telesa.

Trenje pri drsanji pretvarjamo po gostem v trenje pri valjanji. Da trenje zmanjšujemo, mažemo stroje; s tem izpolnujemo dupline in jih narejamo bolj gladke.

Trenje je časih škodljivo, časih koristno. Škodljivo je pri strojih, ker zaradi trenja potrebujemo večjih sil, da prouzročimo gibanje, nego bi bile potrebne, ko bi trenja ne bilo. Zaradi trenja se tudi strojevi deli radi ogólijo in pokvarijo. — Brez trenja na tleh ne mogli bi ne varno stati ne hoditi; brez trenja ne držal bi ne vijak ne klin i. t. d. — Železniški vlak se more pomikati le takrat, ako je trenje med kolesi lokomotive in šinami dovolj veliko. — Po strmini navzdol leteče vozove zaviramo, da pretvorimo trenje pri takanji v drsno trenje. — Imenuj še drugih primerov, kjer je trenje ali škodljivo ali koristno!

Pri vsakem trenji se razvija toplota.

§ 107. **Upor sredstva.** (*Widerstand des Mittels*). Gibanje teles se vrši v drugih telesih, v zraku ali kaki kapljevini. Te tvarine so sredstva gibanja. Najnavadnejše sredstvo gibanja je zrak.

Poskus: Po zraku moreš z roko bolj hitro in z manjšim naporom mahati nego v vodi. Vlečeš li razpet dežnik navzdol, čutiš precej velik upor; ta upor je nekoliko manjši, ako dežnik z izbočeno stranjo naprej porivaš. Upor je večji, ako dežnik hitro giblješ.

V sredstvu gibajoče se telo mora sredstvo izpodrivati, da more naprej; za to pa je treba posebne sile.

Upor sredstva je večji, ako ima sredstvo večjo gostoto ter zavisi tudi od velikosti in oblike gibajočega se telesa. Natančni računi kažejo, da je upor sredstva sorazmeren kvadratu hitrosti gibajočega se telesa.

Da zmanjšujemo upor sredstva, priostrujemo telesa na onih stranéh, s katerimi se naprej gibljejo, n. pr. ladje, leče na nihalih, izstrelke i. t. d. — Upor sredstva nam koristi pri plavanji i. t. d. — Upor sredstva brani vrženim telesom, da se ne dvignejo do iste višine, do katere bi se dvignila zaradi svoje hitrosti v brezračnem prostoru.

## Mehanika kapljivo tekočih teles.

§ 108. Kapljivo tekoča telesa so neskončno malo stisljiva. Ako ja stiskamo z zelo velikimi silami, zmanjša se jim prostornina sicer nekoliko, pa neskončno malo; ko pa tlak neha, dobé svojo prvobitno prostornino. Iz tega pa sledí, da so kapljivo tekoča telesa tudi prožna. — Zaradi njihove male stisljivosti smatramo ja navadno za nestisljiva z mehničnim tlakom. — Glavna razlika med trdnimi in kapljivo tekočimi telesi pa je ta, da so molekuli kapljivo tekočih teles zelo gibljivi in da kapljevine zaradi te gibljivosti nimajo svoje posebne oblike. Male množine kapljevín tvorijo kroglice, kapljice, kar kaže, da so molekularno privlačne silé vendar še nekoliko večje od odbijalnih. Na površji kapljevín pa so odbijalne molekularne sile nekoliko večje od privlačnih, ker vsaka kapljevína na površji izhlapeva.

§ 109. **Kako razvajajo kapljevine nánje delujoči tlak.** Poskus: *a*) Okrogla posoda *A* (slika 69.) ima na različnih mestih zavite ceví 1, 2, 3; v vsaki teh ceví je nekoliko živega srebra. Posodo *A* napolni do vrha z vodo; v odprtino *M* pa vtakni bät, tako da ne propušča vode. Pritiskaš li s tem bätom na vodo, opazuješ, da se dviga živo srebro v vseh cevéh do iste višine. — Isto opazuješ, ako je v posodi katera koli druga kapljevína.

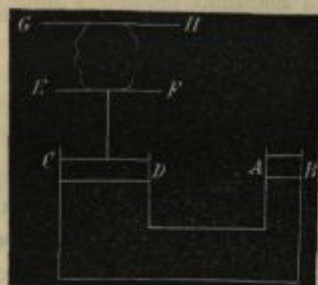
Bät pritiska kapljevíno le vertikalno navzdol; ker se pa živo srebro v vseh cevéh enakomerno dviga, kaže to, da razvajajo kapljevine nánje delujoči tlak enakomerno na vse strani.

Poskus: *b*) Posodo *ABCD* (slika 70.) napolni z vodo; v odprtini pa vtakni premična bäta *AB* in *CD*, da se vode neposredno dotikata in je ne propuščata. Ako na vodo pritiskaš z bätom *AB*, dviga se bät *CD* navzgor. Da zveš, kolik je tlak vode na bät *CD*, ako ti je znan tlak, s katerim pritiska bät *AB*, postopaj tako-le:

Slika 69.



Slika 70.



Ako tlači båt  $AB$  s silo  $Pg$  in ako se ga dotika  $m$  molekulov, tlak na vsakega teh molekulov mora biti  $\frac{P}{m} = p g$ . Tolikšen tlak razvajajo potem posamezni molekuli na vse strani. — Je li prerez båtá  $CD$   $n$ krat večji nego óni båtá  $AB$ , dotika se båtá  $CD$   $m \cdot n$  molekulov.

Ker razvaja vsak molekul tlak  $p g$ , tlačijo båt  $CD$  vsi njega dotikajoči se molekuli s silo  $m \cdot n \cdot p = m \cdot n \cdot \frac{P}{m} = n \cdot P g$ .

Tlak kapljevine na båt  $CD$  je torej  $n$ krat večji nego je tlak, s katerim tlači kapljevino båt  $AB$ .

Vzemimo, da je tlak na båt  $AB$  enak  $5 \text{ kg}$  in da je prerez båtá  $CD$  10krat večji nego prerez båtá  $AB$ , potem je tlak kapljevine na båt  $CD$  enak  $50 \text{ kg}$ . Da se båt  $CD$  ne dviga, treba nánj položiti utež  $50 \text{ kg}$ .

Na uporabo tega zakona se opira hidravlično ali vodno tiskalo (*hydraulische Presse*).

### § 110. Kakšno obliko ima gladina mirujoče kapljevine.

Gladina mirujoče kapljevine mora stati pravokotno na meri težnosti. To dokažemo tako-le: Vzemimo, da zaznamenuje  $AB$  (slika 71.) gladino mirujoče kapljevine in da ne stoji pravokotno na meri težnosti  $AC$ . Zaznamenuje li  $AC$  težo na površji kapljevine ležečega molekula  $A$ ,

Slika 71.



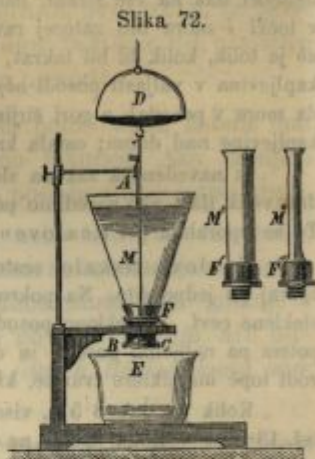
razstaviti jo moremo v dve sestavljači: v  $AE$ , delujočo pravokotno na gladino  $AB$ , in v  $AD$ , delujočo vzporedno z gladino. Ker je kapljevina nestisljiva, ostane sestavljača  $AE$  brez učinka,  $AD$  pa prouzroči gibanje v meri gladine  $AB$ . S

tem se pa ravnotežje poruši. Kapljevina ostane v ravnotežji, ako deluje sila  $AC$  pravokotno na gladino, ker takrat je sestavljača  $AD = 0$ . — Na istem kraji delujejo vse težne sile vzporedno, torej morajo vsi molekuli gladine ležati v ravnini pravokotno stoječi na meri prosto padajočega telesa. Tako ravnino smo imenovali vodoravno ali horizontalno.

Gladina morja mora biti kroglasta, ker tamo niso vse težne sile več vzporedne.

Omenjeno velja vendar le za prosto gladino, katera se ne dotika stene. O izjemah pri lasastih cevéh smo govorili že v § 27.

§ 111. **Tlak na dno** (*Bodendruck*). Poskus: Kovinska plošča (slika 72.) ima vrezano vijakovo matico; v to se dajo privijati steklene posode  $M$ ,  $M'$ ,  $M''$ ; jedna je po vsem valjasta, druga zgoraj širja, tretja zgoraj ožja. Dno tem posodam nadomeščuje kovinska plošča  $BC$  viseča na skledici  $D$  navadne jednako-ramne tehtnice. — Najprej vzemimo valjasto posodo. Da se plošča  $BC$  posodi dobro prilega, položimo v drugo skledico uteži. Ako potem v posodo nalijemo vode, ne izteka, dokler je njena teža manjša, nego so uteži v drugi skledici tehtnice. S kazalcem  $A$  zaznamujemo mesto, do katerega smemo v posodo vode naliti, da začne ravno iztekati. V tem slučaju je tlak vode na ploščo enak utežim v drugi skledici tehtnice.



Ako potem posodo  $M'$  nadomestimo s posodo  $M$  ali  $M''$ , najdemo, da smemo v njej vode naliti do iste višine, da postane njen tlak na ploščo  $BC$  isto tolik, kolik je bil poprej. V posodah  $M$  in  $M''$  pa ni ravno toliko vode, kolikor je drži posoda  $M'$ . — Torej sledi:

Tlak kapljevine na horizontalno dno je enak teži valja od kapljevine, kateri ima dano dno za osnovno ploskev in razdaljo gladine od dna za višino, ter je nezávisen od oblike posode in množine kapljevine, ki je v posodi.

Zaznamuje li  $p$  kolikost tlaka na dno,  $o$  ploščino dna in  $e$  razdaljo gladine od dna (višino kapljevine),  $s$  specifično težo kapljevine, izražen je navedeni zakon z enačbo

$$p = o \cdot e \cdot s.$$

Tlak  $p$  dobimo v gramih, oziroma v kilogramih, ako so dane ploščina, dno in višina kapljevine v centimetrih, oziroma v decimetrih.

O pravosti navedenega zakona, kateri sluje pod imenom hidrostatični paradokson (*hydrostatisches Paradoxon*), prepričamo se tudi tako-le:

Vzemimo, da je posoda  $abcd$  (slika 73.) polna vode do višine  $op$ . Tlak na dno v

Slika 73.



točki  $g$ , ležeči vertikalno pod gladino, jednak je teži stebra kapljevine, čegar višina je  $gh$ . Tlak na dno v točki  $i$  je enak tlaku stebra kapljevine nad njó, čegar višina je  $ik$ , temu tlaku je pa še prištevati tlak, s katerim je tlačena kapljevina v točki  $k$ . Tlak na kapljevino v točki  $m$ , v jednaki višini s točko  $k$ , enak je teži stebra kapljevine, čegar višina je  $mn$ ; ker razvaja kapljevina nánjo delujoči tlak na vse strani, mora biti tlak v točki  $k$  ravno tolik. Tlak na dno v točki  $i$  mora biti zatorej ravno tolik, kolik je v točki  $g$ . Ves tlak na dno  $ab$  je tolik, kolik bi bil takrat, ko bi bile stranske stene vertikalne, in bi stala kapljevina v valjasti posodi  $abpo$  do višine  $op$ . — Isto tako je lahko razvidno, da more v posodah z gori širjimi stenami dno tlačiti jedino le vertikalni steber kapljevine nad dnom; ostala kapljevina tlači le obstranske stene. —

Iz navedenega zakona sledi, da moremo z malo kapljevine napraviti na dno velik tlak, ako naredimo posodo na dnu široko, navzgor jo pa prav zožimo. To se uporablja pri Realovem tiskalu (*Reals Presse*).

Realovo tiskalo sestoji iz steklene posode, katera ima pri dnu in zgoraj po jedno sito. Na pokrov posode se privijó tanke in dolge ( $2\cdot5 - 3$   $^m$ ) steklene ceví. V stekleno posodo devamo tvarine, katere se dajo z vodo izvleči, potem pa nalijemo posodo in ceví do vrha z vodo. Pod velikim tlakom se v vodi topé marsiktere tvarine, ki se sicer ne topé rade, n. pr. kava i. t. d. —

Kolik je tlak  $3\cdot5$   $^m$  visokega stebra od živega srebra na  $1$   $\square$   $^m$  (spec. tež.  $13\cdot59$ )? — Kolik je tlak na dno Realovega tiskala, ako je premer valjaste posode  $5$   $^m$  in višina vode nad dnom  $1\cdot6$   $^m$  (spec. tež. =  $1$ )? — Koliko je dno prizmatične posode, ki je  $1$   $^m$  visoko z vodo napolnjena, ako znaša tlak na dno =  $420$   $kg$ ? —

§ 112. **Vzgon** (*Auftrieb*). Poskus: Vzemi na obéh stranéh odprt steklen valj, kateri ima na jednom konci dobro obrušen rob. Na ta valj pritisi na niti visečo kovinsko ploščo  $ab$  (slika 74.), tako da ne propušča vode, če tudi valj v vodo potisneš, kakor kaže slika. Ako si potisnil valj s ploščo  $ab$  v vodo precej globoko, smeš nit spustiti, a plošča vendar ne pade na dno. V valj smeš naliti tudi precej veliko vode, potem se le pade plošča na dno.



Kapljevine tlačijo torej tudi od spodaj navzgor in ta tlak imenujemo vzgon. — Da je molekul v notranjem kapljevine v ravnotežji, mora ga pritiskati kapljevina pod njim ležeča z isto silo navzgor, s katero tlači sam navzdol.

Blizu dna je vzgon večji, nego blizu gladine. (Zakaj?)

§ 113. **Tlak na stene** (*Seitendruck*). Iz istega uzroka, kakor navzgor in navzdol, tlačijo kapljevine tudi stene. Temu tlaku je trdnost sten ravnotežna. Tlak na kak del stene je tem večji, čim bliže dna je ta del stene in isto tolik, kolik je tlak navzdol v isti razdalji od gladine.

Iz posode, v kateri naredimo na steni luknjico, izteka voda v paraboli. Ta parabola je bolj dolga, ako izteka voda skozi luknjico, ki je blizu dna. Gibanje vode prouzrokuječa sila, t. j. vodni tlak na stene, mora biti torej blizu dna večja, nego blizu gladine.

Tlak na določen del stene je jednak produktu iz ploščine tega dela stene, razdalje njenega težišča od gladine in specifične teže kapljevine, ki je v posodi.

Poskus: Na nit obesi valjasto posodo polno vode, katera ima v steni blizu dna z zamaškom zatvorjeno luknjico. Ako luknjico otvoriš, da začne voda iztekati, odkloni se posoda v nasprotno stran.

V tem, ko voda iz luknjice izteka, neha tam tlak na steno; na nasprotni strani pa ostane tlak na steno neizpremenjen. Ker je posoda lahko gibljiva, prouzročuje ta jednostranski tlak gibanje v svoji meri. To gibanje posode nastalo je po vzvratnem ali odbojnem delovanji tekoče kapljevine (*durch Rückwirkung oder Reaction*).

Odbojno delovanje tekočih kapljev in se uporablja pri Segnerjevem kolesu in pri turbinah. —

Vzvratno delovanje opazujemo tudi pri raztezno tekočih telesih.

Top odskoči pri vsakem strelu nekoliko; rakete se dvigajo iz istega uzroka.

§ 114. **Vodna kolesa.** Silo tekoče vode uporabljamo, da nam goni kolesa različnih strojev: mlinov, žag i. t. d. Vodna kolesa z vertikalno osjo imenujemo turbine (*Turbinen*); voda ja goni z vzvratnim delovanjem, ko iz njih izteka. Druga kolesa imajo horizontalno os ter se vrté v vertikalni ravnini. Ta kolesa delimo v kolesa na spodnjo vodo (podlivnjake), v kolesa na zgornjo vodo (nalivnjake) in v kolesa na srednjo vodo.

Kolesa na spodnjo vodo (podlivnjaki, *unterschlächlige Wasserräder*) imajo na obodu v meri polumera stoječe lopate, ob katere udarja pod kolesom tekoča voda.

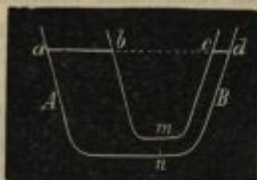
Kolesa na zgornjo vodo (nalivnjaki, *oberschlächlige Wasserräder*) imajo na obodu obilno stanic (korcev). V te stanice priteka voda na približno najvišjem mestu kolesa in zavrti kolo deloma s svojim udárom, deloma s svojo težo. Stanice so tako prirejene, da izteka voda na spodnji strani iz njih prej, nego jo začne kolo dvigati.

Na kolesa na srednjo vodo (*mittelschlächlige Wasserräder*) priteka voda v stanice v jednaki višini z osjo.

§ 115. **Občujoče posode** (*Communications-Gefässe*). Ako je več posod tako medsebojno zvezanih, da morejo kapljevine prehajati iz jedne v drugo, imenujemo jih občujoče ali spojene posode, njih posamezne po konci stoječe dele pa krake (*Schenkel*).



Slika 75.



Poskus: Vlijemo li v krak *A* občujočih posod (slika 75.) nekoliko vode, razteče v obeh krakih tako, da ležita gladini *ab* in *cd* v isti horizontalni ravnini.

V občujočih posodah je kapljevina v ravnotežji, ako stoji v vseh krakih do iste višine.

O pravosti tega zakona se uverimo tudi s sledečim umovanjem: Ako je v posodi *AB* kapljevina v ravnotežji, mora biti v ravnotežji tudi kapljevina v prerezu *mn*. Na ta prerez deluje od desne proti levi tlak kapljevine v kraku *B*; od leve proti desni tlak kapljevine v kraku *A*. Oba tlaka morata biti jednako velika. Ker je na obeh straneh prereza *mn* ista kapljevina, mora biti razdalja težišča ploskve *mn* od gladine *ab* ista kakor od gladine *cd*. (§ 113.) —

Vzemimo občujoče posode z dvema krakoma, od katerih je jeden krajši od drugega in zgoraj zatvorjen.

Ako to posodo napolnimo z vodo, da stoji v daljšem kraku do vrha, hoče se tudi v drugem kraku dvigniti do iste višine. Ker pa je krak zatvorjen, mora ga voda kvišku pritiskati. Ako naredimo v to steno luknjico, pridere voda skozi njo, hotéča se dvigati do iste višine, do katere stoji v odprtem kraku. Trenje ob stenah, zračni upor in teža doli padajoče vode ovirajo nekoliko to dviganje. Tako nastanejo vodometi (*Springbrunnen*).

Zakaj priteka voda o deževnem vremenu velikokrat v kletí in potem zopet sama odteka? — S parnimi kotli so spojene steklene cevi (vodokazne cevi), da se vidi, do kolike višine stoji voda v kotlu.

§ 116. **Ravnotežje ne mešajočih se kapljev in občujočih posodah.** V jeden krak občujočih posod (slika 76.) nalij najprej živega srebra; na to pa v levem kraku še vode, da stoji do *AB*.

Slika 76.



V stanji ravnotežja stoji voda od *XE* do *AB*; živo srebro v desnem kraku od *FY* do *CD* više nego v levem. Ako zmeriš višini *AX* in *CF* ter ji primerjaš, najdeš *AX* 13·6krat večjo od *CF*.

Da sta kapljevini v ravnotežji, mora biti tlak na ploskev *FY* od obeh strani enak. Živo srebro od *XE* do *FY* je v ravnotežji, ker stoji v obeh krakih do iste višine. Ploskev *FY* tlači steber vode *XEAB* od spodaj navzgor in steber živega srebra *FYCD* od zgoraj navzdol. Zazna-

menuje li  $p$  ploščino prereza  $FY$ ,  $V = AX$  višino vode,  $S$  spec. tež. vode,  $v = FC$  višino živega srebra,  $s$  spec. tež. živega srebra, tlak vode na ploskev  $FY$  je enak  $p \cdot V \cdot S$  in tlak živega srebra na isto ploskev je enak  $p \cdot v \cdot s$ . V stanju ravnotežja je

$$p \cdot V \cdot S = p \cdot v \cdot s \text{ ali, ako deliš z } p,$$

$$V \cdot S = v \cdot s \text{ ali v obliki sorazmerja}$$

$$V : v = s : S.$$

Dve ne mešajoči se kapljevini sta v občujočih posodah v ravnotežji, ako sta njijini višini od tične ploskve obratno sorazmerni z njijinima specifičnima težama.

Ali bi mogel uporabljajoč ta zakon določiti specifično težo jedne kapljevine, ako je znana spec. tež. druge?

Navedeni zakoni o stanju kapljev in v občujočih posodah so le dotle veljavni, dokler kraki niso preozki. (Zakaj?)

§ 117. **Arhimedov zakon.** Poskus: *a*) Vzemi tehtnico, katere jedna skledica visi na krajši niti ter ima spodaj kljukico (taka tehtnica se imenuje hidrostatična); na kljukico skledice obesi otel valj  $c$  (slika 77.) in na tega masiven valj  $p$ , tolik da potisnen v otlega njegovo otlino po polnem izpolnjuje. Da ostane tehtnica v ravnotežji, moraš položiti v drugo skledico isto tolike uteži. — Ravnotežje se poruši, ako postaviš pod valj  $p$  kozarec vode, da visi valj v vodi ne dotikaje se niti dna niti stene. Tehtnica pa se zopet uravna, ako naliješ otel valj  $c$  do polnega z vodo.

Mesto vode moreš jemati tudi druge kapljevine.

Vsako v kapljevino potopljeno telo izgubi v tej na svoji teži toliko, kolikor tehta od njega odrinena kapljevina.

Ta zakon je našel Arhimed (250. pr. Kr.) ter se imenuje po njem Arhimedov zakon.

O pravosti tega zakona se uverimo tudi s sledečim umovanjem: Vzemimo, da ima v vodo potopljeno telo obliko prizme  $ABCD$  (slika 78.) Voda tlačí prizmo od vseh strani. Tlaka na stranéh  $AD$  in  $BC$  sta si ravnotežna, ker delujeta v nasprotni meri na jednake ploskve v isti globočini. Na ploskev  $AB$  deluje tlak vodenega stebra  $ABMN$  navzdol, na ploskev  $DC$  pa tlak vodenega stebra  $DCMN$  navzgor (vzgon). Tlak na ploskev  $CD$  je torej za težo vode-



Slika 78.



nega stebra  $ABCD$  večji, nego tlak na ploskev  $AB$ . Teža prizme  $ABCD$  mora biti po takem manjša, nego je v zraku, in sicer za težo odrinene vode.

Poskus: *b)* V jedno skledico tehtnice postavi kozarec vode, v drugo pa otel valj  $c$ , temu prideni še toliko utežij, da se tehtnica uravna. Ako potopiš na niti viseč valj  $p$  v vodo, da se ne dotika niti dna niti stene, poruši se ravnotežje na tehtnici; tehtnica se nakloni na óno stran, kjer je voda. Voda je postala po takem težja, ko visi valj v njej. Tehtnica se pa zopet uravna, ako naliješ otel valj  $c$  na drugi skledici do vrha z vodo.

Izguba na teži v kapljevino potopljenih teles je le navidezna, ker se tlak na dno posode pomnoži isto toliko, kolika je izguba na teži.

Pod vodo moreš dvigniti kamen, kateri ti je v zraku pretežek. — Naštej še drugih primerov, iz katerih razvidiš pravost Arhimedovega zakona!

§ 118. **Plavanje.** V vodo spuščen kamen pada v njej na dno; les plava na vodi; kurje jajce plava v solni raztopini, v čisti vodi pa pada na dno. —

Ako ima v kapljevino potopljeno telo večjo specifično težo nego kapljevina, pada v njej na dno; kajti po § 15. je njegova absolutna teža večja, nego absolutna teža odrinene kapljevine.

V kapljevino potopljeno telo nima v njej nobene teže, ako ima isto specifično težo kakor kapljevina, — takšno telo plava v notranjem kapljevine.

Ako ima v kapljevino potopljeno telo manjšo specifično težo nego kapljevina, splava v njej na površje ter se dvigne nekoliko iz kapljevine, in sicer toliko, da postane njega absolutna teža jednaka teži odrinene kapljevine.

Zaznamenuje li  $V$  prostornino potopljenega telesa,  $S$  njega specifično težo,  $v$  prostornino odrinene kapljevine,  $s$  njeno specifično težo, ostane na površji kapljevine plavajoče telo mirno, ako je  $VS = vs$ .

Poskus: *a)* V stekleno na spodnjem konci zavarjeno cev daj toliko šiber, da utone cev v vodi do dve tretjini svoje dolžine. — Ako potem isto cev potopiš v žvepleno kislino, ne utone toliko kakor v vodi; v vinskem cvetu utone pa globlje nego vodi.

Zaznamenuje li  $P$  absolutno težo steklene cevi,  $v_1$  prostornino odrinene vode,  $s_1$  nje spec. težo;  $v_2$  prostornino druge kapljevine,  $s_2$  nje spec. težo, plava cev v obeh kapljevinah mirno, ako je

$$P = v_1 s_1 \text{ in } P = v_2 s_2; \text{ torej tudi}$$

$$v_1 s_1 = v_2 s_2 \text{ ali}$$

$$v_1 : v_2 = s_2 : s_1.$$

Plava li isto telo v raznih kapljevinah, prostornine odrinjenih kapljev in so obratno sorazmerne specifičnim težam kapljev in.

Poskus: *b)* Večjo prazno steklenico zamaši ter jo potopi v vodo. Spuščena splava kvišku ter plava na vodi, — steklo samo záse pa utone na dno.

Telesa z večjo specifično težo, nego je óna kapljev in, plavajo na téh, ako so zvezana z lahkimi telesi v takem razmerji, da je njih skupna teža manjša nego teža odrinene kapljevine.

Kapljevine, katere se ne mešajo, razvrščujejo se v isti posodi po svoji specifični teži, n. pr. živo srebro, voda, olje. — V rekah se pogrezajo ladje bolj globoko nego v morji. — Tolsti ljudje plavajo laže nego mršavi; — ženske plavajo laže nego moški, ker imajo drobnejše kosti in več tolsče. — Trupla utopljenecv so nekoliko časa pod vodo; ko ja pa pri gnitji razvijajoči se plini napihnejo, splavajo na površje. — Zakaj plavajo ladje na vodi, če tudi so okovane z debelimi železnimi ploščami? — Ljudje, ki ne znajo plavati, privezavajo si na prsi napihnene mehurje ali pluto. — Karteški potapljavec (*Cartesianischer Taucher*) — *Livela*.

Položaj plavajočega telesa more biti stalen, padljiv ali nerazločen; ako se plavajoče telo, nekoliko v stran potisneno in samo sebi prepuščeno, vrne v svojo prvobitno ležo, ali ako se vzvrne v novo ležo, ali ako ostane v vsaki leži v ravnotežji. — Da je položaj plavajočega telesa stalen, mora ležati njegovo težišče kolikor možno globoko in pod težiščem odrinene kapljevine.

V ladjah polagajo največje tovore na dno. — Majhen čolnček se hitro vzvrne, ako v njem po konci stojiš. — Ribe imajo mehurje pod hrbtom; — ako jih napihnejo, dvigajo se, ako jih stisnejo, pa padajo. — Kdor hoče z mehurjem plavati, ne sme si ga vezati na noge ali trebuh.

§ 119. Določevanje gostote trdnih in kapljivo tekočih teles s pomočjo hidrostatične tehtnice. *a)* Gostota trdnih teles. Na hidrostatični tehtnici določi najprej absolutno težo  $P$  ónega telesa, kojega gostoto iščeš; za tem obesi isto telo na tanki niti v kemijski čisto vodo in določi težo v vodi visečega. Razloček obéh tež  $p$  je izguba na teži v vodi in jednak teži odrinene vode.

Gostoto  $G$  dobiš po jednačbi

$$G = \frac{P}{p} \text{ (§ 15.), t. j.}$$

Gostoto trdnega telesa dobiš, ako deliš njegovo absolutno težo z njega izgubo na teži v vodi.

Gostoto v vodi raztopnih teles določujemo tako, da določimo najprej gostoto teh teles gledé kapljevine, v kateri so neraztopna, in gostoto te kapljevine gledé vode. Gostota dotičnega telesa gledé te

kapljevine množena z gostoto kapljevine je gostota tega telesa gledé vode.

Telesa na vodi plavajoča vežemo s težkimi drugimi telesi, n. pr. s svincem.

b) Gostota kapljivih teles. Vzemi vsestranski zatvorjeno stekleno cev, v kateri je toliko svinca ali živega srebra, da ne plava niti v vodi niti v kapljevini, katere gostoto iščeš.

Na hidrostatični tehtnici določi na isti način, kakor pri a) te steklene cevi izgubo na teži v vodi in v dotični kapljevini. Ako znamenuje  $p$  izgubo na teži v vodi,  $P$  izgubo na teži v isti kapljevini, dana je gostota  $G$  po jednačbi

$$G = \frac{P}{p}$$

Gostoto kake kapljevine dobiš, ako stehtaš kako trdno telo v vodi, v tej kapljevini in v zraku ter deliš njega izgubo na teži v tej kapljevini z izgubo na teži v vodi.

Kos lipovega lesa tehta v zraku 24 g, kos svinca v zraku 54 g, teža svinca visečega v vodi je 49.2 g, les in svinec skupno v vodi viseča imata težo 32.2 g; kolika je gostota lipovega lesa? — Kos stekla tehta v zraku 40 g, v vinskem cvetu 36 g, v vodi 35 g; kolika je gostota tega vinskega cveta? —

Gostote nekaterih teles: alkohola 0.79, bakra 8.9, jekla 7.8, kositra 7.3, platina 21.5, svinca 11.4, zlata 19.5, železa (kovanega) 7.79, živega srebra 13.59, žveplene kisline (angleške) 1.84, morske vode (v sredjem) 1.04.

Slika 79.



§ 120. **Gostomeri z lestvico** (*Scalenaröometer*) so steklene cevi (slika 79.), ki so spodaj in zgoraj zavarjene; v spodnjem delu so širje, bodi si kroglaste ali pa valjaste, v zgornjem delu  $X$  pa pravilno valjaste. Na dnu imajo živega srebra ali šiber, da v kapljevinah stalno plavajo. V cevi  $X$  je posebna lestvica; po načinu, po katerem je urejena, dobivajo gostomeri različna imena. —

a) Prostornina cevi do óne točke, do katere se potaplja v kemijsko čisti vodi — do vodišča (*Wasserpunkt*) —, razdeljena je v 100 enakih delov. Ti deli so znamenovani pod vodiščem in nad njim. Vodišče ima število 100. Take gostomere imenujemo volumetre (*prostorninomere, Volumeter*). Da ni treba jemati predolge cevi, prirejajo se volumetri za redkejše in gostejše kapljevine nego je voda posebej; volumetri za redkejše kapljevine imajo vodišče nizko pri  $B$ , óni za gostejše visoko pri  $O$ .

Volumeter potopljen v kapljevino z gostoto  $G$  se urine do dela  $n$ ; gostota te kapljevine se računa iz jednačbe

$$G = \frac{100}{n} \text{ (primerjaj § 118.)}$$

b) Lestvica je tako urejena, da tekój gostoto te kapljevine beremo v točki, do katere se gostomer v kapljevini potopi. Gostomeri s tako lestvico so sploh gostomeri (*Dichtigkeitsmesser*). Lestvica na takih gostomerih se določuje poskusoma, s tem da se potapljajo gostomeri v kapljevine, katerih gostote so že znane. Vodišče je zaznamenovano s številko 1.

c) Odstotni gostomeri (*Procentaräometer*) imajo tako urejeno lestvico, da se tekój zve, koliko prostorninskih ali utežnih delov kake kapljevine je v zmesi dveh kapljevin. Lestvice se urejajo poskusoma in za različne zmesi kapljevin posebej, n. pr. za alkohol, vino, pivo, mleko, lug i. t. d.

Alkoholometri naznanjajo, koliko odstotkov alkohola je v vinskem cvetu. — Mlekoméri (*Galaktometer*), koliko odstotkov čistega mleka je v mleku, z vodo pomešanem. — Sladoromeri (*Saccharimeter*), koliko utežnih delov sladkorja je v sladkorjevi raztopini i. t. d.

Odstotni gostomeri niso po polnem zanesljivi, ker se dá gostota zmesij umetno preinačevati. N. pr. ako mleku vode primešamo, postane redkejše, primešavši mu pa nekoliko moke, moremo mu dati prvobitno gostoto.

d) Časih rabimo tudi gostomere s poljubno deljeno lestvico. Taki kažejo jedino le, ali je jedna izmed dveh kapljevin gostejša od druge ali ne.

Delitev na gostomerih je veljavna le pri določeni temperaturi, katera je navadno na cevi tudi zaznamenovana ( $15^{\circ}$  —  $20^{\circ}$  C).

## Mehanika raztezno tekočih teles.

§ 121. Raztezno tekoča telesa se razločujejo od kapljivo tekočih teles v tem, da so dosti bolj prožna, zelo stisljiva in da se vsled svoje velike razteznosti raztezajo na vse strani, dokler njih raztezanja ne ovira kak poseben upor. Zaradi svoje velike razteznosti tlačijo na stene posod, v katerih so.

Tlak raztezno tekočega telesa na ploskovno jednoto ( $1 \square_{\text{cm}}$ ) jemljemo za mero njega napetosti (*Spannkraft*) ali razpenjivosti (*Expansivkraft*). — Da so raztezno tekoča telesa tudi težka, dokazali smo v § 17.; zaradi svoje teže tlačijo isto tako na dno in

stene svojih posod, kakor kapljevine. Takšen njihov tlak je aerostatičen (*aërostatischer Druck*). — Ker so molekuli plinastih teles se bolj gibljivi nego molekuli kapljivo tekočih teles, a sami záse nestivljivi, sledí neposredno, da razvajajo plinasta telesa nánja delujoči tlak na vse strani isto tako kakor kapljevine, ter da je tlak, s katerim tlači isti plin na kako steno, sorazmeren ploščini te stene.

§ 122. **Merjenje zračnega tlaka.** Torricellijev poskus: Približno 85—90  $\%$  dolgo stekleno, na jednom konci zatvorjeno stekleno cev napolni do polnega z živim srebrom; potem jo s prstom zamaši in jo postavi v skledico z živim srebrom, tako da je odprtina cevi pod gladno živega srebra (slika 80.) Ako potem prst odtegneš, ne izteče vse živo srebro iz cevi, ampak le toliko, da stoji njegova gladina v vertikalni meri približno 76  $\%$  više nego gladina živega srebra v skledici. V prostoru nad živim srebrom v cevi ni nobenega zraka; — ta po polnem prazen prostor imenujemo Torricellijevo praznino (*Torricellische Leere, Vacuum*).

Slika 80.



Tlaku živosrebernega stebra v cevi je zračni tlak ravnotežen, kajti živo srebro v cevi pade tekój za nekoliko centimetrov, ako spustiš vánjo le nekoliko zraka. Spustiš li v cev toliko zraka, da ima v njej isto napetost kakor zunanji, pače živo srebro v cevi do iste višine, do katere stoji zunaj v skledici.

Specifična teža živega srebra je 13·59; torej znaša tlak 76  $\%$  dolgega živosrebernega stebra na 1  $\square \%$   
 $76 \times 13 \cdot 59 = 1032 \cdot 84 \text{ } \mathcal{G}$ .

S toliko silo tlači torej tudi zrak na vsaki  $\square \%$ . Tolik tlak na 1  $\square \%$  imenujemo tlak jedne atmosfere.

Ako cev z živim srebrom nekoliko nakloniš, da ne stoji več vertikalno, zleze živo srebro nekoliko bliže zgornjega konca, vertikalna razdalja gladin živega srebra v cevi in v posodi zunaj cevi ostane vendar neizpremenjena.

Ali je zračni tlak v sobi ravno tolik, kakor zunaj? — Kolik je zračni tlak na mizo, katere površje je 1·4  $\square \text{ } \mathcal{M}$ , ako stoji živo srebro v cevi 74  $\%$  više nego zunaj? — Površje odraslega človeka je približno 1·5  $\square \text{ } \mathcal{M}$ , s koliko silo deluje nánj zračni tlak? — Zakaj ga človek ne čuti? (Ta tlak deluje od vseh strani, od zunaj in znotraj.)

§ 123. **Barometer** ali tlakomer (*Barometer*) imenujemo vsako orodje služeče v to svrhu, da merimo kolikost zračnega tlaka. Najjednostavnejši barometer je priprava za Torricellijev poskus, treba je cevi pridjati še dolgotno merilo. — Zračnega tlaka navadno

ne zaznamenujemo v kilogramih, ampak navajamo le dolžino živo-srebernega stebra v jednostransko zatvorjeni, a drugače brezračni stekleni cevi, katerega vzdržuje zračni tlak. Dolžino tega stebra imenujemo barometrovo ali tlakomerno višino (*Barometerhöhe* oder *Barometerstand*). Ako je ta znana, lahko je zračniti kolikost zračnega tlaka v kilogramih.

Da zadostuje barometer vsem terjatvam, mora biti:

- 1.) prostor nad živim srebrom (Torricellijeva praznina) po polnem prazen; —
- 2.) živo srebro po polnem kemijski čisto (okisano živo srebro izgublja svojo gibljivost ter se prijema stekla); —
- 3.) premer steklene cevi tolik, da sprijemnost med steklom in živim srebrom na višino gladine nima nobenega vpliva; —
- 4.) dolgostna mera natančna in vertikalna in njen začetek v isti ravnini z gladino živega srebra v zunanji posodi.

Tem terjatvam omenjena priprava ne zadostuje v vsem; tudi ni pripravna za prenašanje s kraja v kraj. Izumili so torej nekoliko predrugačene barometre.

a) Cev navadnega barometra (*Haus- oder Birnbarometer*) je zavita in na daljšem kraku zavarjena; na krajšem kraku pa ima privarjeno hruški podobno in odprto posodo (slika 81.) Ta cev je pripeta na desko, hruška pa tiči v mali škatljici, da ne more prah do živega srebra, ampak le zrak. Merilo ima svoj začetek v isti ravnini z gladino živega srebra v hruški; vsi deli dolgostne delitve vendar niso znamenovani, ampak le zgornji.

Ako se zračni tlak poveča ali zmanjša, pade ali dvigne se živo srebro v hruški in dvigne se ali pade v cevi. Potem se pa začetek merila ne ujema več z gladino živega srebra v hruški. Beroči število, do katerega seže živo srebro v cevi, ne zveemo barometrove višine po polnem natančno. Ta pogrešek je sicer prav majhen, ako je premer hruške v razmerji s premerom cevi precej velik.

Slika 81.



Slika 82.





b) Dvokraki barometer (*Heberbarometer*) ima zavito cev, vendar brez hruške (slika 82.); daljši krak je zavarjen, krajši pa odprt. Cev je pritrjena na desko in se dá s posebnim vijakom nekoliko dvigati ali niže spuščati. Dolgostno merilo ima svoj začetek pri *a*. Hoteč zvedeti barometrovo višino moraš cev vsakikrat toliko premakniti, da se gladina živega srebra v odprti cevi ujema z začetkom merila.

c) Fortinov barometer ali barometer s posodo (*Fortins- oder Gefäßbarometer*) (slika 83.) Barometrova cev je pritrjena na pokrovu steklene posode, v kateri je živo srebro do *cd*. Ta steklena posoda ima dno od irhovine, katero se dá s posebnim vijakom nekoliko premikati, da je mōči gladino živega srebra v tej posodi spraviti vsakikrat do začetka merila, kateri je zaznamovan z ostjo jeklene šibike, ki seže skozi pokrov v to posodo. —

Slika 83.



Je li prostor nad živim srebrom v cevi po polnem prazen ali ne, spoznati moreš po zvenku, s katerim udari živo srebro ob steklo, ako barometer nekoliko nagneš. V praznem prostoru je ta zvenk glasen in kovinskemu zvenku podoben. — Beroč barometrovo višino moraš imeti oko v isti horizontalni ravnini, v kateri je gladina živega srebra. — Da sprijemnost med steno in živim stebrom odstraniš, udarjaj nekoliko po cevi. — Na barometrovo višino vpliva močno temperatura živega srebra. Pri istem zračnem tlaku stoji živo srebro v barometru više, ako je njegova temperatura višja. Da se zmeri zračni tlak po polnem natančno, izračuna se, koliko dolg bi bil steber vzdignenega živega srebra, ko bi imel temperaturo 0° C. Ta barometrova višina se imenuje potem prevedena barometrova višina (*reducierter Barometerstand*).

**Kovinski barometri** (*Metallbarometer*). V novejšem času izdelujejo barometre tudi od samih trdnih kovin. Bistven del takega barometra je na vse strani neprodušno zaprta okrogla skatljica. Pokrov tej skatljici je tanka, prožna in valovito zavita kovinska plošča; iz skatljice pa je zrak kolikor možno odstranjen. Zračni tlak na ta pokrov se javi s tem, da ga bolj ali manj upogiblje. V središču pokrova je utrjen majhen kovinski steber, zvezan z več vzvodi, kateri povečujejo majhno gibanje pokrova ter je prenašajo na poseben kazalec. Lestvica takega barometra se nareja poskusoma. (Vidijevi aneroidi.)

Kovinski barometri so zelo občutljivi in za prenašanje pripravi. — Ker prožnost pokrova ne ostane neizpremenjena, treba je časih njih lestvico primerjati z živosrebernim barometrom.

§ 124. **Uporaba barometrov.** Barometer kaže, da je zračni tlak v višinah manjši nego bliže zemeljskega površja. Ker je znan

zakon, po katerem se zračni tlak v višinah zmanjšuje, moremo s pomočjo barometra meriti višine gor in planin.

Zračni tlak se zmanjša približno za 1%, ako se dvignemo v vertikalni meri 100 m visoko. — Ozračje mora imeti torej navzgor svojo mejo. Učenjaki so zračunili višino ozračja na 10 do 12 zemljepisnih milj.

Barometer služi nam tudi kakor vremenokáz (*Wetteranzeiger*). Večletna opazovanja učé namreč, da je stanje barometra na enem in istem kraju zavisno od temperature in meri vetrov. Ko vejejo vzhodni in severnovzhodni vetrovi, stoji barometer sploh najvišje, ko vejejo južni in južnozahodni vetrovi, pa najnižje. — Severnovzhodni in vzhodni veter sta mrzla in suha, ki se v naših krajih nekoliko segrejeta in potem moreta novih vodenih hlapov vzprijemati. Ta dva vetra nam sploh nebo razvedrujeta. — Južni in južnozahodni veter sta topla in prinašata obilno vodenih hlapov, kateri se v naših mrzlejših krajih navadno zgoščujejo v dež ali sneg. — Iz tega pa je razvidno, da stoji v naših krajih barometer ob deževnem vremenu najnižje, ob lepem vremenu pa najvišje. — Zgoščevanje vodenih hlapov tudi nekoliko prouzročuje, da stoji barometer ob deževnem vremenu niže nego sicer.

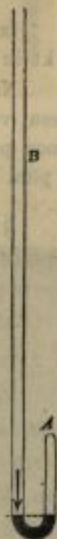
Vetrovi se začenjajo v višinah sploh poprej nego na zemeljskem površji; barometer izpreminja navadno že svoje stanje, ko še na zemlji veje drug veter ali pa ga sploh ni. Barometer more po takem že vreme nekoliko napovedovati; vendar se iz barometrovega stanja ne dá vsakikrat po polnem zanesljivo sklepati na kakovost vremena. Kakovost vremena zavisí namreč še od drugih faktorjev, a ne samo od merij vetrov in kolikosti zračnega tlaka.

Izpremembe barometrovega stanja na istem kraju so razen sploh nepravilnih tudi še pravilne. Pravilne izpremembe so zavisne od temperature na istem kraju, bodi si v teku jednega dneva, bodi si v teku celega leta. — Srednjo barometrovo višino jednega dneva dobimo, ako opazujemo barometrovo višino ob 7. uri zjutraj, ob dveh popoldne in ob 9. uri zvečer ter vsoto teh višin delimo s številom 3. —

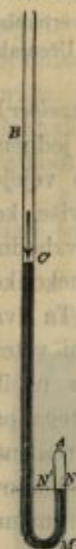
Srednja mesečna barometrova višina kakega kraja je jednaka vsoti vseh dnevnih srednjih višin deljeni s številom dnij. — Na enak način dobimo tudi srednjo letno barometrovo višino kakega kraja.

§ 125. **Mariottov zakon.** Poskus: Vzemi dvo-krako stekleno cev *AB* (slika 84.), katere krajši krak je zavarjen, daljši *B* pa odprt. V to cev nalij nekoliko živega srebra, da stoji v obéh krakih do iste višine. Zrak v

Slika 84.



Slika 85.



zaprtem kraku *A* je pod zračnim tlakom, ali njegova napetost je jednaka takratni barometri višini. V odprti krak *B* nalij toliko živega srebra, da se prostornina zaprtega zraka v *A* za polovico zmanjša, da stoji v njem živo srebro do *NN'* (slika 85.) V odprtem kraku stoji živo srebro takrat do *C*. Merič vertikalno razdaljo toček *N'* in *C* najdeš, da je ta razdalja jednaka barometri višini. Napetost zraka v kraku *A* je postala torej dvakrat večja, ko si mu prostornino za polovico zmanjšal.

Ako v odprto cev *B* priliješ še toliko živega srebra, da se prostornina zaprtega zraka v *A* zmanjša na tretjino, najdeš, da stoji živo srebro v odprti cevi za dve barometri višini više nego v zaprtem kraku. Na tretjino svoje prvobitne prostornine stisnen zrak ima torej trikrat večjo napetost. Pri vsem poskusu vender pazi, da se temperatura ne izpremeni. Poskus uči:

Prostornine istega plina so obratno sorazmerne tlaku, kateri nanj deluje, ali ker je napetost plina ravnotežna tlaku od zunaj:

Napetost istega plina je obratno sorazmerna njegovi prostornini.

Ako zaznamenuje *v* prostornino kakega plina pod tlakom *p*, *v*<sub>1</sub> prostornino istega plina pod tlakom *p*<sub>1</sub>, in pri isti temperaturi, moremo navedeni zakon izraževati z sorazmerjem

$$p : p_1 = v_1 : v.$$

Iz tega sorazmerja sledi enačba:  $pv = p_1v_1$ , t. j. za isti plin je produkt iz prostornine in napetosti stalna količina.

Navedeni zakon, Mariottov zakon imenovan, veljaven je za vsa plinasta telesa, vendar ne v vseh okolščinah. Regnault je dokazal, da se prostornina plinov pri povečanju tlaka nanje ne zmanjšuje več pravilno po tem zakonu, ako so plini že blizu stanja, v katerem se začenejo pretvarjati v kapljevine.

§ 126. **Manometri** so sploh vsa orodja, s katerimi merimo napetost plinastih teles. Največkrat je treba meriti napetost vodenih par v parnih kotlih; manometri v to svrhu se zovejo páromeri.

Veliko napetost merimo po atmosferah, malo z dolžino stebra od živega srebra, kateremu je plinova napetost ravnotežna.

Za merjenje malih napetostij je pripraven manometer, kakeršnega kaže slika 86. V dvakrat zaviti stekleni cevi *abcd* je pri *c* nekoliko živega srebra; konec *d* je odprt, konec *a* je utrjen v posodi s plinom, katerega napetost treba meriti. Ako je napetost plina tlaččega v cevi *ab* tolika, kolika je napetost ali tlak zraka, stoji živo srebro

v krakih  $cd$  in  $cb$  do iste višine. Ako je napetost plina večja nego zračni tlak, stoji živo srebro v kraku  $cd$  više nego v kraku  $cb$ . Vzemimo, da stoji živo srebro v kraku  $cd$   $3 \frac{q}{m}$  više nego v kraku  $cb$ . Napetost v cevi  $ab$  tlaččega plina je v tem slučaju jednaka barometrovi višini več  $3 \frac{q}{m}$ . Na podoben način moreš meriti napetost plinov, kateri imajo manjšo napetost nego zrak.

Da je mōči meriti večje napetosti plinov, zavari se konec  $d$  in uporablja se Mariottov zakon.

Na parnih kotlih rabimo navadno kovinske manometre. Sestavljeni so po enakih načelih kakor kovinski barometri.

### § 127. Nekateri stroji in priprave, katerih uporaba se opira na delovanje zračnega tlaka.

1.) Natega (*Saugheber*) je na sredi širja steklena posoda, katere jeden konec je precej dolg (slika 87.) Ako postaviš spodnji konec cevi v kako kapljevino ter na zgornjem konci z ustni zrak izsrkueš, napolni se vsa natega s kapljevino. (Jednostransko delujoči zračni tlak pritiska kapljevino v natego.) — Zamašiš li potem spodnjo odprtino, moreš kapljevino v nategi prenašati iz jedne posode v drugo.

Kako dolga sme biti natega, da se more vsa z vodo napolniti, ako se spodnji del vode ravno dotika in ako iz nje izsrkaš ves zrak? — Kako dolga sme biti, da se napolni vsa z živim srebrom? — (Odgovora išči v § 122.) — Jednostranski zračni tlak brani kapljevina iztekati tudi pri čarobnem vrči, situ, livniku i. t. d.

2.) Zavita natega (*Krumm- oder Winkelheber*) (slika 88.) je črki  $U$  podobno zavita cev  $OCO_1$ ; krak  $O_1C$  je vendar nekoliko daljši od kraka  $OC$ .

Ako postaviš krajši krak v posodo z vodo in ako pri odprtini  $O_1$  iz cevi izsrkueš zrak, napolni se do polnega z vodo (zračni tlak dviga vodo v meri pristavljene pušice); potem pa izteka voda sama iz cevi tako dolgo, dokler ne pade gladina vode do  $B$ . Odprtino  $O_1$  smeš postaviti tudi v drugo posodo z vodo, voda teče iz prve posode v drugo tako dolgo, dokler nista gladini vode v obeh posodah v isti horizontalni ravnini.

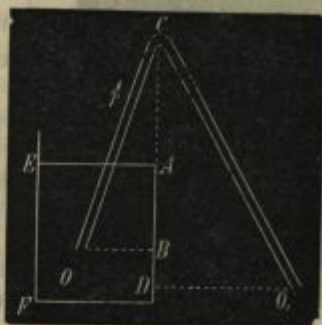
Slika 86.



Slika 87.



Slika 88.

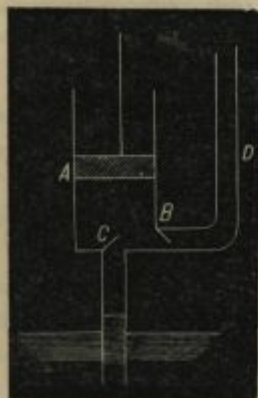


Delovanje te natege je lahko pojasniti. Mislimo si cev  $OCO_1$  polno kapljevine. Zunanji zrak pritiska na kapljevino pri  $O$  in  $O_1$ ; njemu nasprotno deluje tlak kapljevine v cevi. Visina kapljevine v kraku  $OC$  je  $AC$ , v kraku  $O_1C$  pa  $CD$ . Zračni tlak na odprtino  $O_1$  mora torej manjši biti nego na odprtino  $O$ ; kapljevina mora teči skozi cev  $O_1CO$  tako dolgo, da stoji kapljevina v obeh ceveh v isti horizontalni ravnini, ali pa da stoji  $O$  izven kapljevine.

Slika 89.



Slika 90.



Prikazni na Cerkniškem jezeru moreš pojasniti z delovanjem zavite natege.

Koliko visoka sme biti  $AC$ , da se more vsa cev napolniti z vodo ali z živim srebrom? — Ali moreš z zavito natego dvigati vodo čez hrib na drugo stran? —

3.) Navadna sesalka (*Saugpumpe*) (slika 89.) sestoji iz dveh stikajočih se cevij  $ab$  in  $c$ ; v širji cevi  $ab$  (škornjici, *Stiefelröhre*) se dá premikati bät neprodušno ali vsaj toliko natančno, da ne propušča vode; na tanjši cevi  $c$  (sesalni cevi, *Saugröhre*) je spodaj sito  $h$ . Pri  $b$  je zaklopnica  $f$  in v prevrtanem bätu zaklopnica  $e$ , obé se odpirata navzgor. Pri  $d$  je cev za iztok (iztočilna cev, *Ausflussröhre*).

Ako s pomočjo dvoramnega vzvoda kvišku potegneš bät, razredči se zrak v škornjici pod njim ter ima manjšo napetost nego zunanji. Vsled tega se zapre zaklopnica  $e$  in tlak zunanjega zraka dvigne vodo po sesalni cevi v škornjico. Ko gre bät doli, zapre se zaklopnica  $f$  in voda teče skozi zaklopnico  $e$  v škornjico nad bät. To se ponavlja pri vsakem vzdigu bät. S časom pride nad bät toliko vode, da začne iztekati skozi cev  $d$ .

Navadne sesalke rabimo pri vodnjakih. Zaklopnica  $f$  ne sme biti nad površjem vode v vodnjaku več oddaljena nego največ do 6<sup>m</sup>, ker prostor v škornjici pod bätom ni nikoli po polnem brezračen.

4.) Tlakovna sesalka (*Druckpumpe*) (slika 90.) se razločuje od navadne sesalke v tem, da bät  $A$  ni prevrtan, in da je na

škornjico pritrjena kvišku idoča cev  $D$  z zaklopnico  $B$ . Ko potegneš bät  $A$  kvišku, zapre se zaklopnica  $B$ , zrak v škornjici pod bätom se razredči in zunanji zrak potisne vodo skoz zaklopnico  $C$ . Ko gre bät doli, zapre se  $C$  in bät potiska vodo mimo zaklopnice  $B$  v cev  $D$ .

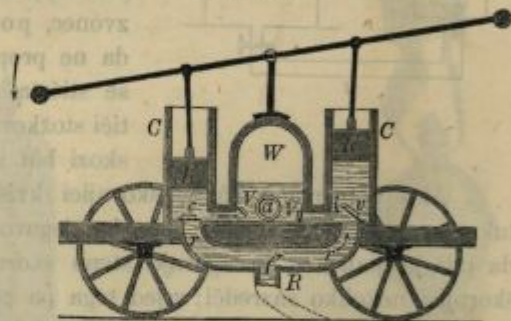
5.) Heronova buča (*Heron's ball*) (slika 91.) je steklena posoda približno do polovice z vodo napolnjena; v grlu pa neprodušno zamašena. V zamašku tiči cev sezajoča blizu dna posode. Ako zračno napetost v posodi povišaš, s tem da ali skozi cev v posodo pihaš, ali da posodo segrevaš, priteče precej visok curek vode skozi cev. Čim večja je zračna napetost v buči, tem više skoči vodeni curek.

To bučo je izumil Heron iz Aleksandrije l. 210. pr. Kr.

Slika 91.



Slika 92.



6.) Vozna brizgalnica (*Feuerspritze*) (slika 92.) je sestavljena iz dveh tlakovnih sesalk  $C, C$  in Heronove buče  $W$ , vetrenik (*Windkasten*) imenovane. Sesalni cevi  $r$  in  $r$  sta spojeni po cevi  $R$  z vodovodom ali sploh z veliko posodo polno vode. Bät  $K$  in  $K$  se gibljeta menjavno s pomočjo vzvoda. Ko gre bät na levi doli, pritiska najprej zrak, pozneje vodo skozi levo zaklopnico v vetrenik; bät na desni gre takrat gori, zrak pod njim se razredči in tlak zunanjega zraka pritiska vodo skozi desno sesalno cev  $r$  v škornjico pod bät. Ko gre desni bät doli, tlači vodo v vetrenik, škornjica na levi pa se polni z vodo. Z gibanjem bätov gori in doli dohaja vedno več vode v vetrenik, katera ondodni zrak stiska in njegovo napetost povečava.

V vetreniku zgoščeni zrak tira vodo skozi cev  $a$  z veliko silo. S prva je treba cev  $a$  za nekoliko časa zatvoriti.

Do kolike višine bi se moral dvigati vodeni curek, uhajajoč skozi cev  $a$ , ako je zrak v vetreniku stisnen na polovico svoje prostornine in bi ne bilo trenja in zračnega upora? (Odgovora išči v § 122.)

pod poveznik in zrak v njem razredčimo. — 5.) V kozarec vode potopi kos lesa, kateremu si privezal svinca, da ne more plavati; kozarec pa postavi pod poveznik. Iz lesa vzhajajo mehurečki, ko v povezniku zrak razredčiš. Ako spustiš čez nekoliko časa v poveznik na novo zraka, in ako preiskuješ iz vode vzeti les, najdeš ga tudi znotraj mokrega. (Najprej je zrak iz luknjic odšel, in potlej je vtisnil zračni tlak v nje vode.) — Na podoben način napajajo les s kapljevina, gujitje ustavljačimi, n. pr. droge, kateri nosijo hrzovjavne žice, z raztopino modre galice i. t. d. — 6.) Iz Heronove buče začne voda curkoma teči, ako jo postaviš pod poveznik in v njem zrak razredčiš. — 7.) Do 60 ali 70° C segreti voda zavre pod poveznikom. — 8.) Pod poveznik postavi porcelanasto posodo s čisto žvepleno kislino, nad to v mali stekleni skledici nekoliko kapljice vode. Ako izsesaš, kolikor moreš, zrak iz poveznika ter nekoliko počakaš, zmrznejo vodene kapljice. (Pod manjšim tlakom voda hitro izhlapeva, pri hlapenji pa se utaja toplota. Žveplena kislina vpija nastale vodene hlape.) — 9.) V zrakú praznem prostoru ugasne goreča sveča, živali pa poginejo. — 10.) Zavita natega neha pod poveznikom teči, ako je zrak iz njega izsesan.

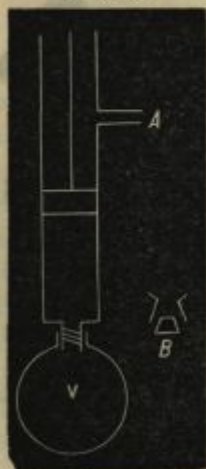
II. Sesalka za zgoščevanje (slika 96.) ima v škornjici neprevrtan bät; posoda *V*, v kateri se ima zrak zgoščevati, pritrjena je na škornjico z vijakom ter ima zaklopnico, katera se odpira na znotraj (*B*). V škornjici doli idoč bät zgoščuje zrak pred seboj; ta odpre po tem zaklopnico *B* in odhaja v posodo *V*. Ko gre bät v škornjici kvišku, zapre se zaklopnica *B*. Ko pride bät mimo stranske ceví *A*, pristopi v škornjico nov zrak. Čim več časa giblješ bät gori in doli, tem večjo napetost dobiva zrak v posodi *V*.

Tudi ta sesalka ima škodljivi prostor, kateri prouzročuje, da ni móči zraka zgoščevati do poljubne meje.

§ 129. **Koliko izgubljajo telesa v zraku na svoji leži in kako plavajo v njem.** Ker je zrak težek kakor vsako drugo telo in ker razvaja nánj delujoči tlak na vse strani, očividno je potem, da mora vsako telo v njem izgubljeti toliko na svoji teži, kolikor lehata od njega odrinen zrak.

O pravosti tega uveri te sledeči poskus: Na mali prav občutljivi tehtnici visi na enem konci prečke ota, na vse strani neprodušno zaprta steklena posoda, na drugem konci prečke visi tej ravnotežna utež od medí. Ako tako tehtnico (dasimeter) postaviš pod poveznik zračne sesalke in iz njega zrak odstranjuješ, poruši se ravnotežje na tehtnici, katera se nakloni na stran steklene posode. V brezračnem prostoru je steklena posoda težja od medene uteži; v

Slika 96.



zraku sta si bili ravnotežni. — Steklena posoda mora torej v zraku na svoji teži več izgubiti nego medena utež, kar je čisto naravno, ker je njena prostornina tudi večja.

Pri navadnem tehtanju ne zvemo teže teles natančno. Na tehtnici sta si dve telesi v resnici le takrat ravnotežni, ako imata obe isto prostornino; inace pa je v brezračnem prostoru telo imajoče večjo prostornino težje.

Teža po kakem telesu odrinenega zraka, ki je jednaka izgubi tega telesa na njegovi teži, zove se zračni vzgon ali nosilnost zraka (*Auftrieb, Tragfähigkeit der Luft*). Telo z večjo težo nego je óna odrinenega zraka, pada v njem na tla; telo s težo, kolikeršna je óna odrinenega zraka, plava v njem; telo z manjšo težo, dviga se navzgor. Ker je zrak v višavah bolj redek, najdemo za vsako telo mesto, kjer je teža odrinenega zraka jednaka njegovi; v tej višini mora potem to telo plavati.

Na to prikazen so osnovani zrakoplavi (*Luftballone*).

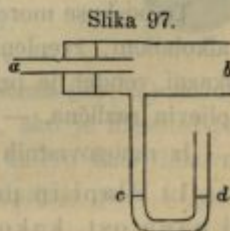
Zrakoplavi so baloni sploh jajčaste oblike od svilnate robe, prevlečene z firnežem, da ne propuščajo zraka, napolnjeni pa s plinom redkejšim od obkrožnega zraka. Pod balonom visi ladjica na vrvicah, katere prepezajo kakor mreža ves balon. V to ladjico spravljajo orodja in se vsedavajo osebe, katere hočejo v zrak splavati.

Da se more zrakoplav dvigniti, mora biti njegova teža z vsem, kar ima v sebi in kar visi na njem, manjša od teže odrinenega zraka. Čim večji je razloček obéh tež, s tem večjo silo se dvigne zrakoplav navzgor.

Brata Montgolfiera sta izumila prvi zrakoplav l. 1783. in ga polnila s segretim zrakom. Balon je bil spodaj odprt in pod odprtino je gorel ogenj z velikim plamenom. Segret zrak vzhaja v takem balonu kvišku, razteza se in iztira iz balona nekoliko mrzlejšega zraka. Da tak balon pada, treba ogenj nekoliko časa ugasniti ali odstraniti. Charles je polnil svoj zrakoplav z vodikom, Green pa s svetilnim plinom. Zrakoplavom z vodikom, ali s svetilnim plinom, treba djati v ladjico vreče s peskom kakor pritežek, da se s prva ne dvigajo prehitro. Ako tak zrakoplav v kaki višini mirno plava ter zrakoplavci hoté še više, izmečejo le nekoliko pritežka; plina pa izpuščajo, ako hoté zopet k zemlji.

§ 130. **Aerodinamični paradokson** (*Aërodynamisches Paradoxon*). Poskus: Vzemi stekleno cev *b*, kateri je privarjena *U* podobno zavita tenka cev *cd* (slika 97.) in v kateri tiči v posebnem zamašku tanša cev *a*. Zavito cev napolni do *c* in *d* z vodo ali z alkoholom.

Ako skozi cev *a* močno pihaš v cev *b*, vidiš, da se kapljevina pri *c* dviga, pri *d* pada, kar kaže, da se je zrak v cevi *b* razredčil. Skozi cev *a* v *b*





pihan zrak potegne s seboj tudi zrak v cevi  $b$ , in tako postane v  $b$  zrak redkejši nego je zunanji.

Iz ožje cevi v širjo z veliko hitrostjo gibajoči se zrak deluje v tej sesalno. To prikazen imenujemo aerodinamični paradokson ali tudi negativni tlak.

§ 131. **Napetost hlapov in par.** Poskusi: *a*) Stekleno cev, katero si rabil za Torricellijev poskus (§ 122.) napolni isto tako, kakor takrat z živim srebrom in jo postavi v skledico z živim srebrom. Potem pa zmeri, koliko visoko stoji živo srebro v cevi in ob enem tudi temperaturo. Recimo, da je temperatura  $+18^{\circ}C$ , in da znaša visina živega srebra v cevi  $730 \frac{mm}{m}$ . Ko je to določeno, spusti v cev z živim srebrom nekoliko kapljic čiste vode. Voda splava v praznino, ker je lažja nego živo srebro. V praznini se pretvori nekoliko vode v hlapo, nekoliko je ostane še kapljivo tekoče. Prostor nad živim srebrom ni več prazen, ampak poln vodenih hlapov. Živo srebro v cevi pa pade od  $730 \frac{mm}{m}$  do  $714.6 \frac{mm}{m}$ , torej za  $15.4 \frac{mm}{m}$ . — Vodeni hlapi, kateri so se v prostoru nad živim srebrom razvili, imajo torej svojo posebno razpenjavost ali napetost, in sicer je ta določena s  $15.4 \frac{mm}{m}$  dolgega živosrebernega stebra. Ta napetost vodenih hlapov ostane neizpremenjena, dokler se temperatura ne izpremeni. V istem prostoru se more razvijati pri določeni temperaturi le omejena množina vodenih hlapov; prostor nad živim srebrom je z vodenimi hlapi nasičen. (Primerjaj § 65.) — Napetost vodenih hlapov, kateri pri temperaturi  $+18^{\circ}C$  kak prostor nasitijo, znaša  $15.4 \frac{mm}{m}$ . — *b*) Prav toplo ali razbeljeno kovinsko ploščo drži blizu steklene cevi, da se zgornji del živega srebra in vodeni hlapi nekoliko segrejejo. Pri tem opazuješ, da se razvija več vodenih hlapov in da imajo ti večjo napetost, ker stoji živo srebro v cevi niže nego preje. — *c*) Ako se cev ohladi zopet do temperature  $+18^{\circ}C$ , zgosti se nekoliko hlapov v vodo, ostali pa imajo zopet napetost  $15.4 \frac{mm}{m}$ . — *d*) Ako stekleno cev v stran nakloniš, izpremeni se tudi nekoliko vodenih hlapov v vodo, a napetost ostalih ostane neizpremenjena ( $15.4 \frac{mm}{m}$ ).

Te poskuse moreš ponavljati tudi z drugimi kapljevinami, n. pr. z alkoholom, žveplenim etrom i. t. d. — Opazoval bodeš podobne prikazni, vendar je pri isti temperaturi napetost hlapov od različnih kapljevina različna. —

Iz mnogovrstnih takih poskusov sledi:

1.) Hlapi in pare imajo svojo posebno razpenjavost ali napetost, kakor plinasta telesa.

2.) V prostoru s hlapi ali parami nasičenem doseza napetost par le določeno vrednost in ta zavisi od temperature in tvarine, od katere so hlapi ali pare.

3.) Hlapi od kapljev in z nizkim vreliščem imajo pri isti temperaturi večjo napetost nego drugi.

4.) Ako se s hlapi nasičen prostor ohladi, zgosti se nekoliko hlapov v kapljevino, napetost ostalih pa se zmanjša.

5.) Ako stiskamo hlape v prostoru, kateri je z njimi nasičen, temperature pa ne izpremenimo, zgosti se nekoliko hlapov v kapljevino, napetost ostalih ostane pa neizpremenjena.

6.) Napetost par pri vrenji se razvijajočih je jednaka tlaku, pod katerim kapljevina vrè.

Napetost vodenih hlapov, ki se dotikajo še kapljivo tekoče vode, znaša: pri  $100^{\circ} C$  1 atmosfero, pri  $120^{\circ} C$  2 atmosferi, pri  $181.6^{\circ} C$  10 atmosfer i. t. d.

§ 132. **Parni stroji** (*Dampfmaschinen*). Parni stroj imenujemo vsak stroj, katerega giblje napetost vodenih par.

Da morejo vodene pare prouzročevati gibanje, uči ta-le poskus: Posoda *b* (slika 98.) je do polovice napolnjena z vodo, v grlu *a* pa ima bät *c*, kateri se dá gibati v njem neprodušno. Ako to posodo segrevaš nad Bunsenovim gorilnikom ali plamenom vinskega cveta, da voda zavre, dvignejo vodene pare bät kvšku; ko se pa voda zopet ohladi in se pare zgosté, gre bät zopet doli.

Slika 98.



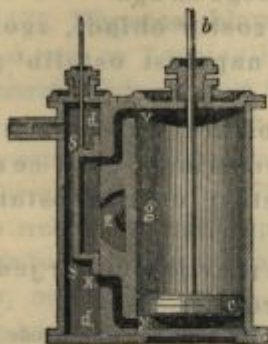
Vsak parni stroj ima dva bistvena dela: *a*) parni kotel, *b*) parni stroj v ožjem pomenu.

Parni kotel (*Dampfkessel*) je od močnega kovnega železa, valju podobna, na vse strani zaprta posoda, v kateri se voda pòtem vrenja pretvarja v pare. Vsak parni kotel mora imeti:

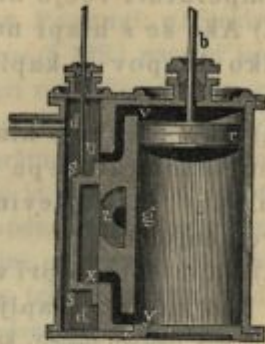
1.) vodokazno cev, da se vé, koliko vode je v njem; 2.) manometer za merjenje napetosti vodenih par; 3.) zaklopnico varnico (*Sicherheitsventil*), katera se odpira, ako je napetost par v kotlu prekoračila gotovo mejo; 4.) cev, skozi katero tlači tlakovna sesalka vodo v kotel; 5.) cev, po kateri se odvajajo pare v parni stroj.

Svoje delo opravljajo vodene pare v parnem stroji s tem, da premičejo v posebnem močnem železnem valji premičen bät gori in doli.

Slika 99.



Slika 100.



Po dovodni cevi *r* (slika 99. in 100.) pridejo vodene pare v poseben prostor, parni prekat (*Dampfammer*) *dd*. Ta je v zvezi z valjem *g* po dveh cevéh *uv* in *xy*; tretja cev *z* vodi iz njega bodi si neposredno na plano, bodi si v gostilnik (*Condensator*), t. j. prostor, v katerega se brizga mrzla voda. Cev *z* in jedno izmed prvih dveh pokriva razdeljevalnik ali krmilo (*Schieber, Steuerung*) *ss*, imajoč obliko odprte škrinjice, katere odprta stran se prav na tanko prilaga valjevi steni *dd*. V valji je premičen bät *c*, na katerega je pritrjen železen drog *b*, idoč neprodušno skozi zgornjo valjevo steno.

V sliki 99. dohajajo pare iz parišča skozi cev *xy* pod bät *c* ter ga porivajo s svojo napetostjo gori. Pare in zrak nad bätom odhajajo istodobno skozi cev *uv* in cev *z*. Ko dospě bät *c* do zgornjega vrha, porine parni stroj sam s posebno pripravo krmilo doli, kakor vidiš v sliki 100. Iz parnega prekata prihajajo vodene pare skozi cev *uv* v prostor nad bätom, iz prostora pod bätom pa odhajajo skozi cevi *xy* in *z*. Na tak način se giblje bät gori in doli; to gibanje pa je treba pretvarjati v krožno.

Drog *b* je zvezan z jednim koncem velikega dvoramnega vzvoda, kimalnika (*Balancier*). Na drugem konci kimalnika je pritrjena poganjalka (*Pleuelstange*) in ta goni s pomočjo ročice (*Kurbel*) veliko kolo, zamašnjak (*Schwungrad*).

Parni stroji so narejeni ali na mali ali srednji ali veliki pritisk (*Niederdruck-, Mitteldruck-, Hochdruckmaschinen*), ako znaša napetost par do 2 atmosferi ali od 2 do 4 atmosfere ali več nego 4 atmosfere.

Parne stroje na vozéh, katere moremo peljati, kamor hočemo, imenujemo lokomobile; lokomotive ali hlaponi so parni stroji, kateri sami sebe gibljejo; stoječi ali stalni parni stroji so na istem mestu nepremični. —

Prvi večji parni stroj je sestavil Newkomen (l. 1705.) Pri tem so dvigale pare bät le kvišku, nazaj pa ga je pritiskal zračni tlak. —

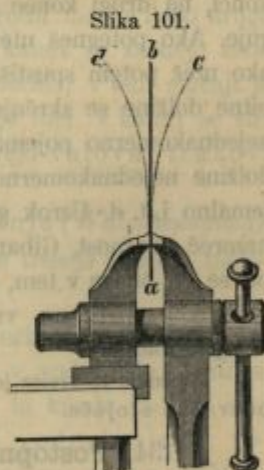
Prvi stoječi stroj v tej sestavi, kakor jih rabimo še dan današnji, izumil je James Watt (l. 1763.) Lokomotivo je izumil Stephenson (l. 1814.)

## VI. Akustika ali nauk o zvoku.

### 1. Tresenje (tresno gibanje). Valovanje.

§ 133. **Stoječi tresi** (*stehende Schwingungen*). Poskus: *a*) Jeklen prot *ab* (slika 101.) je pri *a* trdno uklenen, pri *b* prost. Upogneš li prot v ležo *ac*, vzbudi se prožnost ter vleče prot v njega prvobitno ležo. — V hipu, ko prot iz roke spustiš, začne se gibati proti svoji ravnotežni leži, in sicer nejednakomerno pospeševano; gibanje uzročujoča sila, prožnost, se namreč tem bolj zmanjšuje, čim bolj se prot bliža svoji ravnotežni leži *ab*. Ko pride prot v ležo *ab*, je gibajoča sila jednaka ničli; vsled vztrajnosti se prot v tej leži ne more ustaviti, ampak se mora gibati na nasprotno stran proti *d*. Pri tem gibanji vzbujena prožnost deluje nasprotno meri gibanja in je tem večja, čim bolj se prot oddaljuje od svoje ravnotežne leže. Gibanje prota od *b* proti *d* mora biti po takem nejednakomerno pojemalno; v točki *d* se prot obrne ter se giblje proti *b* nejednakomerno pospeševano; od *b* proti *c* pa nejednakomerno pojemalno. Ker prožnost gibanje na jedni strani ovira v isti meri, v kateri je na drugi strani pospešuje, jednak je lok *bc* loku *bd*. — Gibanje prota trajalo bi, jedenkrat vzbujeno, na vse čase, ko bi ne bilo ovir gibanja. Prot vender ni po polnem prožen, v *a* je upor trenja in zrak stavi gibanju upor sredstva; čez nekoliko časa se prot umiri.

O na takšen način gibajočemu se protu pravimo, da se trese. Gibanje prota je podobno gibanju nihala; gibanje nihala prouzučuje težnost, gibanje prota pa prožnost.



Pot prota iz leže *ac* v ležo *ad* in nazaj, ali pot iz leže *ab* v ležo *ac*, od tod v ležo *ad* in nazaj do *ab*, je jeden tresáj ali tres (*eine Schwingung*); čas, v katerem zvrši telo jeden tresáj, je čas ali trajnost tresája (*Schwingungsdauer*). Največja razdalja tresóče se točke od njene ravnotežne leže je njen razmáh (*Schwingungsweite*); največja hitrost pa jakost tresenja (*Schwingungsintensität*).

Vsi deli prota se začnejo istočasno gibati in zvršujejo po jeden tresáj v istem času; poti in jakost gibanja so pa raznim točkam prota *ab* različne, v največjem loku se giblje točka *b*, v najkrajšem (lokova dolžina = 0) točka *a*. Tako tresenje je stoječe (*stehend*).

Pot vsake točke prota *ab* je pravokotna na dolžino prota; o protu pravimo, da se trese poprečno (*transversal*). —

Poskus: *b*) 3—4  $d_m$  dolgo vrstico od kavčuka utrdi na enem konci, na drugi konec pa obesi toliko utež, da vrstico nekoliko nateguje. Ako potegneš utež nekoliko navzdol, da se vrstica podaljša, in ako utež potem spustiš, začne se vrstica gibati gori in dol. Do prvobitne dolžine se skrčuje nejednakomerno pospeševano, potem čez to nejednakomerno pojemalno. Od tod se podaljšuje zopet do prvobitne dolžine nejednakomerno pospeševano in čez to nejednakomerno pojemalno i. t. d. Uzrok gibanja je isti, kakor pri protu *ab* (slika 101.), namreč prožnost. Gibanje vrvice je podobno gibanju prota; razlikuje pa se od onega v tem, da se pri vrstici tresejo posamezni deli vzporedno z dolžino vrvice. Tako tresenje imenujemo podolžno (*longitudinal*).

Tresenje te vrvice je podolžno stoječe; tresenje prota *ab* (slika 101.) poprečno stoječe.

§ 134. Postopni tresi. Valovanje (*fortschreitende Schwingungen. Wellenbewegung*). Mislimo si prožno kroglo, obdano od vseh strani z zrakom, in takšno, da se hitro krči in zopet čez prvobitno obliko razteza. To krčenje in raztezanje krogle mislimo si dalje takšno, da je gibanje posameznih delov tresno gibanje. — Ako se krogla hitro raztegne, da zavzima večji prostor, pritisne na zrak okoli sebe in ta se zgosti, ker se ne more temu udaru hitro odmakniti. Deli te zračne plasti udarjajo kakor prožne krogle njim približne dele zraka, sami pa se umirijo. Zgoščenje prve zračne plasti preide na drugo večjo in s prvo sosredno zračno plast; od te prehaja dalje na tretjo, četrto i. t. d. Okoli krogle se tvorijo v rastócih razdaljah s kroglo sosredne plasti, v katerih je zrak za hip zgoščen. — Ako se krogla hitro skrči, nastane okoli nje za hip prazen prostor; v ta

prostor stopi zrak prve zračne plasti okoli krogle. Potem pa nastane v prostoru prve plasti prazen ali vsaj razredčen prostor; izpolni ga zrak vstopivši iz druge daljše plasti i. t. d. Okoli krogle se tvorijo v rastóčih razdaljah s kroglo sosredne plasti, v katerih je zrak za hip razredčen. — Jasno je dalje, da se zračni molekuli morajo istovrstno gibati, kakor se gibljejo deli kroglinega površja; ako se krogla trese, tresejo se tudi zračni molekuli v plastéh okoli nje. Krogli najbližji zračni molekuli se začnejo prvi tresti, za njimi pa molekuli v rastóčih razdaljah drug za drugim. Tresenje krogle prehaja od nje na njó obdajajoči zrak. — Ako se krogla umiri, umirijo se tudi posamezne zračne plasti druga za drugo počenshi od krogle.

Tako tresenje zraka se imenuje postopno. Jedna zgoščena in njej sledeča razredčena zračna plast tvorita val (*Welle*); njijina debelina vkupe je dolžina vala (*Wellenlänge*).

V valu se giblje polovica delkov v nasprotni meri z delki druge polovice. Ploskev obsezajoča vse molekule, kateri se začnejo istočasno tresti, je valovna ploskev (*Wellenfläche*); v tem slučaju je kroglasta. Polumeri valovnih ploskev določujejo mer, v kateri se širi tresenje od molekula do molekula, ter se zovejo valovni trakovi (*Wellenstrahlen*).

Postopno tresenje se imenuje tudi valovanje (*Wellenbewegung*).

V zraku je valovanje podolžno, ker se tresejo njegovi molekuli vzporedno z valovnimi trakovi.

Poskus: Ako vržeš kamen ali drugo težko telo v mirno stoječo vodo, vidiš okoli mesta, kjer je to telo v vodo palo, širiti se vedno širje kroge, v katerih stoji voda više in kmalu za tem niže nego v mirnem stanju. Te kroge imenujemo vodne valove; povišbe so hribi (*Wellenberge*), globine pa doline valov (*Wellenthäler*). — Kamen je porušil v vodi ravnotežje ter vzbudil postopno tresenje. Da se voda trese, spoznaš iz tega, ker se kos lesa na vodo položen dviga na istem mestu gori in doli. — Vodni valovi so primer poprečnega valovanja. —

Isto tako kakor zrak in voda more valovati vsako prožno telo; trdna telesa podolžno ali poprečno, kapljivo in raztezno tekoča pa sploh le podolžno.

## 2. O zvoku sploh.

§ 135. **Zvok** (*Schall*) imenujemo vse dojme, katere vzprijemamo s pomočjo svojih ušes.

Ako udáris ob zvon, slišis poseben zvenk; položiš li prst ob zveneč zvon, prepričaš se, da se zvon trese. Napeta struna ne dá nobenega zvenka, dokler se ne giblje, — ne trese; ako jo spraviš v dovolj močno in hitro tresenje, pa zazveni. —

Uzrok zvoku je tresenje zvočečih teles.

Gledé tega, kako nastane zvok, govorimo o poku, šumu, ropotu, zvenku i. t. d.

Pok nastane z jednim samim hitrim udárom ali stresom, n. pr. pok puške. Več nepravilno si sledečih stresov prouzročuje: šum, ropot, krik i. t. d. Po pravilnih in pravilno ponavljajočih se tresih nastali zvok imenujemo zvenk (*Klang*), ali ton (*Ton*), ako se oziramo tudi na njegovo višino.

Šum in ropot sta tudi več časa trajajoča zvoka, katera moreta nastati po pravilnih tresajih, vendar dobivamo pri njih razložke v občutku gledé jakosti in višine.

Telo, katero prouzročuje zvok, je zvočilo ali budilo zvoka (*Schallerreger*); telo, v katerem se zvok širi, je sredstvo zvoka ali zvočkovod (*Schallmittel*, *Schalleiter*).

V naslednjem se bomo pečali le z zvenkom ali tonom; torej z zvokom, nastalim vsled pravilnih tresajev.

§ 136. **Višina tonov** (*Tonhöhe*). Da zvemo, od česa zavisi višina tonov, najpripravnejša je Seebeckova sirena (*Sirene von Seebeck*), to je okrogla plošča, ki ima 8 sosrednih redij lukenj, drugo od druge jednako oddaljenih. V prvi redi je 24, v drugi 27, v sledečih redéh pa po vrsti: 30, 32, 36, 40, 45 in 48 lukenj. Plošča ima dalje v svojem središči pravokotno na njej stoječ železen prot, s katerim jo moreš na sredobežnem stroji (slika 62.) pritrditi. Vrtiliš li sireno s pomočjo sredobežnega stroja ter piháš skozi stekleno cev na katerokoli red lukenj, slišis zvenk. Nastali zvenk je višji, ako je več lukenj v redi, na katero piháš, ali ako sireno hitreje vrtiliš. —

Zvenk nastane vsled zračnih udárov na ploščo. — Skozi stekleno cev pihan zrak odhaja skozi ploščo, ako pride pod cev luknja; na ploščo pa udárja ter se na njej zgoščuje, ako pride pod cev neprevrtan del plošče. Ko se plošča jedenkrat zavrti, udárja in zgoščuje se zrak nad ploščo tolikokrat, kolikor lukenj je v óni redi, katera se pod cevjó vrti. Ako se plošča v sekundi 3krat zavrti in ako je v redi pod stekleno cevjo 24 lukenj, udárja zrak na ploščo  $24 \times 3 = 72$ krat, isto tolikokrat odhaja tudi skozi ploščo. Vsak takšen udár zraka na ploščo prouzročuje v obkrožnem zraku tre-

senje, katero se postopno širi na vse strani. Ker imajo luknje iste redi jednako razdaljo, vrsté se zračni tresi pravilno drug za drugim, ako se plošča vrti enakomerno. — Poskus torej kaže:

Višina tonov zavisi od števila tresájev v jedni sekundi.

Število, katero zaznamenuje tresáje v jedni sekundi, imenujemo absolutno višino tona (*absolute Tonhöhe*).

Ton je 2, 3, 4, ... *n*krat višji od drugega, ako ga je prouzročilo 2, 3, 4, ... *n*krat več tresájev v jedni sekundi nego drugega.

§ 137. **Lestvica tonov** (*Tonleiter*). Pihaš li, sireno enakomerno vrteč, po vrsti na vseh 8 redij lukenj, počensí od znotranje s 24 luknjami, dobiš vrsto 8 tonov, kateri sledeči drug drugemu tvojemu ušesu posebno prijajo. Vrsta teh tonov se imenuje lestvica tonov ali škala tonov. Tonè te lestvice štejemó od najglobokejšega do najvišjega ter jih imenujemo: primo, sekundo, terco, kvarto, kvinto, seksto, septimo in oktavo, ali 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7. in 8. ton. Prvi ton lestvice se imenuje tudi osnovni ton (*Grundton*). — Število, katero pové, kolikokrat več tresájev v jedni sekundi pripada jednemu tonu nego drugemu, imenujemo primerno višino tona (*relative Tonhöhe*).

Deleči število lukenj vsake redi s številom lukenj (24) notranje redí dobimo kvocijente, kateri zaznamenujejo primerne višine vseh tonov gledé osnovnega tona. — Torej imajo:

osnovni ton,	sekunda,	terca,	kvarta,	kvinta,	seksta,	septima,	oktava,
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

za primerne višine.

Iz tega je razvidno, da stori sekunda 9 tresájev, ko stori prima ali osnovni ton 8 tresájev; terca stori v istem času 5 tresájev, ko stori prima 4 i. t. d. Ako je znana primerna višina dveh tonov in absolutna višina jednega teh tonov, dá se zračniti tudi absolutna višina drugega. N. pr. ako je absolutna višina osnovnega tona 260, absolutna višina kvinte je potem  $260 \times \frac{3}{2} = 390$ , absolutna višina sekste  $260 \times \frac{5}{3} = 433$  i. t. d.

V fiziki zaznamenujemo posamezne tone lestvice tonov s črkami *C, D, E, F, G, A, H* in *c*. Ton *c* more biti zopet osnovni ton druge višje lestvice tonov, katero zaznamenujemo potem s črkami *c, d, e, f, g, a, h, c'*. Oktava tona *c'* je potem *c''* i. t. d.

Od tona *C* globokejše oktave imajo znake: *C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>*, i. t. d.

Da moremo katerikoli ton navedene lestvice jemati za osnovni ton posebne lestvice, potrebno je, da nekatere tone navedene lestvice nekoliko znižujemo ali pa povišujemo. Ti novo dobljeni toni se imenujejo polutoni (*Halbtöne*). — (Natančnejši pouk o tem spada v nauk o glasbi.) —



Dva tona imenujemo zglasna (*consonierend*), ako istočasna ušesu prijata; nasprotno sta nezglasna (*dissonierend*).

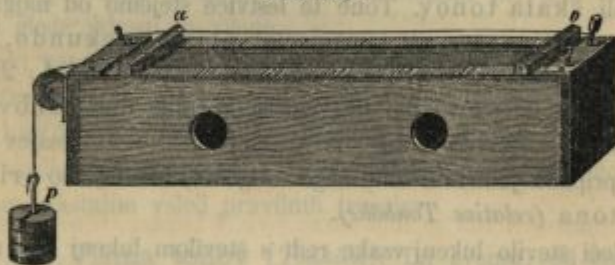
Izkušnja uči, da sta dva tona zglasna, ako je njijina primerna višina določena s prav malimi števili. Zglasna sta *C* in *c* (primerna višina = 2); *C* in *G* (primerna višina =  $\frac{3}{2}$ ), *C* in *F* (primerna višina =  $\frac{4}{3}$ ), *C* in *E* (primerna višina =  $\frac{5}{4}$ ); nezglasna sta *C* in *D* (primerna višina =  $\frac{9}{8}$ ), *C* in *H* (primerna višina =  $\frac{15}{8}$ ).

Več istočasnih tonov tvori akord (*Accord*).

### 3. Zveneča telesa. Jakost zvoka.

§ 138. **Zveneče strune** (*tönende Saiten*). Za določevanje zakonov zvenečih strun služi samostrun (*Monochord*). Samostrun (slika 102.) je otlá skrinjica od prožnih desk, čez katero moremo

Slika 102.



napeti jedno ali več strun. Jeden konec strune je pri *b* privezan, drugi konec se vije čez skripec ter nosi utež. Pri *a* in *b* se struna opira kobilici ali sedli; tretja kobilica se dá postavljati med *a* in *b* na poljubnem mestu in tako struna skrajševati. — Poskusi:

1.) Potegni z lokom ob struni, tako da se cela trese, ter določi višino njenega tona. — Potem razdeli s kobilico struno v dva jednaka dela, potegni z lokom ob prvi polovici ter določi zopet višino tona. — Isto ponavljaj za tretjino, četrtno strune! Našel bodeš, da je drugi ton dvakrat, tretji trikrat višji od prvega.

Ako isto struno za 2, 3, 4, ... *n* delov njene dolžine skrajšamo, daje 2, 3, 4, ... *n*krat višje tone.

2.) Izmed dveh jednako dolgih in jednako napetih strun od iste tvarine, daje 2, 3, 4, ... *n*krat debelejša 2, 3, 4, ... *n*krat globokejši ton.

3.) Izmed dveh jednako dolgih in jednako napetih, pa različno gostih strun daje menj gosta višji ton.

Strune od črev dajejo višje tone nego strune od žic.

4.) Ako obesiš na isto struno 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat večjo utež, struno torej tolikokrat bolj napneš, postane njen ton 2, 3, 4, ...  $n$ krat višji.

Poskusi: a) Struno *ab* razdeli s kobilico na dva jednaka dela; na jedno polovico obesi papirne odrezke kakor jahalce; ob drugi pa potezaj z lokom. Skakljajoči papirčki na drugi polovici ti kažejo, da se tudi ta trese. — b) Struno razdeli v tri jednake dele, kobilico postavi v prvo razdelišče, na drugi dve tretjini pa obesi zopet papirne jahalce, med temi jednega v drugo razdelišče. Ako potezaš z lokom po prvi tretjini, kažejo papirčki, da se treseta tudi drugi dve tretjini; le drugo razdelišče je mirno. — c) Isto ponavljaj, ko si postavil kobilico v prvo četrtino strune! Ako potezaš z lokom po prvi četrtini, tresejo se tudi ostale tri četrtine; jedino točke koncem prve, druge in tretje četrtine ostanejo mirne. — Take mirujoče točke tresočih se teles imenujemo vozle (*Knoten*).

Dva sosedna in po vozlu ločena dela se treseta v nasprotnem zmislu; ko se gibljejo točke na levi od vozla navzgor, gibljejo se točke na desni od vozla navzdol in obratno.

Da se struna razdeli v več enakih delov in se tvorijo vozli, zadostuje tudi, da se je v konci prvega dela s prstom lahljo dotakneš. Proizvojen ton je tolikokrat višji, v kolikor delov se je struna razdelila.

Kako se trese zveneča struna: stoječe ali postopno, poprečno ali podolžno? — Strune uporabljamo na citrah, glasovirih, goslih, tamburici i. t. d. — Zakaj na glasoviru niso vse strune jednako debele, in katere so najdebelejše? Pri brzojavnih žicah slišimo časih različne tone; kdo jih proizvaja? —

§ 139. **Zvенеče palice** (*tönende Stäbe*). Prožne palice se morejo tresti poprečno ali podolžno. Izmed prožnih palic uporabljamo največkrat glasbene vilice (*Stimmgabel*) (slika 103.) To je črki *U* podobno ukrivljena prožna jeklena palica, katera ima na ukrivljenem mestu držalo. Navadno so pritrjene na otlo škrinjico od prožnih deščic (resonančno dno ali donišče).

Ako vilice pravokotno na njih dolžino udarimo ali z lokom ob njih potegnemo, treseta se roglja poprečno; blizu zavinka pa se tvorita dva vozla. Ko se gibljeta roglja drug proti drugemu, zavije se zavinek doli in obratno. Držalo pa se trese podolžno.

Slika 103.



Opazovanja učé, da dajejo prožne palice iste oblike in od iste tvarine višje tone, ako so: *a*) debelejšje, *b*) krajšje.

Za ubiranje godbil običajne glashbene vilice dajejo ton  $\alpha$  s 435—440 tresáji v jedni sekundi.

§ 140. **Zveneče plošče** (*tönende Platten*). Središče štirioglate ali okrogle medene plošče utrdi v precepu z vijakom, ploščo pa posuj z drobnim peskom! — Ako potegneš z lokom ob robu te plošče, slišiš ton; pesek na plošči pa odskakuje ter se kmalu zbere v določenih črtah, kjer ostane miren, dokler daje plošča isti ton. —

Plošča se tresje poprečno; črte, v katerih ostane pesek miren, so črte vozlovke (*Knotenlinien*). Črte vozlovke tvorijo posebne like, katere imenujemo Chladnijeve zvočne like (*Chladnische Klangfiguren*), ker jih je Chladni (l. 1787.) prvi opazoval.

Zvočni liki morejo biti zelo mnogovrstni (slika 104.)

Slika 104



Potezamo li z lokom ob štirioglati plošči v točki *b*, in držimo li ploščo v točki *a*, da se v tej ne more tresti, dobivamo like, kakeršne kaže slika 104. Oblika zvočnega lika je zavisna od tega, ali je plošča na vse strani jednako gosta ali ne, v katerih točkah je utrjena in v kateri točki po plošči z lokom potezamo. Sploh je zvočni lik sestavljen iz več vozlovk, ako daje ista plošča višji ton.

Zvonove si moremo misliti nastale iz ravnih plošč, katere so toliko upognene in zavite, da so dobile dotično obliko. Na zvonu se tvorijo najmenj 4 vozlovke, katere delé njegov rob v štiri jednake dele, ter gredó od roba proti točki, v kateri je zvon utrjen. Tvoriti se jih pa more tudi 6, 8, 10 i. t. d. — Dva po vozlovki ločena zvonova dela se treseta v nasprotnem zmislu.

Okrogle napete opne (*Membranen*), kakeršne imamo na bobnih, tresjejo se ali cele ali v oddelkih; v zadnem slučaju se tvorijo vozlovke v sosrednih krogih, ako udárjamo ob opno v njenem središči.

§ 141. **Ustnična piščal** (*Lippenpfeife*) sestoji iz štirioglate ali okrogle cevi *B* (slika 105.), katera ima na spodnjem delu odprtino *c*, usta (*Mund*); zgornji rob te odprtine je priostren ter tvori zgornjo ustnico (*Oberlippe*). V isti višini s spodnjim robom odprtine, spodnje ustnice (*Unterlippe*), tiči v cevi *B* tristrana prizma *d*,

jedro (*Kern*), katera pušča pri *c* ozko odprtino. Cev *R* stoji na manjši cevi, podnožji (*Pfeifenfuss*) in je zgoraj ali zaprta ali odprta. Z ozirom na to se zove piščal ali zaprta (*gedeckt*) ali odprta (*offen*). —

Pihamo li v podnožno cev, odhaja vpihan zrak skozi odprtino med jedrom in spodnjo ustnico; odhajajoč udarja ob zgornjo ustnico; nekoliko ga vstopi v cev *R* ter zgosti tamošnji zrak. Tekój potem odhaja ves zrak skozi usta na prosto; nad jedrom zgoščen zrak pa se pomika po cevi navzgor. Nad jedrom nastane za hip razredčen prostor; vsled tega pa vstopi zopet nekoliko skozi odprtino gibajočega se zraka. — V cevi *R* se potem zrak vrstoma zgoščuje in razredčuje, to pa prouzučuje podolžno tresenje zraka v cevi, — piščal zapiska, ako je tresenje zraka dovolj silno, drugače pa slišimo šum.

Poskusi: *a*) Ako pihamo zrak z isto silo v dve jednako dolgi piščali, katerih jedna je zaprta, druga odprta, ton odprte piščali je za oktavo višji.

*b*) Da dajeta obé piščali jednako visoka tona, mora biti zaprta piščal za polovico krajša.

*c*) Izmed dveh odprtih piščal daje 2, 3, 4, ... *n*krat krajša piščal 2, 3, 4, ... *n*krat višji ton. Isto velja tudi za zaprte piščali.

*d*) Ista piščal daje razno visoke tone, ako v njó bolj ali menj silno pihamo.

*e*) Jednako dolge piščali od različnih tvarin dajejo jednako visoke tone, ako pihamo vánje zrak z jednako silo.

*f*) Visina tona je nezavisna od ploščine prereza, ako je ta v razmerji z dolžino piščali mala.

Ton odprte piščali se nekoliko zniža, ako se njena odprtina deloma zakrije; ton piščali se tudi nekoliko preinači, ako preinačimo ustno odprtino. — Da se zrak v piščali trese, osvedočiš se, ako v piščal spustiš na niti viseč okvirček, prepel s tankim papirjem in na tega posuješ nekoliko drobnega peska; — pesek na papirji odskakuje. Pri odprti piščali ostane pesek miren, ako visi okvir v središči cevi, kar kaže, da je tamo vozlovna ploskev (*Knotenfläche*).

Ustnične piščali v tej obliki, kakeršno kaže slika 105., rabimo pri orgljah. Žvegle in pastirske piščali so isto tako ustnične piščali. — Ker je v piščali vozlovna ploskev, kako se trese torej zrak v njé: stoječe ali postopno?

§ 142. Piščal z jezičkom (*Zungenpfeife*) (slika 106.) sestoji iz treh delov: 1.) Iz otle štirioglate ali okrogle cevi, v katero se skozi njeno podnožje piha zrak. 2.) Iz manjše cevi, tičeče v prvi, katera

Slika 105.



Slika 106.



je zgoraj odprta in na jedni strani tako zarezana, da nastane štirioglata podolžna odprtina. To odprtino zapira prožna kovinska ploščica, jeziček, ki je na zgornjem konci utrjena, a drugače prosta. Jeziček more biti nekoliko manjši od odprtine, da se giblje skozi njó prav natančno, vendar ne dotikaje se obstranja; — ali pa večji, da ne more skozi odprtino. 3.) Iz nastavne ceví (*Ansatzröhre*), katera je livniku podobna in stoji na cevi z jezičkom.

Skozi podnožno cev vpihan zrak odhaja mimo jezička in skozi nastavno cev na plano. Ta zračni tok spravi jeziček v tresno gibanje; tresoč se jeziček pušča zrak le vrstoma v nastavno cev. Tresenje jezička in zraka v nastavni cevi pa proizvaja ton. Višina tona je zavisna od prožnosti in dolžine jezička in od dolžine nastavne ceví.

Nastavna cev znižuje sploh nekoliko piščalim ton ter mu podeljuje večjo jakost.

Piščalke z jezičkom so: klarineta, fagot, otroška trobica, lovski rog, troba i. t. d. Pri lovskem rogu in trobi nadomeščujejo trobčeve ustnice jeziček, ker se začnejo tresti, ko se zrak s silo med njimi piha.

K piščalim z jezičkom moramo prištevati tudi:

§ 143. **Človeško glasilo** (*das menschliche Stimmorgan*). Dušnik ali sapnik je na zgornjem delu širji ter prehaja tukaj v jabolko (*Kehlkopf*). Jabolko se je zrastle iz več hrustancev ter je znotraj zaprto s sluznico, katera nareja na vsaki strani dve vprek napeti gubi, glasotvornici (*Stimmbänder*); odprtina med njima se zove glasilka (*Stimmritze*). Jabolko je v zvezi z ustno in nosno duplino; jabolčni poklopec (*Kehlkopfdeckel*) je navadno zapira, da pri požiranju ne pridejo jedi in pijače v dušnik. Samohotne mišice natezavajo glasotvornice bolj ali menj ter se pri tem glasilka zožuje ali pa razširja. Pri izdihu iz pluč prihajajoč zrak potresa glasotvornice ter proizvaja s tem ton. Ustna duplina nadomeščuje nastavno cev ter ojačuje ton. S pomočjo jezika, ustnic in zobov dajemo ustni duplini razne oblike ter tako proizvajamo raznovrstne tone. Človeški glas (*Stimme*) je višji, ako so glasotvornice bolj napete ali krajše in se hitreje tresejo; jakost glasú pa zavisí od jakosti tresenja glasotvornic.

§ 144. **Jakost zvoka.** Opazovanja: Pok topa je dosti silnejši nego pok pištole. — Velik in težek zvon zveni jače nego

mali in lahek zvon; slišimo ga tudi v večje daljave. — Ako z lokom ob napeti struni potegneš, daje sprva krepek ton, kateri pa kmalu pojema, ko se struna tresse v manjših razmahih. — V daljave vpijemo z višjim glasom, da se dalje slišimo. — Blizu govornika stoječi ga bolje slišimo nego od njega bolj oddaljeni. — V zimskem času slišimo zvonjenje v večje daljave nego v poletnem času, ko je zrak toplejši in torej tudi bolj redek. —

Zvok je jačji: *a)* ako ima zvočeče telo večjo maso, *b)* ako se v večjih razmahih tresse, *c)* ako je število tresájev v jedni sekundi večje. . . . 1.)

V 2, 3, 4, . . . *n*krat večji razdalji od zvočečega telesa je zvok 4, 9, . . . *n*<sup>2</sup>krat slabši. . . . 2.)

V isti razdalji od zvočečega telesa je zvok jačji, ako ima sredstvo zvoka večjo gostoto. . . . 3.)

§ 145. **Sozvočenje. Resonanca** (*Mittönen. Resonanz*). Po-skusa: *a)* Na mizo postavi dvoje glasbenih vilic na resonančnih dnih, katere dajejo po polnem jednako visoke tone. Potegneš li z lokom ob jednih vilicah, da dajejo krepek ton, zazvené tudi druge, ter zvené tudi dalje, čeravno prve, doteknivši se jih, ustaviš. — *b)* Zapoješ li v odprt glasovir s krepkim glasom, zazvené vse strune, ki dajejo isto visok ton, katerega si zapel. —

Zvočeče telo more v drugem prožnem telesu vzbujati stoječe tresenje, da proizvajajo to samo záse isto visok ton, kakor prvo zvočeče telo. — To prikazen imenujemo sozvočenje. — Telo sozvoči z drugim zvočim telom le takrat, ako se more z jednako hitrostjo tresti, kakor prvo.

Poskusi: Prosto v zraku razpeta struna daje prav slab ton, katerega v večje daljave ne moremo slišati; njen ton se izdatno ojači, ako jo napnemo čez otlo škrinjico od prožnega lesa. — Ton glasbenih vilic brez resonančnega dna je prav slab; vender se ojači, ako postaviš držalo zvonečih vilic na mizo. Otip te uveri, da se miza z vilicami istočasno tresse in da se miza tekój umiri, ko vilice utihnejo.

Zvočeča telesa priobčujejo svoje tresenje tudi drugim prožnim telesom, katerih se dotikajo, tako da se ta z njimi istočasno tressejo in s tem zvok prvih ojačujejo. — To prikazen imenujemo resonanco. — Resonanca traja le toliko časa, dokler zvoči prvo telo.

Glasbene vilice in struna imajo same záse premalo mase, da bi mogle v obdajajočem jih zraku vzbujati krepko tresenje. — Zakaj imajo godbila s strunami otle škrinjice od prožnega lesa, resonančna dna (*Resonanzböden*)?

§ 146. **Barvenost tonov** (*Klangfarbe*). Vsakdo razločuje ton goslij od tona trobe, piščali i. t. d., čeravno so vsi toni jednako visoki. — Ton vsakega godbila ima torej nekaj posebnega, kar ga razločuje od jednako visokih tonov drugih godbil. To svojstvo tonov imenujemo njih barvenost.

O strunah in piščalih smo slišali, da morejo proizvajati več različno visokih tonov. Isto velja tudi za druga zvoneča telesa. — Najglobokejši ton se imenuje osnovni ton (*Grundton*), vsi višji pa harmonični višji toni (*harmonische Obertöne*). Opazovanja učé, da daje vsako godbilo ali sploh zvoneče telo istočasno s svojim osnovnim tonom tudi več bolj ali menj jakih harmoničnih višjih tonov.

Barvenost tonov zavisi od števila in primerne jakosti harmoničnih višjih tonov, kateri spremljajo istočasno osnovni ton, ki je izmed vseh najjačji.

S tem, da dajemo ustni duplini različne oblike, proizvajamo raznovrstne tone, ker se pri tem število in jakost harmoničnih višjih tonov izpreminja.

#### 4. Kako se zvok širi.

§ 147. Poskus: Budilo (slika 107.) postavi pod poveznik zračne sesalke na klobučino ali pluto ter je sproži. Zvonjenje se sliši tudi izpod poveznika, čeravno nekoliko bolj tiho. Ako pa izpod poveznika zrak odstraniš, zvonjenja ni več slišati, čeravno vidiš kladvece ob zvonec tolči. V prostoru brez vsega zraka se zvok ne more širiti. — Da moremo zvok slišati, morajo med zvočili in nami posredovati prožna telesa, sredstva zvoka ali zvokovodi (*Schallmittel, Schalleiter*) imenovana. Najnavadnejši zvokovod je zrak; toda vsa druga prožna telesa so tudi za to sposobna. Tikanje žepne ure, ležeče na dolgi mizi, slišiš bolje, ako položiš uho na mizo, nego

Slika 107.



je slišiš v zraku. — Prožna trdna telesa so sploh boljši zvokovodi nego plinasta. Izmed plinastih teles so gostejša boljši zvokovodi nego redkejša. — Črte kažóče meri, v katerih se zvok v zvokovodu širi, imenujemo zvočne trakove (*Schallstrahlen*). V jednom in istem zvokovodu so zvočni trakovi preme črte, ako je zvokovod povsod jednako gost.

V dolini je pok pištote jače slišati nego na visoki gori; o zimi slišiš zvonjenje v večje daljave nego o poletnem času.

§ 148. **Zvočna hitrost.** Iz daljave opazuječ, kako se top sproži, vidiš najprej smodnikov dim, čez nekoliko časa še le slišiš pok.

Zvok se širi s postopnim tresenjem zvočil na vse strani (§ 134.), torej potrebuje tudi časa, da preteče določeno pot. Daljavo, katero preleti zvok v jedni sekundi, imenujemo njegovo hitrost.

Zvočna hitrost se dá določiti s tem, da sprožimo na jednom kraji top, na drugem pa opazujemo trenutek, ko se smodnik užgè, in trenutek, ko je slišati pok. Razloček obéh časov je čas, katerega je potreboval zvok, da je pretekel razdaljo obéh krajev. Deleči razdaljo obéh krajev s številom sekund, v katerih je zvok to razdaljo pretekel, dobimo zvočno hitrost. — Na takšen način so določili zvočno hitrost v suhem zraku pri  $0^{\circ} C$  na 333  $\text{m}$ .

V toplejšem zraku se širi zvok hitreje; veter pihajoč v meri širečega se zvoka pospešuje nekoliko njegovo hitrost.

V trdnih telesih in kapljevinah je zvočna hitrost večja.

Raznovisoki glasovi se širijo v prostoru z jednako hitrostjo; to nam kaže izkušnja, da slišimo godbo blizu nje ali daleč od nje vedno harmonično.

Kako moreš določiti oddaljenost hudournih oblakov, ako opazuješ čas med bliskom in gromom?

§ 149. **Odboj zvoka. Jek. Odmev** (*Reflexion des Schalles. Echo. Nachhall*). Sproživši pistolo v primerni razdalji od kakega zida, ali skalovja, ali gozda, slišimo pistolen pok še jeden ali večkrat. Pri tem se nam dozdeva, da je sprožil nekdo drugo pistolo zadaj za steno, ali skalo, ali daleč v gozdu.

Zvok se širi z valovanjem zraka; do kake stene prihajajoči zvočni valovi se odbijajo kakor prožne krogle udarivše na steno. Po tem odboji začne zvok valovati v nasprotni meri; ti valovi pa morejo proizvajati prvemu jednak, vendar nekoliko slabjši občutek. To prikazen sploh imenujemo odboj zvoka. Pri tem veljata zakona:

Kot, katerega oklepata vpadajoči zvočni trak z vpadno navpičnico, jednak je kotu, katerega z taisto oklepa odbit zvočni trak. . . . . 1.)

Vpadajoči in odbit zvočni trak ležita z vpadno navpičnico v isti ravnini. . . . . 2.)

Zvok se odbija sploh vsakokrat, ako se gostota zvočnega sredstva izpremeni. — Odbit zvok prouzročuje jek ali pa odmev. — Pride li odbit zvok v takem času do našega ušesa, da ga moremo od prvobitnega natančno razločevati, imenujemo to prikazen jek; pride li



zvok v takem času do ušesa nazaj, da ga ne moremo od prvobitnega natančno razločevati, ampak da nam le prvobitni zvok nekoliko podaljšuje, imenujemo to prikazen odmev.

Prav lahko je določevati pogoje, kedaj nastane jek, kedaj odmev. Človeško uho more v jedni sekundi le 9 zvokov natančno razločevati; vsak zvok sam záse mora forej v ušesu biti  $\frac{1}{9}$  sekunde. Hočemo li slišati jek, mora odbit zvok najmenj  $\frac{1}{9}$  sekunde pozneje do ušesa priti nego prvobiten. V  $\frac{1}{9}$  sekunde nareja zvok približno 37<sup>m</sup> dolgo pot. Stena od nas najmenj 18·5<sup>m</sup> oddaljena more prouzročevati jek, ako vpadajo zvočni trakovi nánjo pravokotno. V tem slučaju slišimo jednozložen jek (*einsilbiges Echo*).

Je li zvok odbijajoča stena 2, 3, ... nkrat 18·5<sup>m</sup> oddaljena, prouzročuje 2, 3, ... n zložne jeke; t. j. jek ponavlja od kakega govora zadnje 2, 3, ... n zloge.

Več sten tako razvrščenih, da moremo od vsake stene odbit zvok posebej razločevati, prouzročuje večkratne jeke (*mehrfache Echos*).

V Adersbachu na Češkem ponavlja jek sedemzložne besede po trikrat; na dvorišči palače Simonetta v Milanu ponavlja jek pištolen pok po 50krat. —

Odmev opazujemo prav lahko v vsaki večji prazni dvorani ali cerkvi. — Odmev odpravimo vsaj deloma, če ne po polnem, ako naredimo stene grbaste. Na takih stenah se odbija zvok nepravilno na vse strani, ter izgublja na svoji jakosti, n. pr. v polnih cerkvah odmev ni toliko čuten, kakor v praznih. — Vsakokrat, ko se zvok odbija, tudi nekoliko oslabi; nekoliko zvoka prehaja namreč tudi v novo sredstvo, — v zvok odbijajoče telo. Skozi dvojna okna ropôta z ulic ni toliko slišati, kakor skozi jednojna. — Po razno gostih zračnih plastéh razširjajoči se zvok se zelo oslabuje. V noči se nam dozdeva vsak ropot jačji nego po dnevu.

Na odboj zvoka se opira uporaba doglašala (*Sprachrohr*) in slušala (*Hörrohr*). Doglašalo je stožkovita 1 do 2<sup>m</sup> dolga cev od kake trdne tvarine. Govorimo li v doglašalo na ožjem konci, odbijajo se zvočni traki na obstranji doglašala, tako da iz cevi izstopajo vzporedno. Ker se potem zvok ne more širiti na vse strani, v daljavo tudi ne oslabi toliko. — Slušalo je sploh podobno doglašalu, samo da služi v nasprotnem zmislu. Široko odprta cev prestreza zvočne valove, zbira jih ter vodi bolj zgoščene do ušesa.

## 5. Kako zaznavamo zvok.

Slika 108.



§ 150. Zvok zaznavamo s pomočjo svojega ušesa. Na ušesu imamo razločevati tri dele: a) vnanji, b) srednji, c) notranji del. Vnanje uho sestoji iz uhlja (*Ohrmuschel*) in vnanjega sluhovoda (*äusserer Gehörgang*) a (slika 108.) Uhelj je razno izprevit hrustanec, kateri prestreza zvočne tra-

kove ter jih vodi v vnanji sluhovod. Vnanji sluhovod zapira navznoter tenka opna, bobnič (*Trommelfell*) *t*. Za bobničem se začena srednje uho, ležeče v jako trdi skálnici ter se imenuje tudi bobničeva duplina (*Paukenhöhle*). Iz te vodi ozka, navzdol nekoliko širja cev *b*, ušesna troblja ali Evstahova cev (*Eustachische Trompete*), v žrelo; skozi to dohaja vnanji zrak ter ima ondù isto napetost kakor zunaj. V ušesni duplini so ušesne koščice (*Gehörknöchelchen*), in sicer: kladvece (*Hammer*) *d*, nakovalce (*Amboss*) *c* in stremen (*Steigbügel*). Držalo kladveca je priraslo na bobnič, z bätom pa je v zvezi z nakovalcem. Stremen je v zvezi na jednom konci z nakovalcem, z drugim koncem pa je prirasel na jajasto okence (*ovales Fenster*) *f*. Notranje uho ali labirint je v koščenih stenah; s srednjim delom ušesa je v zvezi po dveh predorih, zaprtih z nježnima ópnicama: z jajastim okencem (*ovales Fenster*) *f* in z okroglim okencem (*rundes Fenster*) *o*. Labirint sestoji iz preddvora (*Vorhof*), iz treh oblokov (*Bogengänge*) *k* in iz polža (*Schnecke*) *s*.

Vsi deli so medsebojno v zvezi in polni vode, v njih pa se razprostira v zelo malih končičih, slušnih dlačicah (*Gehörsnervenfaserchen*) slušni živec, pri *n* prihajajoč od možjanov.

Uhelj prestreza zvočne valove ter jih vodi do bobniča. Vsled tega se začne bobnič tresti in z njim vred tudi slušne koščice; stremen potrese ópnico na jajastem okenci in *s* to tudi vodo v labirintu. Tresoča se voda potrese slušne dlačice in po teh zaznavamo zvok.

Človeško uho je zelo občutljivo, ker sluša zvoke od 16 do približno 30 tisoč tresájev v sekundi.

Čeravno je bobnič pretrgan, moremo še vendar nekoliko slušati; v tem slučaju dohajajo zvočni valovi neposredno do jajastega okenca in potresajo ópnico. Tudi skozi usta in skozi lobanjske kosti moremo slušati.

Človek ogluši, ako se posuši slušna voda, ali ako postane slušni živec neobčutljiv.

## VII. Optika ali nauk o svetlobi.

### 1. Splošni pojmi. Kako se svetloba širi. Jakost svetlobe.

§ 151. **Svetloba. Svetla telesa.** Da telesa vidimo, treba razven zdravega očesa, da so telesa v nekem posebnem stanji, — da so svetla; to, kar nam dela telesa svetla, imenujemo svetlobo.

Nekatera telesa so že svetla sama ob sebi; moremo ja videti, čeravno ni nobenega drugega telesa blizu njih. Taka telesa so samo-

svetla (*selbstleuchtend*). Druga telesa postanejo vidna, ako dobivajo svetlobo od svetlih teles, ako so razsvetljena (*beleuchtet*); drugače so nevidna, temna (*dunkel*).

Samosvetla telesa so: sonce, zvezde stalnice, razbeljena ali goreča telesa i. t. d. Temna telesa so: zemlja, mesec, večina predmetov na zemlji.

Telesa so prozorna (*durchsichtig*), ako skozi nja druga svetla telesa razločno vidimo; neprozorna (*undurchsichtig*) ne propuščajo nobene svetlobe; prosojna (*durchscheinend*) propuščajo nekoliko svetlobe, pa vendar predmetov skozi nja ne moremo razločno videti.

Prozorna telesa so n. pr. zrak, steklo, kamenena sol, čista voda i. t. d. Prosojna telesa so n. pr. z oljem napojen papir, tenke kožice. Sploh so tanke plasti vsakega telesa bolj ali menj prosojne. — Približno 0·001  $\frac{m}{m}$  tanki zlati lističi propuščajo zeleno barvo.

§ 152. **Kako se svetloba širi.** Telesa, skozi katera se širi svetloba, sredstva so svetlobi; najnavadnejše sredstvo je zrak.

Poskus: a) Na mizi stoječo svečo vidiš od vseh strani, ako ni neprozornega telesa med njo in tvojim očesom.

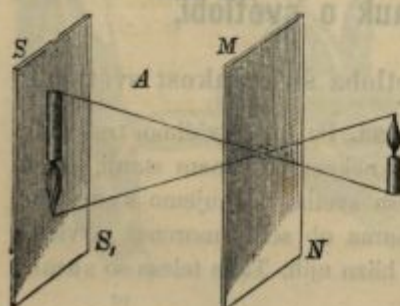
Svetloba se širi od svetlih teles na vse strani v prostoru. . . . 1.)

b) Na mizo postavi gorečo svečo in pred njo več zaslonov z malimi luknjicami. Ako zaslone tako uvrstiš, da moreš skozi vse luknjice potegniti premo črto, idočo tudi skozi svečin plamen, vidiš svečin plamen gledaje skozi luknjico najbolj oddaljenega zaslona; plamena pa ne vidiš, ako ne leže luknjice v zaslonih v premi črti.

Svetloba se širi v jednem in istem sredstvu premočrtno. . . . 2.)

Preme črte kažóče mer razširjajoče se svetlobe so svetlobni trakovi ali žarki (*Lichtstrahlen*). — Predmeti so nam vidni, ako prihaja več svetlobnih trakov v oko; vidimo jih v isti meri, v kateri prihajajo svetlobni traki do očesa, čeravno izvor svetlobe ni v isti meri (n. pr. pri zrcalih).

Slika 109.



Premočrtno širjenje svetlobe kaže tudi ta-le poskus:

V drugače temni sobi postavi gorečo svečo na mizo, pred svečo postavi kos debelega papirja MN (slika 109.) z luknjico v sredini, zadaj za papirjem postavi vzporedno s prvim drugega SS<sub>1</sub>. Na papirju SS<sub>1</sub> dobiš vzvrtno sliko sveče.

Od vsake točke svečinega plamena more prehajati skozi luknjico v zaslonu MN le jeden svetlobni trak

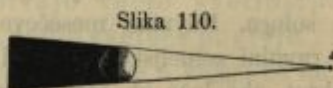
in ta razsvetljuje primerno točko na  $SS_1$ ; razsvetljen del papirja  $SS_1$  mora bit podoben svečinemu plamenu. — Je li razdalja sveče od  $MN$  večja nego razdalja  $SS_1$  od  $MN$ , slika je manjša nego sveča; obratno pa večja. (Zakaj?) — Ako je luknja na  $MN$  velika, na papirji  $SS_1$  ne razločuješ več slike, ampak le razsvetljeno ploskev. (Zakaj?)

(Temnica [*camera obscura, optische Dunkelkammer*]).

§ 153. **Senca.** Za vsakim neprozornim temnim in od drugega telesa razsvetljenim telesom ostaje nerazsvetljen ali temen prostor, senca (*Schatten*). Ta prostor določimo s tem, da potegnemo tangente iz skrajnih točk svetlega telesa na skrajne točke temnega telesa.

Senca je stožkovita, ako prihaja svetloba na neprozorno in temno telo le iz jedne same točke (slika 110.)

— Senca postane dvojna, ako je izvor svetlobe  $A$  (slika 111.) večji nego temno telo  $B$ . Za telesom  $B$  imamo stožkovit prostor z vrhom  $s$ , v katerega ne prihaja nobeden svetloben trak, to je polna senca (*Kernschatten*). Polno senco obdaja od vseh strani prostor, v katerega prihajajo svetlobni traki le od nekaterih točk telesa  $A$ , ta prostor je polusenca (*Halbschatten*).



Kakšno obliko dobi polna senca, ako sta  $A$  in  $B$  jednako velika? — Kakšen je prerez polne sence v  $mn$ , ako sta  $A$  in  $B$  krogli?

§ 154. **Mesečevi in solnčni mraki** (*Mondes- und Sonnenfinsternisse*). Meseč in zemlja dobivata svojo svetlobo od solnca. Ker so vsa tri telesa okrogla in ker je solnce izmed vseh največje, mora biti polna senca zadaj za zemljo in mesecem stožkovita. Dolžina srednje mesečeve sence znaša v srednjem 50,000 zemljepisnih milj ter je jednaka srednji mesečevi razdalji od zemlje; dolžina zemeljske sence znaša v srednjem 180,000 zemljepisnih milj. — Meseč se giblje okoli zemlje v elipsi (§ 98.), v vsakem obhodnem času pride torej jedenkrat med solnce in zemljo, jedenkrat pa zadaj za zemljo. Ob času ščipa stoji zemlja med solncem in mesecem; ker je zemeljska senca daljša nego razdalja meseca od zemlje, more vstopiti v tem času meseč ali ves, ali pa le deloma v zemeljsko senco; — pravimo, da meseč mrkne ali otemni. Mesečev mrak je popoln (*total*), ako vstopi ves meseč v zemeljsko senco; drugače je pa le delen (*partiell*).

Ob času mlaja stoji mesec med solncem in zemljo. Pada li takrat mesečeva polna senca na zemljo, postane solnce nevidno vsem krajem, ki ležé v tej senci; — solnce mrkne ali otemni po polnem. Oni kraji zemlje, ki ležé v mesečevi polusenci, imajo delen solnčni mrak. — Obročast (*ringförmig*) solnčni mrak imamo takrat, ako je ob času mlaja mesec od zemlje toliko oddaljen (v odzemji, *Erdferne*), da se njegova polna senca le zemlje dotika, ali pa celo do njé ne seže.

Solnce in mesec bi mrknila vsak mesec po jedenkrat, ako bi se gibal mesec okoli zemlje v isti ravnini, v kateri se giblje zemlja okoli solnca. Ravnina mesečeve poti okoli zemlje pa je naklonjena proti ravnini zemeljske poti okoli solnca. Mesečev mrak more nastati le takrat, ako ležé ob času ščipa središča solnca, meseca in zemlje ali po polnem ali vsaj približno v premi črti; vselej drugikrat gre zemeljska senca mimo meseca. Isto tako nastane solnčni mrak le takrat, ako ležé ob času mlaja vseh treh teles središča ali po polnem, ali vsaj približno v premi črti. — Astronomija uči, da mrkne mesec v 18 letih 29krat, solnce pa v 18 letih 41krat.

§ 155. **Hitrost svetlobe.** Svetloba se razširja v prostoru tako hitro, da so učenjaki dolgo časa nje hitrost smatrali za neskončno veliko. Danec Olaf Römer je okoli l. 1675. opazujé mrake Jupitrovih mesecev dokazal, da se hitrost svetlobe da meriti, da torej ni neskončno velika. Z njegovimi računi, kakor tudi z drugimi bolj natančnimi računi in opazovanji je dokazano, da naredi svetloba v vsaki sekundi približno pot  $312,000 \kappa_m$  ali 42,000 zemljepisnih milj.

Svetloba zemeljskih izvorov svetlobe se širi z jednako hitrostjo, kakor svetloba nebeskih teles.

Da si pojasnujemo prikazni svetlobe, mislimo si ves svetovni prostor napolnjen z neko neskončno tanko in prožno tvarino, svetlobni éter (*Lichtäther*) imenovano. Éter ne pušča nikjer praznega prostora, v prostoru brez zraka je isto tako razširjen, kakor v zraku in med posameznimi molekulami vsakega telesa; njegova gostota pa ni povsod jedna in ista. Éter je brez teže ali ima vsaj tako malo teže, da je ne moremo določevati, tudi ne ovira gibanja teles. S tresenjem in valovanjem étra se širi svetloba v prostoru na podoben način, kakor se širi zvok v zraku z valovanjem zraka. — Samosvetla telesa potresejo s tresáji svojih molekulov obdajajoči ja éter, ti étrovi tresi pa se širijo v prostoru na vse strani. Étrovi valovi dospévši v naše oko proizvajajo v nas občutek svetlobe. Veliko razlogov govori za to, da se treséjo étrovi molekulami pravokotno na dolgostno mer (poprečno).

### § 156. Svetlost razsvetljenih teles. (Jakost svetlobe.)

Lojeva sveča in petrolejska svetilnica moreta imeti jednako velika plamena, torej obé isto toliko svetečih točk, a vendar razsvetljuje petrolejska svetilnica telesa v večji meri.

Različni izvori svetlobe imajo različno svetlivost (*Leuchtkraft*). . . . . 1.)

Sveteče telo ima večjo svetlivost, ako se njegovi molekuli v večjih razmahih tresejo. (Primerjaj jakost zvoka.)

Čim večji plamen ima petrolejska svetilnica, tem bolj razsvetljuje sobo.

Razsvetljena telesa dobivajo večjo svetlost, ako dajemo istemu izvoru svetlobe večje sveteče površje. . . . . 2.)

Blizu luči moreš knjigo brati; čim bolj se s knjigo od luči oddaljuješ, tem teže bereš, ker so črke preslabo razsvetljene.

Mislimo si v *L* (slika 112.)

svetečo točko, v *abcd* in *ABCD*

pa dve ploskvi razsvetljeni od

iste množine svetlobnih trakov

izvirajočih iz točke *L*. Ako je

ploskev *ABCD* vzporedna s

ploskvijo *abcd* in od točke *L*

dvakrat toliko oddaljena, kakor

ploskev *abcd*, mora biti tudi

4krat večja. (Zakaj?) Kakor kaže

slika, razsvetljuje obé ploskvi

ista množina svetlobnih trakov;

ploskev *ABCD* mora biti torej

4krat menj razsvetljena, ker jo

zadevata po dva sosedna svetlobna

traka v 4krat bolj oddaljenih točkah

kakor prvo ploskev.

Razsvetljena ploskev ima 4, 9, 16, . . .  $n^2$ krat slabšo

svetlost, ako je od istega izvora svetlobe 2, 3, 4, . . .  $n$ krat

bolj oddaljena. Ali: Svetlost razsvetljenega predmeta je

obratno sorazmerna kvadratu njega razdalje od izvora

svetlobe. . . . . 3.)

Vzemimo, da vpadajo na

ploskev *ab* (slika 113.) svetlobni

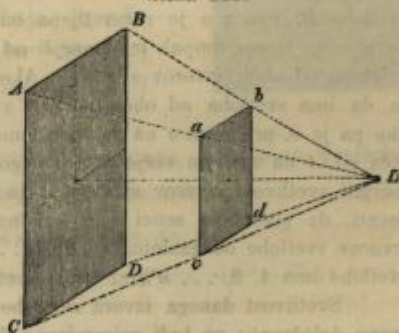
traki pravokotno. Ako spravimo

ploskev *ab* v ležo *a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>*, ne zade-

vajo je več vsi svetlobni trak-

kovi, kateri so jo razsvetljevali

Slika 112.



Slika 113.



v leži  $ab$ ; torej mora biti menj razsvetljena. Jasno je, da gre tem več svetlobnih trakov mimo ploskve  $ab$ , čim bolj pošev nánjo vpadajo.

Dana ploskev je najbolj razsvetljena (ima največjo svetlost), ako vpadajo svetlobni traki nánjo pravokotno. Čim bolj pošev vpadajo svetlobni traki nánjo, tem slabše je razsvetljena. . . . 4.)

Z oljem napojen papir nima tolike svetlosti, kakor navaden, čeravno sta obá od istega izvora svetlobe jednako oddaljena.

Svetlost razsvetljenih predmetov je zavisna tudi od njih tvarine. . . . 5.)

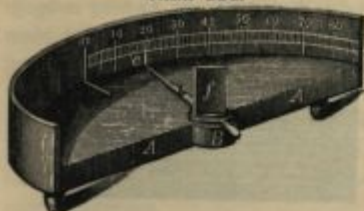
Da primerjamo svetlivosť različnih izvorov svetlobe, služijo nam svetlo-  
mei (*Photometer, Lichtstärkemesser*). Najjednostavnejši je Rumfordov svetlo-  
mer. Ta sestoji iz tanke po konci stoječe in neprozorne palice in iz majhnega  
papirnatega zaslona. — Pred palico postavljamo izvora svetlobe (luči)  $A$  in  $B$ ,  
katerih svetlivosť hočemo primerjati. Zadaž za palico nastaneta na papirnatem  
zaslonu dve sencí  $a$  in  $b$ , senca  $a$  od izvora svetlobe  $A$ , in senca  $b$  od izvora  
svetlobe  $B$ . Senca  $a$  je razsvetljena od  $B$ , senca  $b$  od  $A$ ; ti sencí torej nista  
po polnem temni, ampak le temnejši od drugih toček na papirji, katere dobivajo  
svetlobo od obéh izvorov svetlobe. Ako sta sencí  $a$  in  $b$  jednako temni, kaže  
to, da ima svetlobo od obéh izvorov svetlobe  $A$  in  $B$  na zaslonu isto jakost;  
ako pa je n. pr. senca  $a$  na zaslonu temnejša nego senca  $b$ , ima svetlobo izvira-  
joča od  $A$  na zaslonu večjo jakost nego svetlobo izvirajoča od  $B$ . Hotéči pri-  
merjati svetlivosť izvorov svetlobe  $A$  in  $B$ , moramo razdalji obéh toliko preina-  
čevati, da postaneta sencí  $a$  in  $b$  jednako temni, potem zmeriti razdalji obéh  
izvorov svetlobe od zaslona. — 2, 3, . . .  $n$ krat od zaslona bolj oddaljen izvor  
svetlobe ima 4, 9, . . .  $n^2$ krat večjo svetlivosť. —

Svetlivosť danega izvora svetlobe se ne dá absolutno, ampak le primer-  
javno določevati; pa tudi primerjavno določevanje vender ni zanesljivo; ker je  
zelo težko določevati, kadar sta obé sencí po polnem jednako temni. Ta težkoča  
postane še večja, ako nimata obá izvora svetlobe iste barve.

## 2. Odboj svetlobe. (Odsev.)

§ 157. Zakoni, po katerih se svetloba odbija. Poskus:  
V središči polukrožne deske  $A$  (slika 114.) stoji pravokotno na njéj

Slika 114.



vrtljivo zrcalo  $f$ ; pravokotno na  
zrcalovi ravnini pa ob enem z  
njim vrtljiv kazalec  $bc$ . Ob obodu  
deske  $A$  je valjasta pločevina s  
špranjo pri  $a$  in razdeljena na sto-  
pinje. Ako vpada skozi špranjo  $a$   
kita svetlobnih trakov (n. pr. solčnih)  
in ako kaže kazalec  $bc$  na sto-

pinjo 20., vidimo, da se trakovi na zrcalu odbijajo in razsvetlujejo 40. stopinjo. Ako vrtimo kazalec in z njim zrcalo, odbijajo se svetlobni traki na zrcalu tako, da razsvetlujejo na nasprotni strani kazalca isto toliko stopinj od njega oddaljene točke, kolikor stopinj je kazalec oddaljen od špranje.

Poskus kaže, da se svetloba širi premočrtno le v jednom in istem sredstvu; dospesha do trdnega telesa, zrcala, odbija se in se širi v zraku nazaj, vendar v drugi meri.

Točka  $b$  (slika 115.), v kateri prihaja svetlobni trak  $ab$  na površje novega telesa  $MN$ , je vpadišče (*Einfallspunkt*), prema  $bd$  v padišči na  $MN$  pravokotno stoječa, je vpadna navpičnica (*Einfallsloth*); prema  $ab$  kažóča mer, v kateri svetloba prihaja proti vpadišči, je vpadni svetlobni trak (*einfallender Lichtstrahl*); prema  $bf$  kažóča mer, v kateri svetloba od vpadišča odhaja, je odbit svetlobni trak (*reflectierter Strahl*); kot  $\alpha$  je vpadni kot (*Einfallswinkel*), kot  $\beta$  odbojni kot (*Reflexionswinkel*).

Slika 115.



Kakor uče natančna opazovanja in računi, odbija se svetloba, prihajajoča na površje drugega telesa, po teh zakonih:

- 1.) Odbojni kot je enak vpadnemu.
- 2.) Vpadni trak, vpadna navpičnica in odbit trak ležé v jedni in isti ravnini.
- 3.) Odbit trak leži gledé vpadnega na nasprotni strani vpadne navpičnice.

Svetlobni trakovi vpadajoči pravokotno na površje drugega telesa, odbijajo se pravokotno na to in se imenujejo glavni trakovi (*Hauptstrahlen*).

Svetlivost odbitih svetlobnih trakov je vedno manjša nego svetlivost vpadajočih. Sploh velja zakon:

Svetloba dospesha do površja novega sredstva se deloma odbija, deloma pa prehaja v novo sredstvo.

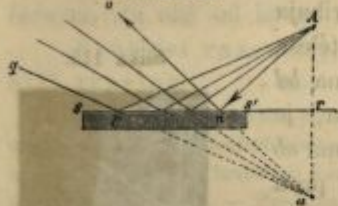
Na pravilnih gladkih in sijajnih površjih se odbija svetloba pravilno. Take ploskve imenujemo zrcala (*Spiegel*).

§ 158. **Ravno zrcalo** (*ebener Spiegel*) je vsaka gladka in sijajna ravnina, katera odbija svetlobo.



Poskus: Stoječ pred ravnim zrcalom, kakršno rabiš za po-  
hišno orodje, vidiš v zrcalu svojo sliko; od tebe izhajajoči, a na  
zrcalu odbiti svetlobni traki imajo tako mer, da prihajajo v tvoje  
oko navidezno od svetlega in tebi podobnega telesa zadaj za zrea-  
lujočo ploskvijo.

Slika 116.



Oko v točki  $o$  vidi točko  $A$  v meri preme  $on$ , oko v točki  $q$   
v meri preme  $qp$ . Premii  $on$  in  $qp$  se sečeta v točki  $a$ . Točko  $a$   
imenujemo sliko točke  $A$ , ker prihajajo vsi odbiti svetlobni traki  
navidezno iz te točke. — Ležo točke  $a$  zvemo s sledečim umovanjem.  
Trikotnika  $Anp$  in  $anp$  sta skladna (zakaj?), torej je  $An = an$ ,  
 $Ap = ap$ . Ako zvežemo točki  $A$  in  $a$  s premo  $Aa$ , katera seče  
podaljšano ravnino zrcala v točki  $r$ , sta tudi trikotnika  $Anr$  in  $anr$   
skladna (zakaj?), torej je tudi  $Ar = ar$  in  $\sphericalangle Arn = \sphericalangle arn = 90^\circ$ .

Kar smo dokazali o odbitih trakih  $on$  in  $pq$ , velja za vse na  
zrcalu odbite trake, kakor se lahko prepričamo. Torej sledi:

Podaljšamo li iz svetle točke  $A$  na zrcalo vpadajoče,  
a na zrcalu odbite svetlobne trake, sečejo se ti podaljški  
zadaj za zrcalom v jedni točki, katera je od zrcala isto-  
toliko oddaljena kakor svetla točka  $A$ .

Slika 117.



Točka  $a$  se imenuje geome-  
trijska ali navidezna slika  
(*geometrisches oder scheinbares Bild*)  
točke  $A$ .

Znajoči ležo slike svetle točke  
najdemo lahko tudi sliko kakega pred-  
meta. — Vzemimo, da je  $ab$  (slika 117.)  
svetel predmet pred ravnim zrcalom  
 $MN$ . Slika točke  $a$  je v točki  $a'$ , v  
jdnaki razdalji za zrcalom kakor  $a$

pred zrcalom; slika točke  $b$  je v  $b'$ , slika točke  $c$  je v  $c'$  i. t. d. Vsaka točka predmeta  $ab$  ima svojo sliko; ker sledijo točke predmeta nepretrgoma druga drugi, slediti morajo isto tako njih slike.  $a'b'$  je torej slika predmeta  $ab$ .

Gledé oblike in veličine sta slika in predmet jednaka; razloček med njima je ta, da so na desni ležeči deli predmeta v sliki na levi in obratno. Predmet in njegova slika sta simetrična.

Da more oko sliko kakega predmeta v zrcalu videti, treba da sečejo preme vežóče sliko in oko tudi zrcalo. —

Vzemimo, da je  $AB$  (slika 118.)

svetel predmet pred zrcalom  $MN$ .

Oko v točki  $o$  vidi celo sliko  $ab$ ,

ako je od zrcala le kos  $EF$ .  $EF$

je v tem slučaju jednak polovici  $ab$

(zakaj?) Ako je oko od zrcala bolj

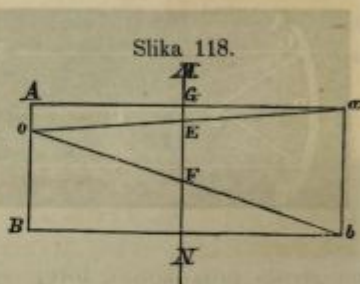
oddaljeno, treba je večjega dela

zrcala, da se vidi cela slika. V prav

malih zrcalih moremo videti cele

slike velikih predmetov le takrat,

ako je oko prav blizu zrcala.



Načrtaj sliko vertikalno stoječega predmeta v vodoravno ležečem zrcalu!

— Načrtaj sliko vodoravno ležečega predmeta, ako je zrcalova ravnina proti njemu za  $45^\circ$  naklonjena! — Navadna zrcala so ravne steklene plošče, zadaj

obložene z cinkovim amalgamom. Svetloba se odbija v največji meri na zadnji,

obloženi ploskvi, nekoliko pa tudi na sprednji, tako da imamo dve sliki, jedna

izmed njiju je vendar slabo razsvetljena ter se navadno ne opazuje. — Ali moreš

na steklenem zrcalu s pomočjo slike določiti, koliko debela je steklena plošča?

Ako postavimo dve ravni zrcali vzporedno drugo proti drugemu,

vidimo slike jednega zrcala v drugem in tako prav za prav

brezštevilno slik. Te slike imajo od zrcal vedno večje razdalje in

manjšo svetlost. Isto tako vidimo več slik v dveh zrcalih, kateri

oklepata kot, ako stoji svetel predmet med njijinima ploskvama.

Število slik se zmanjša, ako je od zrcal oklepan kot večji. Vse

slike leže na obodu kroga, čegar polumer je enak razdalji svetlega

predmeta od presečnice zrcalnih ploskev.

Dokaži to z načrtovanjem! — Orodja, s katerimi gledamo večkratne slike

istega predmeta, imenujemo krasnoglede (*Kaleidoskope*).

Ravna zrcala uporabljamo v vsakdanjem življenji, za razne fizikalne igrače

in pri mnogih fizikalnih ali geometrijskih orodjih. — Da dobivamo solčno

svetlobo vsakokrat v sobo v jedni in isti meri, rabimo heliostat (*Heliostat*),

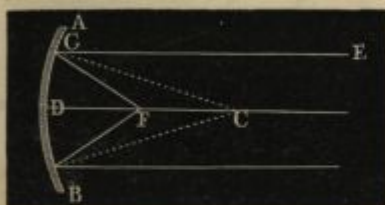
t. j. ravno zrcalo, katero je vrtljivo okoli dveh pravokotno stoječih oslj.

§ 159. **Kroglasta ali sferična zrcala** (*sphärische Spiegel*).

Kroglin odsek uglajen in lesk, da svetlobo pravilno odbija, zove se kroglasto ali sferično zrcalo; in sicer je zrcalo vdrto ali jamasto (*Hohl- oder Concavspiegel*), ako je vdrta ali jamasta stran gladka in leska, izbočeno (*Convexspiegel*), ako je zunanja, izbočena stran, gladka in leska.

I. Vdrto ali jamasto zrcalo. Vzemimo, da je  $AB$  (slika 119.) jamasto zrcalo in  $C$  središče krogle, od katere je zrcalo odsek,  $D$  točka

Slika 119.



v središči zrcalne ploskve, optično središče (*optischer Mittelpunkt*) imenovana. Prema  $DC$  se imenuje optična os, lok  $AB$  širina ali otvor zrcala.

Polumeri stojé pravokotno na zrcalovem površji, torej določujejo ob jednom tudi vpadne navpičnice. — Svetlobni trakovi idoči skozi središče  $C$  vpadajo

na zrcalo pravokotno, torej se odbijajo v isti meri. Taki svetlobni trakovi so glavni trakovi (*Hauptstrahlen*).

Poskusi: Ako držiš jamasto zrcalo proti solncu, da vpadajo solnčni traki vzporedno z njegovo osjó in ako potem odbite trake prestrezaš na malem koščeku papirja, vidiš, da se stičejo v točki  $F$  (slika 120.), ležeči med točkama  $C$  in  $D$ . V tej točki  $F$  se užigajo

Slika 120.



lahko gorljive reči, n. pr. kresilna goba, užigalni klinčki; svetloba je v njéj zelo velika.

Točka  $F$  se imenuje gorišče (žarišče, *Brennpunkt*), razdalja gorišča  $F$  od središča  $D$  je daljina gorišča (*Brennweite*). — Ležo gorišča  $F$  na premi  $DC$  moremo določiti tako-le:

Ako zaznamenuje  $EG \parallel CD$  (slika 119.) vpadajoč solnčni trak,  $GF$  pa odbit trak, je

$\sphericalangle EGC = \sphericalangle CGF$  in  $\sphericalangle EGC = \sphericalangle GCF$  (izmenična kota), torej je trikotnik  $FCG$  enakokrak in  $GF = FC$ . Ako je  $GE$  blizu osi  $DC$ , smemo tudi  $GF$  in  $DF$  smatrati približno jednaki. Iz tega sledi:

Vzporedno z osjó vpadajoči svetlobni traki se sečejo, ko so bili na zrcalu odbiti, v jedni točki, v gorišči, katero razpolavlja polumer zrcala. . . . 1.)

Postaviš li gorečo svečo ali kak drug majhen svetel predmet v gorišče  $F$ , ter prestrezaš li na zrcalu odbite svetlobne trake, najdeš jih z osjó vzporedne.

Iz gorišča na jamasto zrcalo prihajajoči svetlobni traki se odbijajo na zrcalu v takih merih, da so po odboji z optično osjó vzporedni. . . . 2.)

Poskus: Pravokotno na os postavi med točkama  $F$  in  $C$  gorečo svečo, pred zrcalom pa premikaj prosojen papirnat zaslon v taki meri, da prestreza iz sveče izhajajoče, a na zrcalu odbite svetlobne trake. — V določeni razdalji od zrcala dobiš na tem zaslonu večjo in vzvrtno sliko goreče sveče. —

Z načrtovanjem se najlaže prepričaš, kako je nastala ta slika. — Vzemi, da je  $AB$  (slika 121.) svetel predmet stoječ pred zrcalom  $VW$ . — Slika točke

$A$  mora ležati na glavnem traku  $AC$ , ker se ta odbija v svoji meri, in sicer na ónem mestu, kjer se stičeta svetlobni trak  $AC$  in še drug iz točke  $A$  prihajajoč, a na zrcalu odbit trak. Trak  $Ae \parallel Co$  se odbija (po 1.) skozi gorišče  $F$  ter seče po

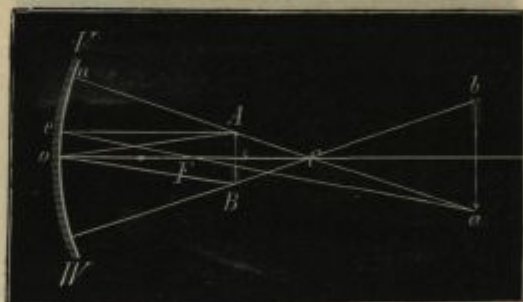
odboji trak  $AC$  v točki  $a$ . V tej točki se stičejo tudi vsi drugi iz točke  $A$  prihajajoči, a na zrcalu odbiti svetlobni traki; torej je  $a$  slika točke  $A$ . Iz istega uzroka je  $b$  slika točke  $B$ . Slike drugih predmetovih točk sledé isto tako, kakor sledé točke na predmetu druga drugi.  $ab$  je torej slika predmeta  $AB$ ; večja je nego predmet  $AB$ , vzvrtna in od zrcala bolj oddaljena nego točka  $C$ .

Svetel predmet stoječ med goriščem in središčem jamastega zrcala daje za goriščem večjo in vzvrtno sliko. . . . 3.)

Ta slika se imenuje objektivna ali fizična, ker se dá na papirji prestrezati. Na zrcalu odbiti svetlobni traki se v točkah te slike v resnici stičejo.

Isto tako se prepričaš s poskusi o pravosti teh zakonov:

Slika 121.



Slika v središče jamastega zrcala postavljenega svetlega predmeta leži tudi v središču, vzvrtna je in ravno tolika, kolik je predmet. . . . 4.)

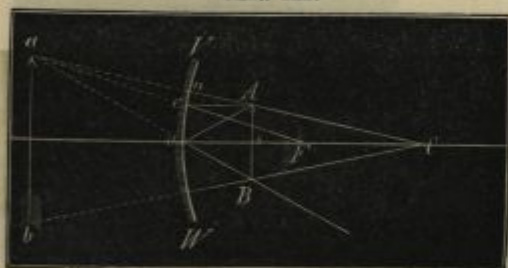
Svetel predmet, kateri je od zrcala bolj oddaljen nego zrcalovo središče, daje med goriščem in središčem vzvrtno in zmanjšano sliko. . . . 5.)

Čim bolj oddaljuješ predmet od zrcala, tem bolj se zmanjšuje njegova slika in tem bolj se bliža gorišču.

Svetel predmet stoječ med goriščem in zrcalom daje zadaj za zrcalom povečano in po konci stoječo sliko. . . 6.)

Ta slika se ne dá prestrezati, torej je le geometrijska ali navidezna. Z načrtovanjem dobivaš to sliko tako-le:

Slika 122.



Vzemi, da je  $AB$  (slika 122.) svetel predmet, stoječ med zrcalom  $VW$  in med goriščem  $F$ , in da zaznamuje  $C$  središče zrcala. Glavni trak  $AC$  se odbija v svoji meri, vzporedno z osjo vpadajoči trak  $Ae$  se od-

bija skozi gorišče  $F$ . Ta dva odbita svetlobna traka se sečeta zadaj za zrcalom, ako ju le zadosti podaljšaš. Slika točke  $A$  mora biti torej v točki  $a$  zadaj za zrcalom. Iz istega uzroka je  $b$  slika točke  $B$  in  $ab$  slika predmeta  $AB$ .

Dokaži vse navedene zakone z načrtovanjem in preiskuj, kako se menjavata veličina in leža slike, ako jemlješ svetel predmet v različnih razdaljah od zrcala! — Kako moreš praktično najti daljino gorišča in polmer jamastega zrcala? —

Z načrtovanjem se prepričaš, da se sečejo vzporedno na jamasto zrcalo vpadajoči, a na zrcalu odbiti svetlobni traki v jedni točki, v gorišču, le takrat, ako vpadajo na zrcalo blizu njegovega optičnega središča. Ob robu zrcala vpadajoči vzporedni svetlobni traki sečejo po odboji os v točkah, ki leže bliže zrcala nego gorišče. Pri precej širokih jamastih zrcalih ne moremo prav za prav govoriti o gorišču kakor točki, ampak o goriškem prostoru (*Brennraum*). Iz tega pa sledi, da narejajo precej široka jamasta zrcala nekoliko zmedene slike, ker so slike predmetovih točk majhne ploskve, ki se deloma krijejo.

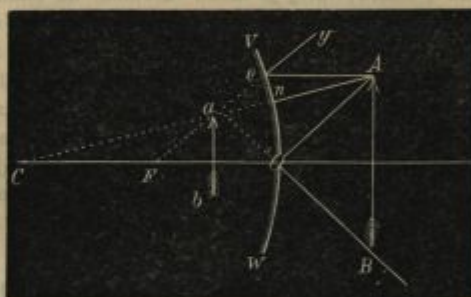
Jamasta zrcala uporabljamo: da majhne predmete povečujemo (pri drobno-gledih), da kak majhen prostor razsvetljujemo, da užigamo lahko gorljive reči i. t. d.

II. Izbočeno zrcalo. Poskus: Gledaš li v izbočeno zrcalo, n. pr. v stekleno kroglo, ki je znotraj obložena z cinkovim amalgamom, vidiš v njem po konci stoječe in zmanjšane slike ónih predmetov, kateri stojé pred zrcalom. Od zrcala bolj oddaljeni predmeti dajejo manjše in od zrcala bolj oddaljene slike nego blizu zrcala stoječi predmeti.

Solnce daje v izbočenem zrcalu jasni točki jednako sliko, katera je izmed vseh slik od zrcala najbolj oddaljena. — Na zrcalo vpadajoči vzporedni svetlobni traki odbijajo se na zrcalu tako, da se stičejo po odboji njih podaljški v točki ležeči zadaj za zrcalom. To točko imenujemo navidezno ali geometrijsko gorišče izbočenega zrcala. Gorišče razpolavlja polumer zrcala.

Vzemimo, da je  $VW$  (slika 123.) kroglin odsek, lesk in uglajen na zunanjem, izbočenem površji, in da je  $AB$  svetel predmet pred njim. Iz točke  $A$  v meri preme  $AC$  prihajajoči svetlobni trak vpada na zrcalo pravokotno, torej se odbija v svoji meri. Vzporedno z osjó  $OC$  vpadajoči svetlobni

Slika 123.



trak  $Ae$  se odbija v meri  $ey$ ; prema  $ey$  seče zadaj za zrcalo podaljšana isto tako podaljšan glavni trak v točki  $a$ . Točka  $a$  je slika točke  $A$ . — Iz istih uzrokov je  $b$  slika točke  $B$  in  $ab$  slika celega predmeta  $AB$ .

Slika  $ab$  je navidezna, leži med točkama  $F$  in  $O$ , in sicer je zrcalu bliže, ako je predmet bliže zrcalu in obratno.

Dokaži na podoben način, kakor pri jamastem zrcalu, da razpolavlja gorišče  $F$  polumer  $OC$ , ako vpadajo z osjó vzporedni svetlobni traki blizu točke  $O$ !

Izbočena zrcala razpršujejo vzporedne svetlobne trake, imenujejo se torej časi tudi razmetna zrcala (*Zerstreuungsspiegel*).

Zrcala morejo biti, kakor se razume samo ob sebi, tudi valjasta, stožkovita i. t. d. Valjasta zrcala dajejo v meri valjeve osl jednako velike slike, kakor je predmet, v širini pa zmanjšane slike, ker so v tej meri prav za prav izbočena zrcala.

§ 160. **Nepravilni odboj svetlobe. Razmet svetlobe** (*Unregelmässige Reflexion des Lichtes. Zerstreung des Lichtes*). Površje hrapavih teles je sestavljeno iz brezštevilno, razno naklonjenih malih ravnin; svetlobni traki vpadajoči na taka telesa se ne odbijajo več pravilno. Vsak snopič vzporedno vpadajočih svetlobnih trakov se razpršuje na vse strani v isto toliko odbitih trakov, katerih vsak záse prav slabo sveti. Tak odboj svetlobe se imenuje razmet. Pri hrapavih ploskvah ne morejo nastajati slike predmetov, razpršena svetloba pa dela posamezne dele površja vidne.

Po polnem gladke ploskve bi ne mogli videti, ker bi vso svetlobo odbijala pravilno. Takih ploskev vendar ni. Zrcala še toliko uglajena imajo, če tudi le brezkončno male, jamice in grbe, na katerih se svetloba razpršuje ter dela zrcala vidna.

V zraku plavajoč prah nam dela solnčne svetlobne trake vidne. Solnčna svetloba se razpršuje tudi na zračnih molekulih, meglenih mehurčkih in prašnih delih v zraku; torej je lahko razvidno, da imamo razsvetljene tudi prostore, v katere solnčna svetloba neposredno ne dohaja. Jutranje in večerno svitanje ima uzrok v razmetu solnčne svetlobe v višjih zračnih plastéh. Zjutraj, ko je solnce še pod obzorom, in zvečer, ko je že zatonilo, dohajajo njegovi traki v višje zračne plasti ter se na teh na vse strani razpršujejo. Ta razpršena svetloba dela nam zgornje zračne plasti vidne. Svitanje neha, ali se začenja, ko je solnce  $18^\circ$  pod obzorom. Na ravniku je svitanje najkrajše, proti tečajema pa traja več časa. Po letu traja svitanje v naših krajih skoro vso noč; meseca marca in oktobra pa le dve uri.

### 3. Lom svetlobe.

§ 161. **Zakoni, po katerih se svetloba lomi** (*Gesetze der Brechung des Lichtes*). Svetloba prehajajoča iz jednega sredstva v drugo, deli se na površji novega sredstva v dva dela; jeden del se odbija po zakonih, kateri so nam že znani, drugi del pa prehaja v novo sredstvo. — Koliko svetlobe v novo sredstvo prehaja, zavisi od tega, ali je to bolj ali menj prozorno in bolj ali menj gosto. Vsako telo vsrkava nekoliko v njem šireče se svetlobe, in sicer tem več, čim debelejšje je. Navadno neprozorna telesa vsrkavajo tekój v prvih plastéh vso nánja padajočo svetlobo; prozorna jo propuščajo, če tudi nekoliko oslajeno.

Na površji novega sredstva v to prehajajoči svetlobni traki menjajo sploh tudi svojo mer; to prikazen zovemo lom svetlobe.

Kako se svetloba lomi, kaže ta-le poskus:

Polukrožna posoda (slika 124.) ima steno *ab* neprozorno, v središči polukroga je prirejena in s stekleno ploščico zakrita ozka

špranjica. Polukrog je razdeljen na ločne stopinje in središče polukroga zaznamenovano z  $O$ . — Posodo napolni do polovice z vodo in spusti skozi špranjo snopič solčnih trakov, tako da jih vpada nekoliko na vodo, nekoliko pa jih gre po zraku. Na razdeljenem polukrogu vidiš razsvetljeni dve mesti, jedno ( $60^\circ$ ) je razsvetljeno od trakov prihajajočih skozi zrak, drugo ( $40^\circ$ ) je razsvetljeno od trakov prihajajočih skozi vodo. Skozi vodo prihajajoči svetlobni traki so izpremenili svojo mer, lomili so se.

Vzemimo, da je  $n$  (slika 125.) vpadišče iz zraka na vodo vpadajočega svetlobnega traka  $ln$ , ter da ima ta trak v vodi mer  $ns$ .

Prema  $dn$  stoječa v padišči pravokotno na površji novega sredstva je vpadna navpičnica, kot  $i$ , katerega oklepata vpadni trak in navpičnica, je vpadni kot, kot  $r$ , katerega oklepata trak  $ns$  in vpadna navpičnica, je lomni kot (*Brechungswinkel*), trak  $ns$  pa lomljen trak (*gebrochener Strahl*); ravnina  $lnd$  je vpadna ravnina (*Einfallsebene*), ravnina  $snf$  lomna ravnina (*Brechungsebene*). — Ako je lomni kot manjši od vpadnega, pravimo, da se svetloba lomi proti vpadni navpičnici (*zum Einfallslothe*); ako je lomni kot večji od vpadnega, lomi se svetloba od vpadne navpičnice (*vom Einfallslothe*). — Pri gori popisanem poskusu znaša vpadni kot  $60^\circ$ , lomni kot  $40^\circ$ . V vodi se lomi svetloba proti vpadni navpičnici. — Sploh velja pravilo: Svetlobni traki se lomijo proti vpadni navpičnici, ako prehajajo iz redkejšega sredstva v gostejše; od vpadne navpičnice pa se lomijo, ako prehajajo iz gostejšega sredstva v redkejše.

Vender je tudi nekoliko izjem, posebno pri gorljivih tvarinah. N. pr. olje, vinski cvet, terpentinsvo olje so redkejši od vode, pa vender lomijo svetlobo bolj nego voda.

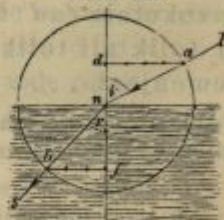
Ako pri poskusu (slika 124.) posodo toliko zasukneš, da razsvetljujejo skozi zrak idoči svetlobni traki točko  $O$ , razsvetljujejo skozi vodo idoči traki ravno isto točko.

Pravokotno na površje novega sredstva vpadajoči svetlobni traki se ne lomijo, ampak imajo v novem sredstvu isto mer.

Slika 124.



Slika 125.





Ako posodo tako sukáš, da se vpadni kot svetlobe menjava, menjava se tudi lomni kot; ako je postal prvi večji, povečal se je tudi drugi in obratno.

Svetloba se lomi po teh dveh zakonih:

Lomljen trak ostaje v vpadni ravnini. . . . 1.)

Napišeš li iz vpadišča  $n$  (slika 125.) s poljubnim polumerom krog, kateri seče vpadni in lomljen trak v točkah  $a$  in  $b$ , in potegneš li iz teh točk na vpadno navpičnico pravokotnici  $ad$  in  $bf$ , ostane razmerje teh pravokotnic ( $ad : bf$ ) neizpremenjeno, naj si bode vpadni kot tolik ali tolik, ako ostaneta sredstvi svetlobe neizpremenjeni. . . . 2.)

Prehaja li svetloba iz zraka v vodo, znaša to razmerje  $\frac{4}{3}$ ; prehaja svetloba iz zraka v steklo, znaša pa  $\frac{3}{2}$  i. t. d.

Da se svetloba prehajajoča iz vode v zrak tudi lomi, kaže ta-le poskus: V posodo z neprozornimi stenami polóži denar  $a$  (slika 126.), oko pa nastavi

pri  $O$ , tako da denarja ne moreš videti. Naliješ li v posodo vode, postane ti denar tekój viden. — Od denarja prihajajoči svetlobni trak  $ab$  se lomi na površji vode od vpadne navpičnice ter prihaja v tvoje oko v meri preme  $bo$ . —

Ako držiš leseno palico v mirni vodi pošev, tako da nekoliko iz vode moli, in ako gledaš na palico od strani, dozdeva se ti, da je palica na površji vode zlomljena. Kako pojasnjuješ to prikazen? — Imenuj še druge podobne prikazni! —

Slika 126.



Astronomijski lom svetlobe (*astronomische Strahlenbrechung*). Zrak je navzgor redkejši. Svetlobni traki prihajajoči od svetlih nebeskih teles se lomijo na svoji poti proti zemlji vsakikrat proti vpadni navpičnici, ko prehajajo iz menj gostih zračnih plastij v gostejše.

Nasledek tega loma je ta, da vidimo nebeska telesa nekoliko bliže svojega temenišča nego so v resnici. Telesa stoječa v našem temenišču vidimo onđu, kjer so v resnici, ker svetlobni traki na posamezne plasti navpično vpadajo ter se ne lomijo. Druga nebeska telesa pa so proti temenišču tem bolj vzdignena, čim bliže so obzoru. — Dokaži to z načrtovanjem! — Astronomijski lom svetlobe podaljšuje nam dan približno za 4—6 minut.

Ako je zrak nemiren, lomijo se svetlobni traki v vedno novih merih, kar ima za posledek, da se nam predmeti dozdevajo nemirni, tresóči.

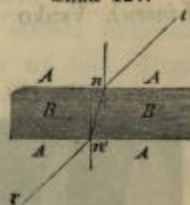
Prikazni svetlobnega loma pojasnjujemo z razno hitrostjo svetlobe v posameznih prozornih telesih. V telesih, katera lomijo svetlobo proti vpadni navpičnici, ima svetloba manjšo hitrost nego v ónih, katera jo lomijo od vpadne navpičnice.

§ 162. **Popolni odboj svetlobe** (*totale Reflexion*). Poskus: V temni sobi napelji s pomočjo ravnega zrcala snopič solnčnih trakov proti štirioglati posodi, polni vode, toliko pošev od spodaj navzgor, da vpadajo na gladno vode približno v kotu  $49^\circ$ . Ako si vodi primešal nekoliko kredinega prahu, postane ti pot solnčnih trakov v vodi vidna. Ako gledaš od zgoraj na površje vode, ne vidiš solnčne svetlobe v nobeni meri, kar kaže, da ne izstopa čez gladno iz vode. Nasprotno pa vidiš vodo razsvetljeno proti drugi strani posode, kar kaže, da se vsa svetloba na površji vode odbija.

Svetlobni traki se lomijo na poti iz vode v zrak od vpadne navpičnice, lomni kot je večji od vpadnega. Ako vpadni kot povečujemo, rasti mora tudi lomni kot, in na vsak način najdemo tolik vpadni kot, da je njemu pripadajoč lomni kot enak  $90^\circ$ . Za vsak večji vpadni kot moral bi biti lomni kot večji nego  $90^\circ$ , kar je nemogoče. Svetloba se potem več ne lomi, ampak po polnem ali vsa odbija v prvo sredstvo nazaj. Vpadni kot, pri katerem je pripadajoč mu lomni kot prav kot, imenuje se mejni kot (*Grenzwinkel*), ker tvori mejo med lomom in popolnim odbojem svetlobe.

§ 163. **Lom svetlobe v sredstvih, z vzporednimi ploskvami omejenih.** Vzemimo, da je  $BB$  (slika 127.) prozorna plošča, omejena z vzporednima ploskvama  $AA$ , in da je gostejša od zraka. Vpadajoči svetlobni trak  $ln$  se lomi pri  $n$  proti vpadni navpičnici, pri  $n'$  pa od vpadne navpičnice. Vpadni kot pri  $n'$  je enak lomnemu kotu pri  $n$  (ker sta izmenična kota), torej se mora izstopivši trak  $n'l'$  pri  $n'$  toliko odkloniti od vpadne navpičnice, kolikor se je pri  $n$  tej priklonil; ali  $ln \parallel n'l'$ . Gledajoči pošev skozi steklene plošče vidimo predmete nekoliko v stran potisnene, vendar ostane jih medsebojna leža neizpremenjena. — Gledajoči skozi tanko prozorno ploščo, navadno še ne čutimo, da vidimo predmete nekoliko v stran potisnene.

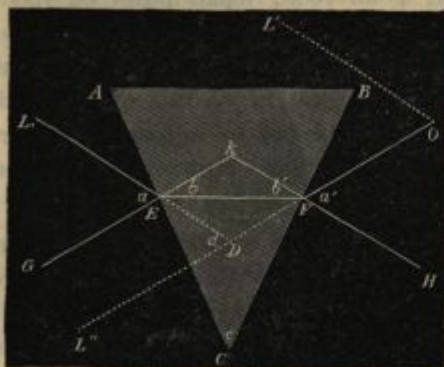
Slika 127.



§ 164. **Lom svetlobe v prizmah.** Vsako prozorno telo, ki je omejeno od dveh naklonjenih ravnih ploskev, imenujemo optično prizmo. Navadno dajemo optičnim prizmam obliko tristranih geome-

trijskih prizem  $ABC$  (slika 128.) in jih prirejamo od stekla. Naklonski kot ravnin  $AC$  in  $BC$  (kot  $c$ ) se imenuje loméči kot (*brechender Winkel*) in rob  $C$ , v katerem se ravnini stičeta, loméči rob (*brechende Kante*).

Slika 128.



Ako gledaš skozi tako prizmo, vidiš predmete proti lomečemu robu premaknene.

Vzemimo, da je  $LE$  na ravnino  $AC$  vpadajoči svetlobni trak. Ako potegnemo  $Gk$  pravokotno na  $AC$ ,  $a$  je vpadni kot in  $b$  lomni kot. Lomljen trak ima v prizmi mer  $EF$ ; pri  $F$  v zrak prihajajoč se odkloni od vpadne navpičnice  $Hk$ , da ima mer  $FO$ . Oko v točki  $O$  vidi točko  $L$  v meri preme

$OL'$ . V prizmo prihajajoči in iz nje odhajajoči svetlobni trak oklepata kot  $LDL'' = L'OL''$ , katerega imenujemo odklonski kot ali prizmatični odklon (*Deviations- oder Ablenkungswinkel*).

Izkušnja, isto tako tudi račun, učita, da odklanjajo prizme svetlobne trake v večji meri, ako imajo večje lomeče kote, in da je kolikost odklonskega kota zavisna tudi od tvarine, od katere je prizma.

§ 165. **Kroglaste** ali **sferične leče** (*Kugel- oder sphärische Linsen*). Vsako prozorno telo, omejeno od dveh kroglastih, ali od

jedne kroglaste in jedne ravne ploskve, imenuje se leča. Leče v sredini debelejše nego ob robih so izbočene ali zbiralne (*Convex- oder Sammellinsen*); leče v sredini tanše nego ob robih so jamaste ali razmetne (*Concav- oder Zerstreungslinsen*) (slika 129.)

Slika 129.



Izbočene leče so:

1.) Dvojnoizbočena (*biconvex*)  $a$ , omejena od dveh kroglastih ploskev, kateri obračata navzven izbočeni strani; 2.) ravn o izbočena (*planconvex*)  $a'$ , omejena od jedne

ravne in jedne kroglaste ploskve; 3.) jamastoizbočena (*conca-convex*)  $a''$ , omejena od jedne izbočene, in jedne jamaste ploskve; izbočena ploskev je bolj ukrivljena nego jamasta.

Jamaste leče so:

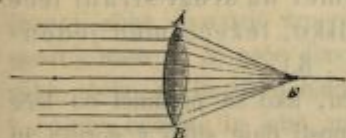
1.) Dvojnjamasta (*biconcav*)  $b$ , omejena od dveh kroglastih ploskev, kateri obračata navzven jamasti strani; 2.) ravnojamasta (*planconcav*)  $b'$ , omejena od jedne ravne in jedne jamaste ploskve; 3.) izbočenojamasta (*convexconcav*)  $b''$ , omejena od jedne izbočene in jedne jamaste ploskve; jamasta je bolj ukrivljena nego izbočena.

Prema idoča skozi središči mejnih ploskev se zove lečina os (*Axe der Linse*); točka na osi od obeh mejnih ploskev jednako oddaljena je optično središče leče (*optischer Mittelpunkt der Linse*).

### § 166. Lom svetlobe v izbočenih ali zbiralnih lečah.

Poskus: Lečo  $AB$  (slika 130.) drži proti solncu, tako da vpadajo solnčni traki nánjo vzporedno z njeno osjó. Na drugi strani leče pa premikaj papirnat zaslon. Zadaj za lečo najdeš mesto, v katerem dobiš točki podobno, zelo svetlo sliko solнца. V bolj oddaljenih ali leči bolj bližnjih mestih nego je to, razsvetljen je zaslon v večjem krogu. V točki  $F$ , v kateri

Slika 130.



se solnčni traki, prihajajoči iz leče, stičejo, je tudi največja toplota; lahko gorljive reči, n. pr. kresilna goba, žveplenke i. t. d., se užigajo. Točka  $F$  se imenuje gorišče (žarišče, *Brennpunkt*); njena razdalja od lečinega središča pa daljina gorišča (*Brennweite*).

Ker moremo zdaj to, zdaj óno stran proti solncu obračati, razvidno je, da ima vsaka leča dve gorišči: jedno na levi, drugo na desni strani; obé imata isto daljino.

Izbočena leča lomi vzporedno z njeno osjó nánjo vpadajoče svetlobne trake v takih merih, da se na drugi strani leče sečejo v jedni točki — v gorišči. . . . 1.)

Poskus: Ko si na tak način določil ležo gorišča, postavi v temni sobi v jedno gorišče gorečo svečo, zadaj za lečo pa papirnat zaslon. Zaslon je v raznih razdaljah za zaslonom v jednako velikem krogu razsvetljen; iz leče prihajajoči svetlobni traki so torej vzporedni.

Iz svetle točke v gorišči skozi lečo prehajajoči svetlobni traki izstopajo iz njé z osjó vzporedno. . . . 2.)

Leča lomi vsak nánjo vpadajoči svetlobni trak dvakrat, pri vstopu proti vpadni navpičnici, pri izstopu od vpadne navpičnice. Polumeri mejnih ploskev so ob jednom tudi vpadne navpičnice. — Načrtaj pot vzporedno z osjó vpadajočih trakov!

Za druge poskuse služi ta-le priprava: Na deski, v centimetre razdeljeni (slika 131.), postavljeni so po vrsti: goreča sveča, izbočena leča in papirnat zaslon. Ko si s pomočjo solnčnih trakov določil daljino gorišča, moreš s to pripravo dokazati tudi te-le zakone:

Slika 131.



Ako je razdalja svetlega predmeta večja nego dvakratna daljina gorišča, daje predmet na drugi strani leče vzvrtno in zmanjšano fizično sliko, ležečo med jeden- in dvakratno daljino gorišča. . . . 3.)

Slika se zmanjšuje in bliža gorišču, ako se predmet od leče oddaljuje. Predmet v neskončni oddaljenosti daje sliko v gorišči in sicer je slika le točka.

V dvakratni daljini gorišča stoječ predmet daje na drugi strani leče v isti razdalji vzvrtno fizično in isto toliko sliko. . . . 4.)

Ako je razdalja svetlega predmeta od leče manjša nego dvakratna daljina gorišča in večja nego jedenkratna, njegova slika je na drugi strani leče povečana, vzvrtna, fizična in v večji razdalji, nego je dvakratna daljina gorišča. . . . 5.)

Slika postaja vedno večja in se od leče bolj oddaljuje, ako se predmet bliža gorišču; stoji li predmet v gorišči, leži njegova slika v neskončni oddaljenosti, iz leče prihajajoči svetlobni trakovi so vzporedni.

Predmet stoječ med goriščem in lečo daje na isti strani po konci stoječo, povečano in geometrijsko sliko. . . . 6.)

Čim bliže leči je predmet, tem manjša in tem bliže leči je njegova slika.

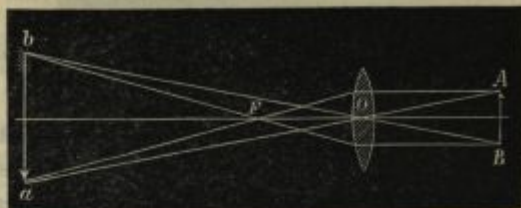
O pravosti navedenih zakonov se uverimo lahko tudi z načrtovanjem. Vzemimo dvojnoizbočeno lečo  $O$  (slika 132.) in pred njo pravokotno na osi stoječ predmet  $AB$ , in recimo, da je  $F$  gorišče leče. Da določimo sliko točke  $A$ ,

treba je preiskovati pot najmenj dveh iz nje izhajajočih svetlobnih trakov. Svetlobni trak, na lečo prihajajoč v smeri preme  $AO$ , vpada na lečo v tako majem kotu, da ga smemo smatrati za pravokotno vpadajočega. Torej se

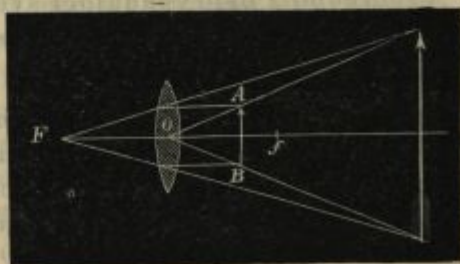
na desni mejni ploskvi ne lomi; iz istega uzroka se ne lomi tudi na drugi strani leče. — (Svetlobni traki meroči skozi središče leče se torej v njej ne lomijo, imenujejo se glavni traki.) Drugi iz točke  $A$  prihajajoč svetlobni trak, kateri je zelo pripraven za določevanje slike, je z osjo vzporedno vpadajoč; ta meri prihajajoč iz leče skozi gorišče  $F$  in seče glavni trak  $AO$  v točki  $a$ . Točka  $a$  je torej slika točke  $A$ , in sicer fizična slika, ker se svetlobna traka v njej v resnici sečeta. Iz istih uzrokov je  $b$  slika točke  $B$  in  $ab$  slika predmeta  $AB$ .  $ab$  je večja nego  $AB$  in leži izven dvakratne daljine gorišča. — Ko bi bil  $ab$  svetel predmet, bila bi  $AB$  njegova slika. (Zakaj?)

Vzemimo, da je svetel predmet  $AB$  (slika 133.) leči  $O$  bliže nego gorišče  $f$  in da sta  $F$  in  $f$  gorišči leče. Jednako postopaje, kakor poprej, dobimo na tisti strani leče, kjer je predmet, večjo in po konci stoječo sliko. Glavni trak  $AO$  in vzporedno z osjo vpadajoč trak se po izstopu iz leče ne sečeta na levi strani, ampak le njijina podaljška na desni. Slika je torej geometrijska ter se ne dá prestrezati.

Slika 132.



Slika 133.



Navedeni zakoni so veljavni za vse tri izbočene leče; vendar daljine gorišč niso pri vseh treh lečah jednake, čeravno so polumeri mejnih ploskev jednaki. Največjo daljino gorišča ima jamastoizbočena in najmanjšo dvojnoizbočena leča. Izbočene tri leče se imenujejo zbiralne, ker vzporedno vpadajoče svetlobne trake zbirajo v gorišči.

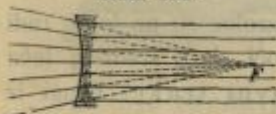
Dokaži pravost navedenih zakonov pri vseh treh lečah za razne leže predmeta z načrtovanjem!

Zbiralne leče rabimo za zažigalna in povečalna stekla, in za veliko vrsto optičnih orodij, o katerih bomo pozneje govorili.

### § 167. Lom svetlobe v jamastih ali razmetnih lečah.

Poskus: Dvojnojamasto lečo (slika 134.) postavi proti solncu tako, da vpadajo solnčni trakovi nánjo vzporedno z njeno osjó. Za lečo pa premikaj papirnat zaslon. Iz leče prihajajoči svetlobni traki razsvetljujejo zaslon v vedno večjih krogih, ako ga od leče oddaljuješ; razsvetljena ploskev na zaslonu ima v središči najmanjšo, ob obodu največjo svetlost. Iz tega je razvidno, da izstopajo

Slika 134.



svetlobni traki iz leče razhodno in da imajo takšno mer, kakor bi prihajali iz svetle točke  $F$  ležeče pred lečo. Točka  $F$  se imenuje razmetišče (*Zerstreuungspunkt*) ali umišljeno gorišče (*imaginärer Brennpunkt*); njena razdalja od središča leče je daljina razmetišča ali gorišča.

Tudi ta leča ima dve jednako od središča oddaljeni gorišči, ker moreš vsako stran obračati z istim vspehom proti solncu.

Vzporedno z osjó vpadajoči svetlobni traki se lomijo v dvojnojamasti leči, tako da izstopajo v merih, kakor bi prihajali iz gorišča pred lečo.

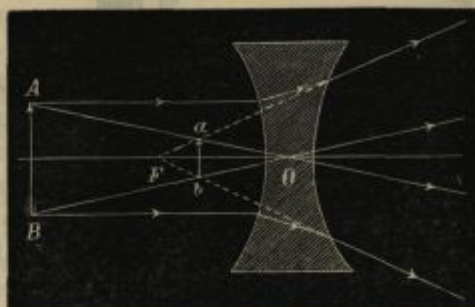
Poskus: Ako gledaš skozi dvojnojamasto lečo kak večji predmet, vidiš ga na isti strani, kjer je v resnici, zmanjšanega, po konci stoječega in leči nekoliko bliže. Z načrtovanjem dobiš prav lahko slike, katere narejajo jamaste leče. — Vzemi, da je  $AB$  svetel predmet pravokotno na osi stoječ pred lečo  $O$  (slika 135.) Trak  $AO$  je glavni trak ter se v leči ne lomi. Vzporedno z osjó  $FO$  vpadajo trak izstopa iz leče v meri, kakor bi prihajal iz gorišča  $F$ , njegov podaljšek pa seče glavni trak v točki  $a$ , katera je slika točke  $A$ . — Iz istih uzrokov je  $ab$  slika predmeta  $AB$ , manjša, po konci stoječa, navidezna ter bližnja leči nego gorišču.

To, kar smo povedali o dvojnojamasti leči, velja tudi o drugih dveh jamastih lečah.

Zakaj imenujemo jamaste leče tudi razmetne leče? — Pokaži z načrtovanjem, kako lomi katera koli jamastih leč na njo vpadajoče svetlobne trake! — Načrtaj slike predmetov za vse tri razmetne leče in preiskuj, katera nareja najbolj zmanjšane slike! —

Preiskuj z načrtovanjem, kako se izpreminjata veličina in leža slike pri isti leči, ako se predmet leči bliža ali od njé oddaljuje!

Slika 135.



§ 168. **Sferični odklon leč** (*sphärische Abweichung der Linsen*). Ker so mejne ploskve leč kroglaste, ne vpadajo vsi iz jedne točke na lečo prihajajoči svetlobni traki v istem vpadnem kotu; vpadni koti ob robih vpadajočih trakov (robnih trakov) so večji nego vpadni koti blizu središča vpadajočih (srediških trakov). Iz tega sledi, da leča robne trake bolj lomi nego središke, in da se pri zbiralnih lečah robni traki sečejo bliže središča nego drugi. Slika točke po tem ni več točka, ampak majhen krog. To prikazen, katera ima svoj uzrok v kroglasti ali sferični obliki leč, imenujemo sferični odklon ali razsip z okroglosti. Zaradi tega odklona slike predmetov niso po polnem razločne, ker se krožne slike posameznih točerk deloma krijejo. Gorišče prav za prav tudi ni točka, ampak majhna ploskev.

Sferični odklon se dá nekoliko odstraniti, ako postavimo pred lečo zaslonko (*Diaphragma, Blendung*), t. j. neprozoren obroč, kateri robnih trakov do leče ne propušča. Sferični odklon se dá tudi s tem zmanjšati, da se polumera leče primerno izbereta. Jamastoizbočene leče, katerih izbočena stran je obrnena proti predmetu, imajo prav majhen odklon, torej narejajo najbolj razločne slike.

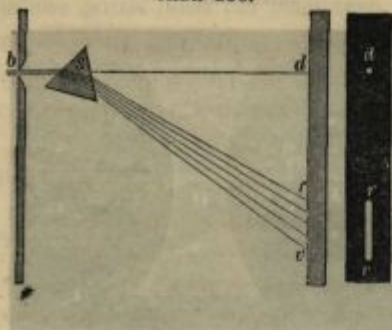
Dokaži z natančnim načrtovanjem, da vpadajo robni svetlobni traki v večjih kotih, in preiskuj ležo točerk, v katerih se sečejo iz leče prihajajoči svetlobni trakovi!

#### 4. Razkroj svetlobe v njene sestavine.

§ 169. **Spektrum.** Poskus: V drugače po polnem temno sobo spusti s pomočjo ravnega zrcala (heliostata) skozi malo špranjico *b*



Slika 136.



(slika 136.) snopič solčnih tra-  
kov. Na zaslonu, špranjici na-  
sproti postavljenem, dobiš malo  
liso  $d$ . Ako solčne trake pre-  
strežeš s prizmo  $s$ , odklanja  
prizma svetlobne trake na-  
vzdol, namesto lise  $d$  pa vidiš  
na zaslonu med  $r$  in  $e$  krasno  
barvano, raztegneno sliko. V  
tej barvani sliki, katero ime-  
nujemo spektrum ali šar,  
razločujemo po vrsti barve:

rudečo, pomarančasto, rumeno, zeleno, svetlomodro,  
temnomodro in vijoličasto. Te barve, imenujemo jih skupno  
prizmatične ali spektralne (*prismatische oder Spectralfarben*),  
niso ločene druga od druge, ampak prehajajo postopno druga v  
drugo. Prvobitni meri solčnega traka najbliže je rudeča, najbolj od  
te odklonjena pa vijoličasta. Rudeča barva je torej najmenj, vijoli-  
časta najbolj lomljiva.

Poskus: Na zaslonu, s katerim prestrežeš spektrum, naredi  
majhno špranjico; potem pa postavi zaslon tako, da propušča le  
rudeče svetlobne trake. Prestrežeš li te trake zadaj za zaslonom z  
drugo prizmo, ne dobiš več novega spektra; druga prizma odklanja  
le rudeče svetlobne trake nekoliko v stran. — Isto najdeš, ako pre-  
strežeš z drugo prizmo katerokoli prizmatičnih barv. — Prizma-  
tične barve se ne dajo dalje razkrajati, torej jih imenujemo  
jednostavne (*einfach, homogen*).

Poskus: Med prizmo in zaslon postavi zbiralno lečo  $l$  (slika 137.),  
da zbere vse barvene trakove v točki  $f$ . S tem postane točka  $f$  zopet  
bela. — Iz teh treh poskusov  
torej sledi:

Slika 137.



Bela solčna svetloba  
je sestavljena iz raznih  
barv, v katere se dá raz-  
krajati, ako se lomi v  
prizmah. . . . 1.)

Prizmatične barve (sestavine bele svetlobe) so jedno-  
stavne in razno lomljive; največja lomljivost pripada  
vijoličasti, najmanjša pa rudeči. . . . 2.)

Prizmatične barve se dajo združiti zopet v belo svetlobo. . . . 3.)

Jemlješ li pri prvem poskusu prizme od iste tvarine pa z različnimi lomečimi koti, vse drugo pa pustiš neizpremenjeno; dobivaš širje spektre, ako ima prizma večji lomeč kot. Prizme od različnih tvarin in z enakimi lomečimi koti narejajo različno široke spektre. Prizme od svinčenega ali flintovega stekla (*Flintglas*) narejajo širje spektre nego prizme od vapnenega ali kronskega stekla (*Crown-glas*).

Učeci se zakone o zvoku smo slišali, da zavisi višina tonov jedino le od števila tresajev v jedni sekundi. Na podoben način si pojasnjujemo različne barve. Število etrovih tresajev v jedni sekundi je različno barvanim svetlobnim trakom različno. Natančni računi in merjenja kažejo, da stori eter v rudeče barvanem svetlobnem traku v sekundi približno 400 bilijonov tresajev, v vijoličasto barvanem pa približno 700 bilijonov tresajev.

Fraunhoferjeve črte. Ako narediš pri prvem poskusu tega paragrafa špranjo *b* zelo ozko in postaviš prizmo z lomečim robom vzporedno s špranjo, zaslon pa oddaljš od prizme 2 do 3 metre, dobiš prizmatične barve bolj ločene in čiste. Ob jednem pa opazuješ v spektru temne črte, vzporedne z lomečim robom prizme. Te črte so razvrščene v vseh barvah, nekatere so bolj razločne, druge menj, ter se imenujejo Fraunhoferjeve črte (*Fraunhofer'sche Linien*). —

Tudi drugi izvori svetlobe dajejo spektre, vendar so spektri različnih izvorov zelo različni. Razbeljena in sveteča trdna telesa dajejo nepretrgane spektre brez Fraunhoferjevih črt. Sveteči plini, posebno plini od kovin, dajejo spektre sestojede le iz posameznih svetlih črt, katere so potem, kakeršen je izvor svetlobe, raznolomljive. N. pr. plamen vinskega cveta, v katerem je raztopljene nekoliko kuhinjske soli, ima rumeno barvo; spektrum tega plamena sestoji iz dveh po ozki temni črti ločenih črt, in sicer ležita ti barvani črti ravno na istem mestu, kjer je rumena barva solnčnega spektra. Litij daje plamenu lepo rudečo barvo; spektrum tega plamena sestoji iz dveh črt, iz rudeče in rumene, katerih leža v spektru je določena. — Na tak način se dá dokazati, je li se nahaja mala trohica kake kovine plinasto žareča v kakem plamenu. Na to se opira spektralna analiza, katero sta izumila Bunsen in Kirchhoff (l. 1860.)

§ 170. Mešane in komplementarne barve (*Misch- und Complementärfarben*). Poskusi: *a*) Ako pri poskusu slika 137, nekaterim barvam z neprozornim telesom, n. pr. z drobno leseno palico, zaprečiš pot do leče, da jih ni v sliki *f*, slika *f* ni več bela, ampak dobi novo barvo, katera je mešana iz barv, na zaslon prihajajočih. Ako zaprečiš pot rudeči barvi, slika *f* je zelena; ako zaprečiš pot zeleni, združijo se ostale v novo rudečo barvo. — *b*) Ako postaviš pred lečo (slika 137.) prizmo z malim lomečim kotom ( $3-5^\circ$ ), tako da sta lomeča roba obéh prizem vzporedna, dobiš na zaslonu dve sliki, sliko *f* in drugo poleg nje, katera je od male prizme nekoliko v stran odklonjena. Prestreza li druga prizma samo

rudečo barvo, slika *f* je zelena, odklonjena slika pa rudeča. Barvi teh dveh slik imata to posebno svojstvo, da se združujeta ali dopolnjujeta v belo barvo. Dve barvi, kateri dajeta združeni belo barvo, imenujeta se komplementarni ali dopolnilni.

Dopolnilni barvi sta: pomarančasta in svetlomodra, rumena in temnomodra, zelenorumena in vijoličasta i. t. d. Dopolnilne barve druga poleg druge posebno prijajo našim očem.

Vsaka mešana barva se dá s prizmo razkrojiti v njene sestavine. — Zmesi raznih barvil niso po polnem istobarvene, kakeršna je mešana barva istoimenskih prizmatičnih barv, ker niso nikdar toliko čiste.

§ 171. **Barvenost teles** (*Körperfarbe*). Poskus: Na zaslonu (slika 136.) drži na mestih, kjer se kažejo prizmatične barve, rudeč kos papirja. V rudeči barvi vidiš ga rudečega, v drugih pa je ali temen, črn, ali pa menja svojo barvo. Zelen papir ima svojo zeleno barvo le v zelenem oddelku spektra, v drugih je bolj ali menj temen ali črn. Bel papir ima v vsakem oddelku spektra óno barvo, katera nánj vpada; v rudeči je rudeč, v modri moder i. t. d. Črn papir je v vsaki barvi črn, barve na njem so nevidne.

Neprozorna telesa dobivajo svojo posebno barvo vsled tega, da razkrajajo nánja vpadajočo svetlobo ter jo v različni meri razpršujejo. Črna telesa ne odbijajo nobene nánja vpadajoče svetlobe, ampak jo vso vsrkavajo; bela telesa odbijajo solnčno svetlobo v istem razmerji sestavljeno, v katerem nánja vpada. Drugače barvana telesa razkrajajo nánja vpadajočo solnčno svetlobo v njene sestavne barve, nekoliko teh barv vsrkavajo, druge, in sicer óne, v katerih se nam kažejo, pa nepravilno odbijajo. Rudeč pečatni vosek n. pr. odbija le rudečo barvo, vsako drugo pa vsrkava. Razsvetljen z zelenobarvano svetlobo vsrka jo, a ne odbija je, torej je temen, črn. Vsako barvano telo mora menjati svojo barvo, ako je razsvetlino z barvano svetlobo, izvzemši takrat, ko je barvana svetloba istovrstna z njegovo prirodno barvo.

Poskusi: Solnčne trake, kateri prihajajo skozi rudečo stekleno ploščo, prestrezi s prizmo, kakor pri poskusu v sliki 136. Spektrum nima več vseh prizmatičnih barv, ampak le rudečo in morebiti nekoliko pomarančaste. — Solnčno svetlobo, katera prihaja skozi modro stekleno ploščo, najdeš sestojéčo le iz modre in vijoličaste barve. — Svetloba, katera prihaja skozi belo steklo, kaže se isto tako sestavljena, kakor solnčna svetloba sploh.

Prozorna telesa dobivajo svojo barvo s tem, da nekatere prizmatične barve solnčne ali bele svetlobe posrkajo, druge pa propuščajo, in sicer óne, v katerih se nam kažejo.

Prozorno telo je brezbarveno, belo ali vodeno-belo, ako propuša vse prizmatične barve v jednaki meri in sestavi.

Rudeče steklo vsrkava vse druge prizmatične barve, rudečo pa propuša; zeleno steklo propuša zeleno barvo, druge pa vsrkava i. t. d.

Kaj opazuješ, ako gledaš skozi rudeče steklo, za katerim je zeleno? — V kakšni barvi vidiš rudečo rožo, ako jo gledaš skozi zeleno ali rumeno steklo? — Kako pojasnjuješ, da vidiš različne predmete v drugih barvah, ako jih gledaš skozi barvana stekla? —

Nobeno prozorno telo ne propuša vse nánje vpadajoče svetlobe; nekoliko te svetlobe se v vsakem odbija na njegovih molekulih, in sicer različne barve v različnem razmerju. Torej dobiva vsako brezbarveno prozorno telo svojo posebno barvo, ako sestoji iz debele plasti. Tenke plasti destilovane vode so bele, brezbarvene; voda globokih jezër je bolj ali menj blede modra.

Nebeski oblok bi bil ÷rn, ko bi zrak ne vsrkaval nobene svetlobe; vidimo ga pa v modri barvi, torej odbijajo zraèni molekuli modro barvo solnène ali bele svetlobe. Na visokih gorah je nebeski oblok nad nami bolj temno moder, ker so tãnše óne zraène plasti, skozi katere prihajajo svetlobni trakovi. — Prah in vodeni mehurèki odbijajo vse barve približno v enakem razmerju; ozraèje je bolj belo, ako je v njem veliko prahú ali meglenih mehurèkov.

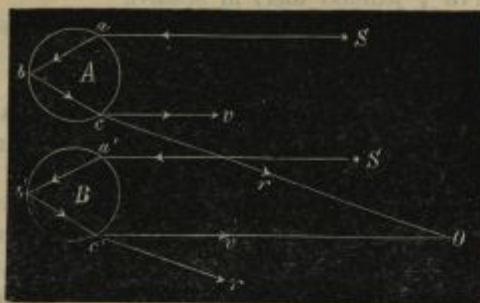
Zakaj je zrak tako temno moder, ako se nebo po deževnem vremenu zvedri? —

Vodeni hlapi v prelaznem stanju, t. j. ako so toliko zgošèeni, da se zaèenjajo kmalu pretvarjati v skupnost kapljivih teles, propuščajo v najveèji meri rudeèe in rumene svetlobne trake ter so uzrok jutranje in večerne zarje (*Morgen- und Abendröthe*). Zjutraj in večer je zrak bolj hladen, nego po dnevi, vodeni hlapi v njem so torej bolj gosti. Iz istega uzroka ima tudi solnce rumeno barvo, ako je nebo nekoliko megleno.

§ 172. **Mavrica** (*Regenbogen*). Na nebeskem obloku vidimo dostikrat razpet pas, sestavljen iz vseh prizmatičnih barv; imenujemo ga mavrico ali *dogo*. Natančno opazovanje nas uèi, da je mavrica vidna, ako pred nami deži, za nami pa solnce obseva deževno meglo, in da solnce ne sme stati previsoko. Opoludne ali blizu poludne se mavrica nikoli ne vidi. Časih vidimo samo jedno mavrico, časih dve; jedna izmed njiju je svetlejša in nima tolikega polumera, na vnanjem robu je rudeča, na znotranjem vijoličasta; to je prva ali glavna mavrica (*Hauptregenbogen*); druga ima večji polumer, menj svetla je, barve v njej se vrsté nasprotno; ta je stranska mavrica (*Nebenregenbogen*).

Vzemimo, da je *A* (slika 138.) deževna kaplja in da vpada nánjo solnèni trak v meri *Sa*. Prihajajoè v toèko *a* se lomi ta trak proti vpadni navpiènici v meri *ab*, v toèki *b* se odbija v meri *bc*, v toèki *c* se lomi od vpadne navpiènice. Na tej poti se bela svetloba

Slika 138.



razkraja v svoje barvene sestavine, rudeči svetlobni trak izstopa iz kaplje v meri  $cr$ , vijoličasti v meri  $cc$ . Ako si mislimo v točki  $O$  opazovalca, potem morebiti da prihajajo v njegovo oko od kaplje  $A$  le rudeči, od kaplje  $B$  le vijoličasti svetlobni

traki, od kapelj ležečih med tema pa druge prizmatične barve. — Natančni računi učé, da mora biti v tem slučaju od podaljšanih trakov  $Sa$  in  $Oc$  oklepan kot enak  $42^{\circ} 24'$ .

Ako potegnemo skozi solnce  $S$  in točko  $O$  premo črto, in ako zavrtimo vso sliko okoli te preme kakor osi, opišeta kaplji  $A$  in  $B$  kroga, premi  $Oc$  in  $Oc'$  stožkoviti ploskvi. Deževne kaplje, ležeče v krogu od kaplje  $A$  opisanem, imajo proti solneu in opazovalcu isto ležo, kakor kaplja  $A$ ; od vseh prihajajo v točko  $O$  rudeči svetlobni traki. Iz istega uzroka prihajajo od toček, ležečih v krogu od kaplje  $B$  opisanem, v točko  $O$  vijoličasti svetlobni traki.

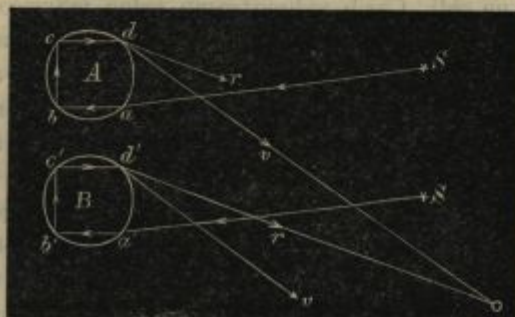
Na takšen način nastaja glavna mavrica.

Stranska mavrica nastaja na podoben način. Solnčni traki morajo vpadati na deževne kaplje pod njih središčem. Svetlobni trak  $Sa$  (slika 139.), vpadajoč na deževno kapljo pod njenim središčem, lomi se pri vstopu v meri  $ab$ , v točkah  $b$  in  $c$  se odbija;

pri  $d$  pa izstopa iz kaplje v zrak, lomè se od vpadne navpičnice. Ob jednom se razkraja v prizmatične barve; rudeči svetlobni trak izstopa v meri  $dr$ , vijoličasti v meri  $d'v$ .

Na niže ležečo vodeno kapljo vpadajoči svetlobni trak  $Sa'$  se lomi in odbija v

Slika 139.



njej, jednako kakor svetlobni trak *Sa*. Rudeči svetlobni trak izstopa iz kaplje v meri  $d'r$ , vijoličasti v meri  $d'v$ . Opazovalec vidi torej rudeče svetlobne trake v meri  $rd'$ , vijoličaste v meri  $vd$ . — Ako zavrtimo vso sliko okoli osi, katera veže opazovalčevo oko s solncem, dobimo na obstranskih ploskvah stožcev, opisanih od prem  $dv$  in  $d'r$ , kaplje, za katere so vpadni koti solnčnih trakov isti, kakor za kaplji *A* in *B*. Stranska mavrica mora biti torej isto tako krožen pas, kakor glavna. Njene barve so slabše nego barve glavne mavrice, ker se svetloba jedenkrat več odbija in s tem bolj oslabuje. Barve sledé pa v nasprotnem redu in vsa mavrica je višja od glavne.

Glavna mavrica je vidna, dokler je višina solнца manjša ali jednaka  $42^{\circ} 24'$ ; stranska pa, dokler je višina solнца manjša ali jednaka  $53^{\circ} 46'$ . Vidna je dalje vsaka mavrica le toliko časa, dokler pada gost dež, katerega solnce jako obseva. — Tudi pri vodometih opazuješ časih kose mavrice, namreč takrat, ako se doli padajoča voda razpršuje v veliko število drobnih kapljic, katere solnce pošev obseva.

§ 173. **Kromatični odklon leč** (*chromatische Abweichung der Linsen*). Poskus: Ako prestrežeš snopič solnčnih trakov z zbiralno lečo in ako zadaj za njó postavljaš papirnat zaslon, najdeš ga v nekaterih razdaljah v krogu razsvetljenega in vijoličasto obrobljenega, blizu leče pa v krogu razsvetljenega in rudeče obrobljenega; jedino le v gorišči dobiš skoro po polnem belo, točki podobno solnčno sliko. — Leče narejajo sploh nekoliko, vsaj ob robih, barvane slike.

Ta nedostatek leč se imenuje kromatični odklon.

Uzrok te prikazni je lahko najti. — Leče smemo smatrati kakor prizme z ukrivljenimi ploskvami, katere imajo na vsakem mestu drug lomeč kot. Zaradi tega lomijo leče svetlobo ter jo tudi razkrajajo v njene barvne sestavine.

Rudeči trak vzporedno z osjó vpadajoče bele svetlobe (slika 140.) izstopa iz leče menj lomljen, torej tudi menj od prvobitne meri odklonjen nego vijoličasti. Iz tega pa sledí, da imajo rudeči svetlobni traki svoje posebno gorišče in isto tako tudi vse druge prizmatične barve. Daljina gorišča rudečih svetlobnih trakov je večja od daljine gorišča vijoličastih. — Tudi to je uzrok, da pri lečah gorišče prav za prav ni točka, ampak majhna ploskev.

Slika 140.



§ 174. **Akromatične prizme in leče.** Dve prizmi, jedna od flintovega, druga od kronskega stekla, z enakima lomečima kotoma lomita in odklanjata svetlobo približno v jednaki meri, vendar nareja flintova prizma širji spektrum, torej razpršuje svetlobo v večji meri. Da dajeta obé prizmi jednako široka spektra, mora imeti flintova prizma približno za polovico manjši lomeč kot.

Slika 141.



Vzemimo prizmo od flintovega stekla *b* (slika 141.) in prizmo *a* od kronskega stekla s polovico večjim lomečim kotom, ter ji postavimo tako drugo k drugi, da sta si lomeča kota nasprotna. Obé lomita in odklanjata svetlobo v nasprotnih merih, jedna doli, druga gori, in jo razpršujeta v jednaki meri. Prizma *b* zbira po prizmi *a* razpršene svetlobne trake, vendar ostanejo ti nekoliko od prvobitne meri odklonjeni, ker jih prizma *a* v večji meri odklanja nego prizma *b*. Obé prizmi odklanjata svetlobne trake, približno kakor prizma z lomečim kotom *c*, vendar jih ne razkrajata. Tako sestavo dveh prizem imenujemo akromatično prizmo (*achromatisches Prisma*).

Isto tako moremo sestavljati tudi leče, da narejajo brezbarvene slike. V to svrho se zvezeta zbiralna leča od kronskega in razmetna leča od flintovega stekla; zbiralna leča mora imeti manjšo daljino gorišča nego razmetna. Sestavo dveh takih leč, kateri delujeta skupno kakor zbiralna leča z večjo daljino gorišča in kateri narejata brezbarvene slike, imenujemo akromatično lečo (*achromatische Linse*).

Opomniti je vendar treba, da povsem brezbarvenih slik ni mōči nikoli dobiti, ker flintovo in kronske steklo ne razpršujeta vseh barv v jednaki meri.

Akromatične leče, pri katerih je tudi sferični odklon odstranjen, imenujemo aplanatične (*aplanatisch*).

## 5. Oko in optična orodja.

### A. Oko in vid.

§ 175. Človeško oko sestoji iz zrkla, vidnega živca in postranskih organov. Zrklo (*Augapfel*) je kroglasto telo, sestavljeno iz več kožic, ležečih druga pod drugo in iz prozornih tvarin.

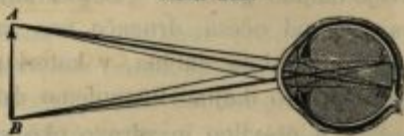
Zunanje površje zrkla (slika 142.) tvori trda beločnica (*harte Hornhaut*), katera prehaja spredaj v prozorno, nekoliko bolj izbočeno roženico (*durchsichtige Hornhaut*) *a*. Pod beločnico je razprostrta tanka, črno barvana žilnica (*Aderhaut*), katera prehaja tam, kjer se začne roženica, v šarenico (*Iris, Regenbogenhaut*) *sb, s'b'*. Šarenica je zadaj črna, spredaj pa siva, rujava ali modra, v sredi ima okroglo luknjico, zenico (*Pupille*). Posebni živci krčijo ali širijo zenico bolj ali menj, ako je svetloba močna ali slaba. Na žilnici se razprostira pri *n* od možjan prihajajoč vidni živec kakor tanka, nežna, siva in prosojna kožica *n'n''*, sezajoča do roženice, imenujemo jo mrežnico (*Netzhaut*). Ondù, kjer vstopa vidni živec v zrklo, pri *n*, mrežnica za svetlobo ni občutljiva, to mesto se imenuje slepa pega (*blinder Fleck*). Za šarenico je, z robom prirastena na beločnico in žilnico, kristalna leča (*Krystalllinse*) po polnem prozorna, brezbarvena in za šarenico nekoliko menj izbočena kakor zadaj. Prostor med lečo in roženico, očesni prekat (*Augenkammer*), izpolnjen je z vodeno tekočino, prekatno mokrino (*Kammerwasser, wässerige Feuchtigkeit*); prostor med lečo in mrežnico izpolnjava zdrizasta, prozorna tvarina, steklovina (*Glaskörper*). Točka, v kateri lečina os, tudi očesna os imenovana, seče mrežnico, zove se rumena pega (*gelber Fleck*); ta je za svetlobo najbolj občutljiva. — Šest očesnih mišic, ležečih v očesni duplini, obrača zrklo na vse strani: gori, doli, na desno in na levo.

§ 176. **Kako postane vid.** Prozorne tvarine: roženica, mokrina, leča in steklovina ne lomijo svetlobe vse v jednaki meri, največjo lomljivost ima leča. Iz zraka v roženico prihajajoči svetlobni traki se lomijo proti vpadni navpičnici vedno bolj in bolj, dokler dospejo do sredine leče, od tod naprej se lomijo od vpadne navpičnice. Vse te prozorne tvarine delujejo skupno kakor jedna zbiralna leča, tako da nastane na mrežnici zmanjšana in vzvrtna slika *ab* (slika 143.) pred očesom stoječega predmeta *AB*. Za zadnjo mejno ploskvijo leče je točka *k*

Slika 142.



Slika 143.





(slika 142.), optično središče očesa, skozi njó mereči svetlobni traki se ne lomijo; točka  $k$  leži ob jednom tudi na očesni osi.

Vidni živec vzprijema svetlobne dojme ter jih vodi do možjan; s tem se zavedamo tega dojma ter predmet zagledamo. Človek ne vidi slike same, ampak čuti le dojem svetlobe in išče predmetove točke navzven ondù, od koder prihajajo svetlobni traki na mrežnico, torej točko  $A$  v meri  $aA$ , točko  $B$  v meri  $bB$ . Predmete vidimo po konci stoječe, ker so slike vzvrnene.

§ 177. **Pogoji jasnega in razločnega vida.** Da vidimo, treba v prvi vrsti zdravega očesa. Izmed očesnih boleznij omenimo le: *a*) Leča postane kalna in neprozorna (mrena, *grauer Staar*). Takemu očesu se dá nekoliko opomoči, ako se leča odstrani in nadomesti s stekleno lečo s kratko daljino gorišča. *b*) Mrežnica postane za svetlobo neobčutljiva (črna slepota, *schwarzer Staar*); za to pa ni pomoči.

Poskus: Ako gledaš skozi okno na oddaljeni predmet in ako tega jasno vidiš, ne vidiš ob jednom jasno in razločno okenskega okvirja in obratno.

Da vidimo predmet jasno in razločno, mora padati njegova slika natančno na mrežnico. . . . 1.)

Kadar upremo očí na oddaljen predmet, leži njegova slika na mrežnici; slika bližjega predmeta nastane takrat zadaj za mrežnico. Mrežnica je sicer tudi razsvetljena, pa jasne slike ni na njéj. Obratno, ako upremo očí na predmet blizu očesa, da pada njegova slika na mrežnico, slika bolj oddaljenega predmeta je pred mrežnico in na tej nejasna.

Izkušnja nas uči, da moremo razno oddaljene predmete drugega za drugim jasno videti, samo da preteče vsakikrat nekoliko časa, dokler oddaljen predmet jasno vidimo, ako smo gledali predmet blizu nas. Oko se more različnim daljavam prilagoditi ali prisposobiti (*accommodieren*). Opazovanje uči, da se pri tem prilagovanje izpreminja lečina oblika. Gledamo li predmete blizu nas, skrči se leča toliko, da je bolj ukrivljena in da ima manjšo daljino gorišča; gledamo li oddaljene predmete, razstegne se leča, da dobi večjo daljino gorišča. — Beróci knjigo držimo jo vsakikrat v določeni razdalji od očesa, drugače nas začne kmalu oko boleti. Za vsako oko je posebna daljina, v kateri predmete vidimo najbolj jasno in razločno; to daljino imenujemo dogled (*deutliche Sehweite*).

Za pravilno in zdravo oko znaša dogled 20—25 %.

Prilagojenje očesa je omejeno; predmetov, kateri so bliže nego v dogledu, oko ne vidi več razločno in če jih za kratek čas vidi, utruji se silno.

Marsikateri ljudje imajo manjši dogled nego 25 $\%$ <sub>m</sub>; da predmete jasno in razločno vidijo, morajo jih očem dosti bolj bližati. Take imenujemo kratkovidne (*kurzsichtig*). Kratkovidno oko lomi svetlobne trake premočno, tako da postajajo slike predmetov že pred mrežnico; leča je preveč ukrivljena ter ima premajhno daljino gorišča. — Drugi ljudje imajo zopet večji dogled nego 25 $\%$ <sub>m</sub>, ter ne vidijo predmetov v razdalji pravilnega dogleda jasno in razločno, ampak le takrat, ako predmet bolj oddaljijo. Takšne imenujemo dalekovidne (*weitsichtig*). Leča dalekovidnega očesa je premalo ukrivljena ter ima preveliko daljino gorišča. Obéna očesoma, kratkovidnemu in dalekovidnemu, moremo pomoči z lečami (naočniki), prvemu z razmetnimi, drugemu z zbiralnimi. Naočniki morajo biti vsakemu očesu primerni. Zelo kratkovidno ali dalekovidno oko potrebuje lečo z manjšo daljino gorišča.

Pri izbiranju naočnikov treba biti zelo pazljivim, sicer se oči še bolj pokvarijo. — Kratkovidnost je ali prirojena ali pridobljena. Kratkovidni so sploh mladi ljudje in óni, kateri veliko berejo, pišejo ali poprek v bližini gledajo. Kratkovidnost sploh v starosti nekoliko pojema. Dalekovidni so sploh starejši ljudje in posebno óni, ki veliko v daljave gledajo: lovci, kmetje i. t. d.

Po dnevi vidimo reči, katerih v noči ni videti, ker imajo premalo svetlobe. Ako smo bili dolgo časa na solnci in ako pridemo potem v bolj temen kraj, ne vidimo s prva skoro ničesar; še le počasno se oko tej svetlobi privadi. — V solnce ni móči gledati in ako poskušamo, zablíšči se nam, da dolgo ne vidimo ničesar. —

Da predmete jasno vidimo, morajo biti slike na mrežnici dovolj razsvetljene. . . . 2.)

Preveliko svetlobe škoduje očesu in more tudi vidni živec umoriti. Za dovoljno razsvetljavo slik skrbi zenica, katera se zoži, ako prihaja od predmeta veliko svetlobe, in razširi, ako prihaja od predmeta malo svetlobe. Zenica se vendar ne more hipno zoževati ali razširjevati, ampak potrebuje za to časa, če tudi le kratkega.

Poskusi: Droben tisk moreš le v bližini brati, v večji oddaljenosti so črke nerazločne. — Ako opazuješ skrjančka, ko se prepelje dviga v visino, postaja ti vedno manjši in manjši, konečno ti izgine izpred očíj.

Da predmet jasno in razločno vidimo, ne sme biti njegova slika na mrežnici premajhna. . . . 3.)

Veličina te slike pa je zavisna od kolikosti vidnega kota (*Schwinkel*), t. j. kota, katerega oklepata premi potegnjeni od skrajnih točk predmeta do središča očesa. Vidni kot istega predmeta postaja manjši, ako se predmet oddaljuje, torej ga vidimo vedno

manjšega. Predmetov ne moremo razločno videti, ako so: *a)* zelo majhni, da je njih vidni kot tudi v bližini premajhen, *b)* ako so zelo oddaljeni. Ali vidimo majhne predmete ali ne, na to vpliva močno tudi razsvetljava, n. pr. temen las na temni podlagi je tudi blizu neviden, pred svetlo podlago pa je daleč viden. Zvezde stalnice na temnem obzorji so vidne, čeravno je njih vidni kot zelo majhen. Po velikosti vidnega kota sodimo tudi veličino predmetov. Ako pa je ta znana, skušamo ceniti po tem njih oddaljenost od svojega očesa. Ocenjujoči oddaljenost, jemljemo razven velikosti vidnega kota v poštev tudi, ali je predmet bolj ali menj razsvetljen, kako sta osi obéh očij vsak sebi naklonjeni, kako težko ali lahko se oko tej oddaljenosti prilagodi, ali je več ali menj predmetov med nami in predmetom, katerega gledamo. Jasne in svetle predmete smatramo za bliže ležeče, ker moremo na njih razločevati tudi podrobnosti. Ocenjujoči oddaljenosti, lahko se velikokrat motimo, posebno če nimamo vaje. S snegom pokrit in od solnca obsevan hrib se nam dozdeva bližji in manjši, nego takrat, ko je slabo razsvetljen.

Vzhajajoči mesec se nam dozdeva večji nego pozneje, ko stoji više na obzorji. — V planjavah se nam dozdevajo predmeti bližji, nego so v resnici. — V noči je vsak ogenj bliže videti nego po dnevi. — Ako je zrak čist, dozdevajo se nam planine manjše in bližje nego takrat, ko je poln prahú in vodenih mehurčkov.

Izstreljene krogle na njeni poti ni mōči videti, blisk razsvetljuje pa vso svojo pot, čeravno ima zelo veliko hitrost.

Dojem svetlobe na mrežnici mora nekoliko časa trajati (približno  $\frac{1}{10}$  sekunde), da nastane na njej jasna in razločna slika. . . . 4.)

Ta čas pa zavisi od tega, kako je predmet razsvetljen. Električna iskra je zelo svetla; vidimo jo, če traja tudi neskončno kratek čas; izstreljena krogla pa ima slabo svetlost in je zaradi tega nevidna, čeravno je njena hitrost v razmerji z električno iskro prav majhna. Izstreljena krogla postane tudi vidna, ako je razbeljena.

Poskus: Vrteč žareč ogelj vidiš žareč krog, katerega ogelj opisuje, oglja samega pa ne moreš razločevati, ako le hitrost vrtnje ni premala. — Isto tako vidiš vso pot bliska ob jednom razsvetljeno.

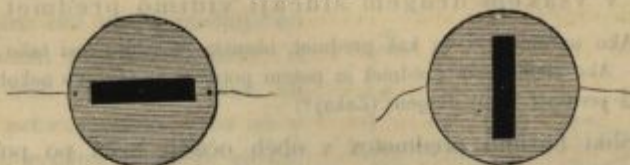
Dojem svetlobe na mrežnici ne izgine v hipu, ko neha svetloba nánjo delovati, ampak traja še sam ob sebi nekoliko časa. . . . 5.)

Ako je bil predmet zmerno razsvetljen, traja dojem svetlobe na mrežnici še  $\frac{1}{8}$  do  $\frac{1}{4}$  sekunde, torej vidimo žareč ogelj istočasno v celem krogu, ker prvi dojem še traja, ko dospe ogelj zopet do istega mesta.

Sem spadajo tudi ti-le poskusi:

Na okrogli plošči od lepenke je narisana na prednji strani horizontalna, na zadnji strani vertikalna črna proga (slika 144.) Ako ploščo s pomočjo pri-

Slika 144.



vezanih nitij vrtiš, vidiš črn križ. (Zakaj?) — Isto tako moreš na jedno stran plošče narisati ptico, na drugo kletko. Vrteč ploščo s pomočjo nitij vidiš ptico v kletki. (Tavmatrop ali čarodelna ploščica [*thaumatropische Scheibe*]). —

Vrtalke z barvami (*Farbenscheiben*). Okroglo ploščo od lepenke razdeli v več izsekov ter pobarvaj te izseke z različnimi barvami. Vrteč to ploščo okoli osi, skozi njeno središče idoče, ne razločuješ nobene posamezne barve, ampak vidiš novo mešano barvo. Potem, kakšne barve jemlješ, dobivaš tudi raznovrstne mešane barve.

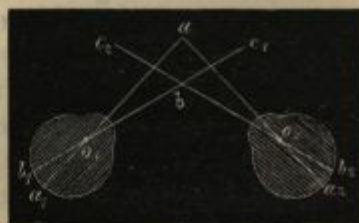
Stroboskop. Okrogla ploščica ima ob robu več lukenj v enakih razdaljah. Pod temi luknjami pa je toliko slik, kolikor lukenj, v različnih položajih, kakor se vrsté pri gibanju kakega predmeta, n. pr. nihala. Ako držiš ploščo proti ravnemu zrcalu in gledaš te slike v zrcalu skozi katerokoli luknjo ter ploščo vrtiliš okoli osi, skozi njeno središče idoče, vidiš naslikan predmet v gibanju. Dojem prve slike na mrežnici še traja, ko dospe na isto mesto druga, tretja ... slika in vse se stapljajo v jeden skupen dojem. Take priprave se imenujejo stroboskopične ploščice (*stroboskopische Scheiben*).

Slike gibajočega se predmeta v različnih položajih njegovega gibanja moreš staviti tudi v otel valj, kateri ima na straneh toliko lukenj, kolikor je slik. Ako vrtiliš valj okoli pokončne osi in gledaš skozi luknje na slike, vidiš predmet v gibanju. (Stroboskopični valj [*stroboskopische Trommel*]).

§ 178. Vid z oběma očesoma. Poskus: Na mizo utrdi po konci stoječi tanki palici  $a$  in  $b$  (slika 145.) Upreš li očesi na palico  $a$ , da jo vidiš prav razločno in jasno, potem vidiš palico  $b$  dvojno. Desna slika palice  $b$  ti izgine, ako zamžiš z levim očesom; leva slika palice  $b$  pa izgine, ako zamžiš z desnim očesom.

Ko upreš oči v palico  $a$ , nastaneta sliki  $a_1$  in  $a_2$  na rumenih pegah. Slika predmeta  $b$  je v desnem očesu v  $b_2$ , v levem

Slika 145.



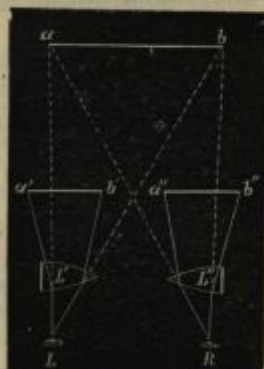
v  $b_1$ ; desno oko vidi predmet  $b$  v meri  $b_2c_2$ , levo v meri  $b_1c_1$ ; sliki  $b_1$  in  $b_2$  ne ležita na simetričnih mestih. Iz tega sklepamo:

Jeden in isti predmet vidimo jednojen le takrat, ako ležita njegovi sliki v očesih na simetričnih mestih mrežnice; v vsakem drugem slučaju vidimo predmet dvojen.

Ako upremo oči na kak predmet, obrneta se očesni osi tako, da merita nánj. — Ako gledaš kak predmet in potem potisneš jedno oko nekoliko v stran, zagledaš predmet tekój dvojen. (Zakaj?) —

Sliki bližnjih predmetov v obéh očesih nista po polnem jednaki; z desnim očesom vidimo nekatere podrobnosti na desni, katerih z levim ne moremo videti in obratno. Obé sliki se stapljata v jedno; tako pa dobivamo dojem predmetove telesnosti. O pravosti tega uveri te stereoskop.

Slika 146.



Vzemimo jeden in isti predmet dvakrat narisan, jedenkrat, kakor ga vidimo z desnim očesom, drugikrat, kakor ga vidimo z levim. (Take slike se zovejo stereoskopične, *stereoskopische Bilder*.) Té sliki postavimo potem v skrinjico razdeljeno v dva dela, tako da leži slika za levo oko v  $a'b''$  (slika 146.), slika za desno oko v  $a''b''$ . Ako gledamo té sliki skozi polovici  $L'$  in  $L''$  razrezane zbiralne leče, stopita se obé sliki v jedno telesno  $ab$ .

Sliki  $a'b''$  in  $a''b''$  ležita lečinima deloma bliže nego gorišče, torej je  $ab$  povečana. — Pokaži z načrtovanjem, kako se lomijo svetlobni traki v  $L'$  in  $L''$ ! —

## B. Optična orodja.

§ 179. **Drobnogledi** (*Mikroskope*). Majhnih predmetov ne moremo jasno in razločno videti, če tudi so v dohledu, ker je njih vidni kot premajhen. S tem da predmet očesu bližamo, postaja sicer vidni kot večji, a oko se tako malim daljavam ne more več prilagoditi. S pomočjo leč pa moremo vidni kot takih predmetov izdatno povečati. — Vsa orodja, služeča v to svrhu, da vidimo drobne predmete v večjem vidnem kotu nego sicer, imenujemo drobnogleda ali mikroskopa.

I. Jednostavni drobnogled (*einfaches Mikroskop*). Vzemimo, da stoji majhen predmet  $AB$  (slika 147.) med goriščem  $F$  in središčem  $O$  zbiralne leče. Gledajoči skozi lečo  $O$  vidimo njegovo sliko  $ab$  povečano in od leče bolj oddaljeno.

Da vidimo sliko  $ab$  jasno in razločno, mora biti njena razdalja od našega očesa jednaka dogledu. S pomočjo leče vidimo predmet ali prav za prav njegovo sliko  $ab$  v kotu  $\alpha Ob$ , predmet sam bi gledali brez leče v kotu  $A'OB'$ , ako je  $A'B' = AB$ , ker bi ga morali postaviti v dogledno razdaljo  $OC$ . Kolikorkrat je vidni kot  $\alpha Ob$  večji

od kota  $A'OB'$ , tolikokrat vidimo predmet skozi lečo povečan. Z računom se najde, da je povečava jednostavnega drobnogleda večja, ako je daljina lečinega gorišča manjša in opazovalčev dogled večji.

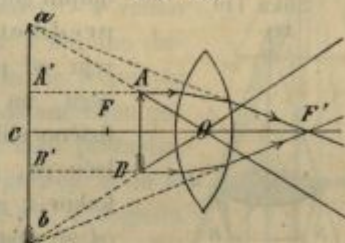
Kvadrat linearne povečave je ploskovna povečava (*Flächenvergrößerung*).

Ako hočemo povečano sliko kakega predmeta na zaslonu prestrezati, stati mora svetel predmet od leče nekoliko bolj oddaljen nego gorišče. Da so povečane slike dovolj svetle, treba skrbeti za umetno razsvetljavo. — Solnčni drobnogled (*Sonnenmikroskop*). Ravno zrcalo  $EF$  (slika 148.) odbija solnčne trake na široko lečo  $CD$ . Iz nje prihajajoči stični svetlobni traki razsvetljujejo majhen prozoren predmet  $ab$ , stoječ izven gorišča povečalne leče  $AB$ . Leča  $AB$  nareja na drugi strani povečano in vzvrneno sliko  $a'b'$ , katera se dá na zaslonu prestrezati. Ako je predmet gorljiv, treba prèdenj postaviti v stekleni posodi galunove raztopine, da ta vsrka toplotne trake. Slika  $a'b'$  je bolj povečana, ako je daljina gorišča leče  $AB$  manjša in ako je predmet bliže njenemu gorišču.

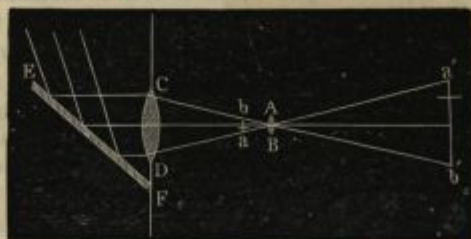
Neprozornih predmetov ni mōči na tak način razsvetljevati.

Solnčno svetlobo moremo nadomeščevati z električno ali Drummondovo lučjo ali sploh z drugo lučjo jake svetlivosti. (Stroji za meglene slike, *Nebelbildapparate*.)

Slika 147.



Slika 148.



Da se sferični odklon povečalnih leč, kar največ, odstrani, postavlja se sploh več leč druga za drugo, da imajo vse skupaj malo daljino gorišča.

II. Sestavljeni drobnogled (*zusammengesetztes Mikroskop*). Ta drobnogled (slika 149.) sestoji iz dveh zbiralnih leč v določeni razdalji, kateri imata mali, a vendar različni daljnini gorišč.



Pred predmetom  $rs$  stoječa leča  $ab$ , predmetnica (*Objectivlinse*) imenovana, nareja od predmeta, izven svojega gorišča ležečega, na drugi strani povečano, vzvrneno in fizično sliko  $SR$ . Ta slika se gleda potem skozi lečo  $cd$ , priočnico (*Ocularlinse*) imenovano, kakor z jednostavnim drobnogledom. Priočnica  $cd$  se postavlja tako, da leži slika  $SR$  njej bliže nego njeno gorišče in da je geometrijska slika  $S'R'$  v dogledu opazovalca.

Slika 149. kaže, kako se lomijo svetlobni traki v obeh lečah.

Obé leči, predmetnica in priočnica, sta v znotraj počrnjeni cevi od medí, tako da se njijini osi krijeta. Črna cev ima nalogo, da posreblje vse postransko vpadajoče svetlobne trake, kateri bi motili jasnost slike. Predmet sam se postavlja na malo prevrtano mizico in se umetno razsvetljuje, z jamastim zrcalom od spodaj, ali pa z zbiralno lečo od zgoraj. Povečava sestavljenega drobnogleda je dvojna in sestoji iz povečave predmetnice in povečave priočnice.

Da so slike pri veliki povečavi brezbarvene in razločno jasne, treba za drobnogled (in isto velja za vsa optična orodja) jemati aplanatične leče. Predmetnica je sestavljena sploh iz 2. ali 3. zbiralnih leč z majhno daljino gorišč, isto tako sestoji tudi priočnica navadno iz dveh leč. Vidni prostor (*Gesichtsfeld*), t. j. prostor, katerega v drobnogledu najedenkrat prezremo, zavisi od velikosti kota, katerega oklepajo od skrajnih točk predmeta na rob priočnice potegnjeni glavni traki. Ako je priočnica večja, večji je tudi ta kot; potem pa je njena daljina gorišča tudi večja in povečava manjša. Da dobivamo pri isti povečavi večji vidni prostor, treba jemati predmetnice, katere imajo zelo majhne daljine gorišča.

Drobnogleda rabimo za preiskovanje sestave najmanjših tvarin, bodi si organskih ali neorganskih i. t. d. — Sestavljen drobnogled je izumil Jansen l. 1590.; solnčni drobnogled je brž ko ne iznajdba Lieberkühna (1738.)

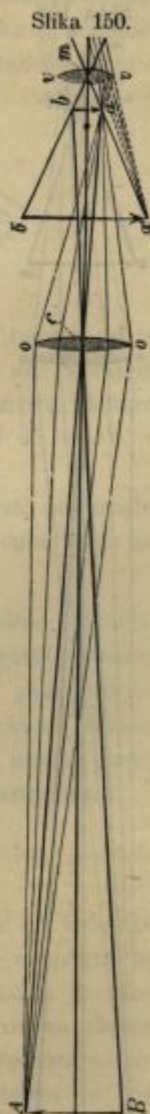
§ 180. Daljnogledi (*Fernrohre*) so orodja, s katerimi gledamo oddaljene velike predmete v večjem vidnem kotu, nego jih vidimo s prostim očesom. Daljnogledi so zvezdarski (*astronomisch*) ali zemeljski (*terrestrisch*), ako dajejo vzvrneno ali po konci stoječe slike. Vsak daljnogled ima dva bistvena dela: *a*) lečo (ali tudi jamasto zrcalo) predmetnico (*Objectivlinse*), katera daje od odda-

ljenega predmeta zmanjšano in vzvrtno sliko, *b*) jednostavni drobnogled, priočnico (*Ocularlinse*), s katero se opazuje ta slika.

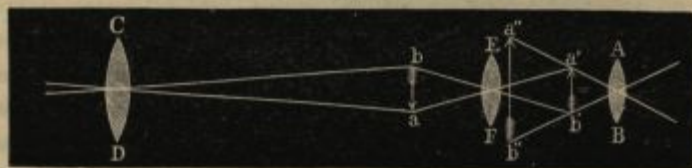
I. Zvezdarski ali Keplerjev daljnogled (*astronomisches oder Keplersches Fernrohr*) (slika 150.) je sestavljen iz leče predmetnice *OO* z veliko daljino gorišča in iz leče priočnice *vv* z majhno daljino gorišča. Slika zelo oddaljenega in na lečini osi pravokotno stoječega predmeta *AB* nastane blizu gorišča predmetnice v *ab*. Priočnica se tako postavlja, da je slika *ab* njej bližje, nego njeno gorišče in da je od slike *ab* nastala geometrijska slika *a'b'* v dogledu opazovalca. Vidni kot, v katerem vidimo sliko *a'b'*, je *a'mb'*; brez daljnogleda videli bi predmet v kotu *AcB*; (zaradi velike oddaljenosti je namreč vse jedno ali si mislimo oko v točki *m* ali v točki *c*.) Število, katero pové, kolikokrat je vidni kot *a'mb'* večji od kota *AcB*, zaznamenuje povečavo daljnogleda.

Z računom se najde, da je povečava jednaka kvocientu daljine gorišča predmetnice in priočnice. — Veliki zvezdarski daljnogledi se imenujejo tudi refraktorji (*Refractoren*). — Zvezdarski daljnogled je izumil Kepler (l. 1611.)

II. Zemeljski daljnogled (*terrestrisches Fernrohr*) (slika 151.) ima tri leče. Leča *CD*, predmetnica, nareja od oddaljenega predmeta blizu svojega gorišča vzvrtno sliko *ab*; leča *EF* stoji v dvakratni daljini gorišča od te slike in nareja torej na drugi strani v jednaki razdalji od slike *ab* vzvrtno sliko *a'b'*; sliko *a'b'* gledamo z jednostavnim drobnogledom, s priočnico *AB*, ter jo vidimo povečano in po konci stoječo v *a''b''*, v dogledu svojih očíj. Kakor iz povedanega razvidno, nima leča *EF* na povečavo nobenega vpliva, ampak le nalogo, da sliko *ab* zopet po konci postavlja. Povečava je zavisna od daljine gorišča predmetnice in priočnice.

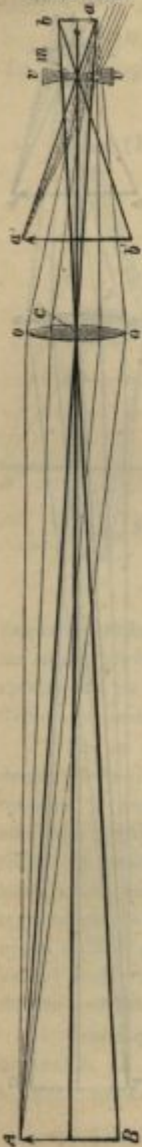


Slika 151.





Slika 152.



Zemeljski daljnogled je izumil Anton Marija Schyrl, kapucinec v samostanu Rheit na Češkem (l. 1645.)

III. Galilejev ali holandski daljnogled (*Galilei'sches oder holländisches Fernrohr*) (slika 152.) je sestavljen iz zbiralne leče, predmetnice  $OO$  z veliko daljino gorišča in iz razmetne leče, priočnice  $vv$  z malo daljino gorišča. Predmetnica sama za sé bi naredila od oddaljenega predmeta  $AB$  zmanjšano in vzvrteno sliko  $ab$  blizu svojega gorišča. Med predmetnico in sliko  $ab$  je postavljena priočnica  $vv$ , tako da je  $ab$  od nje nekoliko bolj oddaljena nego njeno gorišče. Priočnica razsipava stično na njo padajoče svetlobne trake, da izstopajo iz nje tako, kakor bi prihajali iz točk v dogledu pred njo ležečih. Skozi priočnico gledajoči vidimo torej po konci stoječo sliko  $a'b'$ .

Svetlobni traki prihajajo iz priočnice razhodno, torej je vidni prostor tega daljnogleda majhen. Ta daljnogled rabimo navadno kakor gledališko ali poljsko kukalo (*Operngucker, Feldstecher*).

Načrtaj natančno pot lomljenih svetlobnih trakov v obeh lečah! — Načrtaj pot z osjo vzporednih in glavnih trakov pri vstopu v priočnico in po izstopu iz nje:  $a$ ) ako je slika  $ab$  v gorišči priočnice,  $b$ ) ako je njej bliže nego gorišče,  $c$ ) ako je od nje bolj oddaljena nego gorišče! — Zakaj mora biti slika  $ab$  od priočnice bolj oddaljena nego gorišče priočnice? —

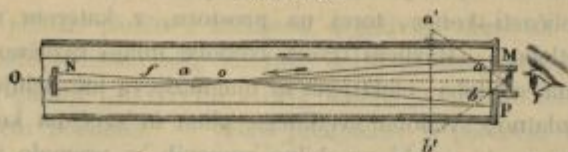
Leče daljnogledov tičijo v znotraj počrjenih cevéh od medí, da se odstranjuje vsa postranska svetloba; vendar tiči priočnica sama záse v posebni cevi, katera se dá v cevi s predmetnico premikati. Osi obeh leč morata padati v isto premo.

Skozi daljnogledе gledamo predmete v različnih razdaljah, slike teh predmetov torej niso vedno na istem mestu za predmetnico. Ako je predmet blizu predmetnice, potem je slika, katero nareja predmetnica, od te bolj oddaljena in bliže priočnici; da to sliko jasno in razločno vidimo, treba priočnico nekoliko nazaj potegniti. Nasprotno pa moramo priočnico predmetnici bližati, ako gledamo bolj oddaljene predmete. — Slike so bolj svetle, ako ima predmetnica velik premer, bolj temne pa so, ako je v daljnogledu več leč. (Zakaj?)

§ 181. Razven navedenih daljnogledov še rabimo daljnogledе, pri katerih je predmetnica nadomeščena z jamastim zrcalom. Taki daljnogledi so zrcalni ali katoptrični (*Spiegel- oder katoptrische Fernrohre*). Veliki zrcalni daljnogledi se imenujejo tudi reflektorji (*Reflektoren*).

Gregorijev reflektor (slika 153.) ima veliko jamasto zrcalo  $MP$ , ki je v središču prevrtno. Od oddaljenega predmeta prihajajoči svetlobni traki se odbijajo na zrcalu  $MP$ , tako da nastane v točki  $o$

Slika 153.



zmanjšana in vzvrtna slika. Malo jamasto zrcalo  $N$  nareja od te slike drugo nekoliko povečano, po konci stoječo sliko  $ab$ . V luknji zrcala  $MP$  tiči v posebni cevi premična leča, priročnica, katera služi kakor jednostavni drobnogled; skozi njo vidimo  $ab$  v  $a'b'$  v dogledu.

Povečava tega reflektorja je zavisna od daljin gorišč pri zrcalu in priročnici, ter je večja: *a*) ako je daljina gorišča zrcala večja in *b*) daljina gorišča priročnice manjša.

§ 182. **Temna sobica** (*camera obscura, optische Dunkelkammer*), kakor je običajna za fotografiranje, je stirioglata, znotraj počrnjena skrinjica. V jedni stranski steni tiči cev z akromatično zbiralno lečo; tej nasprotna stena sestoji iz motne steklene plošče. Leča nareja od predmeta v primerni oddaljenosti na motni plošči zmanjšano in vzvrtno sliko, katera se dá risati ali fotografirati.

## 6. Kemijsko delovanje svetlobe.

§ 183. Poskusi: *a*) V temni sobi napolni mehur od kolodija s klorom in vodikom. Ako prineseš mehur na solnce, razpokne in klor se spoji z vodikom v klorovodik. — *b*) Vodi, v kateri je raztopljena kuhinjska sol, primešaj nekoliko raztopine srebrovega nitrata (peklenskega kamena); tekój se tvori sirnata oborina, klorovo srebro. Ako izpostaviš nekoliko te oborine solnčni svetlobi, počrni se; na temnem, ali v steklenici od rumenega stekla pa ostane neizpremenjena. Pod vplivom solnčne svetlobe razkraja se klorovo srebro v sestavini: srebro in klor. Srebro se izločuje kakor brezliččen črn prah, klor pa odhaja v podobi hlapov. Iz teh poskusov sledi:

Svetloba more tudi kemijsko delovati, in sicer pripomóči: *a*) da se telesa kemijsko spajajo, *b*) da se spojine razkrajaajo.

Vse barve bele svetlobe ne delujejo kemijsko v jednaki meri. Natančni poskusi učé: Rudeča, pomarančasta in rumena svetloba barvenega spektra nimajo nobene kemijske moči, zelena, modra in vijoličasta svetloba imajo kemijsko moč, in sicer vijoličasta v največji meri. V solnčnem spektru moremo dokazati kemijske učinke svetlobe še čez vijoličasti konec, torej na prostoru, v katerem ne vidimo nobene svetlobe. — Različni izvori svetlobe imajo različno kemijsko moč, solnčna svetloba, električna in magnezijeva luč delujejo kemijsko prav izdatno; svetloba svetilnega plina in sveč pa kemijsko ne delujeta, ker imata v sebi preobilno rumenih, a premalo vijoličastih in modrih svetlobnih trakov.

Kemijsko delovanje svetlobe je prav važno za življenje organskih bitij. V svetlobi vdihajo rastline ogljikovo kislino iz zraka ter jo razkrajajo; ogljik si osvojujejo, kisik pa izdihajo. — Rastline izgubé svojo barvo, ako njim odtegneš svetlobo, ter postanejo bele in blede; listno zelenilo (*Chlorophyll*) se izločuje jedino le v svetlobi.

Kemijski učinki svetlobe se javijo navadno tudi v tem, da tvarine na svetlobi svojo barvo izpremené ali se počrné. Nekatere tvarine v solnčni svetlobi posebno rade izpreminjajo svojo barvo, imenujemo jih svetločutne (*lichtempfindlich*). Posebno svetločutne so spojine srebra s klorom, jodom in bromom, katere se na svetlobi počrnjujejo.

Poskus: Stekleno ploščo polij s kolodijem, kateremu si pri-dejal nekoliko jodovih ali klorovih solij, tako da se kolodij po vsej plošči razteče in potem zgosti v tanko prozorno kožico. Potem polij ploščo z raztopino srebrovega nitrata, da se tvori klorovo srebro. (To vse pa moraš delati ali v temni, le s svečo razsvetljeni sobi, ali pa v prostoru, v katerega dohaja dnevna svetloba skozi rumene šipe.) Ako tako pripravljeno ploščo, ki je postala svetločutna, do polovice pokriješ, drugo polovico pa izpostaviš nekoliko časa dnevni svetlobi, ne opazuješ tekój nobene izpremembe na njej; da se je pa izprememba vršila, postane ti očitno, ako ploščo poliješ z raztopino železove galice. Oni del plošče, kateri je bil svetlobi izpostavljen, počrni se; drugi del pa ostane neizpremenjen. Z raztopino cijankalija moreš vso še nerazkrojeno srebrovo spojino izprati; jedna polovica plošče ostane stalno črna, druga pa stalno bela.

Ako postaviš tako svetločutno ploščo v temnici na mesto, v katerem nastajajo slike predmetov, deluje svetloba nánjo na podoben način. Na mestih, kamor pada veliko kemijsko delujoče svetlobe, izpremeni se plošča toliko, da se srebro hitro iz svoje spojine izloči,

ako jo poliješ z raztopino železne galice; na drugih mestih pa ostane srebrova spojina neizpremenjena. Potem dobiš na stekleni plošči predmetu podobno sliko, v kateri so temni deli predmeta svetli, in svetli deli temni (negativno sliko, *negatives Bild*). To sliko ustališ s tem, da izpereš nerazkrojene svetločutne tvarine.

Ako položiš ploščo z ustaljeno negativno sliko na svetločutni papir in pustiš svetlobo nanj delovati, dobiš jednako postopaje, kakor poprej, na papirji pozitivno sliko, katera je, ako jo ustališ, predmetu v vsem podobna. — Slike predmetov s pomočjo kemijskega delovanja svetlobe prirejene so fotografije (*Photographien*).

## 7. Dodatni zakoni o žareči toploti.

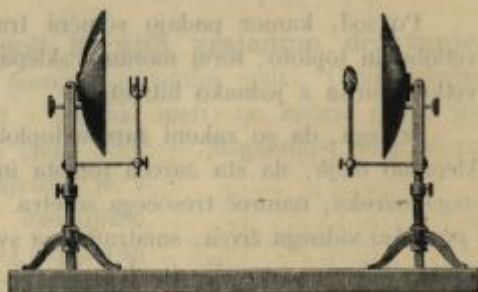
§ 184. Poskus: *a*) Jamasti zrcali (slika 154.) postavi tako drugo proti drugemu, da se krijeta njijini osi. Ako v gorišči jednega zrcala užgeš svečo, dobiš v gorišči drugega zrcala točki podobno sliko svečinega plamena; termometer, katerega v tej točki držiš, kaže ti, da je na tem mestu tudi najvišja temperatura. Lahko gorljive reči se užgejo. Ako gorečo svečo nadomestiš s temno, a zelo toplo kovinsko kroglo, kaže ti termometer v drugem gorišči zopet najvišjo temperaturo.

Poskus kaže, da se toplotni traki odbijajo po istem zakonu kakor svetlobni. Po tem, ali je odbijajoče telo gladko ali hrapavo, more se toplota odbijati pravilno ali razprševati nepravilno na vse strani.

Poskus: *b*) Ako držiš zbiralno lečo z njeno osjo proti solncu, moreš užigati v njenem gorišči lahko gorljive reči; iz tega pa sledi: Toplotni traki se lomijo po istem zakonu kakor svetlobni.

Poskus: *c*) Prestrezaš li solnčne trake, prihajajoče skozi galunovo raztopino, z zbiralno lečo, dobivaš v gorišči leče majhno solnčno sliko, a nobene toplote. — Solnčni traki prehajajoči skozi galunovo raztopino izgubili so vso toploto.

Slika 154.



Nekatera telesa propuščajo toplotne trake skozi svojo tvarino, ter se ne segrejejo; druga pa ne propuščajo toplotnih trakov, če tudi so prozorna, ampak jih posrkajo. Prva se imenujejo toploti prehodna (*diatherman*), druga toploti neprehodna (*atherman*).

Izmed trdnih teles je kamenena sol toploti najbolj prehodna; prehodna telesa so dalje: zrak, voda, steklo. — Prozorna telesa niso vsa v isti meri prehodna; galun je prozoren kakor steklo, a vendar ne propušča skoro nobene toplote. Nekatera telesa propuščajo toplotne trake, izhajajoče iz svetlečih izvorov toplote, toplotnih trakov iz temnih izvorov toplote pa ne propuščajo n. pr. leđ, voda. Čist zrak, v katerem ni vodenih hlapov, prehodni je svetli in temni toploti, vodeni hlapi v njem so temni toploti neprehodni. To ima poseben pomen za segrevanje zemlje. Zrak propušča svetlobo in toploto, zemlja pa je mnogo vsrka ter se tako segreje. Topla zemlja izžariva temne toplotne trake, katerih vodeni hlapi ne propuščajo; na takšen način ostane zemlji več toplote nego sicer, ko bi bili vodeni hlapi temni toploti prehodni.

V noči se ohlaja zemlja z žarjenjem; vodeni hlapi v zraku se zgoščujejo in tako nastane rosa (§ 69.) Ako je nebo megleno, časih ni rose; oblaki odbijajo od zemlje izžarjeno toploto na zemljo nazaj, po takem se zemlja ne ohladi toliko, da bi mogla nastati rosa. Zakaj je največja rosa na travnikih; po cestah in golih krajih pa je je malo? (Odgovora išči v § 61.)

Povsod, kamor padajo solnčni traki, opazujemo ob jednem svetlobo in toploto; torej moramo sklepati, da se žareča toplota in svetloba širita z jednako hitrostjo.

Iz tega, da so zakoni žareče toplote in svetlobe jedni in isti, sklepamo dalje, da sta žareča toplota in svetloba le razni prikazni istega uzroka, namreč tresočega se étra. Étrove trese, katere čutimo s pomočjo vidnega živca, smatramo za svetlobo, óne étrove trese pa, katere čutimo s pomočjo tipalnih živcev, za toploto.

## VIII. Magnetizem.

§ 185. **Magnetna telesa** (*magnetische Körper*). Nekatero rude, posebno magnetni železovec, privlačijo železo in jeklo, tako da na njih obvisi. Isto svojstvo dobivata na umeten način tudi železo in jeklo. Taka telesa imenujemo magneti, njih svojstvo in stanje magnetnost; uzrok magnetnosti pa magnetizem (*Magnetismus*).

Magneti so dobili svoje ime po mestu Magnezija, kjer so že v starodavnih časih opazovali magnetnost nekaterih rud.

Telesa, katera imajo že v prirodi svojstvo magnetnosti, so prirodni magneti (*natürliche Magnete*); vsi drugi magneti so narajeni ali umetni (*künstlich*).

Razven na železo in jeklo delujejo zelo jaki magneti še na druga telesa, n. pr. na nikel, kobalt, krom i. dr., vendar ne toliko uspešno. Telesa, katera magneti privlačijo, imenujemo paramagnetna (*paramagnetisch*).

Poskus: Ako na niti visečemu magnetu bližas kos železa, opazuješ, da se magnet železu bliža in da postaja privlaka med železom in magnetom tem večja, čim bližja sta si. Z določine razdalje priskoči magnet k železu ter obvisi na njem. — Bližas li visečemu železu magnet, priskoči z določene razdalje železo k magnetu ter obvisi na njem.

Med magneti in paramagnetnimi telesi opazuješ tudi privlačnost, čeravno so med njimi druga telesa, n. pr. les, steklo, papir i. t. d., na katera magnet ne deluje.

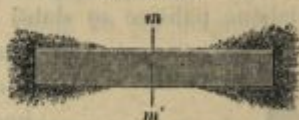
Magnetizem deluje na paramagnetna telesa tudi v daljave in skozi druga telesa. — Magnetni in paramagnetna telesa se privlačijo vzajemno, in sicer postaja privlaka med njimi v 2, 3, 4, ...  $n$ krat večji razdalji 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat manjša.

### § 186. Magnetni poli in njih vzajemno delovanje.

Poskus: Magnetno palico posuj z železnimi opilki. Opilki obvisé na njej, vendar ne povsod v jednaki meri; na koncih obvisi jih največ, v sredini pa nobeni (slika 155.) — Magnetnost torej ni po vsem magnetu jednaka; največja je v skrajnih točkah, kateri imenujemo magnetna pola (*Magnetpole*), najmanjša v sredini magneta, v  $mm'$ . To mesto imenujemo magnetno razmejo (*Indifferenzzone*); prema vežoča oba pola je magnetna os.

Poskus: Drobnno magnetno palico obesi na tanko svileno nit, tako da je horizontalna, ali pa jo natakni v njenem težišču na priostreno vertikalno os, da se more okoli te prav lahko vrteti (slika 156.) Ako zavrtiš ta magnet okoli njegove osi, zavzame po daljšem vrtenji določeno ležo, tako da kaže jeden pol proti severu, drugi proti jugu. V to ležo

Slika 155.



Slika 156.



se vrača magnet vsakokrat, kadarkoli ga spraviš iz njegove ravnotežne leže. Pol, kažóč proti severu, imenujemo severni pol (*Nord-pol*); pol, kažóč proti jugu, pa južni pol (*Südpol*).

Za take poskuse uporabljamo navadno tanke magnetne palice, na koncih priostrene in s kapico od ahata, s katero jih polagamo na jekleno ost (slika 156.) Take magnete imenujemo magnetne igle ali magnetnice (*Magnetnadeln*).

Poskus: Ako bližáš severnemu polu magnetne igle severni pol drugega magneta, odklanja se magnetna igla, kar kaže, da se pola odbijata. — Ako bližáš severnemu polu magnetne igle južni pol drugega magneta, opazuješ, da se magnetna igla drugemu magnetu začne bližati.

Istoimenski magnetni poli se odbijajo, raznoimenski pa privlačijo.

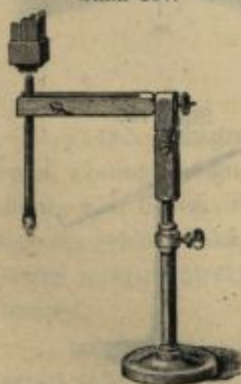
Kako neseš preiskovati, ali je kak kos železa ali jekla magneten ali ne?

Poskusa: *a)* Dva magneta, ležeča z enakimi poli drug na drugem, nosita večjo utež nego jeden sam. — *b)* Ako obesiš na severni pol magneta toliko utež, da jo še nosi, in ako položiš na ta magnetni pol južni pol drugega, odpade utež; — privlačna sila se je zmanjšala. Iz tega sledi: Magnetizem na obeh polovicah magneta mora biti različen. Magnetizem na strani severnega pola imenujemo severni, magnetizem na strani južnega pola južni. Istoimenska magnetizma se ojačujeta ali v učinkih podpirata, raznoimenska se slabita ter uničuje jeden učinke drugega.

§ 187. **Magnetenje po razdelbi** (*Magnetisierung durch Vertheilung*). Poskus: Ako se z jakim magnetnim polom dotakneš paličice od mehkega železa, da na njem obvisi, omagneti se paličica ter privlači drugo, druga zopet tretjo i. t. d. Od magneta bolj oddaljene paličice so slabši magneti. Z magnetno iglo se prepričaš, da

imajo omagnetene železne paličice z magnetom istoimenske pole od njega oddaljene in raznoimenske pole proti njemu obrnene. — Odstraniš li magnet od prve paličice, izgubé vse tekój svojo magnetnost. — Da se železo na tak način omagneti, ni treba, da bi se magnet neposredno dotikalo, ampak zadostuje, da je le blizu krepkega magneta (slika 157.) — Jemlješ li za ta poskus namesto mehkega železa jeklo, opazuješ, da se tudi jeklo blizu magneta omagneti; vendar ostane jeklo potem trajen magnet, čeravno je od magneta odstraniš. — Iz tega sledi:

Slika 157.



Jeklo in mehko železo postajata v bližini jakih magnetov magnetna, in sicer jeklo trajno, mehko železo pa le začasno. Raznoimenski pol je na strani, proti magnetu obrnjeni, istoimenski pol na strani, od magneta oddaljeni. Tako magnetenje imenujemo magnetenje po razdelbi.

§ 188. **Magnetenje jeklenih palic.** Magnete si prirejamo od povsod jednako gostega in trdega jekla navadno v obliki palic, katere s tem omagnetujemo, da po njih z drugimi magneti potezamo.

I. Magnetenje z jednim magnetom. Jeklena palica, katero je treba omagnetiti, položi se na mizo, in sicer njena konca na podlagi od mehkega železa; po palici pa se poteza od njenega središča proti jednemu koncu magnet s katerim koli polom. Magnet je treba pri tem nekoliko na palico pritiskati in pošev držati. Na konci palice se magnet odvdiguje ter v precej velikem loku postavlja zopet v središče palice. To je treba nekolikokrat ponavljati. Potem se poteza z drugim magnetnim polom na isti način po drugi polovici palice.

Polovica palice, po kateri se poteza z južnim magnetnim polom, postane severno magnetna, druga polovica, po kateri se poteza s severnim polom, pa južno magnetna.

II. Magnetenje z dvema magnetoma. V središči jeklene palice, katero je treba omagnetiti, postavita se dva precej jednaka magneta, tako da se palice dotikata raznoimenska pola in da je vsak magnet proti palici 20 do 30° naklonjen, in sicer vsak proti drugemu koncu palice. Da se magnetna pola neposredno ne dotikata, položi se méd-nja majhen lesen klin. Potem se poteza z obema magnetoma vkupe od jednega konca do drugega, vendar se ne smeta nikjer odvdigovati. S potezanjem se neha, ko sta magneta v središči palice. Konec jeklene palice, katerega se dotika južni pol, postane severni pol in obratno.

Po bolj debelih palicah je treba z magnetom potezati ob vseh stranéh.

Jakost v novem magnetu vzbujenega magnetizma je zavisna od jakosti magneta, s katerim se poteza, od velikosti in kakovosti jekla in od števila potegov. Izkušnja uči, da najdemo pri vsakem magnetu mejo, čez katero njegov magnetizem ne more rasti, če tudi prav dolgo z drugim magnetom po njem potezamo. To mejo imenujemo *sitišče* (*Sättigungspunkt*).

§ 189. **Narav magnetov.** Poskus: Ako magnetno palico v njenem središči prelomiš, sta obé polovici popolna magneta. Na pre-



lomišči sta nastala dva pola; središče vsake polovice, katero je bilo poprej magnetno, kaže se nemagnetno.

Prelomiš li to polovico v dva dela, dobiš zopet dva magneta, od katerih ima vsak svoj južni in severni pol. Sploh se kaže vsak najmanjši del kakega magneta popolen magnet sam záse. — Združiš li vse kose istega magneta v ónem redu, kakor so bili poprej, in jih stiskaš li precej močno, dobiš iz vseh zopet samo jeden magnet.

Ker sestoji vsako telo iz molekulov, mislimo si, da so pri magnetu posamezni molekuli že popolni magneti, ki imajo svoje severne pole obrnene na óno stran, kjer ima magnet svoj severni pol, južne pa na nasprotno stran.

Poskus: Tanko stekleno cev napolni z jeklenimi opilki ter potezaj ob njej s krepkim magnetom. Jekleni opilki se omagnetijo; vsak opilek záse postane magnet, istoimenski poli vseh merijo na isto stran in vsa cev kaže svojstva magnetne palice. Ako pa cev s temi magnetnimi opilki streseš, da se dobro pomešajo, cev ni več magnetna, posamezni opilki so vendar še magnetni vsak záse. — Tudi pri nemagnetnem železu in jeklu so molekuli magnetni, vendar leže njihovi poli na različne strani, tako da se učinki njih delovanja na zunaj uničujejo. — Magnetenje po razdelbi pojasnujemo tako-le:

Magnet v bližini nemagnetnega jekla ali železa zavrti njijine molekularne magnete, tako da so njih raznoimenski poli proti magnetu, istoimenski od magneta obrnjeni. Takemu vrtenju pa stavijo molekuli večji ali manjši upor nasproti (molekularno upornost, *Coërcitivkraft*). Železo postane blizu magneta tekój magnetno, od njega oddaljeno pa izgublja tekój svojo magnetnost. Železo ima potem prav majhno molekularno upornost; molekularna upornost jekla pa je velika, ker ostaja še magnetno, čeravno je od magneta oddaljimo.

Iz povedanega sledi dalje, da pri magnetenji ne more prehajati nobena sila z magneta na telo, katero omagnetujemo. Novi magnet je z magnetizmom nasičen, ako so vsi njegovi molekularni magneti v isti meri uvrščeni.

Kako pojasnjuješ, da postane novi magnet jačji: a) ako z drugim po njem večkrat potezaš, b) ako je debelejši?

§ 190. **Ojačenje magnetnosti.** Vsak magnet oslabi s časom nekoliko, posebno če ne nosi utežij; njegovi molekularni magneti se vračajo sami ob sebi v svojo naravno ležo. — Da ohranjujemo njih magnetnost, polagamo na magnetne pole kose od mehkega železa (kotvice, *Anker*). Kotvica viseča na magnetu se omagnetni

po razdelbi ter zabranjuje molekularnim magnetom, da bi se vračali v svojo naravno ležo.

Jakost različnih magnetov primerjamo s tem, da določujemo uteži, katere morejo nositi. Največjo utež, katero more magnet nositi, jemljemo za mero njega nosilnosti (*Tragkraft*).

Magnete z večjo nosilnostjo dobimo, ako damo magnetom obliko podkove ter več takih magnetov zvežemo v magnetno baterijo, položivši jih z istoimenskimi poli drugega na drugega (slika 158.) Navadno je v sredini ležeč magnet nekoliko daljši nego drugi; tega se potem dotika kotvica *mn*, na katero se obešajo uteži na kljukico pri *b*. Nosilnost magnetne baterije je sploh večja nego nosilnost posameznih magnetov, vendar nekoliko manjša nego vsota nosilnostij vseh magnetov.

Silni udarci, večkratno odtrgovanje kotvice in velika toplota zmanjšujejo magnetnost. Magnet v ognju razbeljen izgubi vso svojo magnetnost. — Nasprotno se jeklena orodja, n. pr. pile, žage i. t. d., časih z drgnenjem in z velikoštevilnimi slabimi udarci omagnetijo.

§ 191. **Zemeljski magnetizem** (*Erdmagnetismus*). I. Magnetni odklon (*magnetische Declination*). Magnetna igla, vrtljiva okoli priostrene vertikalne in skozi njeno težišče idoče osi, obrača v svoji ravnotežni leži severni pol proti severu, južni pol proti jugu. Ravnina, položena skozi magnetno os take mirne igle in skozi zemeljsko središče, zove se magnetni meridijan (*magnetischer Meridian*). Magnetni in astronomijski meridijan se sploh ne strinjata, ampak oklepata kot, magnetni odklon imenovan. Magnetni odklon je zahoden ali vzhoden, ako kaže severni pol mirujoče magnetne igle nekoliko proti zahodu ali vzhodu. — Vsaka v horizontalni ravnini okoli vertikalne osi vrtljiva magnetna igla se imenuje odklonska igla ali odklonenica (*Declinationsnadel*).

II. Magnetni naklon (*magnetische Inclination*). Poskus: Jekleno iglo, vrtljivo okoli horizontalne in skozi njeno težišče idoče osi, obesil v vilicami, v katerih tiči nje os, na svilnato nit (slika 159.) Dokler igla ni magnetna, ostane v vsaki poljubni leži v ravnotežji. Ako jo pa omag-

Slika 158.



Slika 159.



netiš, določena je njena ravnotežna leža. V to ležo se vrne igla vsakokrat, ako jo iz te leže spraviš in samo sebi prepustiš. V ravnotežni leži stoji njena magnetna os v magnetnem meridijanu in oklepa z horizontalno premo, potegneno skozi njeno središče, kot, magnetni naklon imenovan. — Vsaka tako prirejena magnetna igla se imenuje naklonska igla ali naklonenica (*Inclinationsnadel*).

Na severni polukrogli je nje severni pol proti zemlji naklonjen, na južni polukrogli pa južni. Magnetni naklon ni povsod enak, blizu ravnika je enak ničli, od tod proti tečajema pa vedno narasta; največja njegova vrednost znaša  $90^{\circ}$ .

Poskus: Na mizo polóži magnetno palico, nad njo pa drži naklonsko iglo, tako da stoji os, okoli katere se more vrteti, pravokotno na magnetni osi palice. Ako je os vrtnje nad središčem magnetne palice, leži magnetna igla horizontalno; severni pol igle pa se naklanja proti magnetu, ako iglo od središča magnetne palice premičeš proti nje južnemu polu; nad južnim polom se postavi igla vertikalno. Na severno magnetni strani palice se naklanja proti njej južni pol igle, ter se postavi nad polom vertikalno.

Ta poskus primerjajoči z prikaznima magnetnega odklona in naklona moramo sklepati, da je zemlja magnetna, in da sta njena magnetna pola v ónih točkah, kjer stoji naklonska igla vertikalno, kjer je magnetni naklon =  $90^{\circ}$ .

Magnetni odklon in naklon sta v različnih krajih in časih izpremenljiva. V naših krajih je magnetni odklon zahoden ter se vsako leto zmanjšuje približno za 3 minute. V Ljubljani je znašal l. 1882. magnetni odklon približno  $10\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Odklonske igle uporabljamo, da zvmemo različne strani sveta.

Odklonske igle v to svrhu napravljene imenujemo, ako so manjše, busole (*Boussolen*), ako so večje, pa kompase (*Compassen*). Pri busoli ali kompasu je prav lahko vrtljiva odklonska igla spravljena v okrogli, s stekleno ploščo pokriti škrinjici. Pod iglo pa je vetrovnica ali časi samo v stopinje razdeljen krog, katerega središče se ujema z osjo vrtnje.

§ 192. **Astatične igle** (*astatische Nadeln*). Dve magnetni igli, jednako dolgi in tako zvezani druga z drugo, da sta njijini osi vzporedni in raznoimenska pola drug nad drugim, imenujemo astatično dvojico igel ali kratko astatično iglo. — Ako je magnetnost obéh jednaka in sta vrtljivi okoli vertikalne osi kakor odklonska igla, nima zemeljski magnetizem nánji nobenega vpliva, ker skuša zavrteti jeden konec igel z isto silo proti jugu kakor drugi proti severu.

Sploh pa je vpliv zemeljskega magnetizma nánji slabši, kakor na jedno samo, če tudi magnetnost obéh igel ni jednaka. Astaticne igle rabimo, da zvemo, ali je katero telo v zelo majhni meri magnetno ali ne, in pri mnogih električnih orodjih.

## IX. Elektriika.

### A. Elektriika vzbujena s trenjem. (Torna elektriika.)

#### 1. Osnovne električne prikazni.

§ 193. **Električne prikazni sploh.** Poskus: Ako tereš (drgneš) dobro obrisano stekleno palico s svilnato ali z volnato tkanino ali z amalgamiranim usnjem in jo potem bližajš lahkim telesom, n. pr. koščekom od papirja ali kroglicam od bezgovega stržena, priskakujejo ta telesa k palici, a dotaknivša se nje odskakujejo zopet na vse strani. V temi opazuješ pri tem, posebno ako si bil palico trl delj časa, iskricice, katere preskakujejo z malim praskom s palice na bližajoča se telesa. Lasje se ježe blizu take palice in pri tem imaš občut, kakor bi bil prepreden s pajčevino. Tudi poseben vonj po žveplu ali fosforu moreš čutiti.

Jednaka svojstva dobiva s trenjem tudi pečatni vosek in še druga telesa.

Take prikazni imenujemo električne (*elektrisch*). Telesa, na katerih opazujemo električne prikazni, so električna. Stanje teles, v katerem se nahajajo, kadar so električna, zove se električnost; uzrok električnosti pa elektriika (*Elektricität*).

Vzbujanje električnosti v katerem koli telesu se imenuje elektrizovanje (*Elektrisierung*).

Električnost so opazovali že stari Grki na jantaru, katerega so imenovali elektron. Od tod izvirajo besede: električen, električnost i. t. d.

§ 194. **Elektrizovanje po podelitvi** (*Elektrisierung durch Mittheilung*). Poskus: Na dvakrat zaviti stekleni cevi (slika 160.) visi kroglica od bezgovega stržena na svilnati niti. (Taka priprava se imenuje električno nihalo.) Ako se kroglice dotakneš z električnim telesom, in ako njej potem bližajš drugo kroglico, isto tako na niti visečo, pri-

Slika 160.



skočita druga k drugi, a potem se odbijata. Kroglica kaže vsa svojstva električnega telesa, ako si se je dotaknil z električnim telesom. — Poskus torej kaže:

Neelektrična telesa, dotaknivša se električnih, postanejo električna. Ali: električna telesa morejo podelovati elektriko tudi drugim telesom.

Tako elektrizovanje imenujemo elektrizovanje po podelitvi. Natančni poskusi učé, da izgubi električno telo toliko elektrike, kolikor je dobi óno, katerega se je bilo dotaknilo.

Kakšen razloček opazuješ med magnetnimi in električnimi telesi?

§ 195. **Dobri in slabi elektrovi** (*gute und schlechte Elektrizitätsleiter*). Poskusi: *a)* Na kroglico od bezgovega stržena *a* (slika 161.), visečo na svilnati niti, obešana je na volnati niti druga taka kroglica *b*. Ako podeliš elektrike kroglici *a*, dotaknivši se je z električno stekleno palico, opazuješ, da je tudi kroglica *b* električna. Električna je prešla torej z električne steklene palice na kroglico *a* in od tod po volnati niti na kroglico *b*. Kroglica *b* bi se kazala neelektrična, ko bi visela na svilnati niti. — *b)* Na svilnato nit obesi kovinsko kroglo, ter se je dotakni z električnim telesom. Krogla se ti kaže tekój na vsem površji električna. Ako ponoviš ta poskus s stekleno kroglo, kaže se električna jedino le v točki, v kateri si se je dotaknil z električnim telesom. — *c)* Ako se električne kovinske krogle dotakneš s prstom, izgubi vsa krogla svojo elektriko; električna steklena krogla izgubi svojo elektriko jedino le v točki, v kateri si je s prstom dotaknil.

Slika 161.



Na nekaterih telesih se električna lahko širi na vse strani, na drugih pa ne; ali: nekatera telesa prevajajo elektriko, druga pa ne. Prva telesa imenujemo dobre, druga slabe elektrovi ali prevodniki elektrike.

Dobri elektrovi so: kovine, oglje, voda, človeško in živalsko telo, zemlja, vlažen zrak i. t. d. Slabi elektrovi so: svila, suho steklo, smola, jantar, suh zrak, mastna olja, alkohol i. t. d. —

Slabe elektrovi imenujemo tudi samila ali osebila (*Isolatoren*).

Da električna telesa ne izgublajo svoje elektrike, treba ja je obdati od vseh stranij s slabimi elektrovodi — ali ja osamiti ali osebiti.

V vlažnem zraku se obnašajo električni poskusi sploh slabo. (Zakaj?)

§ 196. **Pozitivna in negativna elektrika.** Poskusa:

*a)* Dve električni nihali elektrizuj z električno stekleno palico. Bližaš li potem kroglici drugo proti drugi, odbijata se ter ni ju možno spraviti v dotiko. — Ravno isto opazuješ, ako si podelil kroglicama elektrike s palico od pečatnega voska, katero si trl z lisičjim repom ali mačkinjo kožo. — *b)* Ako podeliš kroglici jednega nihala elektrike s stekleno palico, kroglici drugega nihala s palico od pečatnega voska ter bližaš drugo drugi, privlačita se že iz daleč.

Poskusa učita, da mora biti elektrika steklene palice, katero si trl s svilnato tkanino ali z amalgamiranim usnjem, različna od elektrike na pečatnem vosku, katerega si trl z lisičjim repom. — Elektriko, vzbujeno s trenjem na steklu, imenujemo pozitivno, elektriko pečatnega voska, katero vzbujamo, teroči ga z lisičjim repom, pa negativno. Pozitivno elektriko zaznamenujemo s  $(+ E)$ , negativno z  $(- E)$ .

Istoimensko električna telesa se odbijajo, raznoimensko električna pa privlačijo.

Kolikost privlačnosti ali odbojnosti električnih teles zavisi od jakosti njih električnosti ter je s to sorazmerna; postaja pa 4, 9, 16, ...  $n^2$ krat manjša, ako je razdalja električnih teles 2, 3, 4, ...  $n$ krat večja.

Poskus: Jednemu izmed dveh električnih nihali podeli pozitivne, drugemu isto toliko negativne elektrike. Ako bližaš nihali drugo drugemu, da se vsled vzajemne privlačnosti dotakneta, izgubita obé kroglici svojo elektriko. — Ako pa ima jedna krogla več elektrike, nego druga, ostaneta kroglici še električni, ko sta se bili dotaknili. Ako je imela jedna krogla več pozitivne elektrike nego druga negativne, ostaneta obé pozitivno električni; obratno pa negativno. Obé kroglici imata, ko sta se bili dotaknili, ravno toliko elektrike, kolikor je je imela jedna več nego druga.

Pozitivna in negativna elektrika sta si v učinkih protivni, tako da jedna učinke druge uničuje. Telo ima-joče isto toliko pozitivne elektrike, kolikor ima negativne, kaže se neelektrično.

§ 197. **Elektroskop** se imenuje vsako orodje, katero nam služi, da zvemo, ali je kako telo električno in, ako je električno, ali

je pozitivno ali negativno električno. Najjednostavnejši elektroskop je električno nihalo (slika 160.) — Električno nihalo je vendar slabo občutljivo. Prav občutljiv elektroskop kaže slika 162. V grlu znotraj dobro suhe steklenice tiči kovinska palica, idoča skozi stekleno cev, katera je v grlu steklenice utrjena s pečatnim voskom. Ta palica nosi na zunanjem konci kovinsko ploščo  $p$ , na konci v steklenici pa dva tanka zlata listka. To orodje imenujemo elektroskop z zlatima listkoma (*Goldblattelektroskop*).

Slika 162.



Ako podelimo plošči  $p$  nekoliko elektrike, razprostira se po kovinski palici in zlatih listkih; listka se odbijata in razhajata, in sicer tem bolj, čim več elektrike je plošča dobila.

Z jako električnimi telesi pa se ne smemo plošče  $p$  dotikati, ker drugače se zlata listka vsled velike odbojne sile odtrgata. Da moremo električnost jako električnih teles na elektroskopu preiskovati, poslužujemo se poskusne kroglice (*Probekugel*), t. j. majhne kovinske kroglice, pritrjene na tanko palico od kavčuka ali drugega slabega elektrovida. Ako se dotaknemo s poskusno kroglico električnega telesa, preide nekoliko elektrike nanjo in to moremo prenesti na elektroskop. Čim več elektrike je bilo v točki, katere smo se s poskusno kroglico dotaknili, tem več je prenesemo na elektroskop in tem večji razhod kažeta zlata listka.

Slika 163.



Kako moreš na tem elektroskopu dokazati, da se istoimenski elektriki v učinkih podpirata, raznoimenski pa uničujeta? — Kako moreš s pomočjo elektroskopa natančno preiskovati, ali je kako telo dober ali slab elektrovid? —

§ 198. **Elektrika se razprostira le na površji električnih teles.** Pravost tega izreka dokažemo s tema poskusoma: *a)* Na lesenem podnožji stojé na steklenih palicah kovinska krogla  $C$  (slika 163.) in otlj polukrogli  $A$  in  $B$ . Polukrogli sta foliki, da položeni na kroglo  $C$ , to po polnem zakrijeta. Ako podeliš krogli  $C$  katere-

koli elektrike in ako potem na njó potisneš polukrogli *A* in *B*, kažejo nihala, da sta *A* in *B* električni. Odstraniš li potem polukrogli *A* in *B*, krogla *C* ni več električna, ampak jedino le *A* in *B*. — *b*) Otkovinsko posodo postavi na več kosov pečatnega voska, da je prav dobro osamljena. Podeliš li tej posodi katerekoli elektrike in preiskuješ li s poskusno kroglo nje električnost, najdeš jo le zunaj na površji električno, notrina pa je neelektrična.

§ 199. **Električna gostota. Razdelitev elektrike na površji električnih teles.** Jedno in isto telo more imeti časih več, časih menj elektrike; na jednom in istem delu površja more torej biti elektrika bolj ali menj gosta. Množino elektrike na kvadratnem centimetru električnega telesa jemljemo za mero električne gostote. Ker se istoimenske elektrike odbijajo, sledi dalje, da teži elektrika odhajati z električnega telesa, kolikor more. Vsled te težnje nastane električni napon (*elektrische Spannung*), kateri mora biti tem večji, čim večja je električna gostota.

Poskus: *a*) Ako se dotikaš s poskusno kroglo osamljene električne krogle na različnih mestih in ako prenašaš tam dobljeno elektriko na elektroskop z zlatima listkoma, kažeta listka isto tolik razhod, naj se dotakneš te ali óne točke kroglinega površja. Paziti pa vender moraš, da je elektroskop vsakikrat neelektričen in da je krogla prav dobro osamljena.

Poskus: *b*) Na osamljen kovinski valj obesi na različnih mestih po več parov kroglic od bezgovega stržena na volnatih nitih. Podeliš li temu valju katerekoli elektrike, kažejo največji razhod kroglice, viseče ob koncih valja, najmanjši razhod kažeta kroglici v sredini viseči.

Na kroglastih telesih sta električna gostota in električni napon na vsem površji jednako velika.

Na telesih druge oblike sta električna gostota in napon večja v točkah od središča bolj oddaljenih, največja pa na robih in ostéh.

Kjer je mnogo elektrike na majhnem prostoru nakopičene, začne prehajati v zrak. Najbližji zračni molekuli dobijo po podelitvi istoimenske elektrike ter se odbijajo, na njih mesto prihaja od stranij drug zrak. Ta postane zopet električen ter se odbija. S tem nastane električni veter; električno telo pa izgublja vedno več svoje elektrike.

Telesa morajo biti kroglasto obrobljena, ako hočemo njih elektriko delj časa obdržati. (Zakaj?) — Na katerih telesih moreš več elektrike nakopičiti, na



otlih ali na masivnih? — Ali morajo biti telesa, na katerih hočemo elektriko hranjevati, vsa od dobrih elektrovodov, ali zadostuje tudi, če so od slabih elektrovodov, a na površji oblepljena s štaniolom?

§ 200. **Elektrizovanje po razdelbi** (*Elektrisierung durch Vertheilung oder Influenz*). Poskus: a) Ukrivljena steklena palica

Slika 164.



nosi na koncih kroglasto obrob-ljen kovinski valj  $AB$  (slika 164.); na valji visita na več mestih po dve kroglici od bezgovega stržena na volnatih nitih. Temu valju se dá poljubno približevati ali od njega oddaljevati na stekleni palici osamljena kovinska krogla  $C$ . Ako podeliš krogli  $C$  katerekoli elektrike, ter jo približaš valju  $AB$  toliko, da ne preskoči nánj električna iskra, kažejo kroglice na

valji razhod. Največji razhod kažejo kroglice, na koncih viseče; kroglice, v sredini  $M$  viseči, ne kažeta nobenega razhoda.

Kovinski valj  $AB$  je postal torej električen, ko je električna krogla  $C$  blizu njega; in sicer ima njegova elektrika na koncih največji napon, v sredini pri  $M$  pa nobenega.

Valj  $AB$  izgubi svojo elektriko, ako odstraniš elektriko s krogle  $C$  s tem, da jo odmakneš, ali da se je s prstom dotakneš.

Poskus: b) Ako je krogla  $C$  negativno električna in ako bližas valju  $AB$  negativno električno kroglico, visečo na svilnati niti, privlači jo polovica  $AM$ ; polovica  $MB$  pa jo odbija. Krogli  $C$  bližnja polovica valja je torej pozitivno, od nje oddaljena polovica pa negativno električna.

Poskus: c) Ako se valja  $AB$  s prstom dotakneš, dokler je negativno električna krogla  $C$  blizu njega, upadejo kroglice polovice  $MB$ ; ostale kažejo pa še nekoliko večji razhod. Negativna elektrika valja  $AB$  je torej odvodna ali prosta (*ableitbar oder frei*); pozitivna pa ni odvodna, ampak vezana (*gebunden*).

Poskus: d) Valja  $AB$  se dotakni s prstom, t. j. odvzemi mu prosto negativno elektriko, dokler je negativno električna krogla blizu njega. Potem pa odstrani kroglo  $C$  ali pa jej odvzemi njeno negativno elektriko. Vse kroglice na valji  $AB$  kažejo razhod. S pomočjo elektroskopa se lahko prepričaš, da ima valj odvodno ali prosto pozitivno elektriko. —

Ko bi bil vzel za navedene poskuse kroglo  $C$  pozitivno električno, našel bi polovico valja  $AM$  negativno, drugo polovico  $MB$  pozitivno električno; negativna električna bi bila vezana, pozitivna pa prosta. Negativno moreš oprostiti, ako najprej odvedeš prosto pozitivno in potem odstraniš kroglo  $C$  ali ako od nje odvedeš njeno električno.

Valj  $AB$  postane tudi električen, ako stoji med njim in kroglo  $C$  steklena plošča ali sploh tanka plošča od slabega elektrovoda.

Iz navedenih poskusov sledé ti-le zakoni:

Uzrok električnosti, t. j. električno ima vsako telo že po naravi v sebi, in sicer obojih, pozitivne in negativne, istotoliko in brezkončno veliko, tako da se njijini učinki na zunaj uničujejo. . . . 1.)

Telo se kaže električno, ako ima jedne električne več nego druge, n. pr. v pozitivno električnem telesu je več pozitivne električne nego negativne in obratno. . . . 2.)

Vsako električno telo deluje že iz daljine, tudi skozi trdne slabe elektrovode na dobre elektrovode tako razdelilno, da razsebuje obé električni, ki sta si bili ravnotežni, ter privlači raznoimensko, odbija pa istoimensko. . . . 3.)

To prikazen imenujemo električno razdelbo.

Po razdelbi vzbujena z razdelilno delujočo istoimenska električna je prosta, raznoimenska pa vezana. Vezana električna postane prosta ali odvodna, ako se razdelilno delujoča odstrani; ter se zveže s prosto po razdelbi elektrizovanega telesa, ali pa ostane na njem, ako je bila prva odvodena in ako je telo osamljeno. . . . 4.)

Ali moreš elektrizovanje po razdelbi pokazati tudi na elektroskopu? — Ali je neobhodno potrebno se elektroskopa dotakniti, da zveš, je li katero telo električno ali ne? — Kakšen je razloček med magnetenjem in elektrizovanjem po razdelbi?

Poskus:  $e$ ) Ako bližajš osamljeni pozitivno električni krogli  $A$  polagoma drugo osamljeno kovinsko kroglo  $B$ , skoči pri določeni razdalji obéh krogel s krogle  $A$  iskra na kroglo  $B$ . Ako preiskuješ električnost obéh krogel, najdeš, da je krogla  $A$  izgubila nekoliko svoje električne, krogla  $B$  pa je ravnoliko pridobila.

Krogla  $A$ , bližajoča se krogli  $B$ , deluje na to razdelilno, istoimensko električno odbija na najbolj oddaljene točke, raznoimensko pa privlači v najbližje točke. Ko doseže razdalja obéh krogel gotovo mejo, združita se raznoimenski električni krogel  $A$  in  $B$  skozi zrak

v podobi električne iskre. Na krogli *A* ostane še nekoliko pozitivne elektrike in istotako tudi na krogli *B*, katera se razširi po vsej krogli. Navadno pravimo, da smo krogli *B* podelili elektrike; v resnici pa elektrizovanje po podelitvi ni nič drugega nego elektrizovanje po razdelbi. Električna iskra je združitev raznoimenskih elektrik skozi zrak ali druge slabše elektrovođe.

Kako moreš z elektrizovanjem po razdelbi pojasniti, da električno telo drugo neelektrično privlači, a zopet odbija, ko sta se bili dotaknili?

## 2. Orodja in priprave za vzbujanje in nabiranje elektrike.

§ 201. **Elektrofor ali elektronos** (*Elektrophor*) sestoji iz smolne pogače, ležeče na nekoliko večjem kovinskem okroglem

Slika 165.



podnožji (slika 165.) Na pogačo se dá polagati in s steklenim držalom odvodigovati dobro obrobjen pokrov od kovine ali od lesa, oblepljenega s stanijolum.

Tepemo li smolno pogačo z lisičjim repom ali kako kožuhovino, postane negativno električna. Pokrov, položen na negativno električno smolno pogačo, postane električen po razdelbi; raznoimenska, t. j.  $+E$

se razprostira na spodnji strani pokrova,  $-E$  pogače jo veže, istoimenska ( $-E$ ) je prosta in se razprostira na zgornjem delu pokrova. Dotaknivi se pokrova s prstom odvedemo prosto  $-E$ ; vezano  $+E$  dobimo pa odvodno, ako pokrov osamljen odvdignemo. Potem jo moremo prenašati na druga telesa.

Ker pri tem postopanju pogači nismo odvzeli njene  $-E$ , moremo to postopanje s pokrovom večkrat ponavljati. S tem pa dobivamo iz precej majhne množine  $-E$  na pogači po razdelbi velike množine  $+E$ .

Kaj bi opazil na pokrovu, ako ga na negativno pogačo položiš in osamljenega odvdigneš, pa se ga ne dotakneš s prstom?

Smolna pogača je zmes kolofonija in terpentina, kateri je primešanega nekoliko voska; ali pa zmes približno dveh delov šelaka in jednega dela terpentina.

§ 202. **Električni kolovrat** (*Elektrisiemaschine*) (slika 166.) ima tri glavne dele: 1.) drgáč, 2.) drgálo, 3.) vodilo. 1.) Drgáč (*Reiber*) je velika okrogla steklena plošča *S*, vrtljiva okoli horizontalne steklene osi. 2.) Drgálo (*Reibzeug*) *H* sestoji iz dveh z usnjem prevlečenih deščic, kateri pritiskata prožni peresi od obeh strani k drgáču. Usnje je pomazano z lojem in amalgamom (zmesjo od cinka, kositarja in živega srebra). Drgálo je kovinsko zvezano s kroglasto obrobjenim kovinskim valjem *O* (negativnim vodilom), stoječim na stekleni palici. 3.) Vodilo (*Conductor*) *A* je medena kroglá, stoječa na steklenem stebru *G*.

Slika 166.



Z vodilom sta kovinsko zvezana lesena obroča *D*, sesalnika (*Sauger*) imenovana, katera imata na stranéh, obrnjenih proti drgáču, več kovinskih, iglam podobnih ostij. Vodilo *A* se imenuje pozitivno vodilo.

Na pozitivno vodilo se postavlja časih velik lesen obroč, v katerem je dolga žica; ta ojačuje napon na vodilu nabirajoče se elektrike.

S tem strojem vzbujamo elektriko na ta-le način: Ako vrtimo drgáč z ročico okoli njegove osi, tere se ob amalgamiranem usnji; steklo postane pozitivno električno, usnje pa negativno. — *E* usnja se nabira na negativnem vodilu *O* in odhaja navadno v zemljo po veržici, vezóci vodilo *O* z zemljo. Pozitivno električna plošča se vrti do sesalnikov *D*; tam elektrizuje pozitivno vodilo *A* po razdelbi, — *E* je vezana in se nabira v sesalnikovih ostéh, + *E* je odvodna ter se nabira na vodilu *A*. Vezana — *E* ima v ostéh toliko gostoto in tolik napon, da prehaja skozi zrak na drgáč in uničuje njegovo + *E*. Od tod naprej se vrti steklena plošča do drgála neelektrična; teróča se ob drgálu postaja pa zopet pozitivno električna. Vsled tega se

navedene prikazni ponavljajo. — Vrteči drgáč okoli njegove osi dobivamo na vodilu velike množine pozitivne elektrike; nje gostota in napon na vodilu narastata na vodilu do gotove meje, katera zavisi od kakovosti električnega stroja in od tega, je li zrak bolj ali menj suh.

Ako postavimo pozitivnemu vodilu nasproti kovinsko kroglo, katera je po dobrem elektrovodu zvezana z negativnim vodilom, preskakujejo električne iskre z vodila na to kroglo, če vrtimo drgáč, in razdalja med kroglo in vodilom ni prevelika. Največja razdalja med vodilom in kroglo, v kateri še preskakujejo iskre, imenuje se skakáj električne iskre ali iskrodalja (*Schlagweite*).

Čim večji je polumer drgáča, čim bolj suh in redkejši je zrak, tem večja je sploh iskrodalja. — Pot električne iskre sploh ni prema, ampak lomljena črta, posebno v večjih iskrodaljah.

Da dobivamo krepke iskre, uporabljamo iskrovabec ali izvajač (*Funkenszieher*). Ta sestoji iz približno pravokotno ukrivljene kovinske palice, pritrjena na stekleno palico in noseče na koncih raznoveliki kovinski krogli. Večja krogla se stavi pozitivnemu vodilu nasproti, manjša pa se zveže z verižico z negativnim vodilom.

S pozitivnega vodila ne moreš izvabiti nobene električne iskre, ako ga zvežeš z kovinsko verižico z negativnim. Pozitivna in negativna elektrika obéh vodil se v dobrem elektrovodu, v verižici, združujeta; — s tem pa nastane električni tok (*elektrischer Strom*), in sicer govorimo o pozitivnem in negativnem električnem toku. Pozitivni električni tok teče s pozitivnega vodila skozi verižico proti negativnemu vodilu; negativni pa v nasprotni meri. Navadno govorimo le o pozitivnem električnem toku, kajti znajoči mer tega, znamo tudi mer negativnega električnega toka.

Prvi električni kolovrat je izumil Oto pl. Guerike (l. 1672.) Njegov električni kolovrat je imel namesto steklene plošče žvepleno kroglo, vrtljivo okoli horizontalne osi, na katero se je pritiskalo z rokami. — Popisani električni kolovrat pa je izumil Winter.

§ 203. **Poskusi z električnim kolovratom.** Ker dobivamo na vodilu električnega kolovrata velike množine elektrike, moremo z njim prav lahko preiskovati električne učinke. Električni učinki so: 1.) mehanični, 2.) svetlobni in toplotni, 3.) fizijološki, 4.) magnetni, 5.) kemijski.

1.) Mehanični učinki. Steklen valj brez dna postavi na kovinsko ploščo, v valj vsiplji precej veliko kroglic od bezgovega stržena, na valj položi drugo kovinsko ploščo. Zvežeš li z osamljenim dobrim elektrovoudom zgornjo ploščo s pozitivnim vodilom, spodnjo pa z negativnim, skačejo kroglice v valji med ploščama gori in dol, ako vrtilš drgáč. (Električna toča.) — Podobne prikazni opazuješ pri električnem zvonci in drugih električnih igračah. —

Človeku, stoječemu na stolci s steklenimi nogami in dotikajočemu se pozitivnega vodila, vstajajo lasje po konci, ako vrtiš drgáč. (Zakaj?) — Električni veter. Ako postaviš na pozitivno vodilo ukrivljeno in priostreno kovinsko palico (slika 167.) in blizu osti gorečo svečo, upogne se svečin plamen v stran, ako vzbujas elektriko, vrteč drgáč; z vodila pa ne moreš izvabiti nobene večje iskre. (Zakaj? Odgovor išči v § 199.) —

2.) Svetlobni in toplotni učinki elektrike. Na dobre elektrovođe preskakujejo z vodila iskre, ako so blizu njega in odvodno zvezani z zemljo ali z negativnim vodilom.

V majhnih daljavah so te iskre bolj ali manj vijoličaste, v večjih daljavah pa svetlo bele, posebno, ako ima elektrika veliko gostoto in napon. Čim redkejši je zrak, v tem večje daljave more preskočiti električna iskra z jednega dobrega elektrovođa na drugega. V zelo redkem zraku ne vidimo več pravih isker, ampak le vijoličaste proge. Take proge lahko opazujemo v električnem jajci (slika 168.), t. j. jajcu podobni stekleni posodi, katera je povsod neprodušno zaprta. V notrino molita kovinski kroglici *a* in *b*, pritrjeni na kovinskih paličicah. Podnožje je dobro obrušeno; od njega pa vodi v notrino tanka cev, katero zapira pipa *h*. Ako je zrak v jajci zelo razredčen in ako zvežeš podnožje z negativnim, obroč *c* pa s pozitivnim vodilom električnega kolovrata, vidiš med kroglama *a* in *b* lepe vijoličaste proge. — V brez-zračnem prostoru pa se elektrika ne more širiti. — Geisslerjeve steklene cevi. — Električna iskra užiga lahko gorljive reči, n. pr. segret vinski cvet, pokalni plin, žvepleni eter i. t. d. (Električna pištola.) — Svetlobne prikazni na ostéh. Ako pritrliš kovinsko ost na pozitivno vodilo (slika 167.), vidiš v temi na njej lep vijoličast šopek. Postaviš pa li isto ost na negativno vodilo, vidiš v temi na njej le svetlo točko. — Slika 169. kaže pripravo, sestoječo iz kovinske paličice *cd*, pri *b* pritrjene na stekleno palico. Paličica *cd* je pri *c* priostrena, pri *e* pa ima majhno kroglo. Na stojalu *mm* tiči krogla *f*; razdalja med kroglama *f* in *d* se dá nekoliko preinačevati, ker je *cd* pri *b* nekoliko premečna. Ako zvežeš kroglo *f*

Slika 167.



Slika 168.



Slika 169.



z negativnim vodilom, ost *c* pa držiš proti pozitivnemu vodilu, opazuješ v temi na osti *c* svetlo točko, med kroglama *e* in *f* preskakujejo električne iskre; na vodilu pa ima elektrika prav majhno gostoto in napon. — Navidezno vsrkava ost *c* elektriko z vodila náse. — Prikazen pa je ta-le: Pozitivno električno vodilo deluje razdelilno na paličico *cd*; istoimenska elektrika (+ *E*) odteka s krogle *e* na kroglo *f* in od tod proti negativnemu vodilu, raznoimenska (– *E*) je vezana na osti *c*. Ker je ondú nje gostota in napon zelo velika, odteka z osti na vodilo ter se združuje z pozitivno elektriko vodila.

3.) Fizijologični učinki elektrike. Vsaka električna iskra, katera preskoči z električnega telesa na človeški člen, prouzroči v človeku poseben čut, kakor bi ga kdo z iglo pičil. Krepke električne iskre pa človeka za hip krepko stresejo, zelo velike ga tudi usmrtiljo.

4.) Magnetni učinki: Železen valj, ovit z dolgo, tanko in dobro osamljeno žico, kaže se nekoliko magneten, ako teče skozi žico več časa krepk električen tok.

5.) Kemijski učinki: Blizu električnega kolovrata opazujemo nek poseben vonj po žveplu, to je vonj po ozonu, kateri je nastal po pretvorbi kisika. — Ako napeljemo osti s pozitivnega in z negativnega vodila v raztopino kalijevega jodida, izločuje se jod; na papirji, oblepljenim s škrobom, spoznaš ga po modri barvi.

§ 204. **Franklinova plošča. Lejdenska steklenica** (*Franklin'sche Tafel. Leydener Flasche*). Franklinova plošča (slika 170. in 171.) je po konci postavljena steklena plošča, oblepljena

Slika 170.



Slika 171.



Slika 172.



na obéh stranéh s stanijolom, vendar tako, da ostaja ob robih za dva prsta široko prosta stanijola. Ta del je pomazan s pečatnim voskom ali šelakom, raztopljenim v vinskem cvetu.

Lejdenska ali Kleistova steklenica (slika 172.) je steklena posoda, oblepljena zunaj in znotraj dobre tri četrtine svoje višine s stanijolom. Neoblepljen rob je pomazan s pečatnim voskom ali šelakom, raztopljenim v vinskem cvetu. V posodi stoji, utrjena z lepenko ali drugo tvarino, medena palica dotikajoča se dna in noseča

zunaj medeno kroglo. — Obé pripravi služita, da nabiramo z elektrizovanjem po razdelbi večje množine elektrike nego jih je sicer móči nabrati na vodilu električnega kolovrata.

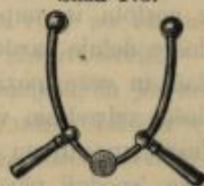
Ako spravimo jedno oblogo Franklinove plošče, recimo desno (slika 171.), v dotiko ali vsaj v kovinsko zvezo s pozitivnim vodilom električnega kolovrata, deluje na tem razprostirajoča se pozitivna elektrika razdelilno na zadnjo oblogo, katero si mislimo odvodno zvezano z zemljo. Raznoimenska elektrika ( $-E$ ) je vezana, istoimenska ( $+E$ ) je prosta in odteka v zemljo. Vezana elektrika ( $-E$ ) veže tudi nekoliko proste desni oblogi podeljene ( $+E$ ), tako da nje ostane le nekoliko proste in odvodne. Gostota proste elektrike na desni oblogi je torej manjša nego je bila v trenutku, ko je prešla z vodila nánjo. Zaradi tega more prehajati z vodila nova prosta  $+E$ , katera deluje na zadnjo, levo oblogo, isto tako razdelilno, kakor prva. — Franklinova plošča je z elektriko napolnjena (*geladen*), ako je gostota njene proste elektrike ravno tolika, kolikeršna je gostota proste elektrike na vodilu. Lejdensko steklenico polnimo na enak način, ko primemo zunanjo oblogo v roko in se dotikamo s kroglo pozitivnega vodila. Po razdelbi na zunanji oblogi vzbujena prosta pozitivna elektrika odteka zkozi naše telo v zemljo, negativna pa je vezana ter veže tudi nekoliko elektrike, notranji oblogi podeljene.

Raznoimenski vezajoči se elektriki na obéh oblogah težita, da bi se združili; združenje brani pa slab prevodnik, steklo. Ako zvezemo obé oblogi z dobrim elektrovodom, združita se tekóji; steklenica se izprazni (*wird entladen*) ter postane neelektrična.

Lejdensko steklenico moremo izprazniti tudi skozi naše telo, treba le, da vzamemo napolnjeno steklenico v jedno roko, s prstom druge roke pa se dotaknemo krogle. V hipu, ko se s prstom dovolj približamo krogli, preskoči z nje iskra z glasnim pokom in po svojih udih čutimo električni udarec. Sila tega udarca je zavisna od množine v steklenici nabrane elektrike. Ako si podá več oseb roke in ako vzame prva osoba napolnjeno steklenico v roko, zadnja pa se dotakne krogle, čutijo vse osebe udarec istočasno. Število oseb sploh ni omejeno.

Močni električni udarci morejo postati človeku škodljivi ali celo smrtni. Da se kaj takemu izognemo, poslužujemo se za izpraznovanje Lejdenske steklenice ali Franklinove plošče, posebne priprave, izpraznovalca (*Auslader*) (slika 173.) Ta sestoji iz dveh medenih žic, nosečih krogli, kateri sta zvezani v zglobec, da se dásta povoljno primakniti in odmakniti. Na vsako žico je pritrjeno stekleno držalo. Da izpraznimo z izpraznovalcem Lejdensko steklenico, treba je položiti jedno kroglo na zunanjo oblogo, z drugo pa se bližati njeni krogli.

Slika 173.





Večkrat se tudi pripeti, da se združita elektriki skozi steklo ali čez rob; v prvem slučaju dobi steklo majhno luknjico in steklenica ni več rabljiva.

Poskusi, katere moremo delati z elektriko, nabrano na vodilu električnega kolovrata, dajo se ponavljati z Lejdensko steklenico ali Franklinovo steklenico z boljším vspehom. N. pr. moremo užigati žvepleni éter, smodnik; topiti tanke železne žice i. t. d.

Lejdensko steklenico sta izumila Kunäus v Lejdenu in Kleist v Kaminu (1745.)

§ 205. **Trajnost električne iskre. Hitrost električnega toka.** Poskus: Vzemi okroglo ploščo od lepenke, razdeljeno v več izsekov, kateri so razno pobarvani, ter jo vrtil v temni sobi, kolikor hitro moreš, okoli skozi njeno središče idočé osi. Ako sobo z električno iskro večkrat razsvetljuješ, dozdeva se ti, da se plošča ne vrtil. Iskra traja tako kratek čas, da plošča v tem času ne izpreminja izdatno svoje leže.

Wheatstone je našel, da nareja električni tok v bakreni žici v vsaki sekundi približno 464,000  $\frac{\text{K}}{\text{m}}$  ali 60,000 zemljepisnih milj dolgo pot.

§ 206. **Gostilni elektroskop** (*Condensations-Elektroskop*) (slika 174.) se razločuje od navadnega elektroskopa z zlatima list-

Slika 174.



koma jedino le v tem, da leži na prvi plošči še druga jednako velika plošča s steklenim držalom. Ta plošča je na spodnji strani pomazana s šelakom, raztopljenim v vinskem cvetu. Vsa priprava je prav za prav Franklinova plošča, pri kateri je steklo nadomeščeno z drugim slabim elektrovodom, s šelakom. Gostilni elektroskop rabimo preiskujoči, je li kako telo v zelo majhni meri električno. V to svrhu položimo zgornjo ploščo na spodnjo ter se dotaknemo te s telesom, katero hočemo preiskovati gledé njegove električnosti. Recimo, da je to telo v majhni meri pozitivno električno. Neko-

liko njegove elektrike prehaja na spodnjo ploščo, in sicer toliko, da je gostota in napon elektrike na obeh jednaka. Elekrika spodnje plošče deluje razdelilno na zgornjo ploščo, negativno elektriko privlači in veže, pozitivno pa odbija. Prosto pozitivno elektriko zgornje plošče odvodimo v zemljo s tem, da se plošče s prstom dotaknemo. Vezana negativna elektrika zgornje plošče veže tudi nekoliko elektrike, spodnji plošči podeljene, torej postane nje gostota manjša in

zaradi tega prehaja z dotičnega telesa v drugič nekoliko elektrike. Gostilni elektroskop je napolnjen, ako ima prosta elektrika spodnje plošče isto gostoto in isti napon, kakor elektrika na dotičnem telesu. Ako potem zgornjo ploščo s steklenim držalom odvdignemo, postane na spodnji plošči prosta tudi elektrika, ki je bila poprej vezana, razširi se čez listka ter ja odbija.

Ali bi se smel dotikati tudi zgornje plošče s telesom, katerega električnost preiskuješ? — Kako bi moral postopati, da bi elektroskop napolnil, in katero elektriko bi imela zlata listka, ko bi odvdignil zgornjo ploščo?

### 3. Električne prikazni v ozračji.

§ 207. **Blisk in grom.** Učinki in prikazni bliska in močne električne iskre so si v vsem podobni. Opazovanja nas učé, da je zrak v višjih plastéh vsak čas električen, ob jasnem vremenu pozitivno, ob deževnem časih pozitivno, največkrat pa negativno. Navadni oblaki so negativno, hudourni pa časih negativno, časih pozitivno električni, in sicer je na teh največ proste elektrike. Elektrike polni oblaki delujejo razdelilno na bližnje neelektrične oblake in na bližnje zemeljske predmete; raznoimensko elektriko privlačijo in vežejo, istoimensko pa odbijajo. Ako je privlačna sila med oblačno in po razdelbi vzbujeno z njo raznoimensko elektriko dovolj velika, preskoči z oblaka električna iskra, — blisk ali strela (*Blitz*). Preskoči li ta električna iskra na zemljo, pravimo, da tresči ali udari. Blisk spremljajoči zvok imenujemo grom (*Donner*). Grom in blisk nastajata istočasno; a zvok se širi dosti bolj počasno kakor svetloba, od bolj oddaljenih točkov bliskove poti ga slišimo pozneje kakor od bližnjih.

Ker se zvok na gorah, oblakih in drugih predmetih odbija, prouzročuje to bobnenje groma.

Učinki bliska so dosti silnejši nego učinki električne iskre na električnem kolovratu, ker se v podobi bliska združujejo ogromne množine elektrike. Strela ubije ljudi in živali, katere zadene, dobre elektrovođe segrene ali jih celo stali, slabe elektrovođe razdene, gorljive reči pa užgè.

Železni predmeti, v katere je udarila strela, postanejo časih magnetni. Blizu mesta, kjer je tresčilo, je poseben vonj po ozonu. (Strelne ceví [*Blitzröhren*] v peščenatih tleh so sledovi strele.) —

Hudourni oblaki morejo biti od nas toliko oddaljeni, da jih ne vidimo in groma ne slišimo, ampak da vidimo le odsev bliskov v zraku. Tako bliskanje imenujemo potem bliskavico (*Wetterleuchten*).

Časih opazujemo učinke električnega udarca, čeravno ni z oblaka preskočila nobena električna iskra. Vzemimo, da visi pozitivno električen oblak prav blizu zemlje. Njegova elektrika veže primerno množino po razdelbi vzbujene negativne elektrike na predmetih, ki so mu najbližji. Ako izgubi oblak svojo elektriko s tem, da preskoči z njega električna iskra v drugi oblak, ali pa v bolj oddaljen predmet na zemljo, postane na zemeljskih predmetih poprej vezana elektrika hipno prosta ter steče v zemljo nazaj. Tak odtok elektrike se imenuje električni odskok ali vodena strela (*elektrischer Rückschlag*). Neposredno iz oblakov prihajajočo strela imenujemo, razločujé jo od vodene strele, ognjeno strela. Električni odskok more usmrtiti ljudi in živali, a ne užiga nikoli.

Strela udarja v najvišje predmete, kateri so dobri elektrovi, posebno če imajo osti, n. pr. v drevje, stolpe, dimnike i. t. d. V ravninah rada udarja v močvirnata tla.

Kako se moreš ob času hude ure čuvati, da te ne zadene strela?

§ 208. **Strelovod** (*Blitzableiter*). Da strela našim stanovanjem in poslopjem sploh ne škoduje, postavljamo nánja bliskovode ali strelovode. Na najvišjem delu poslopja stoji 2—4 <sup>m</sup>/ dolg železen, v zrak moleč drog, na zgornjem konci priostren in pozlačen ali platiniran: sesalni drog (*Auffangstange*). S tem je zvezan dolg železen drog ali žično vože, odvodnik (*Ableitung*), kateri je nekoliko od poslopja oddaljen in napeljan v vlažno zemljo ali v kak vodnjak. — Dolgo poslopje mora imeti več sesalnih drogov in več odvodnikov. Ako je v poslopji veliko kovin nakopičenih, morajo biti kovinsko zvezane z odvodnikom.

Delovanje strelovodov je dvojno

1.) Strelovodi zmanjšujejo oblakom njih električnost. V ostéh strelovodov nabirajoča se raznoimenska elektrika odhaja počasno v zrak ter se združuje z elektriko v oblakih; s tem pa se zmanjšuje nekoliko njih električnost.

V temnih nočeh moremo časih opazovati, da se svetijo sesalni drogi strelovodov in osti dobrih elektrovi molečih visoko v zrak. (Ogenj sv. Elma, *St. Elmsfeuer*.)

2.) Ako strela trešči v strelovod, odvodi jo ta po najkrajši poti v zemljo ter jo dela za poslopja neškodljivo.

Ali bi strelovod kaj koristil, ako bi bil na katerem mestu pretrgan?

Strelovode sta izumila skoro istočasno Benjamin Franklin (l. 1753.) in Prokop Diviš iz Znojma (l. 1754.)

## B. Električna vzbuja z dotiko. (Galvanska ali tična električna.)

### 1. Osnovne galvanske prikazni.

§ 209. **Električna vzbuja z dotiko trdnih in kapljivo tekočih teles.** Poskus: Na bakreno ploščo elektroskopa z zlatima listkoma (slika 175.) položi tanko stekleno ploščo, na robih pomazano s šelakom, raztopljenim v vinskem cvetu; na ploščo pa kosček papirja namočenega v zelo razredčeni žvepleni kislini. Ako zvežeš za hip bakreno ploščo s kapljevino po osamljeni bakreni žici *cd*, in ako potem žico odstraniš in stekleno ploščo odvdigneš, ne dotakniviš se bakra, kažeta listka razhod. Z drugim elektroskopom se lahko prepričaš, da sta listka negativno električna. Baker, dotikajoč se razredčene žveplene kisline, postal je torej negativno električen; ker kažeta listka večji razhod še le takrat, ko stekleno ploščo odvdigneš, moraš sklepati, da je postala razredčena žveplena kislina, dotikajoča se bakrene žice, istotoliko pozitivno električna in da se elektriki bakra in razredčene žveplene kisline deloma vežeta, dokler je steklena plošča na elektroskopu. Ako vzameš namesto bakrene plošče na elektroskopu ploščo od cinka, in namesto bakrene žice *cd* cinkovo žico ter jednako postopaš, kakor poprej, prepričaš se, da postane cinek, dotikaje se žveplene kisline, negativno električen, in sicer v večji meri nego baker, kajti zlata listka kažeta v tem slučaju večji razhod.

Jednako postopaje moremo dokazati, da postajata sploh po jedna kovina in elektriko vodeča kapljevina električni, ako se dotikata. Jedno telo dobiva pozitivne elektrike, drugo pa isto toliko negativne elektrike.

Z dotiko dveh teles vzbuja elektriko imenujemo tično, galvansko, ali časih tudi voltovsko elektriko (*Berührungs-, galvanische oder voltaische Elektrizität*). Uzrok električnosti dotikajočih se teles imenujemo elektrobudno silo (*elektromotorische Kraft*) ali galvanizem (*Galvanismus*). (Čim več elektrike dobivata dotikajoči se telesi, tem jačjo si moramo misliti med njima delujočo elektrobudno silo.) Telesa, katera postajajo z dotiko električna, imenujemo elektrobudnike (*Elektromotoren*).



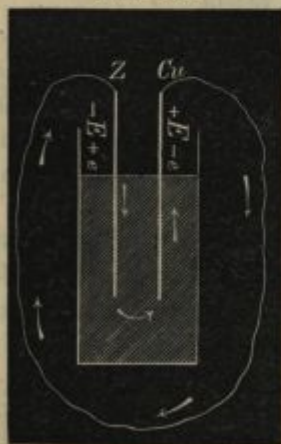
Raznovrstni poskusi učé: 1.) Elektrobudna sila se vzbuja tudi z dotiko dveh različnih kovin, ali jedne kovine in oglja, vendar je slabša nego elektrobudna sila, katera se vzbuja z dotiko po jedne kovine ali oglja s kako kapljevino, električno prevajajočo. Posebno jaka elektrobudna sila se vzbuja z dotiko kake kovine ali oglja z razredčeno kislino ali z raztopino kake soli. — 2.) Elektrobudna sila deluje le na mestih, kjer se dve telesi dotikata ter je nje jakost zavisna od tvarine dotikajočih se teles, a nezavisna od kolikosti tične ploskve.

Galvanska električna je bistveno ista kakor torna, razlika med njima je le ta, da ji vzbuja na različna načina.

Galvani je (l. 1789.) prvi opazoval, da se z dotiko teles vzbuja električna, vendar je mislil, da vzbuja to električno živalsko življenje, a ne samo dotika. Volta je (l. 1793.) opazoval, da se vzbuja sploh električna, ako se dva dobra elektrovida dotikata.

§ 210. Galvanski člen (*galvanisches Element*). V stekleno posodo, napolnjeno z razredčeno žvepleno kislino, postavi plošči od bakra in cinka, tako da se v kapljevini nikjer ne dotikata in nekoliko centimetrov iz njé molita (slika 176.) Preiskujé iz kapljevine moleča konca plošč najdeš baker pozitivno, cinek negativno električen.

Slika 176.



Baker, dotikajoč se razredčene žveplene kisline, dobi vsled delovanja elektrobudne sile negativne električne, kapljevina pa pozitivne. Kapljevina je dober elektrovod, torej podeli tudi cinku pozitivne električne, da je električna gostota na obeh, na cinku in kapljevini, ista. Cinek, dotikajoč se razredčene žveplene kisline, dobi vsled delovanja elektrobudne sile med njim in kapljevino, isto tako kakor baker, negativne električne, kapljevina pa pozitivne. Kapljevina podeli zopet toliko svoje električne bakru, da je električna gostota na obeh jednaka. Med cinkom in razredčeno žvepleno kislino delujoča elektrobudna sila pa je jača nego je elektrobudna sila med bakrom in raz-

redčeno žvepleno kislino, torej mora biti na cinku več negativne nego pozitivne električne, na bakru pa več pozitivne nego negativne, ali iz kapljevine moleč cinek mora imeti proste negativne, iz kapljevine moleč baker pa proste pozitivne električne.

Ako zvežemo iz kapljevine moleča konca bakra in cinka z bakreno žico; teče po tej pozitivna elektrika od bakra proti cinku, negativna pa nasprotno od cinka proti bakru. Jednake množine raznoimenskih elektrik se uničujejo; ker je pa elektrobudna sila v jedno mer delavna, nadomestuje tekój odteklo elektriko. Iz tega pa sledi, da mora po žici v jedno mer teči pozitivna elektrika k negativni in nasprotno negativna k pozitivni, dokler se ne vršé na kovinah ali kapljevini kake izpremembe.

Tako gibanje elektrike imenujemo galvanski tok (*galvanischer Strom*). Samo ob sebi je umevno, da imamo dvojni tok, pozitivni in negativni. V sledečem bomo govorili navadno le o meri pozitivnega toka.

Vsako pripravo, v kateri zlagamo dve kovini ali sploh dva dobra trdna elektrovoda z elektriko prevajajočo kapljevino v to svrhu, da dobivamo galvanski tok, imenujemo galvanski ali voltovski člen.

Iz kapljevine moleč konec trdnega telesa, na katerem se zbira prosta pozitivna elektrika, imenujemo pozitivni pol, iz kapljevine moleč konec drugega trdnega telesa, na katerem se zbira prosta negativna elektrika, pa negativni pol. V opisanem členu, kateri se imenuje posebej tudi Voltov člen, je baker pozitivni, cinek negativni pol.

Galvanski člen je sklenen (*geschlossen*), ako sta oba pola zvezana z dobrim elektrovodom, da mora teči elektrika od jednega k drugemu. Žica, s katero vezemo oba pola, imenuje se polarna žica (*Polar- oder Schliessungsdraht*). Galvanski člen je odprt ali prekinen (*offen*), dokler pola nista zvezana s polarno žico.

§ 211. **Galvanska baterija** (*galvanische Batterie*) se imenuje sestava več galvanskih členov, tako da je pozitivni pol prvega kovinsko zvezan z negativnim drugega, pozitivni pol drugega z negativnim tretjega i. t. d. Slika 177. kaže galvansko baterijo ali galvanski lanec, zložen iz pet členov; baker prvega člena je zvezan z cinkom drugega, baker drugega s cinkom tretjega i. t. d. Iz kapljevine moleč cinek prvega in baker zadnjega člena imenujemo pola galvanske baterije.

Slika 177.



Pozitivna elektrika bakrene plošče v prvem členu se razprostira čez vse elektrovođe sledečih členov; pozitivna elektrika bakrene plošče v drugem členu se razprostira čez elektrovođe sledečih členov, negativna elektrika cinkove plošče drugega členu se razprostira čez elektrovođe pred njim stoječega členu. Pozitivna elektrika tretjega, četrtega, . . . členu se razprostira čez elektrovođe vseh sledečih členov, negativna elektrika tretjega, četrtega . . . členu pa čez elektrovođe pred njim stoječih členov. Iz povedanega torej sledi, da sta električna gostota in električni napon na cinku prvega členu in bakru zadnjega členu petkrat večja nego na cinku in bakru posameznega členu.

Ako zvežemo pola galvanske baterije s polarno žico, kroži po njej dosti jačji galvanski tok nego je tok v sklenenem posameznem členu.

§ 212. **Različni galvanski členi.** Razven opisanega Volttovega členu rabijo fiziki še celo vrsto drugih členov; v sledečem hočemo nekatere nasteti.

1.) Daniellov člen (slika 178.) V stekleni valjasti posodi *V* stoji odprt cinkov valj *Z*, v njem luknjičast prsten valj (diafragma) *D*, v lonec pa je postavljen odprt bakren valj *C*. V prstenem loncu je nasičena raztopina modre galice, zunaj njega pa razredčena žveplena kislina. Cinek je negativni, baker pozitiven pol.

Slika 178.



2.) Bunsenov člen se razločuje od Daniellovega v tem, da je baker nadomeščen z ogljem, in raztopina modre galice z nasičeno solitarno kislino. Ogelj je pozitiven pol.

3.) Grovejev člen ima isti kapljevini kakor Bunsenov, namesto oglja pa stoji v solitarni kislini plošča od platina.

4.) Smejev člen. V štirioglati stekleni posodi visita dve cinkovi plošči medsebojno kovinsko zvezani, med njima pa sreberna plošča s platinom na površji prevlečena, tako da se cinka nikjer ne dotika. Posoda je napolnjena z razredčeno žvepleno kislino. Srebro je pozitiven, cinek negativni pol.

5.) Leclanchéjev člen. V stekleni posodi stoji prstena in luknjičasta valjasta posoda, v tej pa ogljena plošča v zmesi od oglje-

nega prahú in rujavega manganovca. Zunaj prstene posode tiči cinkova palica. Posoda je polna salmijakove raztopine. Ogelj je pozitivni, cinek negativni pol.

V vsakem imenovanih členov je cinek amalgamiran ali prevlečen z živim srebrom.

Iz posameznih členov sestavljamo baterije, kakor smo učili pri Voltovem členu.

## 2. Učinki galvanskega toka.

§ 213. Učinki galvanskega toka so dvojni: *a)* na tvarine, po katerih kroži galvanski tok, učinki v tokovem krogu; *b)* na tvarine blizu galvanskega toka, učinki v daljavo. — K prvim priste vamo prikazni svetlobe in toplote, fizijologične in kemijske učinke; k drugim pa vzbujanje magnetizma in elektrike.

§ 214. **Prikazni svetlobe in toplote.** Poskus: *a)* Ako pritrdiš na vsak pol galvanske baterije precej debelo bakreno žico, vidiš v hipu, ko spraviš konca polarnih žic v dotiko, na dotikališči nastati svetlo iskro. Druga iskra nastane, ko polarni žici ločiš, ali galvanski tok prekineš. Ta iskra je bolj živahna, ako postaviš jedno žico v živo srebro, drugo pa vtikaš v nje, a zopet izvlačiš. — Ako pritrdiš jedno žico na pilo, z drugo pa vlačiš po njej, siplje pila iskre.

Poskus: *b)* Ako zvežeš polarni žici s tanko in kratko železno žico, razgreje in razbeli se in konečno tudi stali, ako teče po njej precej jak galvanski tok. Isto moreš opazovati tudi na drugih kovinah. Čim slabši elektrovod je kovina, čim tanjša in krajša je, čim jačji je po njej krožeč galvanski tok, tem bolj se segreje.

Poskus: *c)* Na konca polarnih žic pritrdi priostrena oglja. Ako spraviš njijini osti v dotiko, a ji potem zopet nekoliko oddaljiš, opazuješ med njuna zelo bliščečo luč, izvirajočo iz plamena, kateri sviga od jedne osti do druge. To luč imenujemo električno luč; nje svetlivost je za solčno najjačja. Oglja se pri tem na ostéh razbelita in ob jednem krajšata. Električni tok odtrguje namreč ogljene delke, kateri prevajajo potem elektriko z osti na ost. Najhitreje se krajša pozitivni ogelj, t. j. ogelj, s katerega prehaja pozitivna elektrika na drugega, ta ogelj ima tudi višjo temperaturo nego drugi. Plamen med ogljema ima toliko temperaturo, da se v njem talé vse kovine, tudi platin. Luč ugasne sama ob sebi, ako je razdalja med ogljema prekoračila gotovo mejo. Da jo zopet prižgeš, moraš ogljeni osti spraviti v dotiko.

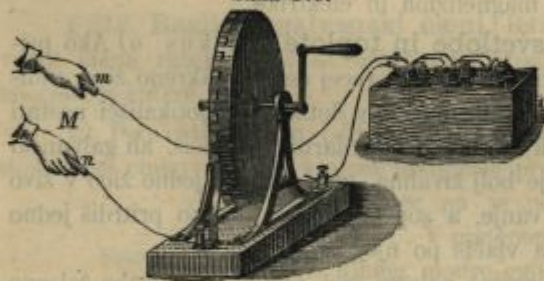


Da dobiš električno luč, moraš imeti zelo jako baterijo, sestojęčo iz mnogostevilnih galvanskih členov. — Orodja, služeča v to svrhu, da ostaja razdalja med ogljema delj časa neizpremenjena, imenujemo električne svetilnice. Dan današnji so izumili veliko število takih svetilnic. — Davy je (l. 1813.) prvi prirejal električno luč, in sicer z 2000 Daniellovimi členi.

§ 215. **Fizijologični učinki.** Poskus: Na konca polarnih žic pritrdi kovinska valja. Ako vzameš valja v mokre roke, čutiš po udih nek pretres, ko galvanski tok skleneš ali prekineš. Dokler teče tok neprenehoma z isto jakostjo skozi tvoje telo, ne čutiš nobenega posebnega pretresa. —

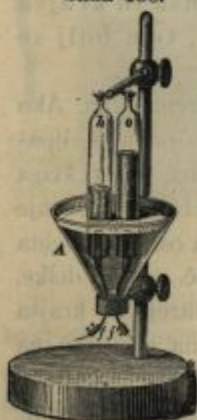
Za hitro prekidanje galvanskega toka služi Neefovo prekidalno (*Neef-scher Stromunterbrecher*) (slika 179.) Kovinski kotač, vrtljiv s pomočjo ročice

Slika 179.



okoli horizontalne osi, ima na obodu celo vrsto zarez, katere so izpolnjene s slonovo kostjo ali z drugim slabim elektrovodom. Na kotačev obod se naslanja prožno pero, tako da se ob njem nekoliko drgne; na drugem konci tega peresa je pritrdjena v pritiskalnem vijaku žica z valjem *n*. Drugi valj *m* je po žici zvezan z

Slika 180.



jednim polom galvanske baterije; drugi pol baterije pa je po žici zvezan s kotačevo osjo. Galvanski tok je sklenen, ko leži pero na kovini, prekinen pa, ko leži na slonovi kosti. Kotač okoli njega osi hitro vrtč moreš galvanski tok prav hitro sklepati in prekidati.

§ 216. **Kemijski učinki.** Poskus:

a) Skozi dno steklene posode *A* (slika 180.) sta napeljana dva platinova listka, imajoča na zunanjih koncih pritiskalna vijaka *ff*. V posodi je voda, kateri je primešanih nekoliko kapljic žveplene kisline, da ima večjo prevodljivost. Nad platinova listka sta povezneni stekleni cevi *h* in *o* polni vode. Ako pritrdiš polarni žici galvanske baterije v vijakih *ff*, da kroži galvanski tok skozi okisano vodo, vzhajajo nad listkoma plinavi mehurčki, kateri izpodrivajo vodo iz cevij. V cevi nad listkom, kjer vstopa pozitiven tok v vodo (nad pozitivnim polom), razvija se le

polovica toliko plina, kakor nad cevjo, kjer vstopa negativni tok (nad negativnim polom). Preiskujoč plina v cevéh  $h$  in  $o$  najdeš, da je plin v cevi nad pozitivnim polom kisik, plin v cevi nad negativnim polom pa vodik. Poskus uči:

Galvanski tok, tekóč skozi vodo, razkraja jo v njeni sestavini: v kisik in vodik.

Poskus: *b)* Črki  $U$  podobno stekleno cev napolni s solno kislino, katero si z indiko pobarval. V kraka vtakni platinova listka, tičeča na platinóvih žicah. Ako zvežeš žici s poloma galvanske baterije, da kroži galvanski tok skozi solno kislino, razvija se nad negativnim polom vodik, nad pozitivnim polom izgubi kapljevina najprej svojo barvo, pozneje pa vzhaja iz nje plin rumenozelene barve, klor.

Galvanski tok razkraja solno kislino ( $ClH$ ) v njeni sestavini.

Dokazati se dá, da razkraja galvanski tok celo vrsto kemijskih spojin. Takšen kemijski razkroj imenujemo električni razkroj ali elektrolizo (*Elektrolyse*); kemijske spojine, razkrojne po galvanskem toku, so elektroliti (*Elektrolyte*). Konca žic, v katerih vstopa in izstopa galvanski tok v elektrolit, so elektrode (*Elektroden*), in sicer je anoda (vhod, *Anode*), kjer vstopa pozitivni tok, katoda (izhod, *Kathode*), kjer vstopa negativni tok v elektrolit. Izkušnja uči med drugimi te-le zakone:

1.) Kemijske spojine so galvansko razkrojne le takrat, ako so dobri elektrovodi in njih molekuli prav gibljivi; trdna telesa le takrat, ako so raztopljena ali staljena.

2.) Sestavine elektrolita se izločujejo samo na elektrodah, in sicer v razmerji spojinskih tež.

3.) Iz kovinskih solij se izločuje kovina na katodi, ostalina na anodi.

Poskus: *c)* Črki  $U$  podobno stekleno cev napolni z raztopino modre galice, v kraka pa postavi bakreni ploščici, zvezani s poloma galvanske baterije. Ko je galvanski tok krožil nekoliko časa po raztopini, postane negativna bakrena ploščica debelejša, na njej izločuje se čist baker, pozitivna bakrena ploščica postane pa drobnejša.

Galvanski tok razkraja raztopino modre galice ( $CuSO_4$ ) v baker, kateri se izločuje na negativnem polu, katodi, in v ostalino ( $SO_4$ ), katera se spaja tekóž z bakrom na pozitivnem polu na novo v modro galico ( $CuSO_4$ ); ta se pa v vodi topi. Nova spojina modre galice je le posreden učinek galvanskega toka; neposreden njegov učinek

je razkroj modre galice v baker in ostalino ( $SO_4$ ). — Kemijski učinki galvanskega toka morejo biti torej dvojni: prvotni (*primär*), to je razkroj elektrolita v dve sestavini, in drugotni (*secundär*), to je spojitev izločenih delov elektrolita z drugimi telesi.

§ 217. **Kemijske prikazni v galvanskih členih. Stalni členi.** V sklenenem Voltovem členu kroži pozitivni tok od bakra po polarni žici proti cinku; v notrini člena pa od cinka skozi kapljevino proti bakru, ker tira elektrobudna sila pozitivno elektriko proti bakru. Iz istega uzroka kroži negativni tok v kapljevini od bakra proti cinku. V notrini člena je tedaj cinek pozitivni, baker pa negativni pol. Galvanski tok razkraja žvepleno kislino ( $H_2SO_4$ ) v vodík ( $H_2$ ), ki se izločuje na bakru, in v ostalino ( $SO_4$ ), ki se spaja tekó s cinkom v belo ali cinkovo galico ( $ZnSO_4$ ). Ta pa se v vodi topi. Na bakru izločujoči se vodík brani mu neposredno dotiko z žvepleno kislino. S tem se pa izpreminja elektrobudna sila; jakost galvanskega toka se zmanjšuje. — Ko ima kapljevina že mnogo bele ali cinkove galice v sebi raztopljene, razkraja galvanski tok to v cinek ( $Zn$ ) in ostalino ( $SO_4$ ); potem pa dobi baker skorjo od cinka in galvanski tok oslabi po polnem. — V Daniellovem členu razkraja galvanski tok žvepleno kislino in modro galico ob jednom. Pri cinku se tvori cinkova galica, ki se v vodi topi, a vender do bakra skozi prsten lonec ne more. Na bakru se izločuje iz modre galice čist baker. Baker in cinek ostajata torej čista v dotiki z kapljevina. Jakost galvanskega toka ostane precej neizpremenjena, dokler je raztopina modre galice precej nasičena. — V Bunsenovem in Grovejem členu se pri razkroji žveplene kisline razvijajoči vodík ne more vsedavati na oglji, oziroma platinu, ker se spaja v vodo s kisikom, katerega jemlje solitarni kislini. Iz solitarne kisline pa vzhajajo smrdeči in zdravju škodljivi hlapi solitarne sokislina (*Untersalpetersäure*). — V Smeejevem členu zabranjuje platinov prah, da se vodík v večji meri ne vsedava na sreberno ploščo. — Podobne prikazni se vršé tudi v Leclanchéjevem členu. — V § 212. opisani galvanski členi imajo torej svojstvo, da dajejo galvanske toke, katerih jakost ostaja precej dolgo neizpremenjena, stalna. Zaradi tega jih imenujemo stalne člene (*constante Ketten*).

§ 218. **Galvanoplastika (Galvanoplastik).** Pri galvanskem razkroji modre galice na negativnem polu izločujoči se baker se dá od pola odlučiti. To uporabljamo, da si ponarejamo plastične predmete v bakru. To se vrši tako-le: Od predmeta, katerega hočemo

v bakru ponarediti, napravimo si najprej negativni odtis od voska ali druge tvorne tvarine, s tem da predmet prav močno na to pritiskamo. Površje tega odtisa se posuje s kovinskim prahom ali grafitom, da postane prevodno.

Tako pripravljen odtis se obesi potem v kadičko od slabega elektrovida na drog *B* (slika 181.), kadička pa se napolni z nasičeno raztopino modre galice. Na drogu *D* visi v raztopini večja bakrena plošča. Drog *B* se zveže z negativnim, drog *D* pa s pozitivnim polom galvanske baterije. Na negativnem odtisu se izločuje čist baker kakor bolj ali menj tanka skorja, katera je, odluščena, predmetu v vsem podobna, ter se zove pozitivni odtis (*positiver Abdruck*).

Tako ponarejanje plastičnih predmetov v bakru s pomočjo galvanskega toka imenujemo galvanoplastiko.

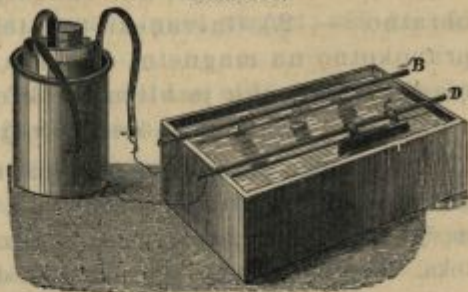
Predmete od kovin moremo na podoben način s pomočjo galvanskega toka tudi posrebriti ali pozlatiti. — Galvanoplastiko sta izumila l. 1838. Jacobi v Petrogradu in Anglež Spencer.

### § 219. Delovanje galvanskega toka na magnetnico.

Poskus: Od bakrene proge narejen pravokotnik *bcdf* (slika 182.) ima več vertikalnih ostij, na katerih so odklonske igle. Ta pravokotnik postavi v magnetni meridian, da kaže *N* proti severu; v pritiskalna vijaka *b* in *g* pa pritrdi polarni žici galvanske baterije, tako da kroži pozitivni tok v meri pristavljenih pušic. V hipu, ko skleneš galvanski tok, odklonijo se magnetnice iz ravnotežnih lež v meri pristavljenih pušic. Odklon magnetnic je večji, ako je po pravokotniku krožeč galvanski tok jačji. Magnetnice pa menjajo mer svojega odklona, ako kroži tok v nasprotni meri.

Ampère je dokazal (l. 1825.) z različnimi poskusi, da dobimo mer magnetničnega odklona po tem-le pravilu:

Slika 181.



Slika 182.



Ako si mislimo človeka, plavajočega v meri pozitivnega toka in gledajočega na severni pol magnetnice, odklanja se ta k njegovi levi roki.

Poskusi kažejo dalje: 1.) Vpliv galvanskega toka na magnetnico se zmanjšuje, ako razdalja med njima narasta, in obratno. — 2.) Galvanski tok teži odkloniti magnetnico pravokotno na magnetni meridijan. — 3.) Odklon magnetnice je večji, ako je blizu nje krožeč tok jačji. — 4.) Galvanski tok ima v vseh delih svojega kroga isto jakost.

Delovanje galvanskega toka na magnetnico uporabljamo pri galvanometrih (*Galvanometer*), t. j. pripravah, s katerih pomočjo zvedamo prisotnost, mer in jakost katerega koli galvanskega toka. Najjednostavnejši galvanometer dobimo, ako si v sliki 182. mislimo magnetnico v središči četverokotnika in pod njo krožnico, v stopinje razdeljeno, da je mōči zvedeti vsakokrat tudi kolikost odklonskega kota.

Da je mōči z galvanometrom meriti tudi slabe galvanske toke, treba je žico okoli magnetnice naviti prav blizu in po večkrat, ker se s tem učinek toka na magnetnico ojačuje. Pri galvanometrih za merjenje zelo slabih tokov, navita je s svilo omotana bakrena žica čez majhen štirioglat okvir, tako da so si vsi ovinki vzporedni. V središči teh ovinkov visi tanka magnetnica na svilnati niti; na ovinkih pa je krožnica v stopinje razdeljena, pred katero se giblje kazalec trdno zvezan z magnetnico.

Namesto navadne igle se jemlje dostikrat tudi astatična igla, jedna teh igel je v okvirji, druga nad krožno delitvijo. Takšen galvanometer se imenuje množilo (*Multiplicator*). V sliki 190. je *M* takšno množilo.

Množilo je izumil Nobili l. 1826.

Galvanometri kažejo najboljše, da vsak galvanski tok s časom pojema in da imajo različna telesa različno električno prevodljivost (*Leitungsvermögen*), ali da stavijo telesa galvanskemu toku nek poseben upor, vodilni upor (*Leitungswiderstand*). Izmed kovin ima n. pr. srebro najmanjši vodilni upor, baker manjšega nego železo. Iz tega je tudi razvidno, zakaj uporabljamo za prevodnike galvanskega toka najrajši bakrene žice. — Sploh je vodilni upor sorazmeren z dolžino in pojema sorazmerno s prerezom.

§ 220. **Elektromagnetizem** (*Elektromagnetismus*). Poskus:

a) Žico, po kateri kroži galvanski tok, polōži v železne opilke. Ako jo iz teh privzdigneš, vidiš na njēj viseti opilke kakor na magnetu; opilki pa odpadejo, ko prekineš galvanski tok. —

Poskus: *b)* Na otel lesen valj navij bakreno in s svilo omotano žico v več ovinkih ter zveži konca te žice s poloma galvanske baterije. Ako potisneš v valjevo otlino železno palico, pretvori se v krepek magnet. Magnetnost železa izgine tekóž, ko galvanski tok prekineš, a se javi zopet hipno, ko tok na novo skleneš. Jeklo, položeno namesto železa v otlino, ostane trajen magnet, tudi ko tok ne kroži več po žici.

Galvanski tok, krožeč okoli železa ali jekla, pretvori ji v magnet, elektromagnete imenovane.

Magnetnost železa je začasna, magnetnost jekla pa trajna.

Elektromagnet je jačji: *a)* ako je okoli njega krožeč tok jačji, *b)* ako kroži skozi več ovinkov in *c)* ako je železo ali jeklo debelejše.

Poskus: *c)* Ako bližáš elektromagnetu magnetno iglo na ónem konci, kjer kroži galvanski tok okoli njega v takšni meri, kakor kazalec na uri, privlači magnet njeni severni pol, odbija pa južnega. Ta konec elektromagneta je torej južni pol.

Tudi po Ampèrovem pravilu zveš prav lahko, kjer ima elektromagnet svoj severni ali južni pol.

Prav jake elektromagnete dobimo, ako vzamemo železno palico, podkovi podobno, na to pa nataknejo leseni cevi, na katerih je v isti meri navita bakrena in s svilo omotana žica (slika 183.)

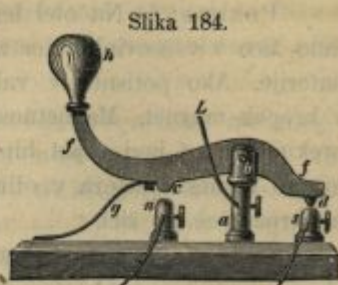
Elektromagnet od mehkega železa, imajoč na polih kotvico, ostane tudi po prekidu galvanskega toka še nekoliko magneten; vendar izgubi vso magnetnost, ako mu kotvico nekolikokrat odtrgamo.



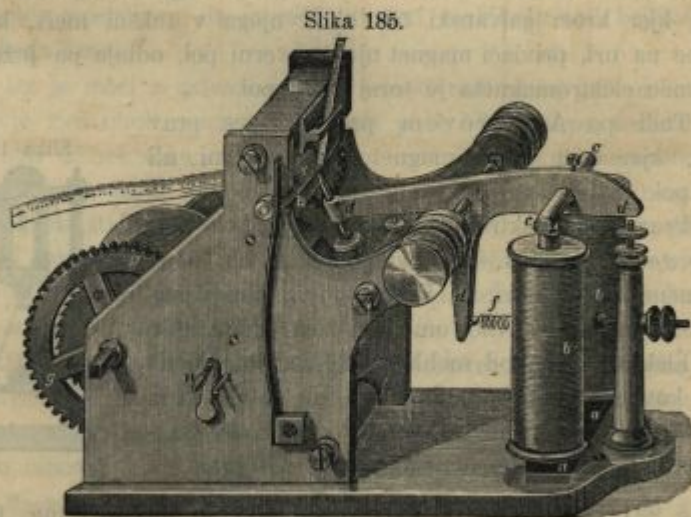
§ 221. **Uporaba elektromagnetov** je mnogovrstna. Omenjati hočemo le električnih brzojavov in elektromagnetnih gibal. Brzojav (*Telegraph*) se imenuje vsaka priprava, služeča v svrhu, da dajemo v daljave s posebnimi znaki poročila; elektromagnetna gibala so stroji, katere goni magnetna sila, vzbujena z galvanskimi toki.

I. Morsejev pisalni brzojav (*Morse's Schreiblelegraph*) je izmed vseh brzojavov dan današnji najbolj razširjen. Ta ima tri glavne dele: 1.) stalno galvansko baterijo, 2.) ključ, s katerim se galvanski tok sklepa in prekida, 3.) prijemalo, ali pisalni stroj, kateri znake sprejema in zapisuje.

1.) Ključ (*Schlüssel, Taster*) (slika 184.) Na leseni podlagi je meden vzvod *ff*, vrtljiv okoli medene osi *b*; prožno pero *g* ga tako pritiska, da se v ravnotežni leži prednji konec *d* dotika pod njim ležečega medenega stožca *s*. Vzvod *ff* ima pri *c* nos, ležeč nad kovinskim stebrom *n*. Pri *n*, *a* in *s* so luknjice, v katerih moremo s pomočjo vijakov pritrjevati žice.



2.) Prijemalo ali pisalni stroj (*Empfänger, Zeichenbringer, Schreibapparat*) (slika 185.) Na leseni podlagi stoji dvokrak elektromagnet *bb*; temu nasproti pa na dvoravnem vzvodu *dd* železna

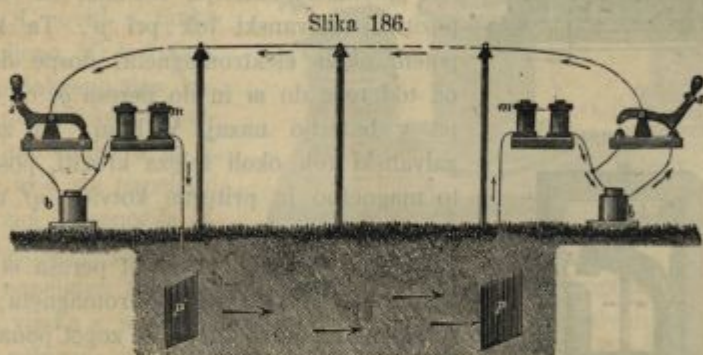


kotvica *cc*. Drugi konec vzvoda *dd* nosi pošev stoječ klinec, ki je na konci nekoliko priostren. Posebno urno kolesje vrti valja *h* in *r*, med tema pa drsa 1  $\frac{9}{m}$  širok papirnat trak. Pero *f* natezuje vzvod, tako da je kotvica od elektromagneta oddaljena, dokler ne kroži galvanski tok okoli elektromagneta. V hipu, ko pošljemo galvanski tok skozi ovinke elektromagneta, pretvori se mehko železo v magnet, potegne kotvico naše in klinec *d* pritisne na papir. Ako tok prekinemo, izgubi železo svojo magnetnost in pero *f* potegne vzvod *dd* v njegovo prvobitno ležo. Klinec *d* naredi na papirji piko ali črto, ako

kroži galvanski tok okoli elektromagneta le za hip ali pa več časa. Iz pik in črt se dá sestaviti ves *abc* in torej tudi sestavljati besede in števila.

Na vsaki postaji je treba ključa, prijemala in galvanske baterije. Obé postaji morata biti tako zvezani, da more krožiti galvanski tok od jedne do druge in nazaj. V to svrho zadostuje že jedna, med postajama osamljeno razpeta, brzojavna žica, ker more galvanski tok nazaj teči po zemlji.

Slika 186. kaže, kako je treba na dveh postajah med seboj zvezati posamezna brzojavna orodja; *s* zaznamenuje ključ, *m* prijemalo, *b* galvansko baterijo, *P* kovinsko ploščo zakopano v vlažno



zemljo. Na desni strani ima ključ ležo, da je galvanska baterija na tej postaji sklenjena; galvanski tok kroži potem v meri pristavljenih pušic. Ako neha pritisk na ključ, vrne se ključ v svojo prvobitno ležo in galvanski tok je prekinen kakor na desni.

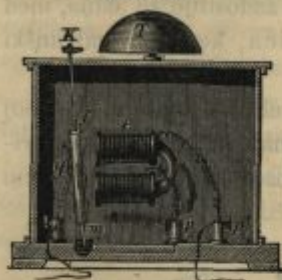
Za znamenovanje črk in števil služijo znaki:

a .—	h ....	o ----	v ...—
b ----	i ..	p .----	x ...—
c ----	j .----	q ----	y .----
d ---	k .—	r ...	z ----
e .	l .—..	s ...	
f .---	m —	t —	
g ---	n ..	u ---	
1 .-----	6 -----	pika .....	
2 .-----	7 -----	dvopičje -----	
3 .-----	8 -----	podpičje .-----	
4 .-----	9 -----	klinček .-----	
5 .....	0 -----	vprašaj .....	
		klicaj -----	



II. Električni zvonec ali hišni brzovjav (*elektrische Klingel oder Haustelegraph*) (slika 187.) rabi nam po hišah in tvornicah, da se dajejo z zvonjenjem posebna znamenja.  $e$  je podkovast elektromagnet, konca okoli njega navite osamljene bakrene žice sta pritrjena v  $p$

Slika 187.



Slika 188.



Slika 189.



in  $p'$ ,  $mf$  je železna kotvica, tičeča pri  $m$  na prožnem peresu, na drugem koncu nosi kladvece  $K$ , ki bije ob zvonec  $T$ . Pero  $g$  pritiska kotvico nekoliko proti elektromagnetu.  $p$  in  $m$  sta zvezana po dobrem elektrovodu, pri  $g$  in  $p'$  pa se utrjujeta polarni žici galvanske baterije. Recimo, da vstopa pozitivni galvanski tok pri  $p'$ . Ta kroži potem okoli elektromagneta, dospe do  $p$ , od tod teče do  $m$  in do peresa  $g$ , od tega pa v baterijo nazaj. V hipu, ko začne galvanski tok okoli železa krožiti, postane to magnetno in pritegne kotvico  $mf$  náse. S tem pa se tok prekine, ker se pero  $g$  in kotvica ne dotikata. Prožnost peresa  $m$  odtrga zopet kotvico od elektromagneta; tok se sklene na novo in vse se zopet ponavlja. V tem času pa bije kladvece ob zvonec  $T$ . Ako galvanski tok na drugem mestu ni prekinen, mora zvonec ves čas zvoniti. V krogu galvanskega toka je še poseben ključ, da je mōči galvanski tok sklepati, kedaj in za koliko časa je potrebno.

III. Prav jednostavno elektromagnetno gibalo (*elektromagnetische Kraftmaschine*) kaže slika 188.  $NS$  je krepek jeklen magnet; kotvica od mehkega železa  $AB$  je ovita z osamljeno bakreno žico, katere konca sta pritrjena na posebni plošči  $hl$ . Kotvica je prav lahko vrtljiva okoli vertikalne osi. Na ploščici  $hl$  pritiskata peresi  $f$  in  $g$ . Slika 189. kaže peresi  $f$  in  $g$  in ploščico  $hl$  nekoliko povečane. Ploščico  $hl$  deli slab elektrovod v dva jednaka dela. Pola galvanske baterije sta pritrjena v pritiskalnih vijakih  $+$  in  $-$ . Galvanski tok kroži od peresa  $g$  na ploščico  $l$ , od tod okoli kotvice  $AB$ , po polovici  $h$  in peresu  $f$  v baterijo nazaj.  $A$  postane južni,  $B$  severni magnetni pol.  $A$  in  $N$  se

torej privlačita, isto tako  $B$  in  $S$ . V hipu, ko so si ti poli nasprotni, preskočita peresi na drugi polovici ploščice  $hl$ ,  $g$  na  $h$  in  $f$  na  $l$ ; galvanski tok okoli kotvice dobi drugo mer,  $A$  postane severni,  $B$  južni magnetni pol,  $A$  in  $N$  se odbijata, isto tako  $B$  in  $S$ . Kotvica se mora torej vrteti v meri pristavljene pušice.

### § 222. Navedeni električni toki (*inducierte elektrische Ströme*).

I. Voltovski ali električni navod (*Volta- oder Elektroinduction*).

Poskus: Na otlo cev  $B$  (slika 190.) je navita s svilo omotana več metrov dolga bakrena

žica, na njenih koncih sta privarjena pritiskalna vijaka  $c$  in  $d$ .

Ta cev tiči v drugi otli cevi  $A$ , oviti s tanko osamljeno, 50 do 100  $m\mu$

dolgo bakreno žico, katera ima na koncih pritiskalna vijaka  $a$  in  $b$ .

Od  $a$  in  $b$  sta napeljeni dve žici do množila  $M$ .

Od pritiskalnega vijaka

$d$  je napeljana žica do pola  $n$  galvanskega člena;

od drugega pritiskalnega vijaka  $c$  je napeljana žica v malo posodico  $p$  z živim srebrom.

Ako polarno žico drugega pola  $p$  galvanskega člena vtakneš v živo srebro, skleneš tok, kateri se pretaka po žici okoli cevi  $B$ .

V hipu, ko skleneš tok, opaziš na množilu odklon magnetnice, katera se pa tekóv vrne v svojo ravnotežno ležo in v tej ostane mirna, dokler

kroži galvanski tok okoli cevi  $B$ . Magnetnica se odkloni za hip na nasprotno stran, ako galvanski tok prekineš.

Hipni odklon magnetnice pri sklepu in prekidu galvanskega toka kaže, da se vzbudi takrat v cevi  $A$  hipen galvanski tok, in sicer je mer pri sklepu

vzbujenega toka nasprotna meri toka, vzbujenega pri prekidu. Iz tega pa sledí:

V krožno sklenenem dobrem elektrovodu se vzbudi hipen električen tok, vsakikrat, kadar blizu tega elektrovoda galvanski tok sklenemo ali prekinemo.

Ta prikazen se imenuje voltovski ali električni navod. Električni toki vzbujeni po drugih galvanskih tokih so navedeni (*inducierte*) ali drugotni (*secundäre oder Nebenströme*). Tok galvanskega člena, vzbujajoč navedene toke, je navajajoči ali prvotni tok (*inducierender oder Hauptstrom*). — Navedene toke dobivamo tudi,



ako polarni žici galvanskega člena stalno pritrdimo v pritiskalna vijaka *c* in *d* in potem cev *B* potezamo iz cevi *A* in jo zopet vanko vtikamo. V hipu, ko cev *B* vtaknemo v cev *A*, ima navedeni tok isto mer, kakor navedeni tok pri sklepu galvanskega člena; v hipu, ko cev *B* potegnemo iz cevi *A*, ima navedeni tok isto mer, kakor pri prekidu navedeni tok.

Pazeči na mer navedenih tokov najdemo, da ima pri sklepu navedeni tok nasprotno mer z navajajočim tokom; pri prekidu navedeni tok pa ima isto mer z navajajočim.

Navedeni tok je jačji: *a*) ako je jačji navajajoči tok, *b*) ako sta daljši na cevi naviti žici.

O nastanku navedenih tokov se prepričamo lahko tudi po njihovih fizioloških učinkih. Ako pritrdimo v vijaka *a* in *b* žici s kovinskima valjema ter ja damo komu v vlažne roke, čuti ta v svojih udih večji ali manjši pretres, ko tok galvanskega člena sklenemo ali prekinemo.

II. Magnetni navod (*Magnetinduction*). Poskus: *a*) Na otlo leseno cev *A* (slika 191.) je navita dolga, tanka in s svilo omotana

Slika 191.



bakrena žica, njena konca nosita pritiskalna vijaka *a* in *b*. (Ta cev se imenuje navodna cev (*Inductionsrolle*). Od *a* in *b* sta napeljani žici do množila *M*. Ako porineš krepek magnet naglo v otolino cev *A*, kaže hipen odklon magnetnice, da se je vzbudil v žici navodne cevi hipen električen tok. Drugi hipen odklon magnetnice, a v nasprotno stran, opazuješ, ako potegneš magnet iz cevi *A*. — Magnetnica se odklanja na nasprotni strani, ako pri magnetu zameniš pola, t.j. ako porineš severni pol v cev *A*, ko si bil poprej porival južni pol.

Poskus: *b*) V otolino navodne cevi vtakni kos mehkega železa. Ako železu naglo približaš krepek magnet, pretvori se železo v magnet, na množilu pa opazuješ isto tako hipen električen tok kakor bi bil v cev vtaknil magnet. Odstranivši magnet od železa opazuješ drug hipen tok nasprotno meri. — Iz teh poskusov sledi:

V krožno sklenenem dobrem elektrovodu vzbuja približevanje in oddaljevanje magnetu hipne električne

toke nasprotnih merij. Isto tako se vzbujajo v krožno sklenenem dobrem elektrovodu hipni električni toki, ako se železo blizu njega omagneti ali svojo magnetnost izgubi.

Ta prikazen se imenuje magnetni navod. Na ta način vzbujeni toki so po magnetih navedeni ali magnetoeléktrični.

Meri magnetoeléktričnih tokov določujemo po Ampèrovem pravilu. Ako porinemo v otlino navodne cevi severni magnetni pol, mer navedenega toka je nasprotna meri galvanskega toka, kateri bi, krožeč po žici okoli cevi, pretvoril kos železa v magnet z isto tako ležečimi poli.

Od magnetov navedeni toki so jačji: *a*) ako je magnet jačji, *b*) ako je žica na navodni cevi zelo dolga, *c*) ako se magnet prav hitro giblje.

Položimo li v otlino cevi *B* (slika 190.) več tankih železnih palic, postanejo navedeni toki dosti jačji. (Zakaj?) — Učinki navedenih tokov so sploh isti kakor učinki galvanskih tokov; vendar imajo navedeni toki večji napon, vsled katerega morejo zmagovati večji vodilni upor. Odlikujejo se posebno po svojih fizijologičnih, toplotnih in kemijskih učinkih.

Da dobivamo v kratkem času mnogo navedenih tokov, treba je prvotni tok hitro zaporedoma sklepati in prekidati. V to svrhu služi dobro Neefovo prekidalo (slika 179.) Razven tega so običajna še raznovrstna druga prekidala, n. pr. Neefovo kladvece (*Neef'scher Hammer*) i. t. d.

Orodja in stroje, s katerimi dobivamo jake in hitro sledeče si navedene električne toke, imenujemo sploh navodila (*Inductionsapparate*). — Navodila so sploh dvoje vrste: *a*) elektromagnetična, *b*) magnetoeléktrična. Prva so óna, pri katerih vzbujajo toki galvanskih baterij magnetizem in ob jednem navedene toke; druga pa óna, pri katerih vzbuja magnetizem sam navedene magnetoeléktrične toke. Izmed prvih so zelo razširjena Ruhmkorffova navodila; izmed drugih omenjamo Grammove dinamoelektrične stroje. — Od magnetov navedene toke uporabljamo tudi pri telefonu (*Telephon*).

## C. Elektriķa vzbujena s toploto. (Termoelektriķa.)

§ 223. Termoelektrični členi in baterije (*Thermoelemente und Batterien*). Poskus: Na palico od bismuta *op* (slika 192.) je privarjena v točkah *m* in *n* dvakrat pravokotno ukrivljena palica od antimona; v pravokotniku pa stoji na vertikalni osti odklonska magnetnica. Pravokotnik postavi v



ravnino magnetnega meridijana, potem pa segrevaj spojišče pri *o*. Magnetnica se odklanja iz pravokotnikove ravnine ter kaže s tem prisotnost električnega toka, krožečega v meri *onmao*; torej od segretega mesta od bismuta proti antimonu. Magnetnica se vrne v svojo prvobitno ležo, ako se *o* ohladi do iste temperature, kakeršno ima spojišče pri *p*.

Antimon in bismut moremo nadomeščevati z enakim vspehom tudi z drugimi kovinami.

Električni tok vzbujen po toploti se imenuje termoelektrični (*thermoelektrisch*). Priprava v sliki 192. pa termoelektričen člen (*Thermoelement*).

Seebeck je (l. 1821.) našel, da je jakost termoelektričnih tokov večja, ako je razloček med temperaturama na spojiščih večji, in da je pri enakem tem razločku zavisna od tvarine kovin.

Termoelektrični tok ima majhen napon ter ni sposoben za zmagovanje večjih uporov. Toke večje jakosti dobivamo, ako spojimo več termoelektričnih členov, tako da leže liha spojišča na jedni, sodna spojišča na drugi strani. Prostor med kovinama pa je treba izpolniti z mavcem ali drugim slabim prevodnikom toplote in elektrike. Na prvi kovini prvega člena in na drugi zadnjega sta pritrjena pritiskalna vijaka, v katera utrjujemo polarni žici. Sestavo več termoelektričnih členov imenujemo termoelektrično baterijo (*Thermosäule*). Uporabljamo jih dostikrat, ko preiskujemo zakone o zareči toploti.

## X. Osnovni nauki iz astronomije.

§ 224. **Osnovni pojmi.** Oni del zemeljskega površja, katerega moremo s kakega višjega stališča ob enem pregledati, dozdeva se nam kakor ravnina, stikajoča se v krogu z nebeskim oblokom. To ravnino imenujemo navidezni obzor (*scheinbarer Horizont*). Predmete, ležeče v njej ali nad njo, moremo videti; predmeti pod njo pa so nam nevidni. Nad to ravnino se razprostira nebeski oblok kakor ota polukrogla.

Ravnina, skozi zemeljsko središče vzporedno z navideznim obzorom položena, zove se pravi ali astronomijski obzor (*wahrer oder astronomischer Horizont*). Ta razpolavlja ves nebeski prostor, jedna polovica je opazovalcu vidna, druga pa nevidna. Prema, v

opazovalčevem stališči na obzoru pravokotno stoječa, seče nebeski oblok v dveh točkah: presečišče nad opazovalčevo glavo se imenuje temenišče (nadglavišče, *Zenith*), presečišče na nasprotni strani pa petišče (podnožišče, *Nadir*). —

Vsak dan se nam prikaže sonce na določenem mestu nad obzorom in izgine na nasprotni strani pod obzorom. Stran, kjer se nam sonce prikazuje nad obzorom, je vzhod, nasprotna stran pa zahod. Gledajoči proti vzhodu imamo na levi sever, na desni jug in za hrbtom zahod.

Točka na obzoru, v kateri sonce vzhaja dne 21. marcija in dne 23. septembra, je vzhodišče (*Ostpunkt*); točka, v kateri sonce zahaja ista dneva pa zahodišče (*Westpunkt*). Prema, obé točki vežoča, je vzhodnozahodna črta (*Ost-Westlinie*). Prema pravokotno stoječa na vzhodnozahodni črti je poludneva črta (*Mittagslinie*); ta seče nebeski oblok na južni strani v južišči (*Südpunkt*), na severni strani v severišči (*Nordpunkt*).

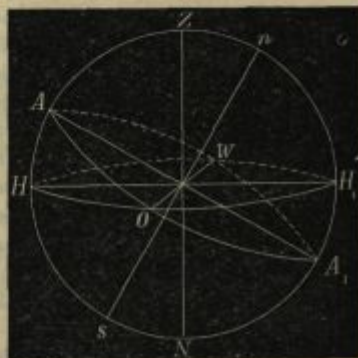
Te strani imenujemo štiri strani sveta.

Poleg tega še govorimo o jugovzhodu, jugozahodu i. t. d. (Vetrovnica.)

Nebeska telesa: sonce in zvezde, se zavrté navidezno v vsakih 24 urah po jedenkrat okoli zemlje. Pri zvezdah opazujemo, da opisujejo nekatere pri tej navidezni vrtnji okoli zemlje večje loke, druge manjše. Na nebeskem obloku nahajamo točko, ki ostaja ves čas nepremična; ta točka je blizu zvezde tečajnice in se imenuje severni pol ali tečaj (*Nordpol*). Prema, vežoča severni pol z zemeljskim središčem, seče nebeski oblok na nasprotni strani v južnem polu ali tečajji (*Südpol*) in se imenuje svetovna ós (*Weltachse*). Natančna merjenja in opazovanja učé, da gre ta ós skozi središča vseh krogov, katere opisujejo nebeska telesa na nebeskem obloku. Okoli te osi se navidezno vrti ves nebeski oblok.

V sliki 193. zaznamenuje ravnina  $HOH_1W$  pravi obzor opazovalca,  $Z$  njegovo temenišče,  $N$  petišče,  $ns$  svetovno ós,  $O$  vzhodišče,  $W$  zahodišče,  $H_1$  severišče,  $H$  južišče,  $HH_1$  poludnevno črto. Ravnina, pravokotno stoječa na svetovni ósi, seče nebeski oblok v naj-

Slika 193.



večjem kroglinem krogu  $AOA_1W$ , v nebeskem ravniku (*Himmelsäquator*), kateri deli nebeski prostor v dva jednaka dela. Ravnina, položena skozi temenišče  $Z$  in pola  $n$  in  $s$ , seče nebeski oblok v največjem kroglinem krogu  $AZH_1A_1sH$ , v nebeskem meridianu ali poludnevniku (*Himmelsmeridian*).

Nebeski ravnik in poludnevnik sečeta zemeljsko površje v zemeljskem ravniku in zemeljskem poludnevniku. Presečnica nebeske osi in zemlje je zemeljska os.

Zvezde in sploh vsa nebeska telesa, vzhajajo navidezno v vzhodu ter opisujejo na nebeskem obloku z ravnikom vzporedne kroge. Ko stopijo v poludnevnik, pravimo, da vrhujejo (*culminieren*). Točka, v kateri sečejo njihovi krogi poludnevnik, zove se vrhovišče (*Culminationspunkt*).

Razločevati imamo zgornja in spodnja vrhovišča; zgornja leže nad obzorom, spodnja pod njim. — Solnce dospe v zgornje vrhovišče o poludne, v spodnje pa o polunoči.

Čas, v katerem je solnce nad obzorom, imenujemo dan, čas, v katerem je pod obzorom, pa noč. Čas od jednega zgornjega solnčnega vrhovanja do drugega je pravi solnčni dan (*wahrer Sonnentag*). Čas od jednega zgornjega vrhovanja kake zvezde stalnice do drugega je zvezdni dan (*Sterntag*). Zvezdni dan je vedno jednako dolg in nekoliko minut krajši od pravega solnčnega dneva.

Dokler je solnce ali kaka zvezda nad obzorom, opisuje dnevni lok (*Tagbogen*); stopivša pod obzor pa nočni lok (*Nachtbogen*).

V naših krajih imamo nekoliko zvezd, katere ne zahajajo pod obzor, imenujemo jih obstožerne, nezahajajoče ali cirkumpolarne (*Circumpolarsterne*).

Poludnevno črto najdeš približno natančno na ta-le način: Na horizontalni deski opiši s točke  $O$  (slika 194.) več krogov s poljubnimi polumeri  $Oa$ ,  $Ob$ ,  $Oc$ ; v točki  $O$  postavi pa pravokotno na desko, torej vertikalno, kratko palico. Ako to desko in palico obseva solnce, pada senca palice na desko. Senca je najkrajša o poludne in postaja vedno daljša, čim bliže obzoru je solnce. Opazuj do poludne točke  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , v katerih se senca palice teh krogov ravno dotika; isto tako tudi po poludne točke  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ , v katerih se senca palice dotika istih krogov. Ako razpoloviš kote  $aOa'$ ,  $bOb'$ ,  $cOc'$ , vsem skupna razpolovnica  $ON$  je poludnevna črta. — Kako si moreš na tej deski narisati tudi druge strani sveta?

Slika 194.



§ 225. **Zemlja, nje oblika in vrtenje.** Opazovanja: 1.) Od prihajajočih ladij vidimo najprej jadra, polagoma pa še le njih druge, nižje dele, ko so nam ladje že bliže. — 2.) Potujoči po svetu vidimo vedno druge zvezde, nekatere pa nam pod obzorom izginjajo. — 3.) Dozdevni obzor je povsod krožnat in večji, ako stojimo na višjem mestu. — 4.) Zemljo so že dostikrat, deloma po morji, deloma po suhem, obpotovali. — 5.) Zemeljska senca na meseci ob času njegovega mraka je okrogla. — 6.) Vse druge premičnice imajo kroglasto obliko.

Iz teh in še drugih razlogov sklepamo, da je naša zemlja okrogla.

Opazovanja: 1.) V vsakih 24 urah se zavrti navidezno ves nebeski oblok okoli zemlje od vzhoda proti zahodu. — 2.) Z nihali je dokazano, da je težnost najmanjša na ravniku in da postaja tem večja, čim bolj se bližamo tečajema. — 3.) Mereči zemeljski premer v različnih merih so našli, da je od severa proti jugu krajši nego na ravniku, — da je zemlja sploščena. (Sploščenost zemlje smo dokazali [§ 99.] kot posledek pri vrtenji delujoče sredobežnosti.) — 4.) Pasatni vetrovi nimajo prave meri od ravnika proti tečajema in nasprotno, ampak so nekoliko odklonjeni. (§ 60.) — 5.) Z visokih visin prosto padajoča telesa ne padajo v vsem vertikalno; mer njihovega pada je naklonjena nekoliko proti vzhodu. (Ako vzamemo, da se zemlja vrti okoli osi, idoče skozi njeno središče, hitrost vrtenja višjih točk je večja nego nižjih. Kamen padajoč z visoke visine ima potem večjo hitrost nego vertikalno pod njim ležeča točka, torej pade vsled vztrajnosti nekoliko na óno stran, kamor se zemlja vrti: proti vzhodu.) — 6.) Tudi druga nebeska telesa se vrté okoli svojih osij.

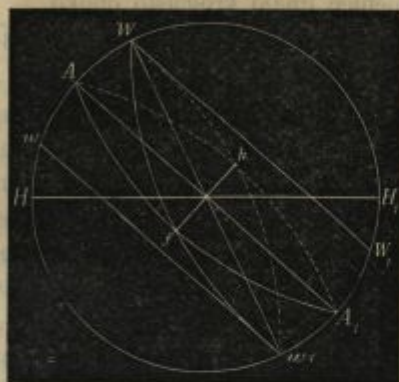
Iz teh razlogov moramo sklepati, da se zavrti zemlja v vsakih 24 urah po jedenkrat od zahoda proti vzhodu okoli osi, idoče skozi severni in južni pol.

§ 226. **Navidezno gibanje solnca v teku jednega leta.** Opazujoči vzhode solnca in kakega sozvedja najdemo, da vzhaja solnce od dne do dne nekoliko pozneje nego óno sozvezdje, ta razloček njihovih vzhodov znaša na dan v srednjem 4 časovne minute ali: ločna razdalja med solncem in sozvezdjem narasta vsak dan v srednjem za  $1^{\circ}$ . Čez leto dnij vzhaja in zahaja solnce z istim sozvezdjem zopet istočasno. Iz tega pa sledi, da se solnce premika na zvezdnatem nebu navidezno od zahoda proti vzhodu. To premikanje pa se ne vrši v ravnini vzporedni z ravnikom, kar kažejo sledeča opazovanja: Ako si zaznamujemo solnčne vzhode in zahode po



vsak dan v letu, najdemo, da solnce ne vzhaja in zahaja vedno v istih točkah obzora. Dne 21. marcija vzhaja solnce natančno v vzhodišču in zahaja v zahodišču: ta dan opisuje na nebeskem obloku krog, kateri se z ravnikom križe. Od tega časa dalje vzhaja in zahaja v točkah, ležečih bolj in bolj proti severu.

Slika 195.



Ako zaznamenuje  $HH_1$  (slika 195.) opazovalčev obzor,  $AA_1$  nebeski ravnik, vzhaja solnce dne 21. junija v točki  $W$  ter opisuje ta dan krog vzporeden z ravnikom in od tega  $23\frac{1}{2}^\circ$  proti severu oddaljen. Premer tega kroga je v sliki zaznamenovano s premo  $WW_1$ . Ta krog imenujemo obratnik raka (*Wendekreis des Krebses*) ali poletni solčni obratnik (*Sommer-Wendekreis*). Od dne 21. junija dalje vzhaja in zahaja solnce vsak dan ne-

koliko bliže jugu, premika se proti ravniku in dne 23. septembra vzhaja točno v vzhodišču ter opisuje krog v ravnikovi ravnini. Od dne 23. septembra se premika proti jugu in opisuje dne 21. decembra krog vzporeden z ravnikom in od tega  $23\frac{1}{2}^\circ$  proti jugu oddaljen. Ta krog je obratnik kozoroga (*Wendekreis des Steinbockes*) ali zimski solčni obratnik (*Winter-Sonnenwendekreis*). V sliki je zaznamenovano premer tega kroga z  $w w_1$ . Od tega časa dalje se bliža zopet bolj in bolj ravniku, v katerega dospe dne 21. marcija.

Solnce se premika torej v teku jednega leta v ravnini  $W f w_1 h$ , katera je proti ravniku naklonjena za  $23\frac{1}{2}^\circ$ . To ravnino imenujemo ekliptiko (*Ekliptik*). Ekliptika seče ravnik v točkah  $f$  in  $h$ , v enakonočjih (*Aequinoctien*). Točka  $f$ , v kateri stoji solnce dne 21. marcija, zove se spomladišče (*Frühlingpunkt*), točka  $h$ , v kateri stoji dne 23. septembra pa jesenišče (*Herbstpunkt*).

Nebeski pas, v katerem je ekliptika, delili so že stari narodi v 12 delov ter jih imenovali po sozvedjih, v njih se nahajajočih. Ta pas se zove zodijski ali zverokrog. S temi sozvedji določujemo položaj solca s tem, da pravimo, solnce stoji v tem ali ónem sozvezdju, ali vstopi v to ali óno sozvedje.

Prikazen solnčnega gibanja na nebeskem obloku od zahoda proti vzhodu si pojasnjujemo s tem, da si mislimo solnce mirno stoječe, a zemljo gibajočo se okoli solca v nasprotni meri.

Ako stoji n. pr. zemlja v točki  $\alpha$  (slika 196.) in sonce v točki  $S$ , gledamo je v meri  $\alpha S$  v točki  $a$ . Ko se zemlja premakne od  $\alpha$  do  $\beta$ , gledamo sonce  $S$  v meri  $\beta S$  v točki  $b$ . Sonce se je premaknilo v tem času navidezno od  $a$  do  $b$ . — Oziraje se na to, da se tudi druge prečnice gibljejo okoli solnca in še iz drugih uzrokov, katerih vseh tukaj ne moremo navajati, velja zakon:

Solnce stoji mirno in zemlja se giblje okoli njega, in sicer naredi v v teku jednega leta jeden-

krat pot okoli solnca v ekliptiki, katera je proti ravniku naklonjena v kotu  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  (natančno  $23^{\circ} 27' 18''$ ). Zemeljska os ostaje ves čas sama sebi vzporedna in je proti ekliptiki naklonjena v kotu  $66^{\circ} 32' 42''$ .

Keppler je dokazal, da je zemeljska pot elipsa, v katere jednom gorišči stoji sonce in da je gibanje zemlje okoli solnca osrednje. Vsled drugega Kepplerjevega zakona (§ 98.) je hitrost zemeljskega gibanja največja, ko stoji zemlja v prisolnji, najmanjša, ko stoji v odsolnji. Iz tega pa sledi dalje, da tudi pravi solnčni dan ni vedno jednako dolg. Za merjenje časa umislili so učenjaki tako zvano srednje sonce (*mittlere Sonne*), katero se giblje navidezno okoli zemlje ves čas enakomerno, tako da je jeden njegov obhod jednak obhodu zemlje okoli pravega solnca. Srednji solnčni dan je čas od jednega zgornjega vrhovanja tega umišljenega solnca do drugega. Tega delimo potem na 24 ur po 60 minut po 60 sekund. Razloček med pravim in srednjim solničnim časom se imenuje časozprava (*Zeitgleichung*). Srednji solnčni dan je enak  $1.00274$  zvezdnega dneva.

Čas, kateri preteče, da se vrne sonce zopet do iste stalnice, zove se zvezdno leto (*siderisches Jahr*) in =  $366.25636$  zvezdnim dnevom. Tropično leto (*tropisches Jahr*) je čas, kateri preteče, da pride sonce jedenkrat od spomladišča do tega nazaj. Tropično leto ima  $366.242255$  zvezdnih ali  $365.242255$  srednjih solničnih dnij, ali 365 dni 5 ur, 48 minut in 48 sekund.

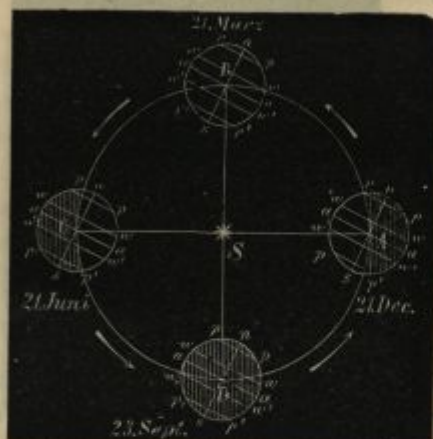
§ 227. **Letni časi. Dolgost dneva in noči.** Ko bi stala zemeljska os pravokotno na ravnini, v kateri se giblje zemlja okoli solnca, obsevalo bi sonce vse kraje zemeljskega površja vsak dan 12 ur in ravno toliko časa bi se mudilo pod obzorom. Kraje iste

Slika 196.



zemljepisne širine zadevali bi solnčni traki v istem kotu; — na jednom in istem kraju bi ne bilo nobenih letnih časov. Ker pa je zemljiska os proti ekliptiki naklonjena, prouzročuje to nastanek letnih časov. Kako, uči sledéče motrenje:

Slika 197.



V sliki 197. je zaznamenovana zemljiska pot okoli solнца s krogom, kar sicer ni v vsem natančno, pa vendar ni velik pogrešek, kajti elipsa, v kateri se giblje zemlja okoli solнца, razlikuje se prav malo od kroga. *S* zaznamenuje solnce, *ns* zemljsko os, *aa* ravnik, *w* in *w'* kroga obratnika.

Dne 21. marcija stoji zemlja v *B*; solnce opisuje ta dan na nebeskem obloku krog, kateri se krije z ravnikom. Dnevni in nočni

lok sta povsod jednaka, prebivalci na vsej zemlji imajo ta dan noč in dan jednako dolga. O poludne stoji solnce na ravniku v temenišči opazovalca, v drugih krajih pa toliko stopinj proti jugu ali severu oddaljeno, kolikor stopinj znaša zemljepisna širina teh krajev. Opazovalcu na tečajih stoji solnce ta dan v obzoru. Ta čas imenujemo spomladansko enakonočje (*Frühlingsaequinoctium*).

Povedano velja tudi za dan 23. septembra, ko stoji zemlja v *D*. (Jesensko enakonočje, *Herbstaequinoctium*.)

Dne 21. decembra stoji zemlja v *A*, solnce pa v obratniku kozoroga,  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  proti jugu. Kraji te južne zemljepisne širine imajo ta dan solnce o poludne v temenišči, vsi drugi pa od temenišča oddaljeno. Prebivalci na južnem tečaju in na vseh krajih, kateri so do  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  od južnega tečaja oddaljeni (v sliki do *p'p'*), imajo solnce ves dan nad obzorom; torej njim traja dan celih 24 ur. — Na severni polkrogli imajo ta dan prebivalci, od severnega tečaja  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  oddaljeni, (v krogu vzporedniku *pp*), solnce o poludne ravno v obzoru. Ves drug čas imajo ti prebivalci noč. Prebivalci od severnega tečaja manj nego  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  oddaljeni imajo ves čas noč.

Dne 21. junija stoji zemlja v  $C$  in solnce v obratniku raka,  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  od ravnika proti severu oddaljeno. Prebivalci tega kroga vzporednika  $pp$  gledajo solnce o poludne v temenišči; prebivalci med severnim tečajem in tem vzporednikom imajo ves dan solnce nad obzorom, prebivalci med južnim tečajem in vzporednikom  $p'p'$  pa ves dan pod obzorom, torej noč.

Iz povedanega sledi neposredno, da narasta dan na severni polukrogli od dne 21. decembra do dne 21. junija, in da se krajša od dne 21. junija do dne 21. decembra. Na južni polukrogli narasta dan od dne 21. junija do dne 21. decembra, krajša pa se od dne 21. decembra do 21. junija. — Jednako kakor dan, narasta in pojemata tudi grejoča moč solčnih trakov. (§ 70.)

Čas od dne 21. marcija do dne 21. junija imenujemo pomlad, čas od dne 21. junija do dne 23. septembra poletje, čas od dne 23. septembra do dne 21. decembra jesen, čas od dne 21. decembra do dne 21. marcija pa zimo. Poletje je na severni polukrogli 6 dni daljše nego zima, ker je v tem času zemlja od solca bolj oddaljena ter ima manjšo hitrost svojega gibanja. — (Vroči ali tropični pas, zmerno topla in mrzla pasa.)

§ 228. **Navidezno gibanje premičnic.** Gibanje premičnic na nebeskem obloku ni tako jednostavno kakor gibanje solca. Opazovaje stanje kake premičnice glede nepremičnic najdemo, da se giblje premičnica nekoliko časa solcu jednako od zahoda proti vzhodu. Njena hitrost je vendar izpremenljiva ter postaja kmalu vedno manjša. Potem opazujemo dobo, v kateri stoji premičnica na nebeskem obloku nekoliko časa na istem mestu nepremična; po tem pa se začne gibati v nasprotni meri od vzhoda proti zahodu, s prva hitro, a kmalu vedno počasneje. Ko se je bila v drugič nekoliko časa ustavila, začne se zopet gibati v prvi meri. — Gibanje v meri od zahoda proti vzhodu imenujemo pravopotno (*rechtläufig*); od vzhoda proti zahodu pa protipotno (*rückläufig*). Pravopotno gibanje je večje od protipotnega, tako da se giblje premičnica v vsem vendar le od zahoda proti vzhodu.

Dvojno gibanje premičnic je nasledek gibanja zemlje okoli solca. Vzemimo, da zaznamenuje v sliki 198.  $S$  solnce, prvi najmanjši krog zemeljsko pot, drugi večji pot premičnice, tretji, največji krog pa nebeski oblok. Zemlja in premičnica se gibljeta v meri pristavljenih pušic. Ko stoji zemlja v  $e_1$ , premičnica pa v  $p_1$ , vidimo premičnico v meri  $e_1p_1$  na nebeskem obloku v točki  $P_1$ . Iz stališča  $e_2$  vidimo premičnico, stoječo v  $p_2$ , v meri  $e_2p_2$  v točki  $P_2$ . Premičnica se je gibala do sedaj pravopotno. Ko stoji zemlja v  $e_3$ , premičnica v  $p_3$ ,

Slika 198.



vidimo jo tudi v  $P_2$ ; iz stališča  $e_4$  vidimo premičnico, stoječo v  $p_4$ , v  $P_4$ . Gibanje premičnice bilo je v tem času, ko se je gibala zemlja od  $e_3$  do  $e_4$  in premičnica od  $p_3$  do  $p_4$ , protipotno. Ko je zemlja v  $e_5$ , premičnica v  $p_5$ , vidimo jo v  $P_2$ ; njeno gibanje postalo je zopet pravopotno. Iz stališč  $e_6$ ,  $e_7$  vidimo premičnico, stoječo v  $p_6$ ,  $p_7$ , v točkah  $P_6$  in  $P_7$  i. t. d.

Poti premičnic okoli solnca so istotako elipse, kakor pot zemlje okoli solnca; solnce stoji v jednom gorišči teh elips. Ravnine teh elips pa so proti ekliptiki različno naklonjene, vendar naklonski kot

nobene teh ravnin ni večji od  $10^\circ$ . Ekliptiko sečejo te ravnine v po dveh točkah, vozlih (*Knoten*). Čas, v katerem preteče premičnica jedenkrat vso elipso, zove se obhodni čas (*Umlaufszeit*); čas, kateri preteče, da pride premičnica zopet do jedne in iste nepremičnice, zove se zvezdni obhodni čas (*siderische Umlaufszeit*); tropični obhodni čas (*tropische Umlaufszeit*) premičnice je končno oni, v katerem preteče pot od spomladišča do tega nazaj.

Silo, gibanje premičnic prouzročujočo, imenujemo gravitacijo. (§ 98.)

§ 229. **Mesec in njegovo gibanje.** Mesec spremlja zemljo na njenem obhodu okoli solnca. Svetlobo dobiva od solnca; odbijajočo to svetlobo postane nam viden. Srednja njegova razdalja od zemlje znaša 51,800 zemljepisnih milj ali 60 zemeljskih polumerov. Na nebeskem obloku izpreminja vedno svoje stališče, med nepremičnicami se premakne vsak dan približno za  $13^\circ 12'$  proti vzhodu, torej vzhaja vsak dan približno 53 minut pozneje.

Njegova pot okoli zemlje je elipsa (zemlja pa stoji v jednom gorišči te elipse), v tej elipsi se giblje od zahoda proti vzhodu. Svojo pot preteče po jedenkrat v 27 dneh, 7 urah in 43 minutah in 11·5 sekundah; ta čas se imenuje zvezdni mesec (*siderischer Monat*), tako dolgo je tudi leto na meseci. Isto svojo svetlo obliko dobiva po 29 dneh, 12 urah in 44 minutah in 2·9 sekundah; ta čas je sinodski mesec (*synodischer Monat*).

Ravnina mesečeve poti je naklonjena proti ekliptiki za  $5^{\circ} 9'$ , obé se sečeta v vozlih, katera se pa premičeta od vzhoda proti zahodu, tako da opiše vsak v 18 letih in 219 dneh cel krog.

Iz tega, da mesec nima svoje svetlobe, da se giblje okoli zemlje, in da ga je vedno polovica razsvetljena, sledi, da se mora zemljanom vidna ploskev izpreminjati gledé razsvetljave.

Vzemimo, da sta mesečeva in zemeljska pot v jedni in isti ravnini (kar sicer ni v vsem natančno, vendar za naše motrenje ugodneje), in recimo, da je zemlja v  $E$  (slika 199.), mesec pa zaporedoma v ležah  $abc\dots$

ter da padajo solčni traki nánj v meri pristavljenih pušic 1, 2. V leži  $a$  je proti zemlji obrnena stran meseca nerazsvetljena, temna. To dobo imenujemo mlaj (*Neumond*). V leži  $c$  vidimo mesec na pol njegove plošče razsvetljen (1. krajec, *1. Viertel*); v leži  $e$  je vsa proti zemlji obrnena ploskev razsvetljena (ščip, *Vollmond*); v leži  $g$  je razsvetljena zopet le polovica ploskve, proti zemlji obrnena (zadnji krajec, *letztes Viertel*); v ležah  $b, d, f, h$  je razsvetljen del srpu podoben. — Povedano velja

Slika 199.



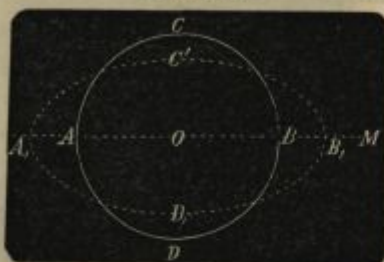
tudi, čeravno sta ravnini potij meseca in zemlje naklonjeni. Mesec nam kaže vedno jedno in isto stran, iz česar sledi, da se zavrti v času svojega obhoda okoli zemlje tudi jedenkrat okoli svoje osi. Ta os je naklonjena proti ekliptiki za  $1^{\circ} 30' 11''$ . Z zemljo vred se vrti mesec tudi okoli solнца; njegova pot postane s tem zelo sestavljena.

O mesečevih in solčnih mrakih glej § 154.

§ 230. **Oseka in plima** (*Ebbe und Flut*). Morska voda narasta redno vsak dan dvakrat, a potem pada isto tako dvakrat; šest ur narasta, a pada zopet šest ur. Narastanje vode imenujemo plimo ali priliv, padanje pa oseko ali odliv. Plima nastopi ob času mesečevega vrhovanja, oseka ob času njegovega vzhoda in zahoda. Iz te okolščine sklepamo, da je mesec uzrok morskemu plimovanju. —

Po Newtonovem zakonu o gravitaciji je privlačnost različnih tvarin vzajemna; zemlja privlači mesec k sebi in obratno privlači tudi mesec zemljo z isto silo. Vzemimo, da zaznamenuje  $O$  (slika 200.)

Slika 200.



središče zemlje in da leži središče meseca v premii  $OM$ . Točko  $B$  zemeljskega površja privlači mesec z večjo silo, nego je sila, s katero privlači zemeljsko središče  $O$  ali pa točko  $A$ . Razdalja med točko  $B$  in mesecem je za polumer, oziroma premer zemlje manjša nego razdalja med mesecem in  $O$ , oziroma  $A$ . Vsled tega teži točka  $B$  se od točke  $O$  oddaljevati; ako

je v tej točki voda, začne se dvigati. Voda v točki  $A$  pa mora iz istega razloga za točko  $O$  zaostajati. Ko bi bila zemlja vsa obdana z vodo, ne obdržala bi voda kroglaste oblike  $ACBD$ , ampak bi dobila obliko  $A_1C_1B_1D_1$ . V točkah  $A$  in  $B$  je plima, v točkah  $C$  in  $D$  pa oseka. Ker se zemlja v 24 urah zavrti po jedenkrat okoli svoje osi, mora se plima in oseka v 24 urah premikati od zahoda proti vzhodu. Najviše dvigati se mora morje v krajih, v katerih stoji mesec v temenišči. Plima in oseka nastopata v istem kraju vsak dan 53' pozneje, ker mesec vsak dan toliko pozneje vzhaja.

Plimovanje morja se ne vrši sicer tako jednostavno kakor smo to pojasnovali; vetrovi, leža, oblika in kakovost morskega obrežja kazé to pravilnost.

Tudi solnce prouzročuje plimovanje morja; vendar je to plimovanje za polovico manjše; ker je solnce dosti bolj oddaljeno od zemlje in torej razloček razdalj točk  $A$ ,  $O$ , in  $B$  ne znaša toliko.

Ob času mlaja in ščipa se strinja oboje plimovanje, takrat je plima največja (visoka plima, *Springflut*); ob času krajcev se strinja plima, prouzročena po meseci, z oseko, prouzročeno po solnci; plimovanje je najslabše (nizka plima, *Nippflut*).

Isto tako plimuje tudi zemeljsko ozračje.

# Kazalo.

	Stran
Uvod . . . . .	1
I. Občna svojstva . . . . .	3
II. Molekularne sile, njih delovanje in učinki . . . . .	14
III. Osnovni nauki iz kemije . . . . .	22
Nekatere prvine in njih spojine . . . . .	27
Nekoliko iz organske kemije . . . . .	40
IV. Toplota . . . . .	42
1. Raztezanje teles po toploti . . . . .	42
2. Kako se toplota širi. Kako se telesa segrevajo . . . . .	45
3. Pretvorba skupnosti po toploti . . . . .	51
Izvori toplote . . . . .	60
V. Mehanika . . . . .	62
1. Osnovni pojmi . . . . .	62
2. Sestavljanje in razstavljanje sil . . . . .	66
3. Ravnotežje v položaji trdnih teles . . . . .	70
4. Ravnotežje na strojih . . . . .	73
5. O gibanji . . . . .	86
6. Ovire gibanja . . . . .	103
Mehanika kapljivo tekočih teles . . . . .	105
Mehanika raztezno tekočih teles . . . . .	115
VI. Akustika ali nauk o zvoku . . . . .	131
1. Tresenje (tresno gibanje). Valovanje . . . . .	131
2. O zvoku sploh . . . . .	133
3. Zveneča telesa. Jakost zvoka . . . . .	136
4. Kako se zvok širi . . . . .	142
5. Kako zaznavamo zvok . . . . .	144
VII. Optika ali nauk o svetlobi . . . . .	145
1. Splošni pojmi. Kako se svetloba širi. Jakost svetlobe . . . . .	145
2. Odboj svetlobe. (Odsev) . . . . .	150
3. Lom svetlobe . . . . .	158
4. Razkroj svetlobe v njene sestavine . . . . .	167
5. Oko in optična orodja . . . . .	174
A. Oko in vid . . . . .	174
B. Optična orodja . . . . .	180
6. Kemijsko delovanje svetlobe . . . . .	185
7. Dodatni zakoni o žareči toploti . . . . .	187



	Stran
VIII. Magnetizem . . . . .	188
IX. Elektriika . . . . .	195
A. Elektriika vzbujena s trenjem, (Torna elektriika) . . . . .	195
1. Osnovne električne prikazni . . . . .	195
2. Orodja in priprave za vzbujanje in nabiranje elektriike . . . . .	202
3. Električne prikazni v ozračji . . . . .	209
B. Elektriika vzbujena z dotiko, (Galvanska ali tična elektriika) . . . . .	211
1. Osnovne galvanske prikazni . . . . .	211
2. Učinki galvanskega toka . . . . .	215
C. Elektriika vzbujena s toploto, (Termoelektriika) . . . . .	227
X. Osnovni nauki iz astronomije . . . . .	228

