

31563, IV, F. l., 18

8^o br

OKÓ IN VIDA.



Spisal

J. Žnidaršič.

Založila in na svetlo dala

MATICA SLOVENSKA.

V Ljubljani.

Natisnili J. Blaznikovi nasledniki.

1880.

1773

1773

1773

1773

1773

OKÓ IN VIDA.



Spisal

J. Žnidaršič.

Založila in na svetlo dala

MATICA SLOVENSKA.

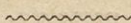
V Ljubljani.

Natisnili J. Blaznikovi nasledniki.

1880.

030030694

Predgovor.



Našemu telesnemu razvoju okó mnogo pomore, dušnemu pa gotovo največ. Brez očesa — kako bi bilo naše kretanje, kako nesigurno bi tavalí v večni temi, kako bi si izbirali hrano, kako pripravljali obleko in stanovanje, kako bi se izogibali mnogovrstnim nevarnostim, kako občevali med seboj? Res, žalostno bi bilo naše telesno životarjenje brez vida, mnogo, mnogo žalostnejše, nego li življenje slepčevó med nami videčimi, kateremu mi pomagamo, in kateremu mi podajamo sredstev, da ne ostaja čisto nedelaven in zavržen ud človeštva.

Še žalostnejše bi pa bilo naše duševno življenje. Naše duševne kreposti (moči), naše znanosti in umetelnosti imajo večinoma svoj izvor v očesu. Okó vzprijema največ vtisov in jih vodi do možján; kadar zvananjí vtisi prihajajo do možján, zavedamo se jih; do možján se dá zvananjím vtisom slediti, potem se pa začénja dušna delavnost. Ta stvarja iz vzprijetih vtisov pojme, iz pojmov sode, iz sodov izvode (Schluss, Schlusssatz), iz teh pa znanost (Wissenschaft).

Pri razsojevanji o velikosti, obliki in družih svojstvih teles so nam roke, s katerimi jih tipljemo, velik, časih nenadomesten pripomoček in gotovo je, da bi si, ako bi ne imeli očí, s pomočjo tipa stvarjali tudi nekak svet okolo sebe, ali kako omejen, kako majhen bi bil ta svet, in kako počasi bi vse napredovalo! To je uže vsak premišljeval, koliko nam okó koristi, in kako težko bi mi vid pogrešali, ko bi ga po kaki nesrečni naključbi izgubili; kako se pa prav za prav to godí, da vidimo, in kaj je vzrok različnim vidnim prikaznim, tega še vsak ne vé, vsaj v tej meri ne, v kateri je to dan danes vedeti moči. Da bi se med Slovenci širilo znanje o najimennitnejšem čutu in čutilu tudi v slovenskem jezici, namenil sem se opisati okó, razložiti

njegova opravila, ter razjasniti nekatere čudne prikazni vida. „Slovenska Matica“ nam je sicer uže podala prevod Schödlerjeve fizike, v kateri so, kakor v vsaki fiziki, opisane očesne funkcije, ali takov kratek popis na dveh, treh straneh, ki se vrhu tega ozira le na fizikalno stran vidnih prikazni, dan danes, ko so o očesu in vidu v družih jezicah napisane debele knjige, ne ugaja Slovencu, izkajočemu pouka v máterinem jezici. In nauk o očesu je potrebnejši, nego bi se komu dozdevalo, kajti sedanji rod ima mnogo očesnih pogrškov, katerim bi se dalo izogniti. Toliko v svoje opravičenje, zakaj sem se poprijel ravno tega predmeta. Jaz to, drug drugo, vsako leto nekaj — tako bode s časoma tudi nam Slovencem kaj pokazati iz prirodopisnih nauk.

Da bi bilo v tem spisu, kolikor mogoče, vse jasno, ter da bi blagovoljnemu bralcu ne bilo treba iskati po družih knjigah potrebne optičnega znanja, na katero se opéra nauk o očesu in vidu — razlaganja in opisov optičnih priprav, katere so v zvezi z omenjenim naukom, hočem iz splošne optike posneti one nauke o bistvu, svojstvih in prikaznih svetlobe, kateri se mi zdé za moj namen potrebni. Ti nauki so tudi sami po sebi važni in zanimivi, ker pojasnujejo mnogo vidnih prikazni. Dokazi moji, kolikor jih je, niso učeni — saj moj spis ni namenjen vseučilišnikom — vsega dokazovanja pa nisem hotel opuščati, želeč ustrezati tudi ónim bralcem, katerim ne zadostuje samo golo pripovedovanje znanostnih rezultatov.

F. Š.

Okó in v id.



I. O svetlobi sploh.

Svetloba in nje vzrok.

Ono, kar dela, da se stvari vidijo, da so svetle, zôvemo svetlobo ali luč. Kaj je svetloba sama na sebi, tega ne vemo. Da bi pa mogli postanek svetlobe, nje razširjanje, nje prikazni in učinke razlagati, izmislili so si učenjaki več podmén ali hipotéz. Uže grški príródni filozofi so si belili glavo z vprašanjem, kaj je vzrok, da vidimo. Menili so poleg družega, da iz očesa izhaja pretenka tvarina, in predmete, do katerih prihaja, dela vidne. Plato je mislil, da stvari pošiljajo neko svetlobno tvarino v okó. Te misli se držé sledniki emisijske ali emanacijske podmene, kateri pravi ustanovitelj je slavni Newton. Večino svetlobnih pojavov je lahko razlagati po tej hipotezi, teško se pa n. pr. po njej tolmači, kako je možno, da časih svetloba svetlobo otémí, ali celó ugasne, da tema nastane tam, kjer bi le večje svetlobe pričakovali. Tudi razkroj svetlobe se po njej ne razlaga lahko. V razlaganje teh in družih prikazní morale so se o svojstvih svetlobne tvarine izmisliti posebne podmene, ktere glavno podmeno precej zamotajo; znanost pa se drži rajša proste podmene, dôkler more ž njo izhajati.

Teško si je tudi misliti, da bi n. pr. solnce moglo metati svetlobne delce do nas, ne da bi jim njegova privlačnost braniła oddaliti se tako zeló. Dalje morala bi zaradi velike svetlobine brzine (svetloba prehodi v 1 sekundi 40.500 milj ali 300.400 kilometrov) živa sila svetlobnih delcev, da so še tako majhni, biti precejšnja, in ne razumemo lahko, zakaj ti našega očesa ne razbijejo, ali vsaj ne pokvarijo. Tudi bi moralo solnce, ako bi pošiljalo svetlobno tvarino neprestano na vse strani, polagoma zmanjšati se, a to se doslé ni moglo opaziti ali dokazati.

Največjo, zdaj malo ne občo veljavo pridobila si je naslednja podmena. Ves svetski prostor, o katerem se navadno misli, da je prazen, napolnen je z neko neizrečeno drobno in prožno (elastično) tvarino. Ta tvarina, ki se imenuje êter, ne pušča nikoli nikjer praznega prostora; ona prošinja vse stvari in izpolnjuje njih luknjice. (Luknjice ima vsaka še tako gosta stvar.) Êter je tako drobán, da prodira v najmanjše luknjice. On

je pač stanoviten (vztrajen), teže pa nima nobene, in ako jo ima, je tako majhna, da se sme v primeri z drugimi močmi, katere pri svetlobnih prikaznih dejstvujejo, puščati v némar. Gibanja gostih teles ne ovira, le pri gibanji zvezd repatic jako redke tvarine je moči spoznati njegov upor. V praznem svetskem prostoru je povsod jednako góst. V telesnih luknjicah ga telesni delci (molekili) vlečejo náse in zaradi tega zgoščajo, zato je v telesih gostejši, nego li v praznem prostoru. Ker ga pa delci različnih stvarí ne vlečejo náse s tisto močjo, zato je v različnih stvaréh različno góst.

Êter je popolnem prožen. Vsak njegov delec, katerega kakoršna koli sila zmakne iz ravnotežja, poskuša s tisto silo vrniti se v svoj položaj. Zavoljo te popolne prožnosti se njegovim delcem tresejo, delajo in širijo valove po tistih zakonih, kateri sploh veljajo za prožne tvarine. Med njegovimi delci so podobne molekilne moči, kakor med delci družih tvarí; zato se nobeden njegovih delcev ne more gibati samzáse; ako se začne gibati jeden delec, spravi v gibanje tudi sosednje delce.

Vsaka svetla točka se trese, in prenaša svoje tresenje na sosednji êter, ter napravlja tú, ker se to tresenje od delca do delca širi, valove. Ti se razprostirajo na vse strani, dospejo do našega očesa in skozi to do vidnega živeca in storé, da vidimo točko, katera nam je poslala te svetlobne valove. V sredstvu, v katerem je êter povsod jednako gost, širijo se svetlobni valovi vedno s tisto brzino (hitrostjo) in tako, kakor bi postajala iz majhne oble (kugle) jako hitro večja in večja. Kadar êter v tistem sredstvu ni na vse strani jednako góst, tedaj se svetlobni valovi ne širijo v podobi oble. Ako zadevajo svetlobni valovi ob drugo sredstvo, prejde jeden del gibanja vánj, drugi del se pa odbija in se širi nazaj v prejšnje sredstvo. Tisto gibanje, kateró je prešlo v drugo sredstvo, se tukaj uničuje in ne daje svetlobe, ali se pa v njem dalje širi. Ker je pa êter v novem sredstvu gostejši ali redkejši, nego li v prejšnjem, je brzina valovnega gibanja druga, in nasledek spremenjeni brzini je lom svetlobe.*) O sredstvih, katera vánje prešlo gibanje êterjevo uničujejo, pravimo, da svetlobo pijejo ali srčejo. O vseh teh prikaznih, posebno o odboji in lomu svetlobe govorimo še posebe, ker so za nas velike važnosti.

Ta podmena se zóve teorija undulacije ali valovanja. Izumel jo je Huyghens pred dve sto leti. Z njo se na lahko razlagajo vse optične prikazni. Slutil jo je uže Aristoteles, trdeč, da mora svetloba nastajati na jednak način, kakor zvok.

*) Ako se lom svetlobe razlaga po emisijski teoriji, pride se do pravega posledka le, ako se trdi, da velja to, kar je izkustvu protivno. Po teoriji valovanja in po izkusih je lomni kazalec (gl. „Lom svetlobe“) med vzduhom in vodo $\frac{3}{4}$, brzina svetlobe v vodi zatorej manjša, nego li v vzduhu; po emisijski teoriji pa bi moral biti ta lomni kazalec $\frac{3}{4}$, brzina svetlobe v vodi zategadelj večja, nego v vzduhu.

Tresljaji zvenečega predmeta dajo se s pomočjo optičnih priprav videti, zato fiziki sklepajo, da je tudi moči svetlobne tresljaje v zvok spreminjati, zatorej slišati. Ker se dá zvok videti, mora se tudi svetloba čuti, ako je hipoteza undulacije prava. Poskusi o tem delajo se z mikrofonom.*) Vsaka barva svetlobe bi se imela drugače glasiti. Ako se sprememba svetlobe v zvok posreči, potem ni najmanjše dvombe več o istinitosti podmene o valovanji svetlobe.

Razvrstitev predmetov, kar se tiče svetlobe.

Predmeti, katerih delci se tako tresejo, da tudi éter spravljajo v tresno gibanje, so samosvetljivi (samosijajni, selbstleuchtend), ker delajo samí od sebe svetlobne valove, jih na vse strani pošiljajo in se takisto kažejo vidnimi. Samosvetljivi predmeti so: Solnce, zvezde, goreče in žareče stvari, trhljad, fosfor, kresnice, nekatere mrtve ribe, neke male živalice v morji itd. Vse druge stvari so temne, nevidne; vidne in celó svetle postajajo tedaj, ako jih samosvetljive stvari razsvetljujejo ali obsevajo, in one to tujo svetlobo odbijajo. Po dnevi vidimo stvari okolo sebe le zato, ker solčno svetlobo v naše okó odsevajo, po noči moramo drugo luč imeti, ako hočemo videti.

Stvari, katere valovno gibanje éterjevo skozi-sé propuščajo, so prozorne (durchsichtig), óne, katere ga le po nekoliko propuščajo, prosojne (durchscheinend), óne, katere ga ustavljajo, neprozorne. Prozorne stvari so: Vzduh, steklo, čista voda, mnoge tekočine, kámena strela itd.; prosojne pa: Tenek papir, z oljem ali mastjó napojen papir, tenka kóžica itd.

Ker vsaka stvar odbija vsaj nekoliko svetlobe, nekoliko pa posrče, ne more nobena biti popolnem prozorna. Jasno je to, ako so dotične stvari debele, ali v mnogo skladov zložene. Debelo steklo ni tako prozorno, nego tenko; tudi globoka voda je slabo prozorna. Celó vzduh posrče nekaj solčne svetlobe. Nasproti ni nobene stvari, da bi bila popolnem neprozorna; ako jo razrežemo ali razkujemo v dovolj tenke lističe, vidimo, da je prosojna.

Premočrtno (geradlinig) širjenje svetlobe.

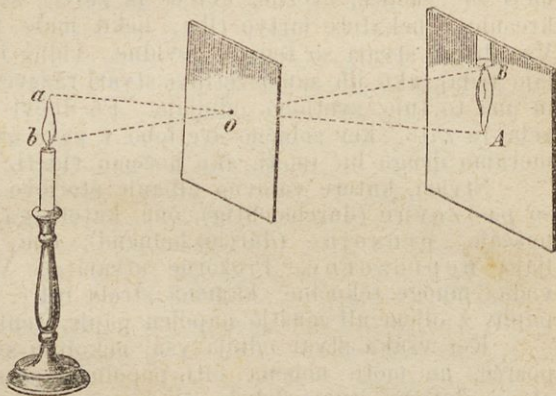
Svetlobni valovi so v sredstvu, katero ima na vse strani jednako góst éter, óbli (kroglasti). Kamor dospejo éterjevi valovi, tija pride tudi svetloba. Ako zvežemo katero koli točko óblega valú sè svetlo točko, kaže nam črta veznica pot, po katerem je hodila svetloba, šireč se od delca do delca éterjevega.

*) Mikrofón — ne davno izumljena priprava — je úsesu to, kar mikroskop očesu. Ž njim se najslabši zvok, katerega sicér ne čujemo, tako ojači, da ga čujemo razločno.

Vsak takov pot se imenuje svetlobni žarek; vsak polumér óblega svetlobnega valú je svetlobni žarek, kateri kaže mér, (Richtung), v kateri se svetloba pomiče naprej. Polumér obli je pa prema érta, zatorej je pot svetlobi premoórtna. Svetloba more le tedaj v naše okó prihajati, ako jej premega pota ne prepréči kak neprozoren predmet. Če je zatorej mogoče od našega očesa potegniti premo érto do svetle točke, vidimo to točko, drugače ne. To se vé, da ta zakon veljá le za jednakošno sredstvo. Naj prejde n. pr. svetloba iz gostejšega vzduha v redkejši, ali iz vzduha v drugo sredstvo, ne širi se več premoórtno.

Skozi tenko cev vidimo le, ako je prema; skozi luknjico ali špranjico vidimo le tija, kamor je mogoče iz našega očesa skozi njo potegniti premo érto. Ako se hočeš še drugače prepričati o premoórtnem širjenji svitlobe, vzemi zvečer kos papirja, probodi ga z debelo íglo,

Podoba 1.



in drži pred gorečo svečo (glej pod. 1) ali svetilnico, za prebodeni papir pa postavi drug bel papir in na njem zagledaš obrneno sliko sveče ali svetilnice. Svetlobni žarki sveče širijo se namreč na vse strani in prodirajo tudi skozi luknjico *o*; žarek, ki izhaja iz svetle točke *a*, zadene se na belem papirji ob točko *A*, žarek iz *b*, ob točko *B*. Točki *A* in *B* ste sliki točk *a* in *b*. Isto tako delajo ostavše točke med *a* in *b* slike med *A* in *B*. Slika sveče je zategadelj zvrnena, ker se svetloba premopotno širi. Ko bi bila slika po konci, kakor je sveča, bil bi to dokaz, da svetloba ne hodi premega pota.

Premoórtnega pota svetlobe smo uže od mladosti tako vajeni, da iščemo vselej izvora svetlobi na konci one preme érte, po kateri je svetloba prišla v naše okó, če tudi ga tam vselej ni, tako n. pr., kadar prihaja svetloba iz drugega sredstva.

Močnost svetlobe.

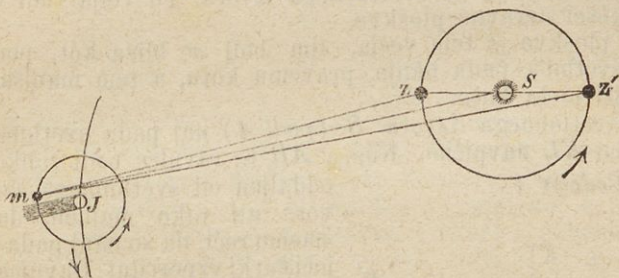
Svetloba raznih predmetov in svetloba tistega predmeta v raznih daljah je različna. Od kod izvira to?

- 1) Čim močnejše je tresenje ali majanje éterjevo, tem močnejša je svetloba. Tresenje je pa tem močnejše, čim dalje se pomiče vsak tresoči se delec od svojega mesta. Najdaljši pot delcev iz svoje leže zove se *r a z m á h* (amplituda). Močnosť svetlobe zavisi zatorej od rozmáhove velikosti.
- 2) Kolikor več svetlih točk ima predmet, ali kolikor večja je svetla površina, toliko večja svetloba.
- 3) Valovno gibanje, katero izbaja iz svetle točke, širi se v podobi oble, in prehaja na vedno večje množstvo éterjevih delcev; na kolikor več delcev se to gibanje razširja, toliko slabše je. Delci, kateri vsak naslednji hip prvič zagibljejo, leže na površini pomišljeni obli; kolikor večja je ta obla, toliko več je éterjevih delcev, kateri se začno tresti. Močnosť svetlobe zatorej pojemlje v oni meri, v kateri raste óblina površina; óblina površina pa raste kakor druga vz-množ (kvadrat) poluméra, t. j., ako postaja polumér 2-, 3-, 4-, ... n -krat večji, postane površina obli 4-, 9-, 16, ... n^2 -krat večja. Rêči smemo zatorej: Močnosť svetlobi pojemlje, kakor raste kvadrat dalji od nje izvora.

Brzina svetlobe.

Pod. 2. nam kaže solnce S , zemljo z , premičnico (planet) Jupiter J in prvi njegov mesec m . Strélice kažejo mér, v kateri

Podoba 2.



se ta telesa sučejo. Prvi Jupitrov mesec m stopa vsacih 42 ur 28 minut in 36 sekund v Jupitrovo senco, in tú potem mrkne. Ako je zemlja v z , se ta račun

slaga s prikaznijo; ako je pa zemlja na svojem potu okolo solca kje drugé, se mrak zakesní in sicer najbolj tedaj, kadar je zemlja na nasprotni točki svojega pota v z' . Takrat se zakesní mrak za 16 minut in 36 sekund, t. j. za 996 sekund. Vzrok temu zakesnjenju je ta, ker ima zdaj svetloba od Jupitrovega mesca do zemlje daljši pot prehoditi. Pot je zdaj daljši nad 31 milijonov *My.* Na jedno sekundo pride okolo 31.000 *My.* in to je brzina svetlobi. — Takisto je izračunal Olaf Römer 1675. leta. Zdaj imamo tudi druge pripomočke za račun svetlobne brzine. Ti pomočki nam ob jednom dokazujejo, da se svetloba v podnébesnih prostorih skóraj ravno tako hitro širi, kakor na zemlji.

Svetlost razsvetljenih predmetov.

Predmeti so pri enakih okolnostih tem bolj razsvetljeni, čim močnejša svetloba pada nanje. Svetlost predmetov se zatorej spreminja z močnostjo, razširnostjo in daljo svetlobnega izvora in položajem predmeta proti njegovim žarkom.

1) Čim močnejši in razširnejši je izvor svetlobi, tem bolj je predmet razsvetljen. Ako je površina svetlobnemu izvoru 2-, 3-, . . . -krat večja, tudi 2-, 3-, . . . -krat bolj razsvetljuje.

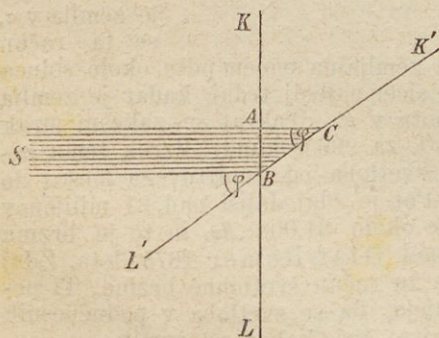
2) Čim dalje je predmet od svetlobnega izvora, tem slabše je razsvetljen. *S* (glej pod. 3) je svetla točka, iz katere pada svetloba na ravnico *KL*. Mótrimo kós *AB* te razsvetljene ravnice, ter jo potem premeknimo v vzporedno (paralelno) ležo *K'L'*. Svetloba, katera je prej razsvetljevala kós *AB*, razsvetljuje zdaj večji kós *CD*. Svetlost temu kósu je zdaj toliko manjša, kolikor je večji od *AB*. Mérstvo (geometrija) nas

pa uči, da je *CD* proti *AB* v tistem razmerji, kakor kvadrat njiju navpičnih dálj od točke *S*. Zatorej smemo reči: Svetlost ravnice pojemlje, kakor raste kvadrat nje navpičnega razstoja od svetlobnega izvora. To veljá tudi o vsacem kósci neravne ploskve.

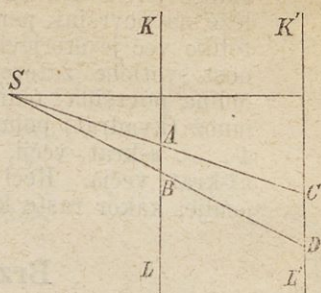
3) Svetlost ploskve je tem večja, čim bolj se bliža kót, pod katerim svetloba pada nanjo, pravemu kótu, a tem manjša, čim manjši je ta kot.

Iz svetlobnega izvora *S* (pod. 4) naj pada svetloba na ravnico *KL* navpično. Kósec *AB* te ravnice bodi toliko oddaljen od svetlobnega izvora ali tako majhen, da

Podoba 4



Podoba 3.



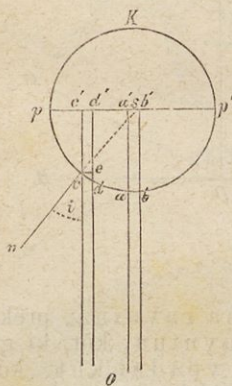
smemo reči, da so nanj padajoči žarki vzporedni. Ravnica *KL* naj se zdaj okolo točke *B* tako zavrtí, da pride v položaj *L'K'*; žarki zdaj ne padajo več navpično nanjo, temuč pod ostrím kótom φ , in razsvetljujejo zdaj večji kósec *BC* te ravnice. Svetlost kósca *BC* zdaj oslabí, ker tisto množstvo žarkov na večji kósec ravnice pada, in sicer je svetlost v óni meri

slabša, v kateri je kósec BC večji od AB . Po naukih mérstva je pa $BC : AB = 1 : \cos ABC = 1 : \sin \varphi$. Svetlost vsacega kóscra ravnice je zatorej sorazmerna sinusú kóta, pod katerim zadeva svetloba ta kósec. Svetlost predmeta je zatorej največja, kadar svetloba navpično pada nánj.

- 4) Svetlost razsvetljène ploskve zavisi tudi od kóta, pod katerim svetlobni žarki površino svetečega predmeta zapuščajo. — Žareča obla se nam vidi kakor enakomerno žareč kolut (Scheibe); tako n. pr. vidimo solnce po vsem raztegu jednako svetló. Goreč válj (Cylinder) se vidi v temni sôbi povsod jednako svetál.

Ako je K (pod. 5.) žareča obla, od katere je okó O precéj daleč strani, zdí se nam, da vidimo krogolik kolut, kateri je povsod jednako svetál. Prav majhna kóscra ab in cd jednólíko svetlobe pošiljata v okó, ako sta njiju vzmeta (projekciji) $a'b'$ in $c'd'$ jednaka. Ker je kósec ab jako majhen, sme se reči, da je prem in vzpóreden z $a'b'$, zatorej tudi jednak $a'b'$.

Podoba 5.



Kósec cd je pa proti svoji projekciji nagnen in sklepa ž njo kót $k = dce$; $c'd'$ je pa $= cd \cdot \cos k$, zatorej $cd = \frac{c'd'}{\cos k}$ ali pa $= \frac{a'b'}{\cos k}$ ker je $c'd' = a'b'$. Vrhu tega je $ab = a'b'$, zatorej $cd : ab = \frac{a'b'}{\cos k} : a'b' = \frac{1}{\cos k} : 1$ ali $cd : ab = 1 : \cos k$ in $ab = cd \cdot \cos k$.

Kósec cd je zatorej večji od ab v razmerji $1 : \cos k$. Ker nam kósec cd ravno toliko svetlobe pošilja, kolikor ab , zato so žarki kóscra cd slabši, nego li žarki kóscra ab in sicer toliko slabši, kolikor je cd večji od ab , ali kolikor je manjši $\cos k$, ali kolikor je večji kót k .

Ako potegnemo iz središča s skozi c polumér, ter ga še podaljšamo, je $nc + cd$ in $ce' + c'd'$, zato je $\angle k = \angle i$. Kót i , ki ga sklepaajo žarki od cd proti očesu vzpóredno idóci z navpičnico nc na cd , zove se iztočni kót (Ausflusswinkel). Osvetljava, katero vzprijemlje kaka ploskev od druge žareče ploskve, je zatorej sorazmerna cosinusú iztočnega kóta svetlobnih žarkov.

Odbój (odsév, refleksija) svetlobe.

Omenjali smo-úže, da se svetlobni valovi, kadar prihajajo do drugzega sredstva, od tistega odbijajo, ter v prvo sredstvo povračajo. Vse valovno gibanje se pa nikdar ne odbija, vselej

ga nekoliko prehaja v novo sredstvo. Nečemo z učenjaki preišljevati in računati, koliko svetlobe se pri tem odbija, in koliko se je v novem sredstvu širi dalje, ali koliko se je v njem (vsaj navidezno) izgublja, nam je dovolj vedeti, da svetloba, katera se odbija, nikoli ni tako močna, nego prej, da torej odbój slabí svetlobo.

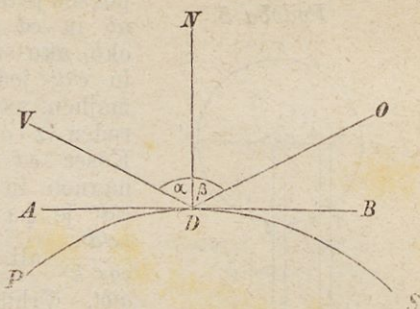
Pot odbite svetlobe se dá natančno določiti le, ako svetloba pada na gladko ploskev. Zakoni svetlobnega odboja so taki, kakor óni, po katerih se sploh odbijajo valovi prožnih tvarin.

Da moremo te zakone izgovoriti, zapámtiti nam je nekoliko imen. *AB* (pod. 6.) je ravníca, na katero pada svetloba. Ako bi svetloba ne padala na ravno,

temuč na skrivljeno ploskev *PS*, bodi *AB* stíčna ravníca (Berührungsebene) te ploskve v óni točki, o kateri hočemo vedeti, kako odbija svetlobo. Naj bode *D* ta točka; nánjo naj pada svetlobni žarek *VD*, *DO* naj pomenja odbiti žarek, in *ND* naj stoji navpično na ravníci *AB*, potem se zôve *VD* vpadni žarek (einfallender Stral), *D* vpadíšče (Einfallspunkt), *ND* vpadna navpičnica (Einfallslot),

preko *VD* in *ND* položena ravnína — vpadna ravnína, preko *ND* in *OD* položena ravnína — odbojna ravnína, kót, ki ga nareja vpadni žarek z vpadno navpičnico — vpadni kót, kót odbitega žarka z vpadno navpičnico — odbojni kót.

Podoba 6.



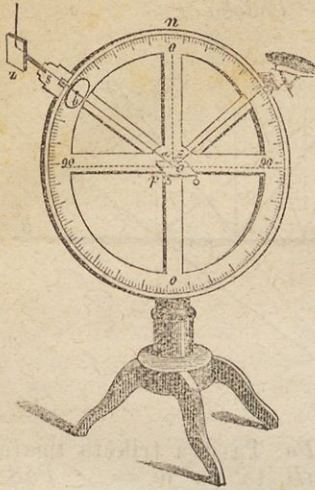
Zakoni svetlobnega odbijanja so pa ti-le:

- 1) Vpadni žarek, vpadna navpičnica in odbiti žarek ležé v tisti ravníni; odbojna ravnína se zatorej ne ločí od vpadne, ona je samo razširjena vpadna ravnína.
- 2) Odbiti žarek leží glede vpadnega žarka na nasprotni strani navpičnici.
- 3) Odbojni kót je jednak vpadnemu.

Poskusov, kateri te zakone potrjujejo, je mnogo. Omenjati hočemo nekaterih.

Ako pustimo solnčni žarek skozi majhno luknjico na zapi-ralnici (Fensterladen) v temno sôbo, ga ujamemo na uglajeno stekleno ali kovinsko pločo v raznih položajih, in potem zmérimo ležo odbitega žarka, prepričamo se vselej, da so gornji zakoni resnični. — Za te poskuse je posebno prikladna Cauchoixova priprava (gl. pod. 7.). S pomočjo zrcala z se od katerega koli

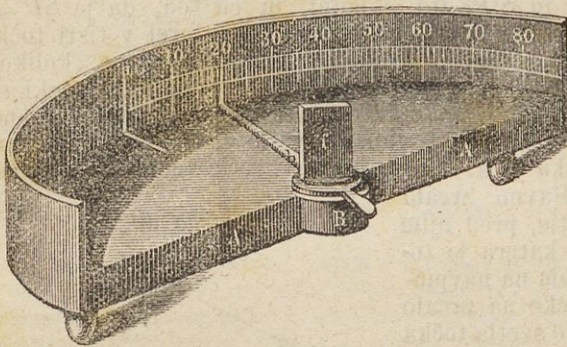
Podoba 7.



svetlobnega izvora prihajajoči žarek *so* tako naravna, da pada skoz luknjico *l* ravno sredi razdeljenega kroga na horizontalno gladko kovinsko pločo *p*. Luknjica, skozi katero svetloba pada, in óna, skozi katero gleda okó, ste premični. Odbiti žarek prihaja v okó le tedaj, ako óno nad luknjico stoji tako, da je *od* v tisti ravnini, kakor *so* in *no*, in ako je $\angle \alpha = \angle \beta$.

S pripravo, katero vidimo na *pod. 8*, se prav lahko dokaže, da je vpadni kót enak odbojnemu. Skozi špranjico pod *o* se spušča svetloba na uglajeno pločo, katera nosi navpičnico *bc*, in se lahko po volji obrača. Številke v podobi pomenjajo stopinje krožnega četvrtca (kvadranta). Ako stoji

Podoba 8.



navpičnica na *20*, pada odbiti žarek na *40*. Vpadni in odbojni kót znašata zatorej po 20° . Ako premaknemo *bc* drugam, zopet vidimo, da sta si omenjena kóta jednaka.

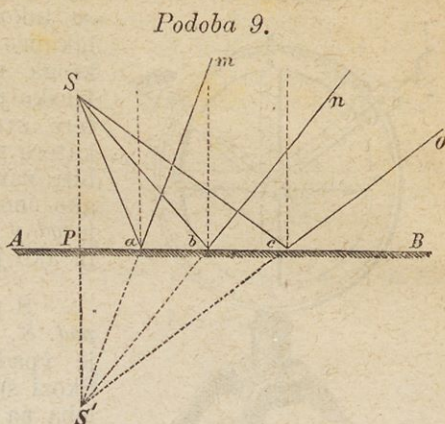
Pri vsaki taki pripravi mora odbojna ravnina biti v središči krožne razdelitve; vrhu tega mora biti obratna luknjica

ali špranjica, skozi katero svetloba dohaja, ali pa odbojna ravnina.

Zrcala Vsaka uglajena ploskev, katera svetlobo pravilno odbija, imenuje se zrcalo. Pravilno odbiti žarki delajo svetlobni izvor viden; ta svetlobni izvor, ki ga s pomočjo odbitih žarkov vidimo, zovemo sliko. Zrcala so ravna in skrivljena; mi čemo govoriti nekoliko o ravnih zrcalih in njih slikah.

Slika točke. *AB* (*pod. 9*) bodi prerez zrcala in *S* svetla točka pred njim, ki pošilja brez števila žarkov nánj. Iz te točke

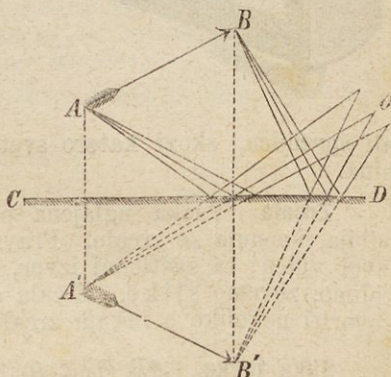
potegnimo si le nekoliko žarkov Sa, Sb, Sc itd., in iščimo odbitih žarkov. To nam je lahko, ako se spominjamo zakonov odboja. V vpadiščih a, b, c postavimo najprej navpičnice, potem pa potegnemo preme črte am, bn, co tako, da se vpadni kóti zjednačijo z odbojnimi. Ako zdaljšamo mér odbitega žarka am zadaj, da se snide s podaljšano iz S na zrcalo potegneno navpičnico SP v točki S' , je $SP = S'P$. To povzamemo iz sklad-



nosti (kongruencije) trikotov SPa in $S'Pa$. Ta dva trikotá imata skupno stran Pa ; $\angle SaP$ je $= \angle maB$, ta pa je $= \angle PaS'$, zato je $\angle SaP = \angle PaS'$; razven tega sta oba trikotá pravokótna, in zato je sta skladna. Ako podaljšamo tudi druge odbite žarke, pridejo vsi z omenjeno navpičnico v tisti točki S' vkup, kajti na tist način kakor prej, se dokaže, da so trikotí SPb in $S'Pb$, SPc in $S'Pc$ itd. skladni, in od tod, da je $SP = S'P$. Vsi odbiti žarki nazaj podaljšani se zato v tisti točki S' strinjajo, katera je ravno toliko za zrcalno ravnino, kolikor je svetla točka S pred njo. Od S na zrcalo prihajajoči žarki se tako odbijajo, ko da bi izhajali iz S' . Ker smo navajeni v premi méri gledati, zdí se nam, da vidimo svetlo točko v S' . Ta navidezno svetla točka je slika resnično svetle točke S . Imamo zato pravilo: Ravno zrcalo dela od vsake svetle, pred njim stoječe točke sliko, katera je toliko daleč za zrcalom na navpičnici od svetle točke na zrcalo potegnene, kolikor je svetla točka pred zrcalom.

Slika predmeta. Ako znamo najti sliko točke, lahko nam je najti tudi sliko predmeta, kajti slike vseh predmetovih točk narejajo sliko predmeta samega. CD (pod. 10) je zrcalo in pred njim predmet AB . Slika točke A je A' , slika točke B je B' ; slike družih točk med A in B ležé med A' in B' . $A'B'$ je za-

Podoba 10.



tegadelj slika od AB . Vsaka točka slike je ravno toliko za zrcalom, kolikor je dotična točka predmeta pred zrcalom, zato leže vse točke slike proti zrcalu prav tako, kakor točke svetlega predmeta; po obliki in velikosti sta si predmet in slika jednaka, le ta razloček je, da so v sliki na desni ležeči deli predmeta na levi in narobe, t. j., slika leži proti predmetu simetrično. MÉR, v kateri okó O vidi sliko, določijo preme črte, katere potegnemo od slikinih toček do očesa. Pri tem je vse jednako, ali navpičnica AA' zrcalo zadeva ali ne; sliko točke vidimo, da le dve premi črti od očesa in dotične predmetove točke k tisti točki zrcala potegnjeni, z navpičnico na tem mestu delati jednake kóte.

Hrapava ploskev svetlobe ne odbija pravilno. Taka ploskev je sestavljena iz premnozih, različno postavljenih in proti vpadajočim žarkom razno nagnenih, neznanu majhnih ravníc. Vsak snopič žarkov, ki pade na te majhne ravnice, razprši ali raztrese se na vse strani v neštevilne odbite žarke, katerih vsak sam záse le malo sveti. To odbijanje svetlobe se imenuje nepravilno ali razmet (razsíp, razsípnanje, dispersio) svetlobe. Ta raztresena ali razpršena svetloba dela vsako točko predmetove površine vidno. Ko bi predmeti čisto nič svetlobe ne razsipali, ne bili bi vidni razven samosvetlih. Ako bi zrcalo popolno bilo, to je, ako bi vse žarke pravilno odbijalo, ter jih nič ne razprševalo, ne bi se videlo. Doslé pa takove ploskve še ne poznamo, katera bi prav nič svetlobe ne razsipala. Pri najpopolnejši gladkosti, katero moremo doseči, ostanejo še neznatne grbice in neopazne jamice, katere razkropé nekoliko svetlobe; to se spozna iz tega, da se od svetlobe zadeti del najbolj uglajenega zrcala v temni sôbi vidi od vseh strani. — Naše najboljše zrcalo odbija le 0·7 svetlobe.

Lom svetlobe.

Ako dojde svetlobni žarek na mejno ploskev dveh prozornih sredstev, razdeli se na dva dela: jeden del njegov se odbija, po zakonih úže navedenih, v prejšnje sredstvo nazaj, drugi del pa gre v novo sredstvo. Ker je prožnost éterjeva v raznih sredstvih različna, zato se valovi in žarki v novem sredstvu z drugo hitrostjo širijo, nego li v prejšnjem; nasledek tej spremeni hitrosti je, da žarek tudi svojo dozdanzo mér spremeni. Pravimo, da se svetlobni žarek lomi. Da ne bodé naš spis preobširen, nečemo zakonov svetlobnega lomljenja izvajati iz teorije valovanja, temuč hočemo jih le navesti in povedati, kako se potrdé s poskusi.

Iz vpadíšča žarka na mejno ploskev obeh sredstev potegnena navpičnica imenuje se tudi tukaj vpadna navpičnica, kót med vpadnim žarkom in vpadno navpičnico — vpadni kót, ravnina tega kóta — vpadna ravnina, žarek v novem sredstvu —

zlomljen žarek (gebrochener Stral), kót med zlomljenim žarkom in vpadno navpičnico — lomni kót (Brechungswinkel) in njegova ravnina — lomna ravnina (Brechungsebene).

Teorija in izkustvo učita:

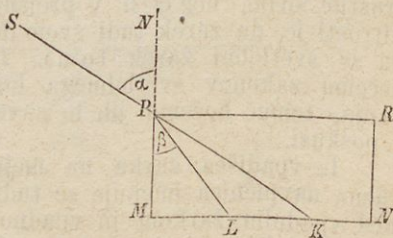
- 1) Vpadni žarek, vpadna navpičnica in zlomljeni žarek ležé v tisti ravnini; lomna ravnina se zatorej ne loči od vpadne.
- 2) Zlomljeni žarek leži z ozirom na vpadnega na nasprotni strani vpadne navpičnice.
- 3) Žarki, kateri navpično vstopajo v drugo prozorno tvarino, se ne lomijo.
- 4) Le žarki, kateri napošev v drugo prozorno sredstvo vstopajo, se lomijo, in sicer tem bolj, čim bolj napošev vpadajo.
- 5) Razmera med sinusoma vpadnega in lomnega kóta je vedno tista, naj je vpadni kót majhen ali velik.

Ta razmera se zóve lomna (Brechungsverhältniss), nje količnik — lomni kazalec ali eksponent (Brechungsindex, Brechungsexponent). Navadno se pové lomna razmera za vzduh in kako drugo prozorno tvarino, n. pr. vodo, steklo itd. Ako svetloba hodi narobe pot, obrne se lomna razmera.

- 6) Kadar stopajo žarki v gostejšo, a sicer jednako tvarino, n. pr. iz redkejšega vzduha v gostejši, ali iz praznega prostora v prozorno tvarino, ali sploh v novo tvarino, v kateri se z manjšo hitrostjo širijo dalje, je lomni kót manjši od vpadnega, in pravimo, da se žarki lomijo proti ali k vpadni navpičnici: ako pa prehajajo v redkejšo, a sicer jednako sredstvo, sploh v sredstvo, v katerem se hitrejšo širijo, je lomni kót večji od vpadnega, in pravimo, da se žarki lomijo od vpadne navpičnice. V prvem slučaju je lomni kazalec večji, v zadnjem manjši od jednice. — Izmed dveh tvarin óna močnejše lomi, katera lomi svetlobo proti vpadni navpičnici. Za prehod svetlobe iz vzduha v vódo je lomni kazalec približema $= \frac{4}{3}$, za prehod iz vzduha v steklo se menjava po kakovosti stekla od $\frac{3}{2}$ do $\frac{8}{5}$ in še črez. Navadno se lomi svetloba pri prehodu v gostejše sredstvo proti vpadni navpičnici, a zanesljivo to pravilo ni, izlasti ne pri gorljivih tvarinah.

Zakone svetlobnega loma nam kaže tá-le poskus. Vzemimo posodo *PMNR* (pod. 11.), katere dnó *MN* in jedna stran *MP* sta neprozorna, druge strani pa prozorne, in opazujmo senco strani *MP*, kadar je posoda prazna, in kadar je do *PR* z vódo napolnena, ob različnih višavah svetlobnega izvora *S*, katerega žarki padajo na *MP*. Naj bode *MK* senca strani *MP*,

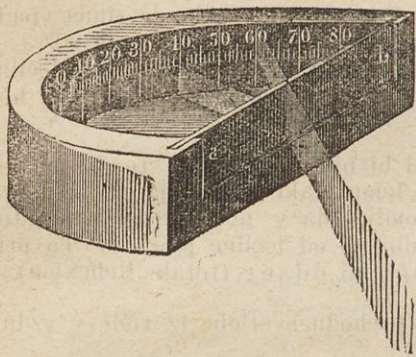
Podoba 11.



ko je posoda prazna, ML pa, ko je v posodi vóda; zadnja senca je krajša, ker najskrajnejši žarek se zdaj lomi v vódi in gre po poti PL . Ako se svetlobni izvor višje ali nižje postavi, spremené se tudi dolžine sénéce MK in ML . Ako je MN vpadna navpičnica, je $\alpha = KPM$ vpadni in β lomni kót, zatorej $\sin \alpha = \frac{MK}{PK}$, $\sin \beta = \frac{ML}{PL}$, in ta poskus kaže, da razmerje $\frac{MK}{PK} : \frac{ML}{PL}$ ali $\sin \alpha : \sin \beta = n$ ostane vedno tisto.

Tudi z uže omenjano Couchoixovo pripravo se veljavnost tega zakona lahko dokaže. Najbolj v rabi je pa menda priprava,

Podoba 12.

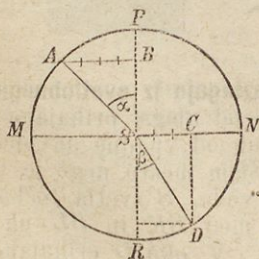


katero kaže *pod. 12*. Posoda je do polovice z vódo ali s kako drugo tekočino napolnena. Skozi špranjico, katera je v središči krožne razdelitve, pustimo v tamni sòbi žarke oddaljene sveče, ali žarke skozi odprtino v zapiralnici prihajajoče solnčne svetlobe. Na krožni razdelitvi vidimo dve mesti razsvetljèni. Jedno mesto (60) je razsvetljèno od svetlobnih žarkov, kateri gredó nad tekočino skozi vzduh, se ne lomijo in kažejo vpadni kót (60°), drugo pa od žarkov, kateri gredó skozi tekočino in se zatorej

lomijo; to mesto kaže lomni kót (40°).

Mér zlomljenega žarka se dá lahko načrtati, ako je znan lomni kazalec $\frac{a}{b} = n$.

Podoba 13.



Iz vpadišča S (*pod. 13*) opiše se s kacicim kolí polumérom krog, kateri seče vpadni žarek v točki A ; iz te točke se spusti navpičnica AB na vpadno navpičnico PR , ter se razdelí na a delov; b teh delov se odmeri potem iz S na MN ; potem se potegne še $CD \parallel SR$ in dobó se točka D , skozi katero gre zlomljeni žarek. Je namreč $\sin \alpha : \sin \beta = DE : AB = CS : AB = a : b = n$. V *pod. 13* je narisan v vódi zlomljen žarek. Lomni kazalec za vzduh in vódo je namreč $\frac{4}{3}$. Zato se AB raz-

deli na 4 jednake dele, 3 deli se odmerijo od S do C , potegne se $CD \parallel SR$, in SD je mér zlomljenega žarka.

Ako je podoba načrtana na deščici in se dene do MN v vodo, vidi se AS in SD v tisti zarisani premi črti.

Ako je znana mér zlomljenega žarka, načrta se vpadni žarek na podoben način.

Čim večji je vpadni kót, tem hitreje se menja lomni kót. Kadar se pri lomu od vpadne navpičnice vpadni kót bliža gotovi velikosti, bliža se lomni kót velikosti od 90° , zlomljeni žarek pa ločilni ploskvi obeh sredstev.

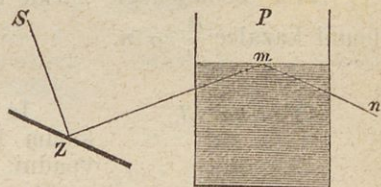
Iz $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ dobómo $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$. Ako je $\sin \alpha = n$, je $\sin \beta = 1$, t. j. $\beta = 90^\circ$. To se pravi: Ako je sinus vpadnega kóta jednak lomnemu kazalcu, je lomni kót jednak 90° , t. j. žarek ne stopi več v drugo sredstvo, temuž gre ob ločilni ploskvi dalje. Kadar je $\sin \alpha = n$, zóve se α mejni kót (Grenzwinkel).

Ako je $\sin \alpha > n$, moral bi biti $\sin \beta > 1$, to je pa nemogoče. V tem slučaju zatorej lomni zakon ne veljá, in izkustvo učí, da se tú žarki več ne lomijo, da v novo sredstvo ne stopajo, temuž da se popolnem odbijajo od ločilne ploskve. Ta prikazen se zóve popolni odbòj ali odsev (totale Reflexion).

Meja vpadnega kóta pri prehodu svetlobe iz vóde v vzduh je $48^\circ 27' 40''$.

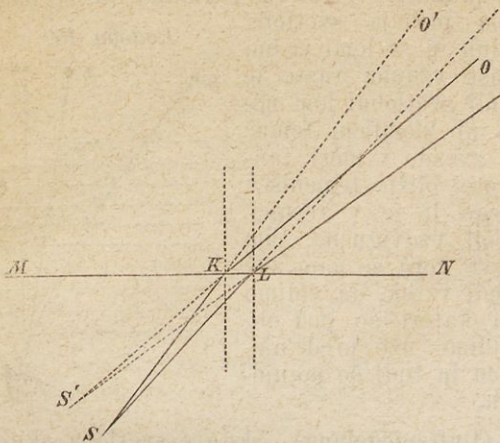
Ako napolnimo široko posodo P (pod. 14) z vodó, katero smo skálili s krednim prahom, in vodimo s zrcalom Z v temni sóbi solnčno svetlobo pod vpadnim kótom $48^\circ 28'$ na površje vode, gredó žarki ob površji; ako pa vpadni kót le količkaj povečamo, odbija se svetloba nizzdolu v méri mn , razsvetljuje kredne kósce in dela svoj pot viden.

Podoba 14.



Nekoliko navadnih prikazní, katere se razlagajo iz svetlobnega loma. Ako je predmet pod vodó, lomijo se od njega prihajajoči svetlobni žarki pri prehodu iz vóde v vzduh od vpadne navpičnice; zaradi tega se prikazuje predmet na višjem mestu, nego je v resnici. MN (pod. 15) je površina mirne vóde, S svetla točka pod vodó. Ako bi padali svetlobni žarki med SK in SL naravnost, ne bi prišli v okó O , temuž v O' . V okó O prihajajo

(Podoba 15).



bi okó tako pomikalí, da zavzame S' vsa mogoča mesta, in bi vsa ta mesta spojili, dobili bi krivo črto.

Ako vtaknemo okó v vódo, vidimo vsako stvar na pravem mestu, to je dokaz, da svetlobni žarek spremeni svojo mér še le v vzduhu, in da nova mér žarka v vzduhu ne prihaja od tod, ker je hodil morebiti žarek v vódi krivim potem.

Deni na dnò posodi krajcar ali kaj družega, pa se toliko odmekni, da ti izgine ravno izpred oči. Potem naj kdo drug nalije vóde v posodo, pa bodeš zopet videl krajcar in zdelo se ti bode, da je privzdignven.

Vzemi kós papirja, potegni premo črto po njem, in postavi nánjo stekleno čašo; ako gledaš naravnost od zgoraj doli, vidiš črto tam, kjer se steklo začinja, pretrgano in premakneno.

Ako vtaknemo palico napošev v vodo, zdí se nam, da je navzgor prelomljena in malo skrivljena, ker se nam ne vidijo vse nje točke — zaradi različnega položaja proti očesu — jednako privzdignene.

Dnò posod, v katerih je kaka tekočina, vidimo višje. Ribnjaki in reke zdé se nam plitvejši, nego so v resnici.

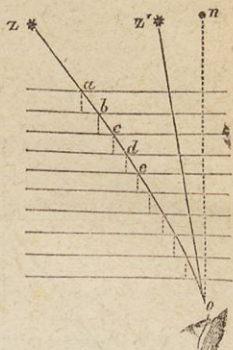
Potapljaec pod površino mirne vóde vidi na resničnem mestu le óno točko nad vodó, katera je navpik (vertikalno) nad njim; vsako drugo točko vidi višje, nego je; predmete blizu obzora (horizonta) vidi spačene.

Astronomski lom žarkov (astronomische Strahlenbrechung). Tako imenujejo lom svetlobe v vzduhu zaradi njegove različne gostosti v raznih skladih. Zaradi tega loma zvezd in družih nébesnih teles ne vidimo na pravem mestu. Svetloba zvezde z

zavoljo tega, ker se lomijo stopajoči iz vóde v vzduh. Ker smo pa navajeni naravnost gledati, išče mo izvora svetlobi v podaljšanji ónih žarkov, kateri nam prihajajo v premi črti v okó, t. j., v S' . Vsako točko predmeta vidimo višje, nego je. Lahko se je prepričati, da slika S' na drugo mesto pride, ako se okó O premakne; mesto slike S' zavisi zategadelj od položaja očesa. Ako

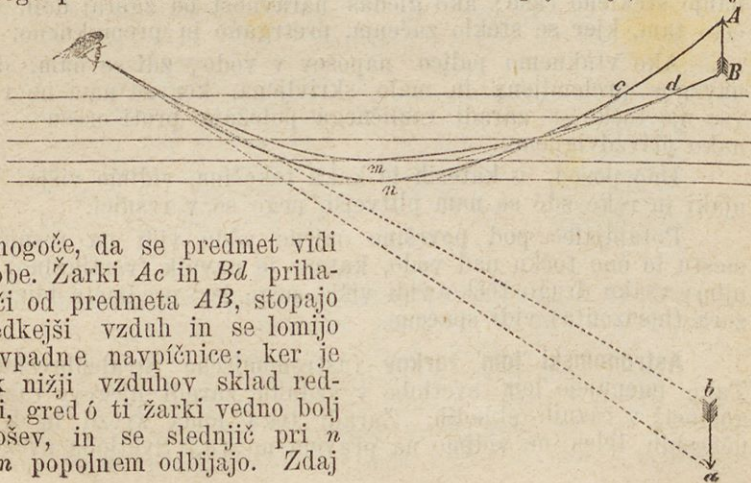
(pod. 16) stopa pri a iz praznega prostora v vzduh, in se lomi proti navpičnici. Potem prihaja svetloba skozi vedno gostejši vzduh in se lomi vedno proti navpičnici. Gostota vzduha raste le polagoma, zato raste tudi svetlobni lom neznatno, in pot svetlobe ni zlomljen, temuč kriva črta, in okó vidi zvezdo v méri tangente tej krivi črti, zatorej bližje temenišču (zenitu) n ali višje, nego li je v resnici. Zvezda se vidi tem bolj vzdignena, čím bližje je obzoru. Vrhovi gorá se nam zdé višji, nego so. To je tudi vzrok, da vidimo celó nekatere predmete, kateri so pod obzorom. Solnce n. pr. vidimo uže pred njegovim resničnim vzhodom in tudi še po njegovem resničnem zapadu.

Podoba 16.



Zrcaljanje v vzduhu (Luftspiegelung). Akogre svetloba skozi vzduhove sklade različne gostosti, odklanja se — kakor uže vemo — od premege pota, in sicer se lomi pri prehodu iz redkejšega vzduha v gostejši proti vpadni navpičnici, pri prehodu iz gostejšega v redkejši pa od vpadne navpičnice. To nam pojasnuje, zakaj časih oddaljene predmete dvojno in še večkratno, časih po konci, časih narobe obrnene vidimo, katere prikazni zovemo zrcaljanje v vzduhu, ali vzdušna slepila; pokazujejo se posebno v krajih, kjer solnčni žarki peščene ravnine jako razgrevajo, zaradi česar se vzduhovi skladi, kateri so bližje tál, bolj razredé, nego drugi višji. Pri tacih okolnostih se prav lahko dogodi, da žarki, katere nam kak predmet pošilja, po raznih potih do našega očesa dospejo, in v tacem slučaju vidimo od tega predmeta več slik. — Pod. 17 nam pojasnuje, kako je

Podoba 17.



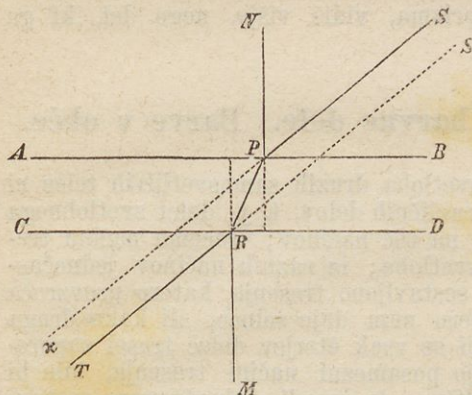
tó mogoče, da se predmet vidi narobe. Žarki Ac in Bd prihajajoči od predmeta AB , stopajo v redkejši vzduh in se lomijo od vpadne navpičnice; ker je vsak nižji vzduhov sklad redkejši, gredó ti žarki vedno bolj napošev, in se slednjič pri n in m popolnem odbijajo. Zdaj

vstopajo v vedno gostejše sklade in se zatorej lomijo proti vpadni navpičnici. Ker iščemo izvora svetlobi le v premi méri, zato vidimo sliko točke A v a , sliko točke B v b , t. j. slika ab je narobe. Žarki, ki od AB menj na pošev izhajajo, ne pridejo v oko. Ker smo navajeni obrnene slike videti le v vodi, nehote mislimo, da je tam voda, kjer tacih slik vidimo. Znano je, kako se varajo žejni popotniki, kateri — po teh slikah premoteni — res mislijo, da pridejo do vodé.

O vročih poletnih dnevih opazujemo, da se predmeti v vzduhu tresejo. To tresenje ima podoben vzrok. Kadar sonce bolj in bolj pripeka, vzduhovi skladi neprenehoma spreminjajo svojo gostost, in zatorej svetlobo lomijo mnogovrstno, tako, da predmete vsak hip na drugem mestu vidimo in mislimo, da trepetajo.

Kako gre svetloba skozi prozorno sredstvo omejeno z vzporednimi ravnimi ploskvami? AB in CD (pod. 18) ste vzporedni mejni ploskvi steklene ploče, S pa svetla točka. Ko bi ploče ne bilo, šel bi

Podoba 18.

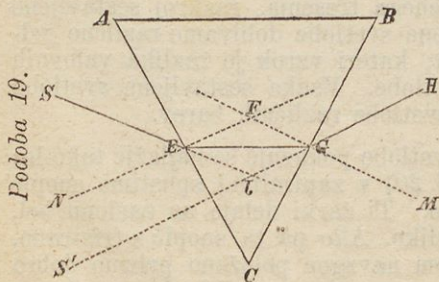


žarek SP v méri Sx dalje; ker pa stopi v prozorno pločo, lomi se proti vpadni navpičnici in gre skozi pločo v méri PR . Pri R izstopa iz ploče, ter se lomi od vpadne navpičnice, in sicer toliko, kolikor se je nagnil v steklu proti njej, tako, da je njegova mér RT po izstopu iz ploče vzporedna méri SP ali Sx pred vstopom v pločo, in oko, katero je v méri RT , vidi svetlo točko v S' .

Ako zatorej gledamo skozi zaprto okno, ne vidimo predmetov na pravem mestu, ali tega zavoljo tenkosti steklenih ploč v oknih niti ne opazimo. Izstopni žarek je ravno tako vzporeden z vpadnim, ako prejde dve ali več vzporedno omejenih različnih sredstev.

Lom svetlobe v prizmi.

Bodi ABC (pod. 19) preréz tristrane steklene ali kristalne prizme in S svetla točka, iz katere padajo svetlobni žarki nánjo. Opazujmo svetlobni žarek SE . Pri vstopu v prizmo lomi se ta žarek proti vpadni navpičnici NE ; njegov pot je zdaj EG . Pri G žarek zapušča prizmo, stopi zopet v



Podoba 19.

vzduh in nastopi pot GH , lomeč se od vpadne navpičnice. Okó, katero bi bilo pri H , videlo bi točko S v méri HS' .

Svetlobni žarek se lomi dvakrat v tistem smislu, zato je tukaj lom mnogo večji, nego li navadno. Velikost loma se ravná pri sicer jednacih okolnostih po medsobojnem položaji stranskih prizminih ploskev AC in BC , ali kar je tisto, po velikosti kóta C ; ta kót se zato tudi zóve lomeč kót. Čim večji je ta kót, tem bolj se lomi žarek. Rob, v katerem se ploskvi AC in BC stičeti, zóve se lomeč rob.

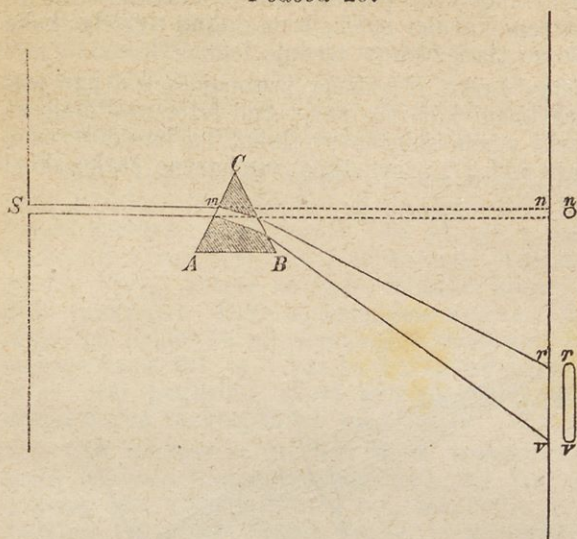
Ako gledamo kak predmet skozi prizmo, vidi se nam proti lomečemu robu premaknen. Ako se hočeš o tem prepričati, a nimaš steklene prizme, vlij v kozarec z ravnim dnom malo vóde, nagni ga nad jednim delom tiskane ali pisane vrste, in glej na jeden del te vrste skozi vódo z jednim, na drugi od kozarca nepokriti del pa naravnost skozi vzduh z drugim ocesom. Del vrste, ki ga gledaš skozi vódo, katera ima podobo dveh stika-jočih se ploskev, kakor prizma, vidiš višje, nego del, ki ga gledaš skozi vzduh.

Razkroj svetlobe v barvne dele. Barve v obče.

Solnčna svetloba in svetloba družih samosvetljivih teles ni jednovita, temuč sestoji iz različnih delov, t. j., delci svetlobnega éterja tresejo se ob jednem na več načinov; vsacemu načinu tresenja odgovarja posebna svetloba; iz raznih načinov jednočasnega tresenja izhaja jedno sestavljeno tresenje, katero provzroča óno navadno svetlobo, katero nam daje solnce, ali kaka druga samosvetljiva stvar. Ko bi se vsak éterjev delec tresel zaporedoma tako, kakor zahtevajo posamezni načini tresenja, bile bi dolžine dotičnih valóv različne; le zaradi jednočasnega sestavljenega tresenja so dolžine valóv tistega svetlobnega izvora jednake. Ako se nam posreči to sestavljeno tresenje razstaviti v posamezna tresenja, moramo dobiti iz sestavljene svetlobe tudi različne svetlobe, katere vsacemu posameznemu tresenju odgovarjajo, in ta razkroj sestavljenega tresenja, razkroj sestavljene svetlobe je mogoč. Iz sestavljene svetlobe dobivamo različne jednovite svetlobe. To različnost, kateri vzrok je razlika valovnih dolžín, imenujemo barvo svetlobe. Vsaka sestavljena svetloba se dá razkrajati v jednovite svetlobe različnih barev.

Ta razkroj sestavljene svetlobe pokazuje se najlažje takó-le: Skozi majhno luknjico S (*pod. 20*) v zapiralnici spustimo snopič solnčnih žarkov v temno sôbo. Ti žarki delajo na zaslonu bel, svetel krog n , to je, solnčno sliko. Ako pa ta snopič s tristrano, horizontalno in z lomnim kótom navzgor položeno prizmo dobro zravnanih in uglajenih ploskev prestrežemo, odklanja se solnčna

Podoba 20.



slika nizdolu. (Ako bi lomni kót obrnili doli, odklonila bi se slika navzgor.) Vrhu tega je zdaj solnčna slika raztegnena, na koncéh zaokrožena, na straneh pa z dvema vzporednima premima črtama omejena in barvasta. Širina tej sliki, katera se imenuje barvna slika, šar ali spektrum, jednaka je premeru solnčne sli-

ke, katero dela nezlomljena svetloba, ali jednaka širini odprtine v zapiralnici. Dolžina barvne slike ravná se po tvarini prizme in velikosti lomnega kóta. Pri sicer enakih okolnostih je tem večja, čim večji je lomni kót, čim večja je prizmina lomljivost, in čim dalje strani od prizme se tista prestreže.

V tej sliki razločamo od zgoraj doli sedem glavnih barv. Te so: rudeča, pomarančasta, rumena (žolta), zelena, svetlo-modra, temno-modra, in vijolična. Te barve pa ne prehajajo skokoma druga v drugo, temuč polagoma, in v vsaki posamezni opazujemo brezštevilo različic.

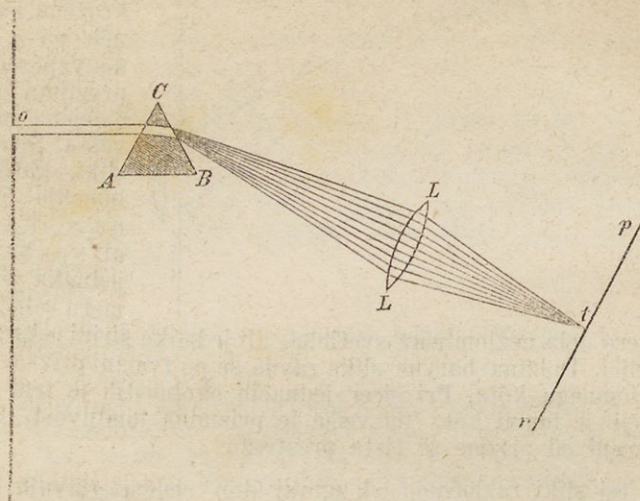
Sloveči učenjak in preiskovalec Helmholtz razloča v spektru te-le barve: rudečo (cinobrovo), pomarančasto [t. j. rumeno-rudečo, v kateri rudeča premaguje, barva surika ali svinčene rusovine (Mennig)], zlato-rumeno [t. j. rumeno-rudečo, kjer rumena premaguje; zlato-rumen je svinčni glaj (Bleiglätte)], čisto rumeno [taka je kromova rumenina (Chromgelb)], zeleno-rumeno, zeleno (čisto zelena je Scheelova zelenina = arzenovokislí bakrov okis), cijano-modro (nebno-modro, tako je cijanovo ali berlinsko modrilo), indigo-modro (ultramarin) in vijolično (barva dehtéče vijolice).

Ako spustimo kateri koli barvni žarek skozi luknjico v zaslону in ga z drugo prizmo prestrežemo, ne dobimo več pisane slike; žarek se sicer še lomi, in to tem bolj, čim bolj je od rudečega konca barvne slike oddaljen, a razkrojiti v druge barve se več ne dá.

Vsaka teh barv ima svoj posebni lomni kazalec. Ako se zatorej govori o lomnem kazalci sploh, brez daljne označbe, kake barve so žarki, tiče se tisti žarkov srednje lomnosti.

Ako prestrežemo žarke iz prizme izstopajoče z drugo jednako prizmo, katere lomni kót ima nasprotno ležo, zjedinjajo se zopet vsi pisani žarki v belo solnčno svetlobo. To isto dosežemo, ako, kakor nam kaže *pod. 21*, propustimo vse barvne žarke skozi

Podoba 21.



brezbarvno lečo zbirálko *LL*, katera jih združi v jedno sliko, ki je bela, kakor prvotna solnčna svetloba. Na lečo padajoči žarki stičejo se namreč vsi v tisti točki *t*, in ako denemo na to mesto zaslon, vidimo čisto belo sliko; ako primaknemo zaslon leči, dobimo še pisano sliko, ali ne več čiste, t. j., vseh barv ne moremo več razločiti; ako zaslon od *t* odmaknemo, vidimo obrneno sliko, kar dokazuje, da so se žarki pri *t* križali.

Še jednega načina naj omenimo, kako se imenovanih sedem barv združuje v belo barvo. Vzemí kolut (okroglo pločo), razdeli ga na 7 izsečkov (sektorjev), da so med sabo tako, kakor prostori, katere barve na pisani sliki zavzemajo, pobarvaj te izsečke z dotičnimi barvami, vrtil kolut prav naglo okolo središča, in videl bodeš vseh 7 barv ob enem, t. j., videl bodeš belo barvo. Barva bode tem bolj bela, čim primernejše si razdelil kolut, in čim podobnejše barvam pisane solnčne slike so barve, s katerimi si ga barval. Ako želiš to res poskušati, razdeli krog na 7 delov, in vzemi za rudečo, zeleno in vijolično barvo po $60^{\circ} 45'$, za rumeno in svetlo-modro po $54^{\circ} 41'$, za pomarančasto in temno-modro $34^{\circ} 11'$, pa naredi vrtálko.

Kakor solnčna svetloba, tako daje tudi svetloba svečnega ali plinovega plamena, ali katerega družega samosvetljiivega telesa barvno sliko, ako se propusti skozi prizmo. Stoteri poskusi in mnoge prikazni nam jasno pričajo, da navadna svetloba obstoji iz barvnih delov, kateri so v različni méri lomni. Najmenj se lomijo rudeči, najbolj vijolični žarki.

Ako dve ali več barv pisane slike z lečo zbirálko zjedimo v jedno sliko, dobimo barvo, katera je jednaka jedni izmed barv spektra, a se vendar loči od nje v tem, da se dá zopet razkrojiti v sestavne dele, iz katerih je postala. Sploh imamo zatorej barve, katere se dadé, in take, katere se nikakor več ne dadé razkrojiti. Prve se imenujejo sestavljene ali mešane, druge pa jednovite ali jednakošne (homogén). Na prvi pogled ni mogoče razsoditi, je li katera barva jednovita ali mešana; treba jo je prej pogledati skozi prizmo, potem se vidi, se li dá v druge barve razkrojiti, ali ne.

Čim hitrejšje se éterjevi delci tresejo, t. j., čim manjši je trpež tresljaja (Schwingungsdauer), ali čim manjša je valovna dolžina, tem višja je barva, t. j., tem bližje je vijolični v spektru. Dolžina valov za rudeče žarke je $0\cdot0006878 \frac{m}{m}$, za vijolične $0\cdot0003945 \frac{m}{m}$. Žarkov, katerih valovi so večji od valov rudečih žarkov, in žarkov, katerih valovi so manjši od valov vijoličnih žarkov, naše okó ne vidi, kakor uhó ne čuje prenizkih in previsokih glasov.

Iz brzine, s katero se svetloba širi in iz dolžine valov dooločuje se število tresljajev. Rudeča svetloba jih storí v sekundi 440 —, vijolična pa 811 bilijonov!

V praznem prostoru širi se svetloba vseh barv z jednako brzino, zato svetloba s krajšimi valovi v tistem času več tresljajev zvrši, kakor svetloba z daljšimi valovi. Ako pa pridejo svetlobni valovi v lomeče sredstvo, pomanjša se brzina krajših valov bolj nego daljših, zato se svetloba s krajšimi valovi bolj lomi.

Ako razdelimo barve spektra na dva oddelka, in barve vsacega posebe združimo, dobimo dve mešani barvi; ker imati te dve barvi skupaj vse dele bele svetlobe, zato nam dasti, ako ji zjedimo, belo barvo. Barvi, ki se združujeta v belo, zóvemo dopolnilni (complementäre od. Ergänzungsfarben). Ako n. pr. vse barve pisane slike razven rudeče pomešamo, dobimo zeleno; ako izločimo zeleno barvo iz pisane slike, in ostavše barve zjedimo, dobimo rudečo. Rudeča in zelena barva dajeta zatorej belo barvo, ali dopolnjujeta se v belo barvo. Dopolnilne barve so dalje: pomarančasta in modra, rumena in vijolična.

Tako se bere navadno po fizikah. Helmholtz je pa našel nekoliko drugačne rezultate. Svoje poskuse je on tako uravnal, da so različna spektra se pokrivala in tako barve se mešale, ali pa je vrtel različno barvane krožne izsečke. Barvila mešati v

ta namen, kakor so nekateri delali, ne gre, ker jedno barvilo srče žarke, katere drugo odbija. Po Helmholtzu dadé izmed spektralnih barv belo: rudeča in zelenkasto-modra, pomarančasta in cijano-modra, rumena in indigo-modra, zelenkasto-rumena in vijolična. Zelena barva spektra nima jednovite dopolnujoče barve, temuč sestavljeno iz rudeče in vijolične, katero zmes Helmholtz nazivlje bagreno (škrlatasto).

Iz naslednje skrizalke se vidi, kake sestavljene barve je Helmholtz dobil, mešavši različne spektralne barve. V prvi horizontalni in navpični koloni stojé jednovite barve; kjer se križajo horizontalne in navpične vrste, tam se najde barva, katero narejajo v zacetki teh vrst stojéče barve.

	vijolično	indigo-modro	cijano-modro	modro-zeleno	zeleno	zeleno-rumeno	rumeno
rudeče	bagreno	temno-rožnato	belo-rožnato	belo	belo-rumeno	belo-rumeno	rumeno
pomarančasto	temno-rožnato	belo-rožnato	belo	belo-rumeno	rumeno	rumeno	rumeno
rumeno	belo-rožnato	belo	belo-zeleno	belo-zeleno	zeleno-rumeno		
zeleno-rumeno	belo	belo-zeleno	belo-zeleno	modro-zeleno			
zeleno	belo-modro	sinje	modro-zeleno				
modro-zeleno	sinje (was-serbian)	sinje					
cijano-modro	indigo-modro						

Primeri. Ako mešamo pomarančasto (išči v prvi navpični vrsti) in zeleno (išči v prvi povprečni vrsti), dobimo rumeno; zeleno in vijolično dasti belo-modro itd.

Spektralne barve imajo v zmesih razno barvilno moč. Ako pomešaš dve barvi v jednaki meri, t. j., ako vzameš od obeh jednoliko, poznala se bode v zmesi jedna bolj od druge. Tista barva, katera ima večjo barvilno moč, je bolj nasičena. Najbolj nasičena je vijolična, najmenj rumena barva. Čim bolj belkasta je barva, tem menj nasičena se nam zdi. Mešana barva bliža se bolj oni sestavljajoči, katera je bolj nasičena. Ako n. pr. mešamo vijolično barvo z jednako svetlo zeleno, dobimo barvo, katera je bližje vijolični, nego zeleni. Barve jednako nasičene in jednako svetle dajejo mešano barvo, ki se od obeh sestavljajočih razloča jednako.

Zmes sestavljenih barev ne daje nobene nove barve. Druge barve, katere naš ali kak drug jezik zaznamenuje, ločijo se od gornjih le po svetlobni moči, različnih stopinjah in sitosti.

Malo nasičene barve imenujemo svetle, blede ali bele. Né-bezna barva je svetlo-modra, še bolj bela ali menj nasičena modrina je blede-modra, in ako se le malo loči od belega — belo-modra. Pristavek „svetlo-“ nam zatorej tukaj ne pomenja močnosti barvne svetlobe, more pa imeti tudi ta pomen.

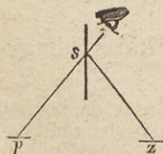
Nasičene barve s slabo svetlobo zovejo se temne. Temno-zelena je zatorej zelena barva, katera nima belega v sebi, in le malo svetlobe pošilja v oči.

Slaba bela barva naziva se sivo; barva, katera skôraj nikakoršnih žarkov ne odbija, je črna. Po množini primešane sive ali črne barve nastajajo mnogobrojne barvne različice (črne, svetlo-sive, srednje-sive, temno-sive barve).

Pôltna barva (Fleischfarbe) je belkasto-rudeča, rusa (rudečkasto-rjava) — temno-rudeča, rumenkasto-rjava in rjava — temno-rumena, olivkasta (olivengrün) — temno-zelena pomešana sè sivo itd.

Kdor hoče sam poskušati, kaka mešana barva se iz dveh različnih barev dobi, pa nima potrebnih pripomagál, pomóre si lahko takó-le: Izreže naj si iz papirja različnih barev jednacih kóšcev ali kolutcev. Potem naj položi dva taka kolutca n. pr. pomarančasti *p* in zeleni *z* (*pod. 22.*) na mizo in naj drži med njima kós steklene ploče *s* tako, da jeden barvastih kolutcev n. pr. pomarančasti naravnost skozi njo vidi; od drugega pa sliko. Lahko je kolutce ali steklo tako uravnati, da slika jednega kolutca pokriva drugi kolutec in tako žarki obeh barev ob jednom prihajajo

Podoba 22.



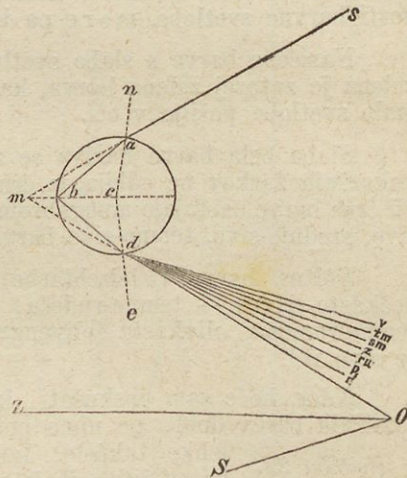
v okó. — Ali pa naj si naredí vrtálko, naj prilepi na vsako polovico koluta papir druge barve in vrtalko zavrtí; videl bode mešano barvo. Tudi ta-le poskus se prav dobro ponese: Izreži si iz tenkega barvanega papirja jednólikih kolutcev, pomáži jih s čisto belo mastjo, da so prosojni, polóži po dva in dva različno barvana vkup, obrni jih proti svetlobi, in prikaže se ti mešana barva. — Dopolnilno barvo doboš, ako vrtíš kolut, na katerem so vse jednovite barve razven óne, kateri iščeš dopolnilno. *)

Bela točka vidi se skozi prizmo pisana. Ker bel predmet sestóji iz nepretrgane vrste tacih toček, zato se te pisane slike po nekoliko pokrivajo, in predmet vidi se na sredi bél; navpíčno proti robom prizme je pa pisano obrobljen.

Mavrica. Mavrične barve so jednake barvam solnčnega spektra, in res mavrica izvira iz razkroja solčne svetlobe. Mavrica se prikazuje le tedaj, kadar pada solčna svetloba na deževen oblak. Ako jo hočemo videti, moramo imeti za seboj sonce, pred seboj pa deževne oblake, katere sonce obséva, a sonce ne sme stati previsoko. Navadno jo opazujemo zvečer, ko se po dežji oblaki razdelé in so solncu nasproti še posamezni dežujoči oblaki.

Naj bode (pod. 23) c središče dežne kapljice, sa nájno nad središčem padajoč solčni žarek. Jeden del tega žarka odbija se pri a v vzduh; ker ta odbiti del k mavrici nič ne pripomore, nečemo dalje o njem govoriti. Drugi del tega žarka stopi v kapljo in se tú lomi proti vpadni navpíčnici nc , katera ima tisto mér s polumérom ac . Pot zlomljenega žarka je zatorej ab . V b se žarek zopet delí, jeden del izstopi iz kaplje, drugi se odbije v méri bd ; v d se jeden del odbitege žarka bd zopet odbije, drugi pa izstopi iz kaplje, se lomi od vpadne navpíčnice ce in se razkroji v barvaste dele, kateri so v podobi zaznamenovani z , r , p , ru , z , sm , tm , v , in kateri imajo

Podoba 23.

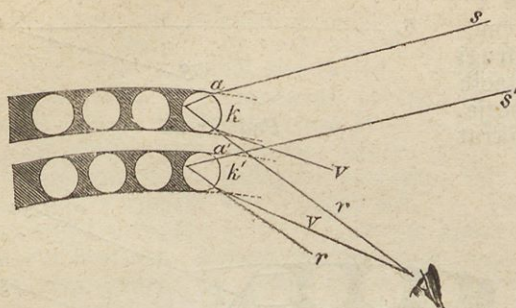


*) Kakor tukaj, tako se v vseh poglavjih fizike mnogo poskusov dá izvršiti na prav priprost način. Taki poskusi povsod zadostujejo, kjer ni treba znanostnega, natančnega opazovanja in mérjenja. Ljudske šole, katere si nabavljajo prav teško in počasi fizikalnih učnih pripomagál, naj bi se preskrbljevale s takimi priprostimi napravami, katere prav malo stanejo in katere naj bi ljudski

različne meri. Jasno je, da vsi barvasti deli ne morejo ob enem v okó stopiti, ako je daleč strani od kaplje. V okó prihajajo od tiste kaplje le žarki tiste barve, drugi žarki tiste kaplje gredo mimo njega.

Pri neki višavi kaplje k prihajajo, kakor nam kaže *pod. 24.*, le rudeči žarki v okó, od nižje kaplje k pa le vijolični. Od kapelj, katere so med k in k' , dobiva okó druge barvaste žarke, tako, da vidi ozko pisano sliko, katera seza od k do k' . Jednako pisano progó delajo tudi vse óne kaplje, katere proti solncu in

Podoba 24.



opazovalčevemu očesu jednako leže, katere so zatorej v krogu, čegar središče S (*pod. 24*) je sè solnčnim središčem in opazujočim očesom v tisti premi črti. Del tega kroga nad obzorom OZ je mavrica. Čím višje stoji solnce, tem manjši je del temu krogu nad obzorom, tem manjša je mavrica. Največja je mav-

rica, kadar solnce vzhaja ali zapada; ona je tedaj polukrog. V obzoru stoječe okó mavrice ne vidi več, ako je solnce 42° nad obzorom. Zato mavrice ne vidimo po letu nikdar med 10. uro pred póludnem in 4. uro popóludne. Red mavričnih barev je sam po sebi jasen. Znotranji rob mavrici je vijoličen, vnénji rudeč.

Ker se močnost vsacega žarka na potu skozi kapljo jako oslabí, treba je cele proge žarkov, da storé v očesu znaten učinek. Jasnejša je mavrica, kadar je v méri Od (*pod. 23*) več kapljic druga za drugo, ker tedaj več svetlobe tiste barve prihaja v okó.

učitelji sami izdelovali. Kupljene fizikalne priprave so jako drage in mnogokrat prav malo vredne, ker so preslabe in izdelane bolj za okó, nego li za dejansko rabo. Prav lepo stoji za parado v šoli marsikaka fizikalna priprava, ko jo pa hoče človek poskušati, stare ali pohabi mu se v rokah. Šolski nadzorniki pridejo v šolo, pregledajo zbirke učnih pripomagál, ter jih primérjajo sè zapisnikom, pa je opravljeno, in učna pripomagála so v redu. Ko bi se pa gospodje potrudili in razne priprave poskušali, prepričali bi se ne redko, da jih je mnogo nerabljevih in za šolski pouk nepraktičnih.

Rekel sem, naj bi si ljudski učitelji priproste priprave sami delali. Da bi to lažje šlo, naj bi vsako učiteljsko izobraževališče poleg umeteljnih aparatov imelo tudi zbirko taci, katere si lahko vsakdo na deželi sestavi sam. Učiteljski pripravniki pa naj bi se pod navodom dotičnega učitelja vadili o njih izdelovanji. Ko bi se učiteljski pripravnik naučil vsak mesec narediti le jeden aparat, sestavil bi si lahko, službo nastopivši, lepo število aparatov, ako bi jih šola še ne imela.

Pod. 25. nam kaže kapljo, kjer solnčni žarek $s''a''$ pod nje središčem stopa vánjo. Žarek se pri vstopu lomi, v kaplji dvakrat odbija, in pri izstopu lomi in razkroji. Tudi tukaj more od jedne tiste kaplje dospeti le jedna vrsta žarkov v okó. Od kaplje k'' (*pod. 26.*) stopajo v okó le vijolični, od nižje kaplje k''' le rudeči, od družih vmes ležečih kapelj pa drugi žarki. Zategadelj od tacih kapelj tudi mavrica postaja. Ker se tukaj žarki dvakrat lomijo in dvakrat odbijajo, se njih močnost še bolj oslabí, nego li pri poprejšnji mavrici. Ta mavrica je zato mnogo slabša od prve in se zóve stranska (Nebenregenbogen). Ta mavrica je od znotraj rudeča, od zvonaj vijolična, nje barve so zatorej v nasprotnem redu, kakor barve glavne mavrice. Ker to mavrico višje kaplje delajo, kakor glavno, je premér nje večji od ónega glavne mavrice.

Časih se vidi še druga in tretja stranska mavrica, katerih barve so še slabejše, nego li óne prve stranske mavrice.

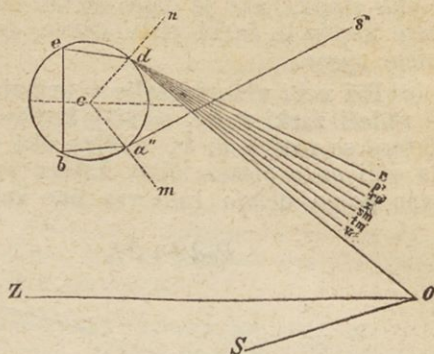
Ako je deževni oblak nasproti solncu premalo razširjen, vidijo se le odlomki jedne ali druge mavrice.

Ako je solnčna svetloba pri vzhodu ali zapadu prav rudeča, je tudi mavrica skóraj samo rudeča in rumena.

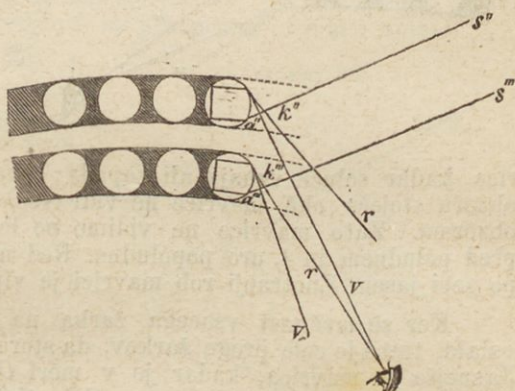
Tudi mesečina dela časih mavrico.

Iz prostora med glavno in stransko mavrico prehaja mnogo svetlobe v kaplje, se odbija od njih notranjih ploskev in ne pride več v okó opazovalčevo. Zato je ta prostor temnejši, nego prostori na obéh stranéh mavric.

Podoba 25.



Podoba 26.



Mavrici podobne prikazni opazujejo se na razsvetljeni stekleni obli, napolneni z vodó, na vodometih, slapih itd., ako solnce sije na padajoče vodne kaplje. Pri slapih je mogoče videti ves mavrični krog, ako je stališče opazovalčevo visoko in solnce nizko stoji.

Barva predmetov.

Različne stvari prikazujejo se nam v drugi barvi, nego je óna nánje padajoče svetlobe. Po dnevu n. pr. pada na vse predmete čista, bela solčna svetloba, zakaj zatorej ne vidimo vseh predmetov belih? Le malo stvari je, katere se prikažejo v beli svetlobi bele, v rudeči rudeče itd.; večina stvari je v beli svetlobi barvasta, v jednostavni svetlobi pa temna. Same na sebi stvari nimajo barve, dobivajo jo še le z odsevom svetlobe. Stvari pa ne odbijajo vse svetlobe, katera pada nánje. Ako bi stvari odbijale vso nánje padajočo svetlobo, bile bi v solnčni svetlobi vse bele, v rumeni vse rumene itd. — Vendar svetlobna barva spreminja prirodne barve, t. j., barve, kakor se vidijo pri navadni dnevni svetlobi. Zeleno in modro se nam zdí pri rumeni svetlobi sivo, rudeče pa temno-rjavo. Nekatero gospé, ki jim je to znano, ogibljejo se pri plesnih toaletah tacih barev, katere pri rumenkasti svetlobi obledé. Glumači (gledališki igralci) morajo si obraz lepotičiti, sicer bi se videli prebledí.

Neprozoren predmet se vidi v solnčni svetlobi bel, ako vse svetlobne žarke odbija v tisti meri, kakor so v solnčni svetlobi. Ako nekatere žarke solčne svetlobe posrče, vidi se v óni barvi, katero delajo ostavši solnčni žarki. Ako posrče vse žarke, kateri nánj padajo, je črn ali temen.

Ni predmeta, kateri bi čisto nič svetlobe ne popival, ali pa vse nje barvaste dele slabí v tistem razmeru, zato tudi noben predmet ni popolnem bel, nasprotno pa tudi ni nobenega popolnem črnega predmeta, ker noben predmet ne posrče vse svetlobe.

Barva predmetov v solnčni svetlobi ni jednovita, ona je sestavljena iz barvastih žarkov, kateri se na njih površini na vse strani odbijajo ali razsipljejo. Barva predmeta se zatorej ravna po množini in razmeru posrkanih solnčnih žarkov.

Ako pade pisana slika na barvasto teló, vidijo se jasno samo take barve, iz katerih sestoji pri beli svetlobi barva tega telesa. Na živo-rudečem papirji je modri in vijolični del pisane slike temen. Te barve zatorej ta papir posrče, in barva, v kateri se nam pokaže, sestavljena je iz ostavših neposrkanih barev pisane slike.

Vzduhovi delci odbijajo posebno take žarke, kateri skupaj narejajo modro barvo. Zato pravimo, da je nébes moder. Nébes je

namreč vzduh, katerega odsev modre svetlobe dela vidnega. Čim čistejši vodenih kapljic, dima in prahú je vzduh, tem lepša je nébesna modrina. Kadar je vzduh napolnen z vodenim soparom, dimom itd., te snóví odsevajo belo svetlobo, in modra barva vzduha prehaja v belkasto in sivo. Najlepši je nébes, ko se po dežji zjasni, ker je tedaj vzduh najčistejši. Ako so vodeni mehurčki v vzduhu precéj zgoščeni, propuščajo posebno rúdeče in rumene žarke. Zgoščujejo se pa vodeni sopari o jutrnjem in večernem hladu, ko solnce vzhaja in zapada, in od tod prihaja jutrnji in večerni žar (zora, zarija). Tudi po dnevu vidi se solnce skozi ne predebelo meglo — rúdečkasto.

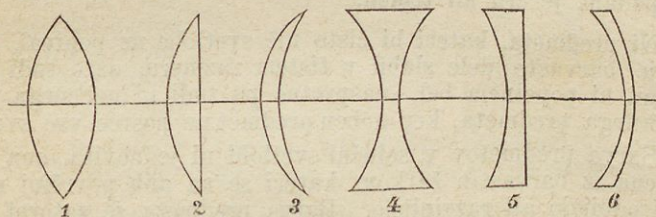
Jednako razlagamo si barve prozornih stvari v propuščeni svetlobi, katera isto tako nikdar ni jednovita. Prozorne tvarine posrčejo nekoliko bele svetlobe, ki pride vánje, a ne vseh delov v jednaki meri, zato so tudi barvaste. Pisana slika iz njih prihajajoče svetlobe ni nikoli popolna. Nobena tvarina, ni steklo, ni vzduh, ni voda, ne propušča popolnem svetlobe, zato dobiva vsaka, vsaj v večjem skladu, neko barvo. Tudi debel sklad prekapane (destilovane) vode je blede-modre barve.

Oble (sferične) leče.

Prozorno teló omejeno z dvema krajcema oble, ali s krajcem oble in ravno ploskvijo, imenuje se óbla leča. Navadno rabijo steklene leče.

Razloča se teh-le 6 oblik (*gl. pod. 27*):

Podoba 27.



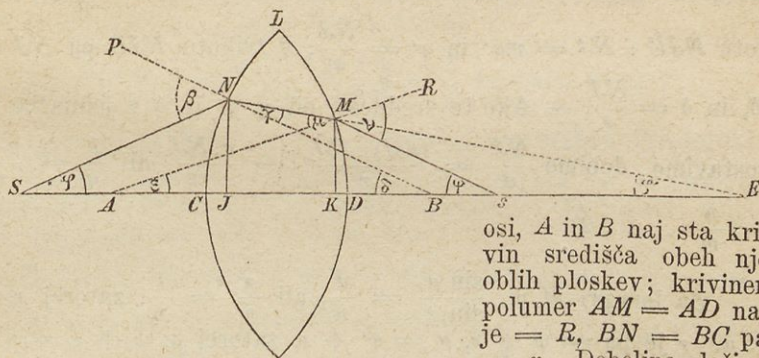
- 1) dvojno-vzbokla (biconvex) leča ima na obeh stranéh vzboklo ploskev;
- 2) ravno-vzbokla (planconvex), jedna ploskev je ravna, druga vzbokla;
- 3) vboklo-vzbokla (concav-convex) z vzboklo in vdrto ploskvijo; prva je bolj skripljena;
- 4) dvojno-vbokla (biconcav) z dvema vdrtima ploskvama;
- 5) ravno-vbokla (plan-concav), jedna ploha je ravna, druga jamasta;

6) vzboklo-vbokla (convex-concav) z vzbokneno in vdrto ploskvijo; prva je menj skrivljena.

Premi črti, katera gre skozi krivin središča (Krümmungsmittelpunkt) obeh ploskev, ali, če je jedna ploskev ravna, na tej navpik stoji in skozi krivine središče druge ploskve gre, pravi se lečina os. Gre-li os skozi lečino središče, to se zôve leča usrediščena (centrirt).

Določba točke, v kateri se združijo žarki po prehodu skozi lečo.
 LL' (pod. 28) naj je dvojno-vzbokla leča, S svetla točka v nje

Podoba 28.



osi, A in B naj sta krivin središča obeh nje oblih ploskev; krivinen polumer $AM = AD$ naj je $= R$, $BN = BC$ pa $= r$. Debelina lečina

CD je navadno tako majhena, da se sme v primeri z drugimi veličinami pustiti v némar. Žarek, ki navpik na ploskev ali nje tično ravnino v dotikališči pada, ne lomi se. Tak žarek je tukaj SC , zato gre naravnost skozi lečo do D ; tú izstopi iz leče in se zopet ne lomi, iz tistegá vzroka ne, kakor prej; njegov pot po izstopu iz leče je zatorej DE . Ta žarek imenujemo glavni žarek.

Od družih napošev na lečo padajočih žarkov motrimo le take, kateri z lečino osjó delajo majhne kóte, tako, da smemo namesto njih sinusov postaviti njih loke, ker se sinusi in loki majhnih kótov jako malo razločujejo.

Opazujmo zdaj pot tacega žarka, n. pr. pot žarka SN . Vpadna navpičnica je PB ; po vstopu v lečo lomi se žarek proti njej, in njegov pot je NM ; pri M izstopa iz leče in se lomi od vpadne navpičnice RA ; njegov pot je Ms , in se v točki s stiče z glavnim žarkom. Kakor ta žarek, tako se vsi žarki, ki z lečino osjó napravljajo tisti kót φ , združujejo z glavnim žarkom v točki s . Ta točka s je slika svetle točke S .

Dalja SC svetle točke S od leče naj je $= a$, $CE = DE = m$, in $Ds = \alpha$.

Ako je n lomni kazalec za prehod svetlobe iz vzduha v lečo, je $\frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = n$. Ker je kót φ zelo majhen, sta tudi β in γ prav majhna in namesto njih sinusov ali tangent smemo dati mero kótov, zatorej $\frac{\beta}{\gamma} = n$, ali $\beta = n \cdot \gamma$; β je pa $= \varphi + \delta$, in $\gamma = \delta - \varphi'$, zatorej $\varphi + \delta = n (\delta - \varphi')$, in iz tega $\varphi = (n - 1) \delta - n\varphi' \dots 1)$.

Ako spustimo iz N navpičnico NJ na δs , denemo $SJ = SC = a$, $EJ = CE = m$; $BJ = BC = r$, in vzamemo namesto tangente lok, to je v trikotu NSJ : $NJ = a\varphi$, in $\varphi = \frac{NJ}{a}$, v trikotu NJE : $NJ = m\varphi'$, in $\varphi' = \frac{NJ}{m}$; v trikotu NJB pa $NJ = r\delta$, in $\delta = \frac{NJ}{r}$. — Ako te vrednosti od φ , φ' in δ v jednačbo 1) postavimo, dobimo $\frac{NJ}{a} = \frac{(n-1) NJ}{r} - \frac{n \cdot NJ}{m}$ ali $\frac{1}{a} = \frac{n-1}{r} - \frac{n}{m} \dots 2)$.

Za lom pri M je: $\frac{\sin \mu}{\sin \nu} = \frac{1}{n}$, ali $\frac{\mu}{\nu} = \frac{1}{n}$, zatorej $\nu = n \cdot \mu$. ν je pa $= \psi + \varepsilon$, $\mu = \varphi' + \varepsilon$, zatorej je $\psi + \varepsilon = n \cdot \mu = n (\varphi' + \varepsilon) \dots 3)$.

Ako spustimo na δs navpičnico MK , najdemo na enak način, kakor zgoraj: $\psi = \frac{MK}{\alpha}$, $\varepsilon = \frac{MK}{R}$, $\varphi' = \frac{MK}{m}$, in s temi vrednostmi iz 3)

$$\frac{MK}{\alpha} + \frac{MK}{R} = n \left(\frac{MK}{m} + \frac{MK}{R} \right) \text{ ali } \frac{1}{\alpha} = \frac{n-1}{R} + \frac{n}{m} \dots 4)$$

Ako jednačbi 2) in 4) seštejemo, dobimo:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) \dots 5)$$

α je oddaljenje slike od leče, ali slikina dalja (Bildweite), a pa dalja predmetova. Zadnja jednačba nam zategadelj pokazuje, v kateri zvezi so slikina in predmetova dalja, lomni kazalec in krivin poluméri lečnih ploskev. Iz te jednačbe je tudi razvidno, da slikina dalja ne zavisi o velikosti kóta φ , dôkler je ta zelo majhen. Ko bi kót φ bil velik, bi gornja jednačba ne veljala. Približema velja zatorej ta stavek: Žarki, kateri padajo na lečo blizu nje sredine, združujejo

se po prehodu skozi njo v jedni točki. Taki žarki se zôvejo središčni (centralni).

Iščimo najprej ležo stikališča (Vereinigungspunkt) žarkov, ki padajo vzporedno z osjo na lečo. Taki žarki prihajajo iz neizmerne dalje, od neskončno oddaljenega predmeta, zato moramo vzeti predmetovo daljo a brezkončno veliko. Zaznamenjajmo za ta slučaj daljo stikališča (Vereinigungswerte) s p , to dobimo iz 5) : $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$. Točka, v kateri se vzporedno na lečo prihajajoči žarki po prehodu skozi njo združujejo, imenuje se goríšče ali žaríšče (focus, Brennpunkt). Ime izvira od tod, ker se sè svetlobo tudi toplina tukaj zbira. Dalja p te točke od leče zôve se goríščina dalja (Brennweite).

Z vrednostjo $(n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) = \frac{1}{p}$ spremeni se 5) v :

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p} \dots 6)$, to je: Vsota zaménitih (reciprok) vredností slikine in predmetove dalje je jednaka zaméniti vrednosti goríščine dalje. — To pravilo veljá tudi, ako je svetla točka S blizu osí.

Ker je pri tvarinah, iz katerih se leče brúsijo, $n > 1$, je goríščina dalja p , kakor je razvidno iz izraza $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$, pozitivna, t. j., žarki se stičejo na drugi strani leče, ne na tisti, iz katere prihajajo. — Goríščina dalja p ostaja za tisto lečo vedno tista.

Jednačba 6) ne veljá samo za dvojno-vzboklo lečo, za katero smo jo neposrednje računali, temuč tudi za vse druge leče, le za poluméra r in R moramo dotične vrednosti in znake postaviti v račun. Krivine središče vbokle ploskve ima nasprotno ležo, kakor óno vzbokle ploskve. Ako je polumér vzbokle ploskve pozitiven, je zatorej óni vbokle ploskve negativen.

Polumér ravni ploskvi je brezkončno velik. Zatorej je :

- 1) za dvojno-vzboklo lečo: $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$, p zatorej pozitivno ;
- 2) za ravno-vzboklo lečo: $\frac{1}{p} = (n-1) \cdot \frac{1}{r}$, p zatorej pozitivno ;
- 3) za vboklo-vzboklo lečo: $\frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$, p zatorej pozitivno, ker je tú $r < R$;

4) za dvojno-vboklo lečo: $\frac{1}{p} = (n-1) \left(-\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) = - (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$, p zatorej negativno;

5) za ravno-vboklo lečo: $\frac{1}{p} = - (n-1) \frac{1}{r}$, p zatorej negativno;

6) za vzboklo-vboklo lečo: $\frac{1}{p} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$, p zatorej negativno, ker je tú $r > R$.

Imamo zatorej leče s pozitivno in leče z negativno goriščino daljo. Leče s pozitivno goriščino daljo so zbirálke (Sammel-linsen), — zóvejo se tudi sploh vzbokle leče; leče z negativno goriščino daljo se pa imenujejo razmétnice (Zerstreuungslinsen) ali sploh vbokle leče. Vzporedni žarki, kateri padajo na razmetnico, izstopajo iz nje razhodno, in sicer tako, kakor bi prihajali iz jedne točke pred lečo — iz gorišča. Tú se zatorej niti svetloba, niti toplina ne zbira, to gorišče je zatogadelj umišljeno (imaginär). Primerno imenuje se umišljeno gorišče leč razmétnic tudi — razmetalíšče, in negativna goriščina dalja — razmetalíščina dalja (Zerstreuungspunkt, Zerstreuungswerte).

K lečam zbirádkam spadajo dvojno-vzbokla, ravno-vzbokla in vboklo-vzbokla, — k lečam razmétnicam pa dvojno-vbokla, ravno-vbokla in vzboklo-vbokla. Ako so p , p' in p'' goriščine dalje prve, druge in tretje vzbokle leče, lahko je najti, da je $p'' > p' > p$. — Ona leča, katera ima manjšo goriščino daljo, je ostrejša ali močnejša. Pri sicer enakih okolnostih je zatorej dvojno-vzbokla leča močnejša od ravno vzbokle in ta zopet močnejša od vboklo-vzbokle.

Ravno tako je pri lečah razmétnicah $p'' > p' > p$, ako so p , p' , p'' absolutne vrednosti razmetalíščinah dalj prve, druge in tretje vbokle leče.

Za dvojno-vzboklo lečo, katera ima obe ploskvi jednaki, je goriščina dalja približema jednaka krivine polúmeru. Za prehod svetlobe iz vzduha v steklo je namreč lomni kazalec blizu jednak $\frac{3}{2}$, zatorej je $n-1 = \frac{1}{2}$, $R = r$, in $\frac{1}{p} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) = \frac{1}{r}$, ali $p = r$.

Prikazni leč zbirálek. Za leče zbirálke smo našli jednačbo $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, v kateri je p pozitivna vrednost. Iz nje je razvidno, da je slikina dalja α tem manjša, čim večje je a , ali čim dalje

strani od leče je predmet. Kadar je predmet v neizmerni dalji (a torej brezkončno velik), je $\alpha = p$, in to je najmanjša vrednost, katero more α imeti. Ako a pojemlje, α vedno raste; kadar je $a = 2p$, je tudi $\alpha = 2p$, t. j., predmet in slika sta jednako daleč od leče. Ako se predmet še dalje goríšču približuje, raste α prav naglo, in ko pride predmet v gorišče ($a = p$), je α brezkončno velik, izstopajoči žarki se stičejo še le v brezkončni dalji, t. j. vzporedni so med seboj.

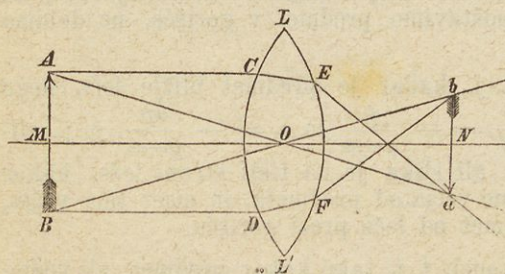
Ako se predmet še bolj približuje leči, ako je zatorej $a < p$ ali $\frac{1}{a} > \frac{1}{p}$, to je α negativno. Vsakako je pa $\frac{1}{a} > \frac{1}{\alpha}$, zatorej $\alpha > a$, ker absolutno vrednost $\frac{1}{\alpha}$ dobimo, ako odvezamemo $\frac{1}{p}$ od $\frac{1}{a}$. Slika predmetova je v tem slučaju na tisti strani leče, kakor predmet, le bolj strani od leče, nego ta. Žarki se tedaj po izstopu iz leče razhajajo, vendar menj nego pri vstopu v lečo, tako, da bi nazaj podaljšani križali se pred lečo v točki, katera je dalje od leče, nego svetla točka.

Ako padajo žarki na lečo zbirálko shodno (convergent), tako, da bi se, ko bi skozi lečo šli brez lomljenja, zjediniili na drugi strani leče, vzame se a negativno, zatorej je $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} + \frac{1}{a}$, $\frac{1}{\alpha} > \frac{1}{a}$, in $\alpha < a$, t. j. stikajoči se žarki se po prehodu skozi lečo zbiralko še hitreje stičejo, nego bi se brez nje.

Razhodni in vzporedni žarki se zategadelj po prehodu skozi lečo zbirálko stičejo ali vsaj menj razhajajo, shodni pa še shodnejši postajajo; od tod prihaja tudi ime teh leč.

Kar smo dozdej rekli, veljá tudi o svetlih točkah blizu lečine osi.

Podoba 29.



Sliko predmeta merstveno določiti je lahko, ako ni preobširen. Ako hočemo n. pr. najti sliko predmeta AB (pod. 29), dovolj je, da določimo ležo slikama njegovih krajnih točk A in B . Da najdemo sliko točke, zadostuje, da potegnemo iz nje dva žarka, ter iščemo, kje se stičeta po prehodu skozi lečo. Je-

den teh žarkov naj je glavni, t. j., óni, ki gre skozi lečino središče. Potegnimo zatorej najprej glavni žarek Aa , ki se ne lomi, potem

žarek AC , kateri se lomi pri vstopu in izstopu; ta dva žarka se stičeta v točki a , ta je zatorej slika točke A . Ravno tako se dobó slika točke B v b . Slika predmetu AB je zatorej ab .

Veličina slike leče zbirálke. Trikota AOB in aOb v *pod. 29.* sta si podobna, zato je: $ab : AB = NO : MO$. Veličina slike se zatorej ravná po razmeru $NO : MO$. Ta razmer pa izrazimo lahko drugače. ON je namreč $= a$, OM pa $= p$, zatorej je $\frac{ab}{AB} = \frac{a}{a-p}$

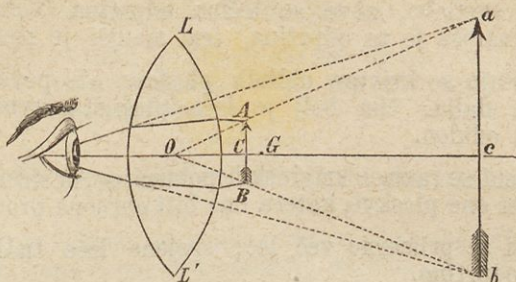
— Iz jednačbe $\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p}$ pa najdemo $a = \frac{ap}{a-p}$, zatorej je $\frac{a}{a-p} = \frac{p}{a-p}$ ali $\frac{ab}{AB} = \frac{p}{a-p}$. Dôkler je $a-p > p$, ali $a > 2p$, t. j., dôkler je dalja predmeta od leče večja, nego dvojna goriščina dalja, je ulomek $\frac{ab}{AB}$ pristen (echt), in slika ab manjša od predmeta AB . Kadar je $a-p = p$ ali $a = 2p$, je $\frac{ab}{AB} = 1$ ali $ab = AB$, zatorej slika jednolika s predmetom. Ako je pa $a-p < p$, ali $a < 2p$, je ulomek $\frac{ab}{AB}$ nepristen (unecht), zatorej slika večja od predmeta. Slika raste tem bolj, čím manjše je $a-p$, zatogadelj čím bolj se predmet bliža gorišču. V vseh teh slučajih je slika narobe (t. j., kar je na predmetu zgoraj, je na sliki zdolaj, kar je na predmetu desno, je na sliki levo itd.) — in na drugi strani leče. Vse te slike so vzdušne ali objektivne, t. j., dadé se prestreči z belim zaslonom, in videti jih more vsak, kdor gleda na zaslon. Zrcalne slike n. pr. imenujejo se subjektivne ali merstvene; ne dadé se vjeti na zaslon, in kdor jih hoče videti, mora gledati v zrcalo in stati na gotovem mestu.

Ako je $a = p$, t. j., ako je predmet v lečinem gorišču, je $\frac{ab}{AB} = \frac{p}{0} = \infty$, ali $ab = \infty$ in $a = \infty$, t. j., slika je brezkončno velika in v brezkončni dalji, žarki se ne stičejo več, ali navadno govoreč: ako postavimo predmet v gorišče, ne dobimo več njegove slike.

Kadar je $a < p$, t. j., kadar je predmet bližje leči, nego nje gorišče, je $\frac{a}{a} = \frac{ab}{AB} = -\frac{p}{p-a}$ in $a = -\frac{ap}{p-a}$, t. j., slika dalja je negativna, ali slika je na tisti strani leče, kakor predmet, in slika je vedno večja od predmeta, in sicer tem večja, čím bolj se primiče predmet od leče proti gorišču.

Slika je tukaj po konci, t. j., tako kakor predmet, ali vedno samo subjektivna ali merstvena. Kdor jo hoče videti, mora gledati skozi lečo (glej *pod. 30*, AB je predmet, ab njegova slika).

Podoba 30.



O lečah razmétnicah hočemo na kratke to-le omeniti: Dôkler predmet stoji pred lečo razmétnico, in zatorej njegovi žarki razhodno ná-njo padajo, izstopajo iz leče še bolj razhodno, in delajo sliko, katera je na tisti strani s predmetom in bližje leči, nego predmet. Te leče očesu približajo pokončno sliko predmeta in pomanjšajo. Slika je tem manjša, čim dalje strani od leče je predmet. Ako padajo žarki stikalno ali shodno na lečo razmétnico, tako, da bi brez leče naredili vzdušno sliko, se po prehodu skozi to lečo počasneje stikajo, postanejo vzporedni ali se celó razhajajo.

Ker ta leča razhodne žarke dela še bolj razhodne, vzporedne — razhodne, stične — menj stične, vzporedne ali celó razhodne, zôve se razmétnica.

Leča razmétnica more vzdušno sliko obrniti in povekšati.

Vse to se dá posneti iz jednačbe: $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = -\frac{1}{p}$, ki veljá za vse leče razmétnice.

Sferski odklon (sphärische Abweichung) **leč.** Rečeno je bilo uže, da se središčni žarki, to je óni, kateri gredó skozi srednji del leče, malo ne v jedni točki stičejo. To ne veljá o robnih žarkih (Randstrahlen), kateri z lečino osjó delajo znatne kóte in zatorej bolj strani od srede padajo na lečo. Robni žarki, ki prihajajo iz jedne točke predmeta, ne stičejo se zopet v jedni točki, temuž v malem krogu. Okó vidi točke predmeta kot male kroge, kateri se po nekoliko pokrivajo, zato slika ni več razločna. Tej naopaki leč se pravi sferski odklon, zato, ker jej je vzrok obla ali sferska oblika leč. — Za sferskega odklona voljo tudi goríšče leč nikdar ni točka, temuž majhna ploskev. Ta naopaka leč se ne dá nikoli popolnem odpraviti, pač se pa dá jako zmanjšati, in sicer tako-le:

- 1) Pokrije se leča blizu roba sê zaslonko (diaphragma) t. j., z neprozornim, okroglim obodom ali obročem, kateri robnim

žarkom brani v lečo. Oni del lečine ploskve, kateri pro-
pušča svetlobo, zôve se lečina odprtina (Linsenöffnung).
Čim manjša je ta odprtina, tem manjši je sferski odklon.

- 2) Umanjšajo se krivine oblinih ploskev, ali povekša se go-
riščina dalja; čim bolj je leča plošnata, tem manjši je
sferski odklon.
- 3) Spremení se razmer krivinskih polumérov, in sicer se umanjša
polumer one ploskve, katera ima biti obrnena proti predmetu.
- 4) Sestavi se primerno več leč; spojene leče tudi dopuščajo
večjo odprtino.

Leče, pri katerih je sferski odklon pomanjšan, kolikor je
mogoče, zôvejo se leče najboljše oblike (Linsen bester Form).
Jako majhen sferski odklon delati ravnovzbovla in ravnovbokla
leča; obrneta se sè zakrivljeno stranjo proti predmetu.

Hromatski odklon (chromatische Abweichung) **leč**. Leče mo-
remo smatrati kot prizme sè skrivljenimi ploskvami, katerim od-
govarja na vsacem mestu drug lomeč kót, zato one svetlobe ne
lomijo samo, temuč jo tudi krojijo v barve. Žarki, kateri bi se
imeli združiti v jedni točki, razkrojijo se in naredé majhen pisan
krog. Ker se ti krogi po nekoliko pokrivajo, se njih barve sredi
slike zopet izgubé, na krajih slike pa to ni mogoče. Slike za-
torej ostanejo na robéh barvaste, in to dela, da niso čiste in
ostro omejene. To naopako leč imenujemo **hromatski** (barvni)
odklon.

Zaradi tega odklona bi leče ne bile porabne za nekatere
sprave, slučajno se pa dá odpraviti tudi ta naopaka in sicer sè
sestavo leč zbiralek in razmétnic iz različno lomečih tvarin.
Sestavljajo se leče iz raznih vrst stekla, namreč iz flintovega in
krunenega (belega) stekla. Flintovo steklo, ki ima v sebi svin-
čeni okis (Bleioxýd), ima skôraj tisti lomni kazalec, kakor na-
vadno svinca prosto kruneno steklo (Crownglas), pa znatno večjo
krojilno moč.

Leča zbirálka iz krunenega in razmétnica iz flintovega
stekla dasti se tako urediti, da svetlobo lomiti, kakor leča zbi-
rálka z večjo goriščino daljo, in razkroj barev v jedni leči po-
ravná se z nasprotnim v drugi leči malo ne popolnem. Tako je
hromatski odklon odstranjen, in slike so proste pisanih robóv.

Take leče, pri katerih je hromatski odklon odpravljen, ime-
nujejo se **ahromatske** (brezbarvne). Ahromatske leče se dáde
sestaviti tudi iz družih prozornih tvarín.

Razkroj barev se dá odpraviti tudi sè sestavo leč zbirálek
jednakošnega stekla. To se tudi storí, kadar je pri majhni go-
riščini dalji potrebna velika odprtina. Mnogokrat se namesto

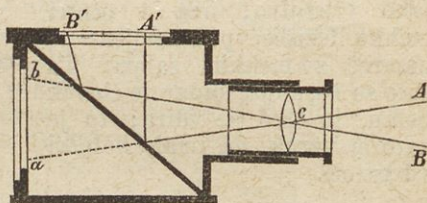
jedne močne leče vzamejo dve ali tri slabejše, ker je pri menj zaokroženih lečah sferski in hromatski odklon manjši.

Leče, pri katerih je hromatski in sferski odklon po vzmognosti uničen, katere zatorej delajo najrazločnejše slike, zôvejo se aplanatske (nepogrešne).

Temna sôbica (camera obscura).

Predno prejdemo na svojo pravo nalogo, opisati hočemo še mnogo imenovano in pogosto rabljeno optično pripravo — temno sôbico. — Temna sôbica je spredaj odprta skrinjica ali omárica (*pod. 31*), v kateri je leča zbirálka *c*, tukaj predmétnica (objektiv) imenovana. Od daljnega predmeta *AB* dohajajoči žarki združujejo se v preobrneno sliko *ab*, katera se vjame na zadnji steni omárice na motno steklo, ki razsiplje svetlobo na vse strani in dela sliko vidno. Omárica je znotraj počrnena, da druga svetloba ne moti jasnosti slike. Cev, v katero je predmétnica vdelana, je premična, ker je treba uravnati po dalji predmeta daljo steklene ploče od predmétnice, da postane slika na njej razločna. Sicer je pa za nepogrešno sliko treba sestavljene predmétnice. — Časih se dene v omárico zrcalo povprek, katero odbiva sliko na prozorno gornjo steno. Slika *A'B'* se potem lažje opazuje.

Podoba 31.



II. Okó.

Človeško okó.

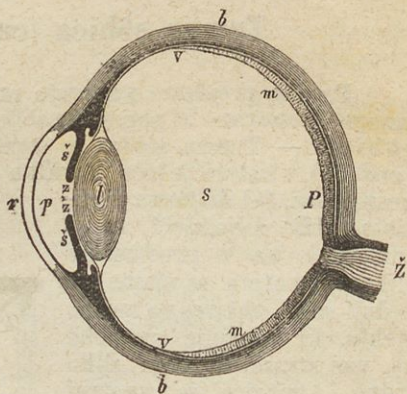
Vsacemu čutu je treba čutila, t. j., priprave, katera zvanjani vtis vzprime in vodi do možján, — katera ga spreminja v čut. Razume se, da mora biti čutilo zdravo in nepohabljeno, sicer bi čut bil nepopolen in nezanesljiv.

Čutilo vidu je okó. Brez očesa ni vzmóžno videti; kdor ima priroden pogrešek v očesu, kdor si je okó, ali kak bistven del očesa ranil ali pokvaril, ne vidi dobro.

Okó je majhna temna sôbica. Ono je namreč priprava, katera na svojem ozadji od predmetov ravno tako dela slike, kakor temna sôbica.

Okó je (*pod. 32*) šuplja, od spredaj bolj vzbokla (*slokasta*), z raznimi prozornimi tvarinami napolnena in napeta obla (*krogla*) — *jábolčice* (*Augapfel*) imenovana — katera leží v očníci ali očišči (*Augenhöhle*), ter se v njej sè 6 mišicami obrača na vse strani, in to s prvo in drugo iz desne na levo in narobe — s tretjo in četrto gori in doli, s peto in šesto pa napošev. Ker je okó jako vredljivo, ima v očníci mehko ležišče, podstavljeno je namreč z mehkim salom. To salo se izgublja, kadar je človek bolán, in okó se vdíra; to je zatorej vzrok, da imajo bolniki vdírte očí.

Podoba 32.



Zvunaj je očesno jábolčice pokrito s trdo, usnjato, žilavo, neprozorno kožo *bb*, katero imenujejo beločnico (*sclerotica*, *harte Haut*). Vánjo je spredaj vdelana rožena, prozorna koža — roženica (*cornea*, *Hornhaut*). Kadar je okó odprto, vidi se med trepalnicami cela roženica in del beločnice, tako zvano „*belo*“.

Beločnica je znotraj prevlečena s cevno kožo, katera se zaradi premnogih po nji razpletenih krvnih žilic imenuje žilnica (*chorioidea*, *Aderhaut*); sama na sebi je žilnica rudeča, a na notranji strani je pokrita s črnim barvilom, da ne odbija svetlobe.

Žilnica končuje se spredaj, predno doseže rob beločnice, v vejičasto telo (*corpus ciliare*, *Stralenkörper*) ali vejičasto pločico (*orbiculus ciliaris*), ki sestoji iz dveh delov; gornji del je blizu 3 m_m široka sivkasta, krogolika mišica, katere namen ni še prav jasen; dolnji del je nabrán iz kacih 70 do 85 gub, imenovanih vejičasti odrastki (*processus ciliares*, *Ciliarfortsätze*), in se zove vejičasti venec (*corona ciliaris*, *Stralenkranz*). Tudi vejičasta pločica ima obilico cevčic, se krči in s tem napenja žilnico.

Okroglo odprtino, katera še za roženico ostaja, prepreza tenka in mehka kožica *šš* — dožica ali šarenica (*iris*, *Regenbogenhaut*) z istosredno (koncentriško) luknjico — zenico (*punčico*, *Pupille*) *zz*, katera se z mišičnimi vlakni v slabi svet-

lobi širi, v močni pa krči. *) — Svoje ime ima šarenica od tod, ker ima pri raznih ljudeh različno barvo. Časih je ta kožica sama na sebi bela, ker pa barvne cevčice žilnične na nje zadnjo stran sezajo in skozi njo probijajo, vidi se nam modra. Največkrat pa ima tudi sama v cevčicah zvonanje strani, katero vidimo skozi roženico, črno-rjavega barvila. Ako je tega barvila malo, je šarenica rumena, kadar ga je več, postaja siva, rjava ali celó črno-rjava. Modre oči nekaterih otrok spremené se pozneje, ko se je nabralo tudi na zvonanji strani šarenice nekoliko črnkastega barvila, v sive.

Med vsemi človeškimi rodovi se dobodo ljudje, katerim manjka barvila, a ne samo v žilnici in šarenici, nego sploh po vsem životu v koži in laséh. To so belini ali belci (Albinos, Kakerlaken). Šarenica jim je videti krvavo-rudeča, zenica pa navadno svetlo-rudeča. Vzrok temu je, da jim skozi beločnico in žilnico zaradi nedostatka barvila vrhu žilnice nekoliko svetlobe v okó prihaja; zaradi te svetlobe vidimo skozi zenico rudečo žilnico in zdí se nam, da je zenica rudeča. Ako okó zakrijemo, in le zenico pustimo odkrito, vidimo jo črno, kakor pri družih ljudeh, ker tako iz očesa ne prihaja nič svetlobe. Ker pri tacih ljudeh okó znotraj ni dovolj temno, oni prav dobro ne vidijo, in se jim rado bléšči. Tudi med živalstvom se najdejo belci z belo dlako in rudečimi očmi, n. pr. beli domači zajci, bele podgane, miši itd.

Za šarenico stoji z robom beločnice in žilnice zraščena, dvojno-vzbokla, prozorna leča *l*, sestavljena iz tenkih torilastih, proti sredini vedno gostejših luskic, katere čvrsto oklepajo zrno. Ta leča, ki se zaradi svoje prozornosti imenuje kristalna, obvita je s prozorno tenko kožico. Pri starem človeku se leča nekoliko splošči, porumení in izgublja svojo prozornost.

V prostoru med kristalno lečo in roženico, v takó zvanem sprednjem očesnem prekatu (vordere Augenkammer) *p*, je vodena mokrina (humor aqueus, wässerige Feuchtigkeit). Ta mokrina brani, da kristalna leča ne pride preblizu roženici in napanja roženico. Ves prostor med kristalno lečo in ozadjem očesne šapljiné — zadnji očesni prekat — je napolnen s steklovino (steklasto mokrino, Glaskörper) *s*, t. j., s čisto prozorno, stopljenemu steklu ali beljaku podobno močo. Steklovina je v obliki oble zavita v jako tenko, popolnem prozorno stekleno kožico (hyaloidea, Glashaut), ter ima spredaj globélico, v katero je leča vtisnena.

*) Ne samo svetloba ima ta vpliv, tudi nekatere strupene stvari, ako jih človek povžije in mu pridejo s krvjo do zenice, tisto raztezajo ali krčijo. Tako n. pr. sok volčje jagode zenico jako razširja, strupena ločika (lactuca virosa) jo pa krči.

Od zad je beločnica prordta, in tú vstopa v okó vidni živec (nervus opticus, Sehnerv) *Z*, in se razširja na notranji strani jábolčica preko žilnice v tenek pletež. Ti živčevi konci in pod njimi drugi mnogobrojni, zelo zapleteni tvorovi sestavljajo tenko, mehko, prosojno, mozgasto kožico, mrežnica (retina, Netzhaut) imenovano.

V podaljšku osí, katera gre od temena roženice skozi središče leče, zatorej tam, kjer optična ós zadeva mrežnico, je podolgasto okroglo, rumenkasto mesto *P* z majhno jamico v sredi. To mrežnično mesto se zóve rumena pega (macula lutea, gelber Fleck); tukaj je mrežnica najdebelejša, od tod naprej je vedno tanjša, konci živčevi so vedno rejši in nehajo pri v popolnem, kjer začne žilnica delati svoje vejičaste odrastke. Rumena pega je najobčutljivejše mrežnično mesto.

Rekli smo uže, da mrežnica sestoji iz različnih tvorov. Schultze razločuje od steklovine do žilnice deset mrežničnih skladov: 1) tenko kožico, katera steklovino obdaja, in se k mrežnici šteje; 2) belkasti mehki sklad živčevih nitek; 3) stanični sklad živčevih vozln (Ganglienzellenschichte); 4)—7) različne zrnaste sklade; 8) tenko kožico, katera pokriva zrnaste sklade; 9) sklad paličic in storžkov (Stäbchen- und Zapfenschichte); 10) barvilni sklad. — Pristavljamo, da debelost mrežnice znaša 0.4 $\frac{m}{m}$, kjer je najdebelejša, 0.1 $\frac{m}{m}$, kjer je najtanjša. — Za nas je najvažnejši sklad pokončnih paličic in storžkov. Paličice so podolgovati valjci (Cylinder), storžki pa krajši a debelejši, steklenicam podobni tvorovi se stožkovitimi (kegelförmig) konci. V tem skladu se éterjevi tresljaji preminjajo v éut, in sicer so najbrž paličice namenjene za svetlobni éut v obče, storžki pa za barvni éut. Notranji konci paličic in storžkov gredo kot tenke niti do prvega zrnatega sklada. Vsaka nit se potem razdelí na več tanjših nitek, katere so v zvezi sè živčnimi nitimi.

Rumena pega ima samo storžke in sicer prav na gosto, zato je najobčutljivejša. Na družih mestih so storžki in paličice, ali vedno rejše, čím dalje so strani od rumene pege. Tam, kjer vidni živec stopa v okó, ni niti paličic, niti storžkov, zato je to mesto neobčutljivo za svetlobo in se zóve slepo mesto (punctum caecum).

V okó ni možno videti brez priprave; zenica se nam zdi temna; večji del svetlobe, katera prihaja v okó, posrče namreč mrežnica, ostavši del se pa odbija nazaj k svetlobnemu izvoru. Ker pa iz naše zenice ne pride nič svetlobe v tuje okó, se tudi svetloba ne more iz tujega očesa vračati v naše. Ko bi hoteli stopiti v mér iz očesa vračajočih se žarkov, zakrili bi svetlobni izvor, in zopet bi očesa ne videli razsvetljenega. Prav dobro pa se vidi mrežnica razsvetljena s posebno pripravo, tako ime-

novanim očesnim zrcalom, katero je za opazovanje bolnega očesa velike važnosti.

Žensko okó je povprek nekoliko manje od moškega. Otročje okó raste od rojstva do konca prvega leta precej, potem pa prav malo; še le o času spolne godnosti zopet poraste in obdrži potem svojo velikost.

Okó je največji kras človeškemu obrazu. To posebno čutimo, kadar vidimo človeka, kateri je izgubil jedno ali obe očesi. Trepalnice se mu vderó, vejice noter podvihajo, iz očnice tekó slúz in solzé, in očnica sama se vdira vedno globlje. Da obraz ni spačen, dene se v prazno očnico umeteljno okó, katero trepalnice podpira, solzni tok uravnava in nekoliko brani, da se očnica tako ne vdira. Jábolčice, katero je razdela huda očesna vnetica, vzame se iz očnice, in se nadomesti z umetelnim očesom. To je dobro za drugo okó; to se časih ne dá drugače rešiti preteče slepote, kakor če se izreže uže oslepelo, pa še vedno vneto okó. Umeteljna očesa so pristnim tako podobna, da se tudi pozorni opazovalec lahko prevari. Kdor jih potrebuje, navadi se skóro, vtikati jih v očnice in jemati jih iz njih.

Okó napadajo jako različne bolezni; nekatere niso nevarne, nekatere vid oslabé, nekatere ga pa celó vzamejo. Bolnega očesa naj nikdo ne zanemarja, temuž išče naj hitro pomoči pri véščem zdravniku. Izkustva pričajo, da moški več na očeh zbolévajo nego ženske; tudi pravijo, da se očesne bolezni najrajše prijemljejo ljudí z belo póltjo, svetlimi lasmi in modrimi očmi. Najrajše se očesna bolezen loti otrok do 10. leta, katerim se najčešče oči vnémajo. Te vnetice pozneje minejo, pokažejo se pa rade zopet o času spolnega razvoja. Od 20. do 50. leta so očesne bolezni rejše, potem se pa večkrat prikazuje kalnost leče. Od 70. leta naprej okó ne zboléva.

Kako je treba čuvati oči, da ne postanejo preveč občutljive, da se jim vzmožnost uravnave ne zmanjša, da jim vid ne oslabí itd., to uči natančno očesna dijetetika. Glavne stvari hočemo navesti tudi mi v posebnem poglavji.

Ni ga telesnega dela, ni na obrazu, ni drugod, kateri bi se toliko opazoval in opisoval, nego zvonanje okó. Ako ti kdo opisuje kacega človeka, pové ti, kakšne ima oči. Romanopisec in novelist ne pozabi obširno risati oči oseb, s katerimi nas seznanja. Pesnik opeva kras, milobo itd. očesa. In tudi ti, ako hočeš človeka dobro pogledati, pogledaš mu v okó. Okó ima sploh neko čudno moč do nas. Pogled te navdaja s pogumom, ali te plaši, vliiva ti up v srce, ali ti ga jemlje, razveseljuje te, ali žali. V očesu menimo, da moremo brati vsa čuvstva človeška, zato se okó imenuje „dušno zrcalo“; v njem mislimo, da se zrcalijo dušni pretresi, iz njega hočemo spoznati, kaj človek misli in

kakšne volje je. Pogled se nam zdí ljubeznjiv, prijazen, bister, plašen, jasen, teman, koprneč, hrepeneč itd.; v očesu beremo dobroto, krotkost, mehkosrčnost, up, strah, jezo, poželjivost, strast itd. Kaj poreče k temu fizijolog? Prav hladno nam odgovori: Okó dušnih čutov in pretresov ne izrazuje, ti ne stojé z očesom v nikakšni zvezi. Okó se nič ne spremeni, naj človek misli ali čuti, kar hoče. — Čuden se nam zdí ta odgovor, vendar ne prena glimo se z obsodbo, temuč poslušajmo dalje, kaj nam pové hladni opazovalec. Izraza dušnih čutov in pretresov ne gre pripisovati očesu, temuč drugim obraznim delom, n. pr. trepalnicam, licem, ustom itd. Ti deli spreminjajo svojo ležo in obliko, ako se naši notranji čuti menjavajo. Kdor je jezen, debelo pogleda, t. j., trepalnice širje odprè (svetlobni odsev od očesa je tako večji, okó se mu bolj sveti, nego po navadi), — suče oči, stiska zobé itd. Vso njegovo mimiko pa nanašamo na okó, rekóč: jezno gleda.

Da dušni čuti res ne spremené očesa, in se iz očesa samega ne dáde spoznavati, o tem se osvedočimo, ako komu obraz pokrijemo, tako, da mu moremo le oči videti. Iz oči samih ne dá se nam brati nikak čut.

Turske ženske morajo si obraz zakrivati do oči. Turki menda vedó, da samo z očmi ni možno govoriti, in da oči same niso nevarne, ako jih ne podpira druga mimika — sicer bi si morale njih ženske zakrivati še oči.

Tudi kiparstvo nam je dokaz, da ne izrazuje okó dušnega stanja, nego mimika. Okó na kipih ni vobraženo, temuč le naznamenovano, in vendar beremo z vpodobljenih obrazov veselje in žalost, smeh in jok, pogum in malodušnost itd.

To pa je res, da je nekatero okó bolj ognjevitó, nego drugo. Kar imenujemo ognjevitost ali bistrost očesno, je njegov svetlobni odsev — ta pa je zavisen o šaroti šarenice in vzbočnosti roženice. V tem oziru ne opaža se različnost samo pri posameznih osobah, temuč tudi pri celih národih.

Mrtvečevo okó je medló in srepó. Roženica izgubi svoj blesk, in sestavine očesne začenjajo se raztvartati.

Živalsko okó.

Bodi nam dovoljeno, tudi o živalskem očesu omeniti na kratko glavne stvari. Pri živalih opažamo zeló različne stopinje očesnega razvoja. Začnimo pri najnižjem tipu — pri praživalih (protozoa).

Pri praživalih vidnih priprav ni možno zaslediti, in vendar so za svetlobo občutljive, ter tudi vedó, od katere strani prihaja.

Da si tu o vidu ni možno govoriti, mora se vendar sklepati, da so živčni konci teh živali tudi za svetlobni vtis občutljivi, ne samo za druge zvananje vtise.

Cvetovnjaki (coelenterata), kateri živé vedno v temi, so brez oči; drugi imajo mehurčke ali pa kupčke barvila se svetlimi, svetlobo lomljivimi telesci.

Pri črvih (vermes) je uže več razlik. Nekateri imajo le barvilne pike ali pege, o katerih se misli, da so za svetlobo občutljive; gotovo pa to ni, ker ni dognano, v kakšni zvezi so se živci. Drugi imajo v barvilu kristalne paličice, ki so se živci v neposrednji zvezi. Takih oči imajo črvi navadno po dvoje. Zopet drugi imajo barvilne pege, izmed katerih neke tudi kristalna telesa pokrivajo. Tudi se dobé bolj razvite oči. — Znamenito je to, da se mnogokrat oči prikažejo, ako jih je treba, ali pa izginejo, ako jih več ne treba.

Iglokožci (echinodermata) imajo navadno le barvilne pege; oči se nahajajo le pri morskih zvezdah, in sicer na koncéh špic (Arme), in sestojé iz okroglih telesec, katerih vsako je zavito v barvilo. Celo okó je pokrito še s posebno prosojno kožico.

Vidne priprave do sedaj imenovanih živali jedva zaslužijo ime oči. Prave oči nahajamo še le pri členonožcih (arthropoda). Členonožci imajo jednovite in sestavljene oči. Jednovito okó sestoji iz kristalne, na teme postavljenemu stožcu podobne paličice; nje gornji del lomi svetlobo, spodnji pa prehaja v živčne niti. Paličica je do zaokroženega gornjega konca obdana z barvilnim skladom. Zvunanja kožica, pod katero je kristalna paličica, nima barvila in je prosojna, nadomestuje zatorej roženico. Časih je ta kožica nad paličico debeljša, in dobiva tako podobo vzbokle leče. Zasledili so tudi mišice, s katerimi se dá roženica približati kristalnej paličici. Ako je tacih ali nekoliko spremenjenih paličic več skup, je okó sestavljeno. Nad kristalnimi stožci je razpeta jednovita prosojna kožica ali pa roženica v podobi leče, ali pa ima vsaka paličica svojo roženico. Takovo okó je od zvnaj podobno polukrogli, pokriti s četvero-, petero- ali šestero-oglatimi ploskvicami. Časih se te ploskvice le od znotraj razločijo, od zvnaj pa ne. Takova očesa imenujejo se mrežasta (Netzaugen, facettirte Augen). Število kristalnih paličic in njim odgovarjajočih lečic ali ploskvic sestavljene roženice je jako različno in znaša večkrat po mnogo tisočev. — Mnogi členonožci oči menjavajo v raznih dôbah razvoja. Nekateri imajo poleg sestavljenih tudi jednovite. — Sestavljene oči so čisto razmerno prav velike, iz glave štrleče, ali pa so nasajene na posebnih klinih.

Izmed mehkužcev (mollusca) imajo oči oni, kateri se prosto gibljejo. Tudi tú niso oči povsod jednako razvite, vendar

časih tako, da nas spominjajo na človeško okó. Vidna priprava obvita je časih z različnimi kožicami, ima mrežnico sè skladom paličic, lečo, časih tudi tenko roženico itd. Prostor med lečo in mrežnico izpolnjuje neka tekočina. Se vé, vsi ti deli so le navidezno podobni onim človeškega očesa.

Okó vretenčarjev (vertebrata) podobno je v vseh bistvenih delih človeškemu. Vsa podoba in posamezni deli razlikujejo se pri raznih redóvih. Pri ribah n. pr. je sprednji del očesa jako sploščen, ker je roženica precej debela in le malo zakrivljena. Roženica je v razmeru z beločnico velika; leča jim je okrogla. Tudi med krkoni (dvoživkami) so sem ter tija sploščene oči, v tem ko imajo kače in krokodili jako vzbočeno roženico. — Pri večini ptičev delí se očesno jábolčice v sprednji in zadnji odsek; ločena sta s koščenim obročkom. Tak obroček se nahaja tudi pri kuščaricah in želvah. Ptičje okó je bistro, razmerno veliko, in ima razven trepalnic še žmurko (Nickhaut) v obrambo. — Zenica vretenčarjev ima različne oblike; najčešče je ovalna in sicer po dolzem ali povprek, časih je pa skóraj trikotna. — Žilnica nekaterih vretenčarjev ima manje ali večje svetlo mesto, tako imenovani svetli sag (tapetum lucidum), kateri se zelenkasto ali modrikasto svetlika. To je vzrok, da se nekatere oči — posebno v temi — svetijo. Take oči imajo mnogi sesálci, nekatere ribe in med ptiči noj.

Ako hočeš videti glavne očesne dele vretenčarja, vzemi okó katere koli domače živali in ga primerno razreži. Reže se pa najlažje zmrzneno okó.

III. Vid.

Postanek vida.

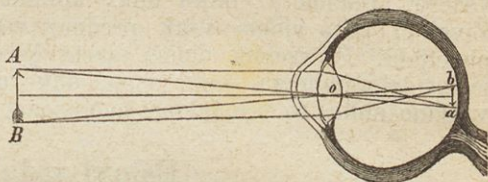
Svetlobni žarki, kateri od raznih stvari dohajajo v okó, se v njem lomijo. Lomeče tvarine v očesu so: roženica, vodena mokrina, leča in steklovina. Omeniti je treba, da lečine luskice ne lomijo svetlobe vse jednako, lomni kazalec je za vsako luskico drug; ako je govor o lečinem lomnem kazalci, je razumeti srednjo vrednost teh posameznih lomnih kazalcev. Tisto veljá tudi o lomnem kazalcu vodene mokrine in steklovine; tudi te tvarine nimajo povsod jednake lomljive moči.

Srednje vrednosti lomnih kazalcev za prehod svetlobe iz vzduha so: za roženico, vodeno mokrino in steklovino 1:34, za

lečo: 1'45. — Kristalna leča lomi zatorej svetlobo najbolj. Krivinski polimer roženice je $7\cdot8 \frac{m}{m}$, krivinski polimer sprednje lečine ploskve je $9\cdot5 \frac{m}{m}$, zadnje pa $5\cdot9$, od zadaj je zatorej leča mnogo bolj zaokrožena, nego spredaj. — Debelina leče je $4 \frac{m}{m}$; blizu za $4 \frac{m}{m}$ tudi je od roženičnega vrha oddaljena; od leče do rumene pege je $14\cdot6 \frac{m}{m}$. Ta števila so potrebna ónemu, ki hoče izračunati hod svetlobnih žarkov skozi lomeče tvarine. Mi teh računov nečemo zasledovati, naveli smo pa gornja števila, ker bi utegnila marsikoga zanimati, da si mu ne rabijo za račun.

Iz vzduha v roženico stopajoči žarki lomijo se proti vpadni navpičnici in sicer polagoma vedno bolj do sredine leče; kadar pa prehajajo žarki iz leče v steklovino, lomijo se nekoliko od vpadne navpičnice, ker lomni kazalec za prehod svetlobe iz leče v steklovino je $1\cdot34 : 1\cdot45 = 0\cdot92$. Vse te tvarine skupaj pa imajo na svetlobo tak vpliv, kakor jedna sama vzbokla leča, in vsak predmet, kateri pred očesom stoji, nareja na očesnem ozadji t. j., na mrežnici majhno obrneno sliko, kakor predmet, kateri svoje žarke pošilja skozi lečo v temno sôbico. *Pod. 33* kaže sliko *ab* predmeta *AB*. Eterjevi tresljaji vdarjajo na

Podoba 33.



mrežnico, katera jih s pomočjo živca priobčuje možjanom ali z drugimi besedami: svetlobne vtise vzprijemlje vidni živec ter jih potem vodi do možján; kadar ti vtisi dosepejo do možjan, takrat se jih zavedamo in „vidimo“. Kako pa se prav za prav ti vtisi do možján širijo, da-li in kakove spremembe na živci in možjanski tvarini napravljajo, to vprašanje še ni dognano. Najnovejša je menda podmena fizijologa Heringa; on meni, da je v mrežnici in možjanih neka „vidna tvarina“, katera se, kadar eterjevi tresljaji na mrežnico vdarjajo, kemijsko spreminja, in ta sprememba da je néki vzrok občutku, ki ga imenujemo vid. — Toliko bode vsacemu jasno, da če Hering pravo trdi, morajo te kemijske spremembe biti neizmerno majhne, in da jih bode zaradi tega neizmerno težko dokazati in zasledovati. Heringovo teorijo hočemo posneti na konci spisa.

Ker je slika na mrežnici narobe, vprašajo nekateri, zakaj vidimo predmete po konci in ne narobe. Odgovor je legák. Predmete vidimo po konci ravno zato, ker so njih slike na mrežnici narobe. Okó išče točke predmetove tam, od koder svetlobni vtis dohaja vânj, kjer zatorej v resnici so. Okó ne čuti slike same, temuč le svetlobni vtis in ga nanaša ven v óni méri, v kateri je prišel, zato išče gornje točke slikine zdolaj, dolnje pa zgoraj. Mi ne vidimo slike, temuč čutimo le svetlobne žarke, in vemo,

od kod dohajajo. Ko bi hoteli videti sliko, katera postane na mrežnici, morali bi imeti še jedno okó. Vtisa, ki ga je dobila mrežnica v točki *a*, ne more okó nikjer drugej iskati, nego v méri glavnega nezlomljenega žarka *Aa*, zatorej v *A*, in vtisa v točki *b* nikjer drugej, kakor v *B*, od koder je prišel, zato vidi točko *A* zgoraj, točko *B* zdolaj. Tisto veljá o vseh družih predmetovih točkah — okó jih vidi, kjer so.

Pa tudi, ko bi predmete videli narobe, videli bi vse narobe, tudi sebe, in bilo bi ravno tako, kakor bi vse po konci bilo. Še vedeli ne bi, da je vse narobe, tudi ko bi res bilo. — Sicer pa menijo učenjaki, da je to vprašanje brezpotrebno, ker je treba ločiti razdražbo živcev od občuta. Postanek občutka — učijo — je breztvaren, in se sploh ne odnaša na prostorno ležo mrežnične slike.

Kako postaja vid v očeh brezvretenčarjev, še ni dognano. Toliko pa je gotovo, da so njih sestavljene oči jako popolna vidna priprava, da vidijo izvrstno, in da imajo velik vidni prostor. Nekateri brezvretenčarji vidijo vkrog in vkrog ob jednem, vidijo zatorej, kaj se godí pred njimi in za njimi. — Prej so nekateri mislili, da se naredí v sestavljenem očesu od vsacega predmeta toliko slik, kolikor ploskvíc ima roženica. Žival bi tako videla vsak predmet več tisočkrat. Ta misel ni obveljala. Z vsacim delom sestavljenega očesa vidi žival le jeden del predmeta. Kako se pa slike posameznih delov strinjajo v jedno sliko, to učenjakom še ni jasno.

Uslovi vida.

Da jasno in razločno vidimo, mora se mnogo uslovov ob jednem izpolniti. Te uslove hočemo sedaj naštetí.

- 1) Očesne tvarine, katere mora svetloba preíti, da do mrežnice pride, morajo biti čiste in prozorne. Ako se skali roženica, leča in steklovina, se na mrežnici ne more narediti jasna slika, ali pa celó nobena. Ako je pa slika na mrežnici nejasna, vidi človek le slabo, ako pa na mrežnici slike ni, ne vidi ničesar.

To se večkrat dogodí, da postane leča kalna, in sicer tenka kožica, s katero je ovita, ali pa vsa leča. To je óna očesna bolezen, kateri pravimo cink ali mrena na očesu (grauer Staar). Ta bolezen je ozdravna. Mrena se sname, t. j., spreten zdravnik vzame kalno lečo ven, ter jo nadomesti z ostro vzboklo naočnico, katera svetlobne žarke tako lomi, da se združujejo na mrežnici. Tudi roženica se časih skalí in provzroči belo slepoto (weisser Staar). Skalena roženica se dá zopet scistiti z brizganjem neke tekočine v okó.

- 2) Mrežnica in vidni živec morata biti zdrava in občutljiva; ako je mrežnica ali vidni živec oslavljen ali pohabljen, pretrgana je vez med očesom in možjani, in nemožno je videti. Ta bolezen je črna slepota (schwarzer Staar) in je neozdravna. Mrežnice in vidnega živca ni moči nadomestiti.

Vidni živec slabí preslaba ali premočna svetloba. Da se prehude svetlobe čuvamo, stavimo na svetilnice različne zaslone, in nosimo barvane naočnice.

- 3) Zenica mora biti odprta, sicer svetloba ne more v okó. Pripeti se časih, da se zenica zaprè — mišice, katere jo raztežejo, popusté, in okó je slepó. Ako pa so vse mišice delavne, krčí se zenica pri močni svetlobi in čuva tako mrežnico prehudega in kvarnega vtisa — pri slabi svetlosti se pa širi, da več svetlobe od predmeta pride v okó, in takó na mrežnici omogoči za vid dovolj svétlo sliko. Ako stopimo sè solnca v temno sôbo, začetkom ne vidimo ničesar, ker smo prinesli sè solnca jako skrčeno zenico; zenica se pa polagoma širi, in skôro nam je mogoče ljudi in predmete v sôbi razpoznati. — Dolgo bivanje v temnem prostoru zenico tako razširi, da je nevarno naglo na svetlobo stopiti, ker skozi razširjeno zenico lahko pade toliko svetlobe na mrežnico, da jo umorí. — Nekateri živali — ponočne ptice, mačke itd. — imajo veliko zenico, zato tudi vidijo pri slabi nočni svetlobi. V popolni temi pa nobena žival ne vidi — brez vse svetlobe videti je nemogoče.

Opomnili smo pri opisu živalskega očesa, da se nekaterim živalim oči zavoljo svetlega saga — posebno v temi — svetijo ali bliskajo. Ta svetloba pa prihaja prav za prav od zvonaj, in se od svetlega saga odbija v naše okó. V popolni temi se okó ne sveti, a dovolj je za to prikazen prav malo svetlobe. Opazuješ to prikazen lahko pri mačkah in psih.

- 4) Za razločen vid je gotova močnost svetlobe potrebna. Ako je svetloba preslaba, ne vidimo, ali vsaj ne vidimo razločno. Moč svetlobe pa, pri kateri moremo gledati, je jako različna. Navadno in največ gledamo pri solnčni svetlobi, vidimo pa tudi pri svetlobi ščepa, nad 300.000krat slabejši. Za razločnost vida potrebna močnost svetlobe zavisi tudi o barvi svetlobe. Iz tiste dalje se najbolj razločno vidi bela barva, menj razločno rumena, še menj rudeča in zelena, a najmenj modra.
- 5) Tresóči se êter mora nekaj časa vdarjati na mrežnico, t. j., vtis svetlobe mora nekaj časa trpeti. Za razvoj svetlobnega vtisa potrebni čas ni vedno jednak, ravná se po barvi in močnosti svetlobe. Čim svetlejši je predmet, tem menj

časa potrebujemo, da ga zagledamo. Slab svetlobni vtis se popolnem izgubi, ako trpi le kratek čas. Vtis slabe svetlobe na mrežnico mora trpeti po priliki 0·1 sekunde, da se napravi določna in jasna slika. Slabo razsvetljenih stvari, katere se hitro gibljejo, ne opazimo. Špic in zób hitro vrtečega se kolesa ne vidimo, tudi svinčenke iz puške letete ne, pač pa mnogo hitrejšo svetlo električno iskro.

- Prevare rokohitrecev (Taschenspieler) sè znanim „šanžiranjem“ opirajo se na hitro gibanje vrženih predmetov. Ti možje umejo predmet iz roke v roko ali kam drugam vreči tako brzo, da ga mi ne vidimo, naj še tako pazimo.
- 6) Preme črte, katere potegnemo od predmetovih točk do njih slik na mrežnici, križajo se vse v očesu v tisti točki, ki se zóve križališče (Kreuzungspunkt). Kót dveh tacih premih črt se imenuje vidni kót (Sehwinkel), t. j., kót, pod katerim predmetov obmer (Dimension) med dotičnima točkama vidimo, in kateremu odgovarja dotični slikini obmer na mrežnici. Čim večji je vidni kót, tem večji se nam zdi gledani predmet, ali kakor se navadno reče: Prividna velikost predmeta je sorazmerna velikosti vidnega kóta.

Da vidimo predmet jasno, in da ga sploh moremo videti, mora imeti vidni kót gotovo veličino, t. j., premajhnih in predaljnih predmetov ne vidimo jasno, ali jih celó ne vidimo. Velikost vidnega kóta, pri katerem je kaka stvar še vidna, ne dá se splošno določiti, ravna se pa po barvi, svetlosti, gibanji ali miru predmeta, po naravi vzdušnih slojev, v katerih je gledalec, po barvi in svetlosti dna, katero je za predmetom, in tudi pri jednacijah okolnostih za vsako okó ni jednaka. Lažje je predmet opaziti, ako se giblje, nego ako je pri miru, vendar gibanje ne sme biti ni prenašlo, ni prepočasno. Kakor prehitrega, tako tudi prepočasnega gibanja ne vidimo, n. pr. gibanja kazalca na uri, zvezd na nébesu. Dve točki še razločimo, ako ji vidimo pod vidnim kótom 1'. Njiju sliki na mrežnici ste v tem slučaju za 0·005 $\frac{m}{m}$ vsaksebi. Srednje razsvetljena stvar se še vidi, ako iznaša nje vidni kót 30". Okrogla telesca je še mogoče videti, ako jim je premer večji od 0·02 $\frac{m}{m}$. — Ako so stvari jako razsvetljene, vidijo se še pri manjšem vidnem kótu. Najmanjši vidni kót, pri katerem se dáde okrogla telesca še razločevati, ceni se na 20". Še lažje se razločujejo vlakna, niti in žice (drati), za nje zadostuje vidni kót 3" in za sjajne žice celó 0·2". Najugodnejši slučaj za vid je, če je predmet jako svetál in na temnem dnú. Stalne zvezde še vidimo, če tudi je njih vidni kót tako majhen, da ga ne moremo izmeriti.

Da moremo tudi prav drobne in jako daljne stvari razločno videti, imamo posebne optične priprave, o katerih govorimo pozneje.

- 7) Slika predmeta mora pri raznih daljnih prav na mrežnico pasti, t. j., svetlobni žarki, ki od jedne predmetove točke izhajajo, morajo se zopet združiti v jedni točki, in ta mora biti na mrežnici. Ko bi združevališča (Vereinigungspunkte) pred ali za mrežnico prišla, postali bi na mrežnici namesto toček majhni krogi, tako zvani razsipni krogi (Zerstreuungskreise); slika predmetova sestavljena bi bila, namesto iz toček, iz majhnih krogov, in bila bi nerazločna. Ko bi imeli očesni deli, kateri svetlobo lomijo, vedno tisto ležo in obliko, mogla bi samo pri izvestni dalji predmeta prav razločna slika na mrežnici postati, in videli bi predmete samo v tej dalji razločno. Žarki predmetov, kateri bi bili očesu bližji, stikali bi se za mrežnico, oni predmetov pa, kateri bi bili od očesa bolj oddaljeni, pred mrežnico. K sreči to ni tako. Okó ima namreč vzmožnost, svojo notranjo ustrojbo tako spreminjati, da slike predmetovih toček pri raznih daljnih predmetov padajo ravno na mrežnico. To nas izkustvo uči; sè zdravimi očmi moremo v jako različnih daljnih jasno videti. Okó se zatorej uravnava (akomoduje) po dalji predmetov.

Ako si oznamemo na stekleni ploči kako mesto, vidimo razločno — kakor nas je volja — to mesto, ali predmete za pločo. V prvem slučaju vidijo se predmeti nejasno, v drugem pa oznameno mesto. Naređi se na stekleni ploči slika, katere svetla mesta so brez barve, zatorej prozorna. Ako gledamo sliko, vidimo predmete za njo nejasno; ako gledamo predmete skozi prozorna mesta slike, vidimo sliko nejasno. Jednako je z mrežo, redko pletenino in tkanino. Okó moremo vpreti v drat in niti, ali pa v stvari, katere so za njimi.

Da se mora goditi neka sprememba v očesu pri gledanju v različne dalje, sklepamo tudi iz tega, ker ne moremo prav naglo vpreti oči v bližnje in daljne predmete; ako gledamo bližnji predmet in obrnemo oči v daljen, preteče majhen čas, predno ta poslednji jasno vidimo. Lažje in hitrejše je pa okó uravnati od bližnjih predmetov na daljne, kakor naopak. — Te spremembe slutimo tudi po necem napenjanju oči in trudu, ki ga čutimo, ako smo dlje časa gledali prav bližnje stvari. Skrbne preiskave so dokazale, da se pri uravnavi (akomodaciji) očesa spreminja lečina oblika, in sicer se pri uravnavi za bližino lečine ploskve bolj skrivé, pri uravnavi za daljo se pa bolj sploščijo, kakor navadno. Misli se, da to lečino spremembo opravljajo neke mišice, vendar stvar ni še prav jasna. Sprednja lečina ploskev se razmerno bolj skrivi ali splošči, nego zadnja. — Kadar se leča spredaj bolj zaokroži, postane debeljša, pritisne na vodeno vlago in napne tudi roženico bolj, nego

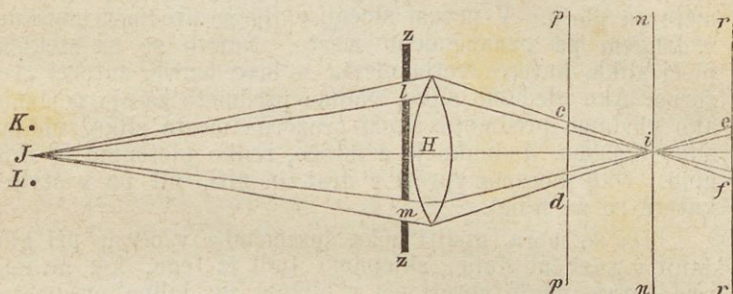
navadno. Kadar gledamo v bližnje predmete, je zatorej tudi roženica bolj zaokrožena, nego če gledamo v daljo.

Ako se je leča zaradi neprozornosti potegnila iz očesa in nadomestila z dvojno-vzbočnim steklom, treba je to steklo po dalji predmetov premenjavati, sicer okó le v jedni dalji razločno vidi in to v oni, katera je stekleni leči primerna.

Ako je točka, za katero je okó uravnano, blizu njega, tedaj vidimo le njo in prav bližnje točke jasno. Ako n. pr. držimo pred očmi ravnovesno nit in vpremo oči vánjo, vidimo le jako kratek nje del razločno; na obéh stranéh tega razločno videnega mesta se nam zdi nit debeljša in menj razločna. Če je dalje od nas predmet, na kateri smo uravnali oči, večja je ploskev, katero razločno vidimo. V veliki dalji vidimo malo ne vse jednako razločno.

Da samo slika one točke, v katero smo vprli okó, na mrežnico pade, slike družih bližnjih ali daljnjih točk pa za mrežnico ali pred njo, uči nas tudi Schreinerjev poskus. — Iz svetle točke *J* (pod. 34) naj padajo svetlobni žarki

Podoba 34.



na lečo *H*, in slika te točke naj je *i* na zaslonu *mn*. Postavimo zdaj pred lečo zaslon *zz* z dvema majhnima luknjicama *l* in *m*. Slika *i* ostane, kjer je bila, le tako svetla ni, nego poprej. Na zaslonih *pp* in *rr* pa se pokažeta po dve sliki *c* in *d*, *e* in *f*; te slike, se vé, niso prav razločne, ker se žarki ne stičejo v točki, temuč v majem krogu. Ako zakrijemo luknjico *l*, izgine na zaslonu *pp* slika *c*, na zaslonu *rr* pa slika *f*; ako pa zakrijemo luknjico *m*, izgineti sliki *d* in *e*.

Mislimo si zdaj namesto leče *H* očesne tvarine, katere isto tako lomijo svetlobo kakor leča, in namesto zaslonov *mn*, *pp* in *rr* očesno mrežnico. Ako se svetlobni žarki ravno na mrežnici stičejo, postane na nji samo jedna slika *i*, in

okó vidi svetlo točko J jednovito; ako se žarki stičejo za mrežnico, narediti se na nji dve sliki c in d , in okó vidi namesto jedne svetle točke J dve, K in L . Ker je slika na mrežnici oziroma predmeta narobe, odgovarja gornji sliki c dolnja točka L , sliki d pa točka K . Ako zatorej zakrijemo sliko d , izgine točka K , ako zakrijemo sliko c , pa točka L .

Ravno tako vidi okó dve svetli točki, ako se žarki stičejo pred mrežnico in na mrežnici dve sliki e in f postaneti. Sliki f odgovarja svetla točka K , sliki e pa točka L . Ako se zakrije slika f , t. j., luknjica l , izgine točka K , ako se zakrije slika e , t. j., luknjica m , pa točka L .

Na to se opira Schreinerjev poskus. Poskus sam se pa izvršuje tako-le: Narêdi na močnem papirji, n. pr. na karti, z iglo dve luknjici 1 do 2 $\frac{m}{m}$ narazen, tako, da se obe ob jednem lahko položiti na zenico in sicer tako, da stojiti v ravnovesni méri. Potem vprì okó na iglo, stoječo pred luknjicama; vidiš jo jednovito in razločno omejeno. Ako pa vpreš okó v kako drugo točko za iglo ali pred njo, vidiš iglo dvojnato. Ako pokriješ jedno luknjico, izgine jedna slika. Izgine pa druga slika, ako si okó vprl v točko pred iglo, kakor tedaj, ko okó vpreš v točko za iglo. Stvar je tista, kakor pri zgoraj opisanem poskusu, le da smo imeli prej gornjo in doljno sliko, zdaj pa imamo, ker stojiti luknjici ravnovesno, desno in levo sliko. Ako vpreš okó v točko pred iglo in pokriješ desno luknjico, izgine desna slika; ako pa vpreš okó v točko za iglo in pokriješ desno luknjico, izgine leva slika. Iz tega se sklepa, da se žarki, dohajajoči od točke, ki je dalje, kakor óna, v katero smo vprli okó, stičejo pred mrežnico, žarki pa, dohajajoči od točke, ki je bližje, nego ona, v katero smo vprli okó, še le za mrežnico.

Uravnava očesa po dalji predmetov ima svojo mejo. Mogoče je okó vpirati v najoddaljenejše vidne predmete, a ne dá se razločno gledati, ako je predmet preblizu očesu. V bližini se da le do neke gotove dalje razločno videti. Žarki, kateri prihajajo od predmeta, ki je bližje pri očesu nego 1 $\frac{d}{m}$, ne dadé se več na mrežnici združiti. — Najbližnja vidna točka (Nahepunkt des Auges) je točka, do katere smemo predmet približati, ako ga hočemo še razločno videti. Najdaljnja vidna točka (Fernpunkt) je točka, na katero je v dalji še mogoče vpreti okó. Najbližnjo vidno točko ima vsako okó, in ta je pri zdravem očesu 1 $\frac{d}{m}$ proč od njega. Najdaljnje vidne točke pa zdravo okó nima, ali tista je za zdravo okó neizmerno daleč, ako so predmeti dosta veliki.

Vsako okó gleda v gotovi dalji brez vsega napenjanja in truda najrazločneje. To je dalja, v kateri navadno držimo knjigo, kadar beremo, in se imenuje dogled, dalja razločnega vida ali vidna dalja (Sehweite). Za zdravo okó je vidna dalja $2\cdot6 \frac{d}{m}$. Za večje in manjše dalje se mora zdravo okó uravnjavati.

So pa nekatere oči, katere imajo krajšo vidno daljo, nego $2\cdot6 \frac{d}{m}$, in katere se ne morejo uravnati za velike dalje. Take oči se imenujejo kratkovidne. — Druge oči imajo večjo vidno daljo, nego je $2\cdot6 \frac{d}{m}$, in se ne morejo uravnati na blizu stoječe predmete — to so daljnovidne oči.

O kratkovidnosti in daljnovidnosti in družih očesnih nepravilnostih govorimo še posebe.

Povedali smo, da se v očeh členonožcev nahajajo mišice, s katerimi se roženica približuje kristalni paličici. To premikanje roženice nima drugega namena, nego uravnati okó za različne dalje. Kjer so poleg sestavljenih oči še jednovite, misli se, da so sestavljene oči za daljne, jednovite pa za bližnje predmete.

- 8) Da na mrežnici postane čista slika, mora biti okó prosto sferskega in hromatskega odklona. Skušnja nas uči, da nam je mogoče jasno in razločno gledati, dasi se morajo svetlobni žarki lomiti v različnih tvarinah, prej ko naredé sliko na mrežnici; iz tega se sklepa, da so slike v očesu proste sferskega in hromatskega odklona. Da, nepopolnosti odklona v očesu so odpravljene, vendar ne po vsem, kakor se je prej mislilo. Natančna opazovanja so dokazala, da mrežnične slike niso popolnem proste barvnih robov.

Sferski odklon v očesu odpravljajo:

- a) Sestava kristalne leče. Povedano je uže bilo, da imati nje površini različni krivini; zadnja stran je bolj zakrivljena, nego sprednja; sprednja ploskev dalje ni povsod jednako zaokrožena, v sredi je bolj ploščata, nego ob krajéh. To storí, da se napošev dohajajoči žarki menj odklanjajo, ker zadevajo lečo pod manjšimi vpadnimi kóti. Tudi to nekoliko pripomore, ker je leča proti sredini gostejša; osrednji žarki se zavoljo tega bolj lomijo in hitreje združujejo, nego obkrajni (robni). Ako bi tega ne bilo, združili bi se obkrajni žarki (Randstralen) bližje leče, nego osrednji.
- b) Šarenica, katera brani, da vsi žarki ne vstopajo v lečo, ter tako odstranjuje robne žarke, kateri bi najbolj pospeševali odklon. Notranja stran šarenice posrče óne žarke, katere odbija leča.

- c) Oblokasta oblika mrežnice. Čim dalje od križališča žarkov v leči je predmetova točka, tem bližje križališču je nje slika na nasprotni strani leče. Ako zatorej pred očesom stoji predmet nalik premi črti, njegova slika v očesu ne bode prema, temuč iz navedenega vzroka lokasta črta. Ko bi mrežnica bila ravna, ne mogle bi vse točke te lokaste črte padati nánjo, in mi bi predmeta ne videli jasno; mrežnica je pa oblata, tako, da vse slikine točke padajo nánjo, zato je slika povsod jasna.

Da so slike brezbarvne, k temu pomaga primerna medsebojna leža očesnih prozornih tvarín, katere svetlobo različno lomijo in barve različno razsipljejo. Rekli smo pa uže, da hromatski odklon v očesu ni popolnem odpravljen. To se dá dokazati na več načinov. Gledaj skozi ahromatsko lečo tenko nit — osvetljeno z rudečo svetlobo — v tacem položaji, da jo prav razločno vidiš. Ako jo potem razsvetliš z modro svetlobo, izgine ti, in postane zopet vidna le, ako jo približaš leči. To je dokaz, da se v očesu vse barve ne lomijo jednako. — Vpri okó v svetlo točko, v ozko svetlo špranjo ali progo, potem pa pomiči od strani zaslon pred okó. Kadar je polovica zenice zakrita, prikaže se ti svetla točka ali proga razširjena, na jedni strani rudeča, na drugi modra. Ako je proga prav ozka, razločujejo se še druge barve barvne slike. Za zaslon nam v tem slučajji služi lahko nós. — Barvni robóvi opazijo se tudi na temnih predmetih, kateri se držé proti belemu dnú ali oblačnemu nébesu, posebno ako se okó ne vprè ostro vánje.

Še drugi poskusi nas učé, da le óne svetle točke brezbarvne vidimo, v katere je okó vprto; druge točke, katere so očesu bližje ali dalje, nego óna, na katero je okó uravnano, obrobjene so modro ali rudeče. Tudi teorijsko se dá dokazati, da so čisto brezbarvni robov le óne točke, katere stojé v gotovih, očesu primernih daljah.

Nahaja se pa nek drug odklon, kateri Helmholtz monohromatski imenuje, ker se opazuje tudi pri jednoviti svetlobi. Pokazuje se posebno pri nepopolni uravnavi očesa, pojavlja se pa tudi, če okó vpremo v jako svetlo točko. Sém gredó slike sè žarki obdane. V tačih slikah se nam prikazujejo zvezde in daljni plameni. Žarnih snopičev iz svetlega središča izhajajočih je 8—10, a ne pri vseh oseh jednoliko. V žarnih slikah (Stralenfiguren) vidimo tudi svetle točke, katere so očesu bližje, nego točka, v katero smo vprli okó. Te slike so po Helmholtzu v ravnovesni méri bolj raztegnene, prve pa bolj v padni.

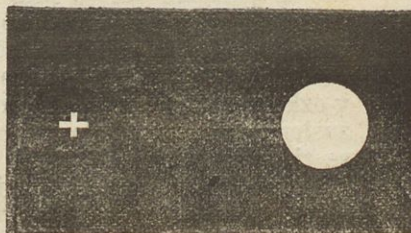
Od svetle črte postane časih več slik, ker vsaka točka nareja žarno sliko. Mnogo ljudi vidi od rožícev mesečnega

srpa po več slik. Pozabiti ne smemo, da prikazni žarnih slik izvirajo po nekoliko od mokrotnih kapljic, katere navadno sedajo na roženico in očesne slike nekoliko pačijo, po nekoliko je pa njih vzrok res v očesu samem.

- 9) Najrazločnejše vidimo, ako slika pada na rumeno pego. Nanjo pa pada slika óne točke, v katero smo vprli okó. Nikjer ni slika tako ostro omejena, nego na tem mestu, zato tukaj vidimo najrazločnejše in najbistreje. Čutljivost mrežnice na družih mestih je mnogo slabejša.

Ako pade slika na slepo mesto, dotičnega predmeta ne vidimo, ker je to mesto neobčutno. Ako se hočeš prepričati, da je v očesu res takovo slepo mesto, zamíži z levim očesom, desno pa vpri v beli križec (*pod. 35*). Knjigo drži v navadnem do-
gledu, primíči ali odmiči

Podoba 35.



jo počasi in skóro najdeš daljo, v kateri beli krog popolnem izgine. Paziti moraš, da je okó prav dobro vprto v križec. Beli krog izgine, kadar njegova slika pade na slepo pego. Ako hočeš z levim očesom opazovati in z desnim mižati,

drži knjigo narobe. Narediš si tudi lahko sam na papirji dve znamenji, kateri sti toliko vsak-sebi (narazen), kolikor naše oči. Ako gledaš od blizu desno znamenje z levim, ali levo znamenje z desnim očesom, skóro najdeš položaj papirja, v katerem ti izgine drugo znamenje.

Slepo mesto je toliko, da more 2 metra oddaljeni človeški obraz izginiti, ako je okó prav obrneno. Pri navadnem gledanju se pa ta slepota še ne opazi, ker jedno okó vidi, kar drugo zaradi slepega mesta ne vidi. Da se ta slepota opazi, treba je okó dobro vpreti na kak predmet, drug majhen predmet pa tako pred okó postaviti, da njegova slika pada na slepo mesto. Nekaterim se to ne posreči, ker niso vajeni z jednim očesom nepremično na tisto mesto gledati, in se jim zaradi tega presledek v vidnem prostoru takó hitro premiče, da ga ne opazijo.

Tudi druge točke, katere so prav blizu óne, v katero smo oči vprli, vidimo jako natančno. Točke, katere še razločno vidimo, so na mrežnični sliki do 1 $\frac{m}{m}$ narazen, in tolik po priliki je premer rumene pege. — Čim dalje proč od rumene pege slika pada, tem nerazločnejše vidimo.

Stvari, katerih slike ali deli slike so na mrežnici za $50-60^\circ$ proč od rumene pege, vidimo le v nejasnih obrisih, in ako so te stvari majhne in slabo osvetljene, jih celó ne opazimo. Da je temu različna občutljivost mrežnice kriva, sodimo iz tega, ker so vsi deli objektivne slike na mrežnici jednako razločni, tisti, kateri na rumeno pego, kakor óni, ki na druge dele mrežnice padajo. — Občutljivost mrežnice pa ne pojema v jednaki meri z daljo od sredine rumene pege, temuč hitreje v padni, nego neprevesni méri. Tako n. pr. vidimo pri navadnem tisku 6—8 črk prav razločno, gornja in dolnja vrsta sti pa uže nerazločni.

- 10) Roženica mora biti okrogla. Popolnem okrogla, kakor je odsek oble, roženica nikdar ni — vselej je od zgoraj doli drugače zakrivljena, nego z desne na levo. Ta razlika krivine navadno vidu ne dela toliko kvari, da bi ne mogli zaradi nje razločno videti, le kadar je precej velika, je slika na mrežnici nejasna in na robéh spačena. Tacemu očesu pomaga se s posebno zbrušenimi naočnicami.

Določba najbližnje in najdaljnje vidne točke.

Priprava, s katero se dá vidna dalja, posebno najbližnja in najdaljnja vidna točka določiti, zóve se optometer ali vidomer. Najjednovitejši optometer obstóji iz kakoršnega koli ozkega predmeta, n. pr. igle, ozke svetle špranjice, mrežice iz tenčega drata, kateri predmet se da ob merilu premikati. Predmet se približuje očesu in odmiče od njega, dôkler ga je mogoče razločno videti; merilo nam pa pokaže dotične dalje.

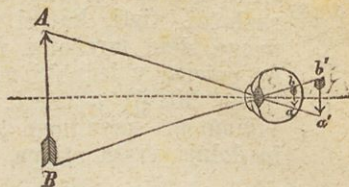
Pogreški vida.

- a) **Kratkovidnost.** Kratkovidni so ljudje, kateri pri navadni vidni dalji $2.6 d_m$ ali pri vidni dalji od te le malo različni predmetov razločno videti in oči na daljne predmete uravnati ne morejo. Taki ljudje primičejo si, posebno drobne predmete, črke itd., prav blizu očem, ako jih hočejo razločno videti. Najbližnja vidna točka je pri kratkovidnih menj, nego $1 d_m$ strani od očesa, pri nekaterih celó le $5 \text{ } \frac{1}{m}$; najdaljnja vidna točka pa jim tudi ni daleč od očesa, največkrat jim je le za 3 do $1.6 d_m$ pred očesom. Meje, med katerimi more kratkovidec razločno gledati, so zatorej zeló majhne.

Žarki, kateri prihajajo od predmetov iz večje dalje, nego je najdaljnja vidna točka, lomijo se premočno in zdru-

žijo se prej, nego pridejo do mrežnice. Slika predmeta naredi se pred mrežnico (glej sliko *ab* v *pod. 36*). Da predmetova slika pride na mrežnico, in da ga vidi jasno, mora kratkovidec predmet primakniti prav blizu očesu, ker se s približanjem predmeta k očesu stikalna dalja žarkov zdaljša. Ako pa se predmet približa očesu, pošilja močnejšo svetlobo vánj, in povekša se vidni kót, zato kratkovidec vidi drobne stvari bolje in razločneje, nego gledalec s pravilnim, zdravim očesom.

Podoba 36.



Vzrok kratkovidnosti je urojen ali pridobljen; ta vzrok je namreč prevelika zaokroženost roženice ali leče, zato se svetloba bolj lomi, in zato stikaljšče žarkov bližje leči pride, nego navadno, in ne doseže mrežnice. Ako vidiš človeka z jako zaokroženo roženico, da mu — rekel bi — okó štrli iz očnice, sklepati smeš, da je kratkoviden. Kratkovidni tudi radi pomežikujejo. — Zaokroženost roženice, katera provzrokuje kratkovidnost, je pa urojena ali pa je postala iz navade, primikati predmete blizu oči. Med vaško detco je malo kratkovidcev, ker se ta detca ozira bolj daleč po polji, pašnikih itd., in gleda bolj oddaljene predmete. Sploh je med vsemi stanovi več kratkovidcev, nego v kmetskem.

Kratkovidci lahko postanejo obrtniki, kateri opravljajo taka dela, da jih morajo držati blizu očesa in ostro vánje gledati, n. pr. urarji, bakrorézci, lesorézci itd. Nevarno je tudi pogosto in dolgo branje pri slabi svetlobi, ker se tú berilo bližje očesu drží, in okó bolj napenja, nego navadno. Zaradi večkratnega ponavljanja tega napenjanja ostaja roženica vedno bolj zaokrožena, in okó izgubi vzmožnost, daljne predmete bistro videti. Pri vsacem uravnanji očesa na jako bližen predmet pomakne se namreč leča nekoliko naprej, zaradi tega vodena mokrina na roženico bolj pritiska in ta se bolj napne in vzboči, nego pri navadnem gledanji; pogosto ponavljanje takega gledanja storí, da roženica ostane preveč vzbokla. Posebno mladina tako lahko postane kratkovidna.

Kratkovidnost se v starosti mnogokrat sama izgubi. Kakor vsi sokovi, tako se v starosti tudi tekočina v očeh suší, in to pomanjšuje zaokroženje leče in roženice. — Casih je mrežnica predaleč od leče; takovo okó mora tudi kratkovidno biti.

b) Daljnovidnost. Nasprotna očesna naopaka je daljnovidnost. Daljnovidci so oni, kateri ne morejo pri navadni dalji razločno videti in oči na bližnje predmete uravnati. Ako hočejo razločno videti, morajo si bližnje predmete, n. pr. knjigo pri čitanju, odmakniti od oči. Najbližnja vidna točka je pri daljnovidnih ljudeh 3—8, pri nekaterih celo $15 \frac{d}{m}$ (tudi več) od očesa. Najdaljnja vidna točka je, kakor pri zdravih očeh, v neskončni dalji. Meje, med katerimi daljnogledec razločno vidi, so zatorej prav malo manjše, nego pri človeku s popolnem zdravimi očmi, le to je nerodno, da tega ne vidi, kar mu je „prav pred nosom“, da mora bližnje predmete odmikati, in da prav drobnih predmetov, majhne pisave in drobnih črk ne more razločiti, ker vidni kót premajhen postane, in njih svetlost precej oslabi, ako jih drži v oni dalji, v kateri bi jih razločno videl.

Daljnovidnost prihaja od tod, ker se v nekaterih očeh žarki predmetov, stoječih v vidni dalji zdravega očesa, preslabo lomijo, da bi se mogli stikati ravno na mrežnici. Stikaljšča žarkov so v tacih očeh za mrežnico; čista, razločna slika v tem slučaju naredila bi se za mrežnico, ko bi mogli žarki skozi njo prodreti (glej sliko $a'b'$ v *pod. 36.*). Ako hoče daljnogledec razločno videti, mora skrajšati stikalno daljo žarkov in tako prenesti sliko na mrežnico, in to se zgodi s tem, da se predmet odmakne od očesa. Zato daljnogledec vsako reč gleda od daleč.

Pri daljnovidnih ljudeh je roženica ali leča bolj sploščena, nego po navadi, zato se žarki bližnjih predmetov preslabo lomijo in predaleč od leče združujejo. Tudi daljnovidnost lahko postane zavoljo navade, in sicer zaradi navade, pogosto daljne predmete gledati. Pri uravnavanju očesa na daljne predmete se roženica sploščuje in naposled to obliko obdrži. Izvzemši stare ljudi je največ daljnovidcev med kmeti, pastirji, lovci in mornarji, ker ti pogosto daljne predmete gledajo. V starosti je pa ta očesna hiba prav navadna, skóraj pravilna; suše se namreč očesne mokrine, in zato se očesni deli sploščujejo, in svetlobo slabše lomijo.

Vzrok daljnovidnosti je časih prekratka vidna ós; mrežnica je preblizu leče, zato se od predmetov v navadni dalji ne delajo razločne slike na nji.

Znamenja nastopajoče daljnovidnosti so: Drobne stvari moramo precej odmikati od očesa, ako jih hočemo videti. Drobna pisaža in drobán tisek nam postajata zoprna. Ako držimo drobne predmete ali drobno pisavo v navadni dalji, zdí se nam vse nekako megleno, zato zahtevamo pri branju več svetlobe.

- c) Teškovidnost. Kratkovidec more predmet jasno videti le tedaj, ako mu razhodni snopiči žarkov padajo na okó. Pravilno okó vidi razločno tudi, ako žarki vzpóredno prihajajo vánje. So tudi take oči, katere ne samo vzpóredno, temuč tudi stično nánje padajoče žarke na mrežnici združujejo v razločno sliko. Takovo okó zóve se hipermetropsko (übersichtig); mi ga čemo imenovati teškovidno, in sicer zato, ker se le s težavo uravnava. Takovo okó vidi dobro bližnje in daljne predmete, ali le z naporom in trudom. Uravnavanje je tú tako težko, da nastopajo zaradi truda take prikazni, katere vid zeló motijo. Kdor je teškoviden, tega branje skóro utruji; črke mu se izgubljajo izpred oči; nehati mora brati; mane si oči in briše čelo z roko; ako se še dalje napenja, tiščí ga nekaj v čelu vedno bolj, in ako si še ne odpočije, začne ga celó glava boleti. — Ta očesni pogrešek se precej redko nahaja. Vzrok mu je ta, da je okó zadaj preveč sploščeno, očesna ós zatorej prekratka. Teškovidnost zamenjava se časih z daljnovidnostjo.
- d) Slabovidnost. Slabovidnost nastopa, ako je mrežnica nekoliko svoje občutljivosti izgubila. Občutljivost mrežnice pomanjšuje prehuda svetloba ali predolgo napenjanje oči. Kdor je slabega vida, drži predmete blizu očesu, da dobó več svetlobe od njih, zato se o slabovidcih večkrat pogrešno sodi, da so kratkovidni. — Ako je kdo samo jedno okó neprimerno napenjal, oslabi mu le to.
- e) Škilenje. Vzrok škilenju je, da obe očesi svojih osí ne uravnati jednako. Zdí se nam, da človek, ki ima to hibo, z jednim očesom sém, z drugim tija, ali navskriž gleda. Vidni osí ne križati se v točki, katero bi škilec rad videl. Pri škileci se zatorej vprè le jedno okó v gotovo točko, in le v tem očesu postane razločna slika. — Škilenje je prirojeno ali pozneje pridobljeno. Pri urojenem škilenju je navadno notranja mišica, s katero se okó na levo in desno obrača, prekratka ali preveč skrčena. Pri prej zdravih obeh začinja se škilenje s tem, da se vidni osí le časih naopačno obrneti; ako se to ponavlja, oslabé nekatere očesne mišice in škilenje postane stalno. Očesne mišice oslabé časih tudi zaradi nekaterih bolezni.

Škilenje je pomično, ako se škileče okó more obračati za gibajočimi se predmeti kakor prav gledajoče okó — ali nepomično, ako se škileče okó ne more obračati za zdravim. Pomično škileče okó škili ven ali noter.

Škilasti ljudje vidijo navadno dvojnato, a le v začetku, ker je slika v naopačno obrnjenem očesu nerazločna, in ker jih tip in druga izkustva skóro naučé to sliko zanemarjati,

in le po jasnejši ravnati se. — Škilci ne vidijo telesnosti predmetov in njih dalje slabo presoja.

Škileti se more z jednim ali z obema očesoma premenjema; to je, škilec vpira vedno tisto oko v predmet, ali pa zdaj jedno zdaj drugo. Tudi takovo škilenje se nahaja. Kjer so vidne osi gori ali doli obrnene namesto naravnost.

Škilenje popolnem odpraviti se dá le z operacijo; druga pripomagála in tudi rožene naočnice z majhno luknjico na sredi le branijo, da se škilenje dalje ne razvija; nekateri očesni zdravniki celo trdé, da take naočnice škodujejo. Kdor se hoče odvaditi škilenja, mora imeti trdno voljo. Kadar je pa škilenje uže stalno, treba je operacije; ta je brez nevarnosti in se hitro izvrši. Očesni zdravnik dotično mišico nekoliko vreže.

Vzroki očesnih pogreškov in kakó se jih čuvati

Pogreški oči, posebno kratkovidnost in slabovidnost, množé se dan danes strahovito. Profesor Netoliczka v Gradci je preiskal po ljudskih in meščanskih učilnicah 5000 dečkov in deklic in našel je med dečki 10 %, med deklicami 13 $\frac{1}{2}$ % jako kratkovidnih in tudi slabovidnih nekoliko. Tacih, ki so le nekoliko kratkovidni, je še več. Število kratkovidcev — posebno na srednjih učiliščih — raste od razreda do razreda. Na deželni realki v Gradci je našel Netoliczka v dolnjih razredih 5 $\frac{3}{4}$ %, v zgornjih pa celo 17 $\frac{1}{2}$ % kratkovidcev. V jednom razredu ni našel niti polovice pravih oči. Še žalostnejše rezultate našel je lani (1880. l.) na prvi državni gimnaziji, kjer je večina šolskih sôb pretamna.

Vzrok tem žalostnim prikaznim je nevednost in neskrb, ali pa ničemurnost in nemarnost. Koliko se uže pri nežnih otrocih greší! Kako malo se navadno pazi na oko! Le redko se išče pomoč pri zdravniku, in to največ še le tedaj, ko je uže teško pomagati. Mnogi si pokvarijo oči z naočnicami, katere njih očem niso prikladne. Namesto povprašati za svét očesnega zdravnika, kupujejo se naočnice tako na slepo srečo. — Mladina dan danes rada posnema bedasto modo, brez potrebe nositi naočnice, ščipalnice (Zwicker) in jedno-očnice (Monocle), in se ponašati z očesnimi pogreški, kakor bi res kratkovidnost bila zaželena. Pozneje se, se vé, marsikdo kesá, ali prepozno je — kupil si je kratkovidnost in ne more se je iznebiti.

Uže pri rojstvu otrokovem se časih greší. Premočna svetloba je novorojencu zelo nevarna. Roditelji in drugi, katerim je skrb za otroke izročena, morali bi zelo previdni biti. Okó se

mora otroku večkrat očistiti, in paziti je treba, da je v sôbi poleg prave svetlobe tudi čist vzduh. Nekatero matere puščajo vso noč goreti luč, da jim je ni treba užigati, ako jo potrebujejo. To je otročjim očem kvarno, posebno, ako so občutljive. — Prav majhni otroci so časih skôro popolnem poslom prepuščeni, in otrokom se pri teh ne godí vselej kaj dobro. Kolikokrat vidiš otroke voziti v odprtih vozičkih! Ubogo dete leží vznak in mora neprestano gledati svetli nébes. Še solnca ga ne čuvajo vselej. Ali je čudo, ako otrok postane slaboviden? Človeka jeza zgrabi, kadar vidi kaj tacega. Naj nemarna péstunja leže vznak, in naj gleda svetli nébes, skusila bode, kako je to prijetno.

Paziti je treba, kako je otročja posteljica postavljena. Glava ne sme biti obrnena proti oknu, posebno v sôbah ne, katere leže proti vzhodu, ker tú pada zjutraj močna svetloba v okó in slabí vid. To veljá tudi o posteljah za odrasčene. — Nekateri navlaš obračajo zglavje proti oknu, češ, da otroci predolgo ne spé. To ni pametno; rajši otroke na kak drug način spraviti iz postelje. Ako je okno po nôči zagrneno, naj se ne odgrne na hip; nagla sprememba svetlobe je kvarna.

Ako je otrok prva leta svojega življenja prebil brez kvare za svoje oči, pretí mu druga nevarnost, kadar začenja šolo obiskovati. Žalostno, a resnično je, da je kratkovidnosti mnogokrat šola kriva. Tú je treba najprej imenovati šolske sôbe; kvarno očesu je, ako je šolska sôba temna ali soparna, in ako svetloba ne prihaja od prave strani. Skrbí naj se, da bode vzduh vedno čist in suh. Šolska sôba bodí, kolikor mogoče, svetla, ali svetloba naj ne pada naravnost v okó. Stene naj ne bodo prebele, kajti tudi to ne vgaja očem. Priporoča se, stene svetlo-sivo ali nekoliko modrikasto pobarvati. V temnih šolskih poslopih nahaja se do 20% jako kratkovidnih učencev, v svetlih le malo ali nobeden zeló kratkoviden.

Rekel bode morebiti kdo: Po mestih imajo lepše šolske zgradbe, nego po deželi, kjer se šole z majhnimi vsotami zidajo, a vendar je po mestih več kratkovidnih učencev, nego na kmetih. To je res, ali pomisliti je treba, da je sploh vzduh na deželi čistejši in očem vgodnejši, nego v mestu, in da si kmetski dečki, hodeči na polje, pašo, v gozd itd. vedno krepčajo okó, česar mestni otroci navadno ne morejo.

Graje vredno je tudi to, da so največ še po šolskih sôbah klopi jedne mere. Učenček naj drži glavo v pravi višini nad klopio, a je časih tolik, da se jedva iz klopi vidi.

Tudi dijaki srednjih šol, in sicer še taki, kateri bi morali uže paziti náse, pokvarijo si le prepogosto oči. Ne more se jim dovolj priporočati, naj ne drzé knjige pri branji in papirja pri pisanji in risanju preblizu očem. Naj ne opazujejo predolgo in

nikdar brez potrebe drobnih predmetov, in kadar začutijo pri tacem opazovanji ali drugem delu trud, bolečino, ali kak bôdec v očesu, naj nehajo okó napenjati in naj večkrat zamižé. Nevarnost, da postanejo kratkovidni ali slabovidni, je tem večja, ker se mnogi navadijo prav drobno pisati, in ker je še vedno mnogo šolskih knjig z drobnim tiskom in nejasnimi slikami. Pred seboj imam nekoliko zelo razširjenih učnih knjig za srednje šole, v katerih se nahaja ravno toliko — ako ne več — drobnega tiska, nego navadnega. Po 57—60 vrst na jedni strani navadnega formata, to ne more biti dobro, kajti šolska knjiga rabi dan za dnevom. A ne le drobni tisek sam na sebi, tudi to dela kvaro, da mora okó malo ne na vsaki strani knjige prehajati od navadnega tiska na drobni. Kadar pridemo do drobnega tiska, primaknemo si knjigo, da nam ni treba oči tako napenjati, a potem radi pozabljamó odmakniti jo, ko zopet pridemo do navadnega tiska. — Tudi na zemljevidih so imena in znamenja jako drobna in prav gosto skupaj, da je tudi najboljšemu očesu skôraj večala potreba, ako jih hoče razločiti. Iskanje po zemljevidu je veliko bolj trudljivo, nego navadno branje, ker mora človek okó pomikati na vse strani. Šolske oblasti naj bi prepovedale vse učne knjige in učna pripomagála, pri katerih je treba oči preveč napenjati. To je tem bolj želeti, ker morajo dijaki po zimi doma le pri luči delati, in dijaška luč ni najsvetlejša.

Pa ne samo učne, temuč tudi druge knjige naj bi se razločno tiskale. Koliko je knjig in družega berila, katerega človek ne more brati brez kvari na očéh!

Redki so, ki mislijo na to, da je slabo za oči, ako se piše na siv, temen papir z bledim črnimom.

Otroci in mladenči, dôkler rastejo, imajo jako občutljivo okó, in prav lahko postanejo kratkovidni, zato naj razumni roditelji, učitelji in odgojitelji skrbno pazijo nánje, da si ne kvarijo oči brez potrebe, da pri slabi svetlobi, posebno v mraku ne beró, da se pri branji, pisanji in risanji ne držé sključeno itd. Ako pa spoznajo, da so otroci uže kratkovidni, naj jih učé če dalje iz večje dalje gledati, naj jim n. pr. knjigo polagoma od oči odmičejo. Na ta način se mladina lahko iznebí kratkovidnosti. Dobro je tudi take otroke pogosto voditi ven na jasno, ter jim tú kazati različne daljne predmete.

Žal, da je mnogo roditeljev in družih odraščelih ljudi, kateri ne pomislijo, odkod je to, da so sami slabega ali kratkega vida, in mladino k napenjanju oči silijo ali spodbujajo, namesto odvratači jo od vsega, kar je očem kvarno, in skrbeti za dovoljno svetlobo. V družinah je navadno le jedna svetilnica na mizi, in starejše osebe izberó si najboljše prostore, otroci se pa odrivajo, češ, ti imajo dobre oči, ni treba jim mnogo svetlobe. Otroci, se

vé, ne vedó, kakšne nasledke to ima, in nekateri se celó prostovoljno od luči odmičejo, hoteči starejšim pokazati, kako malo svetlobe potrebujejo, da morejo še brati ali pisati.

Trudljivo je tudi branje nóť pri igranju na klavirji, ker mora okó več druga nad drugo stoječih nóť ob enem videti. Škodljivo je to posebno zvečer, ker se navadno sveče med nóťe in okó postavljajo. Rabiti bi se morali prosojni zasloni.

Škodljiv očem je nemiren, trpoléč plamen. Okó se pri nemirni svetlobi skôro utruđi. Plamen svetilnice naj bode v taki višini, da okó ni zaséneno, zato naj se ne rabijo neprozorni zeleni zasloni, temuó beli prosojni. Svetilnica naj ne stojí preblizu očem, ker toplota, katero izžarjeva, očesu ne vgaja. — Na kvar očesu je gledanje drobnih stvari po solnónem zapadu ali pri slabi luči.

Nevarna za mrežnico je premočna svetloba. Ako je svetloba prehuda, pokvari nam mrežnico lahko do kraja. V solnce ne moremo gledati, sicer oslepimo. Tudi bliskanje — posebno po noči, ko je zenica bolj razširjena — teško prenašamo. Mnogi so uže oslepele, ker se jim je iznenada zabliskalo pred očmi. Slabo je gledati gladke, svetle in sijajne stvari, n. pr. led, sneg, zrcalo, vodo itd., kadar solnce sije nanje. Nespametno je, brez potrebe na solnci brati, pisati, šivati itd. Kvarno je, dolgo gledati v mesec, plamen, svetlo luč, žareče oglje itd. Pekarji, kuharice, kovači, netilci parnih strojev in drugi, kateri morajo v vročini delati in v ogenj gledati, so v starosti slabega vida, in nekateri, ki so zeló občutljivi oči, celó oslepé.

Prevelika močnost in nagla sprememba svetlobe je tudi zdravemu očesu nevarna, toliko bolj naj se je čuva, čegar vidni živec je uže tako slab in razdražen.

Delalci, kateri brusijo steklo in kovine, urarji, bakrorezci, kámenopisci itd. ne morejo si dovolj čuvati oči. Kvarno je posebno ponočno delo, prah in dim, katerim se pri nekaterih rokodelstvih ne dá ogniti. Priporoča se tacim delalcem snažiti in zračiti delalnice, izpirati si pogosto oči, večkrat po nekoliko časa počivati in vkrog sebe gledati. — Delalci, kateri obdelujejo kamenje in kovine, morali bi nositi posebne naočnice, da jim odletavajoči oskalki ne zadevajo očesa.

Po južno-slovenskih in družih južnih krajih stanovniki navadno nimajo peči. Po zimi posedajo po nizkih ognjiščih, na katerih palijo največ slaba in surova drva, da skôraj ni družega iz njih, nego dim. Vrhu tega je še mnogo koč brez dimnika — in dim se vlačí po vseh prostorih; ako še burja pride, kadí se v teh črnih béznicah tako, da je čudno, ako ljudje, ki so obsojeni notri bivati, ne oslepé. Ljudstvo v tacih krajih vnemati za čedna ognjišča in peči, reklo bi se širiti kulturo.

Še kvarnejši, nego navadni dim, je tabakov dim, ker se v tabaku nahajajo otrovne (strupene) tvarine. Pa kaj človek mara! Kolikokrat rajši trpi, da mu oči zatečejo, kakor bi se odrekel sladkemu dimu, ali skrbel, da bi se odpravil tabačni dim iz sôbe ali pivnice.

Slaba je navada, hodeč brati, še slabša brati na vozu ali med vožnjo na železnici. Okó je tú nemirno in se zeló trudi. Na kolodvorih prodajajo novine in drugo berilo. Da bi se človek ne dolgočasil med dolgo vožnjo, kupi si berila in kvári si očí. Razvada, med vožnjo brati, je posebno v Ameriki vdomačena. Tam ima železniški vlak tiskarno seboj, na postajah vzprijemlje iz mest brzovajna poročila, katera se hitro tiskajo in potnikom izdajajo.

O novinah bodi omenjano, da so ozki stolpci (kolone) za očí boljši, nego široki, ker se pri ozkih okó menj pomiče. — Da menj časa izgubé, beró nekateri novine le površno; bralec bi rad hitro izvedel, kaj je vse v novinah, in vse članke — rekel bi — preletí z očesom. Okó pri tacem površnem branji precej trpi. Sploh je hitro branje bolj kvarno, nego počasno, kjer se okó le počasi pomiče. Zato zabavno berilo okó hitreje utrují, nego branje znanostnih spisov. Zabavne spise beremo hitro, znanostne pa počasi. Jako trudljivo je prepisovanje, ker se mora okó vedno sem ter tija obračati, še bolj trudljivo, je risati po vzorcih. — Kvarna je navada, v postelji brati. Človek išče v postelji počitka; dôkler pa okó ne počiva, tudi živci ne najdejo pokoja.

Kadar človek hudo bolezen prebije, mora se še dolgo vsacega napora čuvati, ne sme se truditi s hojo, ne sme preveč jesti, piti itd., — le očem malokdo prizanaša. Naravno, dolg čas je prebolniku, in zato bere; naj si krati čas — kdo bi mu to prepovedoval? — ali pozabiti mu ni, da je tudi okó počitka in krepčanja potrebno.

Ne redko je držanje telesa krivo kratkovidnosti. Mnogi se držé pri delu, kolikor je mogoče nerodno. Kolikokrat se vidijo dekleta, katera šivajo čepé. Šivanje si pripnú na koleno, in glavo držé tudi malo ne na kolenu. Stari sključeni ženici se to ne more zameriti, mladenki je pa to grdó, ko bi uže škodljivo ne bilo. Nekateri se pri delu tudi tako držé, da se jedno okó bolj napenja, nego drugo; zaradi tega dobé očí nejednake doglede.

Kvaren očesu je vsak krvni navál. Navál krví pa provzrokujejo razne okolnosti; omenjati hočemo tú neprimernih, tesnih oblačil, trdih, neugíbičnih zavratnikov, pasov, stanov na zadr-guljico (Schnürleib) itd. — vročine in dušnega napora precej po jedi. Sôbe, v katerih se dela, naj se ne grejejo preveč; po kosilu naj duh nekoliko počiva.

Čuvati se je dobro močnega svetlobnega odseva. Solnce naj ne sije v sôbo; stene — kakor smo uže pri šolskih sôbah

omenjali — naj ne bodo prebele; kvarno očem je tudi, ako stene nasproti stoječih hiš svetlobo preveč odsevajo. — Ne priporoča se nositi senčnike prežvilih barev, ker je odsev prejak. Nekatere dame nosijo celó rudeče podvlečene senčnike; šegavi ljudje pravijo, da zaradi tega, da bi se ne videle tako blede. — Da se branijo vetru, nosijo dame tú pa tam naličja (Schleier). Tudi naličja naj ne bodo živih barev; naličje bodi sivo ali modrikasto. Prav občutne oči ne morejo prenašati nikacega naličja. Nekatere dame dobé vrtoglávico, ako si potegnejo naličje črez oči.

Omenjali smo uže, da se okó lahko tudi škilenju privadi, in to se rado zgodi uže v nežni otročji dôbi. Roditelji naj bodo zatorej tudi v tem oziru pazljivi. Od otročje pósteljice naj se odstranijo vsi sijajni predmeti. Péstunje naj ne péstujejo otrok vedno na jedni roci, in naj jim igrač in družih stvari ne drže preblizu oči. Premajhnih, predrobnih in sijajnih igračic naj se otrokom ne daje.

Odraščeni, kateri so zaradi slabih očesnih mišic škilenju nagneni, in kratkovidci ne smejo oči prehudo napenjati.

Kogar oči bolé, naj gre k zdravniku. Le zdravnik zná bolezzen in nje vzrok prav spoznati, in najti pravo zdravilo. — Mnogi menijo, da je za vsako očesno bolezen dobro okó izpirati ali hladiti z mrzlo vodó, ali motijo se; pri očesnem katáru je to brez dvoma kvarno; vnetico zvananjih delov je sicer možno na ta načín odpraviti, a vnamejo se lahko notranji deli.

Naóčnice.

Naopake kratkovidnega in daljnovidnega očesa so, da prvo žarke daljnih predmetov premočno, a drugo žarke bližnjih predmetov preslabo lomi. Imamo pa sredstev, s katerimi obema lahko pomagamo. Kratkovidec potrebuje sredstva, katero stikajoče se žarke počasneje stiče, in to je vbokla leča; on naj zatorej dne pred okó vboklo lečo. Daljnogledcu je treba pomočka, katero stikajoče se žarke še bolj stiče, in to dela vzbokla leča, on zatorej naj gleda skozi vzboklo lečo. Ako gleda kratkovidec v vidni dalji zdravega očesa stoječ predmet skozi primerno lečo razmétnico, razsiplje ta svetlobne žarke toliko, da se ne stičejo pred mrežnico, temuč še le na mrežnici. Ravno tako se križajo iz vidne dalje zdravega očesa prihajajoči žarki na mrežnici daljnovidnega očesa, ako gleda daljnovidec skozi primerno lečo zbiráلكo. Leče, katerih se kratkovidni in daljnovidni ljudje poslužujejo, da morejo tudi predmete v navadni vidni dalji razločno videti, imenujejo se naóčnice.

Kratkovidnost in daljnovidnost imati različne stopinje, zato morajo tudi naóčnice biti različne. Za vsako okó niso vsake na-

očnice; naočnice se morajo ravnati po očesu, po večji ali manjši kratkovidnosti ali daljnovidnosti. Čim večja je kratkovidnost ali daljnovidnost, tem večja mora biti razsipna ali zbiralna moč naočnic, ali tem manjša mora biti njih goriščina dalja. Goriščina dalja leče, katera je pohabljenemu očesu najprimernejša, se dá izračunati iz obrazca (formule), kateri smo našli za leče, namreč iz $\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p}$. Naprej hočemo to jednačbo za svoj slučaj preobraziti. Ker ima slika stati na tisti strani leče, kakor predmet, moramo vzeti slikino daljo negativno. Okó mora dalje sliko tako videti, kakor bi prišla iz tiste dalje, iz katere okó brez leče razločno vidi; ako je zatorej b vidna dalja bolnega očesa, denemo $a = b$. Predmet mora slednjič stati v vidni dalji zdravega očesa; ta dalja naj bode d ; namesto a postavimo zatorej d in dobimo: $\frac{1}{d} - \frac{1}{b} = \frac{1}{p} \dots 1$) in iz tega $p = \frac{bd}{b-d} \dots 2$).

Žariščina dalja p naočnic je na naočnicah označena, in se imenuje številka naočnic (Brillennummer). Pri nas je dozdej številka naočnic pomenjala palce. Gornje pravilo z besedo povedano slóve tako-le: Primerna številka naočnic za kratkovidca ali daljnovidca se dobó, ako se vidna dalja, katera se hoče z naočnicami doseči, pomnoži z vidno daljo kratkovidnega ali daljnovidnega očesa, in ta vzmožek razdeli z razliko obeh dáj.

Obrazec 2) nam tudi kaže, katere vrste leče je očesu treba. Ako je $b < d$, je žariščina dalja p negativna, kratkovidnemu očesu je zatorej treba leče razmétnice; ako je pa $b > d$, je dalja p pozitivna, daljnovidno okó potrebuje zatorej leče zbirálke.

Ako obrazec 2) v obliki $p = \frac{d}{1 - \frac{d}{b}}$ napišemo, in pomislimo, da

je za vbokle naočnice $\frac{d}{b} > 1$, za vzbokle pa $\frac{d}{b} < 1$, nas uči, da čim večja je kratko- ali daljnovidnost, tem manjše številke, ali tem ostrejše naočnice so potrebne.

Ako tudi so naočnice velika dobrota kratkovidnemu in daljnovidnemu človeštvu, vendar zdravega očesa ne morejo nikdar nadomestiti. Naj so naočnice najčistejše, okó se mora vendar bolj napanjati, nego če gleda skozi vzduh. Zato naj naočnice rabijo le tedaj, ako jih je res potreba, in naj se nosijo, dôkler se dela, potem jih je dobro odložiti. Dôkler se nosijo, naj bodo, kolikor je mogoče, blizu očem in naj jih popolnem pokrivajo, da ni mogoče črez naočnice gledati; najboljše je, da okó vedno skozi sredo leče gleda.

Najboljše je, da ti očesni zdravnik izbere naočnice, ali da ti tvoj vid poskuša in potem pové številko, katero ti je kupiti.

Ako pa brez zdravnikovega sveta naóčnice izbiraš, ne more se ti priporočati dovolj previdnosti. Izbiraj s premislekom in ne hiti, da se ne prenagliš. Naóčnice naj imajo popolnem oble (sferske) krivine, zato si jih preskrbi le pri znanem in zanesljivem umetelniku, ne pa pri kakšnem kramarji. Vendar ne zanesi se na to, kar ti svetuje optik o številki, on se lahko zmoti. Steklo mora biti popolnem čisto in gladko zbrušeno, ne sme imeti najmanjše pege, razpokline ali praske. Naóčnice naj se skrbno spravljajo v tok (Futteral), kadar ne rabijo, in naj se ne porivajo sem ter tija in ne puščajo ležati v prahu, sicer dobé jako tenke, prostemu očesu nevidne praske. Leče naj bodo okrogle in precej velike. Žal, da se moda ne ravna po primernosti in koristnosti. Kdo dan danes — razven kake stare ženice ali starega očanca — nosi velike okrogle naóčnice? — Kar se tiče tvarine, so najboljše naóčnice iz kamene strele (Bergkrystall), čistejše in trše so od steklenih.

Naóčnice morajo biti takove, da moreš ž njimi brez napora razločno gledati, in da predmetov ne povečujejo in ne pomanjšujejo. Boljše je vzeti slabše, t. j., naóčnice večje številke, nego preostre. Posebno, ako še le začençaš nositi naóčnice, izberi si, kolikor je mogoče, veliko številko, in le polagoma jemlji ostrejše, ako je treba. Če vzameš preostre naóčnice, vidiš izprva prav jasno skozi nje, ali po dolgi rabi ti oči jako oslabé. Tudi zato je boljše nekoliko slabše naóčnice nositi, ker se okó privadi prikladnejše vidne dalje, ali se vsaj vzdrži pri svoji. — Pri izbiranju zamíži nekaj časa, kadar naóčnice snameš, da se ti oči odpočijejo, predno druge natakneš.

Najboljše so periskopske naóčnice. Periskopske se zóvejo naóčnice z vzboklo-vboklimi lečami, katere so tako vdelane, da je vbokla stran proti očesu obrnena; prilegajo se bolj obliki očesa, in zato se tudi predmeti na stranéh razločno vidijo. — Jedna ali druga stran naóčnic sme se proti očesu obrniti, ako imajo leče na obeh stranéh jednake krivine, sicer pa ne.

Nekateri ljudje nosijo zvečer druge naóčnice, nego po dnevu. To je dobro, ali paziti je treba, da se ne zamenjajo.

Raba samo jedne naóčnice (Monocle) je vselej na kvar vidu, ker se nopenja le jedno okó, in vsako okó dobó drugo vidno daljo. — Ako nisti obe očesi jednaki, tedaj je treba izbrati vsacemu posebno steklo.

Naóčnice naj se ne majejo sem ter tija; zato se ščipalniki — posebno za daljšo rabo — ne morejo priporočati, ker se radi nagibajo. Ščipalniki tudi zato niso primerni, ker se njih pritisek na nos širi do vidnega živca.

Stekla naóčnic morajo biti ravno toliko vsaksebi, kakor zenice, okvir naóčnic more biti po očéh napravljen. — Odsvetovati je zavaljo odseva naóčnice sè zlatim okvirjem. Boljši je jeklén ali rožen okvir.

O naočnicah imajo nekateri ljudje čudne pojme. Sin podeduje naočnice po očetu; ker so očetu dobro služile, zakaj bi njemu ne? Tudi to se dogaja, da sosed sosedu posoja svoje naočnice.

Kakor mladina rada nosi naočnice brez potrebe, tako se jih starejši ljudje časih branijo, ko bi jih jim treba bilo, ko namreč postajajo daljnovidni. Povedali smo, kako se spozna, kdaj se pričinja daljnovidnost. Najboljše je precej v začetku daljnovidnosti seči po vzboklih naočnicah. Tú nič ne pomaga siliti se, temuč dela kvar; daljnovidnost raste in človek postaja poleg tega tudi slaboviden. V tem slučaju naočnice branijo, da daljnovidnost ne napreduje. Primerne naočnice ohranijo vid do visoke starosti.

Tudi teškovidec naj pri delu nosi vzbokle naočnice, in sicer naj vzame v začetku nekoliko premočne, skozi katere bolj oddaljenih predmetov ne vidi prav razločno. S časom se okó lažje z manjšim trudom uravnava, in jemljejo se vedno močnejše naočnice. Raba prikladnih naočnic trud pri uravnavanji očesa polagoma popolnem odpravi. Naočnice so teškovidcu prava dobrotta.

Slabovidcu naočnice ne pomagajo.

Kdor ima bolne oči, ali mu se je sicer čuvati premočne svetlobe, nōsi barvane naočnice. Najboljše so sive ali modrikaste; črne ali temno-modre svetlobo preveč popijajo. Morajo pa istobarvne biti, t. j., imeti povsod tisto otenjavo (Schattirung). Zato se ne sme uže barvano steklo brusiti, kajti, ako se iz barvanega stekla zbrusi leča, je po tanjših mestih svetlejša, po debeljših temnejša. Zbrusijo se zatorej leče iz belega stekla in se potem pobarvajo. — Otroci naj tacih naočnic ne nōsijo; ako jih je treba močne svetlobe čuvati, nosijo naj senčilo. Sploh se priporoča vsakomu, kdor nosi takove naočnice, naj jih nosi le, kadar jih je resnično potreba. Ako svetloba ni premočna, so takove naočnice kvarne, ker tudi preslaba svetloba dela očem kvar. Slaba svetloba storí mrežnico jako občutno. Dokaz nam je uže to, da nas oči zabolé, ako smo nekaj časa bili v temi, potem pa naglo stopimo na navadno svetlobo.

Drobnogledi (mikroskopi).

Da predmet vidimo, ne sme biti njegov vidni kót premajhen. Vidni kót se poveča s tem, da se predmet približa očesu. To bližanje pa ima svojo mejo, ker se okó na približnje predmete ne more uravnati, t. j., ako je predmet predrobán, ne moremo mu na ta način vidnega kóta tako povečati, da bi ga mogli videti. Moči nam pa je s posebnimi optičnimi pripravami vidni kót znatno povečati, in tako tudi predmete videti, katerih sicer zaradi njih drobnosti ni možno videti. Te priprave so drobnogledi ali mikroskopi. Hočemo jih na kratko opisati. Drobnog-

gledi niso samo zanimive priprave, temuč tudi za znanstvena preiskovanja neizmerne vrednosti in nenadomestni. V rabi so jednoviti, sestavljeni in solnčni drobnogledi.

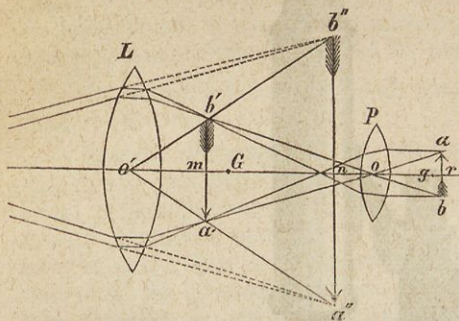
Jednoviti drobnogled. Jednoviti drobnogled je leča zbirálka ali sestava več leč zbirálek, katere skupaj dejstvujejo, kakor jedna. Zakaj se namesto jedne vzame več leč, povedali smo, ko je bil govor o odklonu leč. Skozi lečo zbirálko vidimo predmetovo sliko po konci in povečano, kakor je to na str. 34 z besedo in *pod. 30.* razjasnjeno. Da taka (subjektivna) slika postane, mora biti predmet v goriščini dalji. Predmet se v tej dalji pomiče sem ter tja, dôkler se njegova slika ne vidi razločno. Poglejmo si še jedenkrat *pod. 30.* in mislimo si, da je okó sredi leče v O . Recimo, da je predmetova dalja $OC = a$, in slikina dalja Oc , katera mora biti tukaj jednaka razločnemu dogledu, $= d$. Trikota ABO in abO sta si podobna, zato je $ab : AB = d : a$ ali $\frac{ab}{AB} = \frac{d}{a}$. Predmet je navadno blizu gorišču, zato smemo na mesto a brez velicega pogrška postaviti goriščino daljo p , in tako dobimo $\frac{ab}{AB} = \frac{d}{p}$, t. j., predmet vidimo tolikokrat povečan, kolikorokrat je razločni dogled večji od goriščine dalje. Ta račun sicer ni strogo natančen, ker okó v resnici ni sredi leče, in ker se goriščina dalja nekoliko razločuje od predmetove dalje, vendar je le malo pogršen. Iz gornjega pravila vidimo, da povečanje ni za vsako okó jednako, ker se ravná po dogledu, in sicer je povečanje tem večje, čim večji je dogled. Najbolj povečan vidi predmet daljnovidec, najmenj kratkovidec. Povečanje je dalje tem večje, čim manjša je goriščina dalja, ali čim bolj zaokrožena je leča. Čim bolj pa je leča zaokrožena, tem večji je nje sferski odklon, in tem nejasnejša je slika. Treba je zatorej robne žarke odstraniti; s tem se pa vidni prostor pomanjša. Le malo povečujoče leče morejo imeti velik vidni prostor; čim bolj leča povečuje, tem manjši je vidni prostor.

Ako je razločni dogled 24 $\%$, goriščina dalja 3 $\%$, to povečuje drobnogled 8krat, t. j., vsaka dolžina na predmetu vidi se 8krat večja. To povečanje je dolgostno (linear). Vsaka ploskev predmetova se pa vidi 8²krat = 64krat povečana, in to povečanje je ploskovno (Flächenvergrößerung). — Jednoviti drobnogledi, katerih goriščina dalja znaša nad 1,5 $\%$, imenujejo se večala ali lupe. Ta večala imajo samo držalo, da se lahko v róke jemljejo, pravi jednoviti drobnogledi imajo stalo, mizico, na katero se pokladajo predmeti — in časih tudi razsvetljevalno zrcalo, katero odseva na predmete svetlobo, da se jasneje vidijo.

Da se barvni odklon bolje odpravi, brusijo se leče za drobnogledde tudi iz drazega kamenja, n. pr. iz safirov, granatov in dijamantov.

Sestavljeni drobnogled. Sestavljen je ta drobnogled iz dveh leč zbiralek, ali dveh sestavov tacih leč. Jedna, katera je proti

Podoba 37.



predmetu obrnena in v *pod.* 37. s *P* zaznamenovana, zôve se predmétnica (objektiv) — druga z *L* zaznamenovana pa — priôčnica (okular). Predmet *ab* dene se blizu predmétničinega gorišča *g*, in predmetnica nareja povečano in preobrneno vzdušno sliko *a'b'*. Ta slika pada med priôčnico in nje gorišče. Ako pogledamo sliko *a'b'* skozi priôčnico, vidimo jo povečano v *a''b''*. Slika *a'b'*

mora stati na tacem mestu, da okó nje sliko *a''b''* razločno vidi. To se doseže na dvojen način; ali je predmétnica premična, ali pa — in to je navadnejše — primiče ali odmiče se motreni predmet.

Povečanje *S* je jednako $a''b'' : ab$. — Zaradi podobnosti trikotov $a''o'b''$ in $a'o'b'$, $a'ob'$ in aob je pa:

$$a''b'' : a'b' = o'n : o'm, \text{ in } a''b'' = \frac{a'b' \cdot o'n}{o'm},$$

$$a'b' : ab = om : or, \text{ in } ab = \frac{a'b' \cdot or}{om}.$$

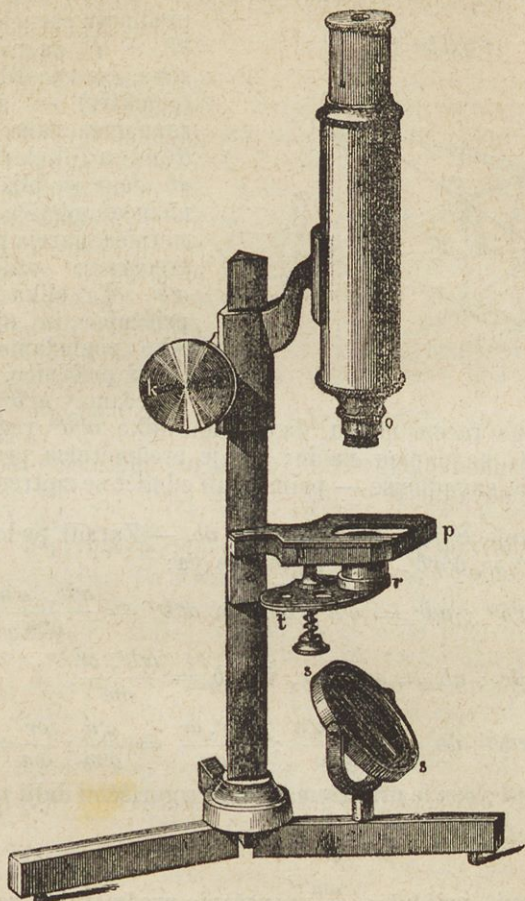
$$\text{Zatorej je } a''b'' : ab = \frac{a'b' \cdot o'n}{o'm} : \frac{a'b' \cdot or}{om} = \frac{o'n}{o'm} : \frac{or}{om} = \frac{o'n}{o'm} \cdot \frac{om}{or}.$$

$o'n$ je dogled d ; $o'm$ je približema jednako goriščini dalji p priôčnice;

$$\text{zatorej je } a''b'' : ab = \frac{d}{p} \cdot \frac{om}{or}.$$

$\frac{d}{p}$ je povečanje priôčnice, $\frac{om}{or}$ povečanje predmétnice, zatorej veljá pravilo: Povečanje sestavljenega drobnogleda se izračuna, ako se povečanje priôčnice pomnoži s povečanjem predmétnice. Povečanje je tem večje, čím večji je razstop med priôčnico in predmétnico.

Predmétnica in priôčnica sti (*gl. pod. 38, str. 70.*) v jedni cevi *no*, predmetnica zdolaj pri *o*, priôčnica zgoraj pri *n*. Cev se dá pri drobnogledu, ki je tú naslikan, po stebriči z vijkom *k* gori in doli pomikati. Pri družih drobnogledih se premiče prevrtana kovna mizica *p*, na katero se stavi prozorna steklena pločica s predmetom. Pod mizico je zrcalice *ss*, katero se obrne proti svetlobi, da jo odbija na predmet. Med zrcalom in mizico



je časih še druga pločica z okroglimi luknjicami različne velikosti. Skozi te luknjice se po potrebi več ali menj svetlobe pušča na motreni predmet.

Goriščina dalja predmétnice znaša največ do 5 $\frac{m}{m}$, goriščina dalja prióčnice je precej večja. — Da je slika razločnejša, mora se drobnogled tako uravnati, da razven žarkov vzdušne slike nič druge svetlobe skozi prióčnico v oko ne dohaja. Takova motljiva svetloba odvráča se s primerno zaslonko, katera se dene v cev tija, kjer postaja vzdušna slika.

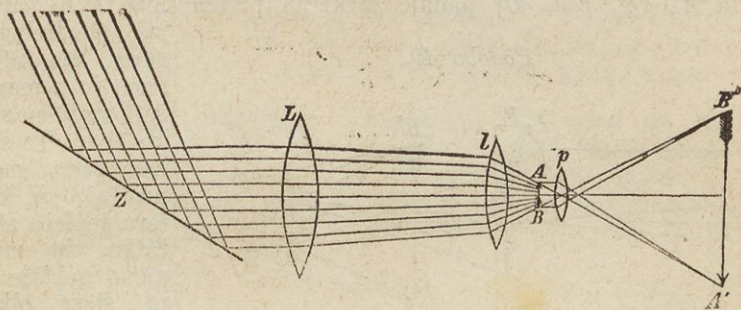
Novejši drobnogledi so tako uravnani, da različno povečujejo. To se doseže s tem, da se dá predmétnica ali prióčnica lahko sneti in z drugo nadomestiti, ali pa s tem, da sti pred-

métnica in prióčnica premični. — Vzdušna slika mora vselej v tisto daljo od prióčnice padati. Na tem mestu cevi ste v nekaterih drobnogledih pripeti dve tenki niti, kateri se pod pravim kótom križati; to je zato, da se gotova slikina mesta lažje motrijo. Pri družih so na tistem mestu prozorne steklene pločice, na katerih so v majhnih določenih razdaljah prav tenke vzpóredne črtice vrezane; ž njimi se meri motreni predmet.

Navadno stojé drobnogledi po konci, so pa tudi ravnovesni, toda slabše so razsvetljeni.

Solnčni drobnogled. Ta drobnogled razločuje se od ravno opisane po tem, da se vzdušna slika predmétnice ne gleda skozi prióčnico, temuč, da se na bel zaslon prestreže, in jo lahko mnogo gledalcev opazuje ob enem. „Solnčni“ se ta drobnogled zato imenuje, ker se motreni predmet sè solnčno svetlobo močno razsvetlí. Sè zrcalom Z (*pod. 39*) navedejo se solnčni žarki na lečo zbirálko L ; po izstopu iz te so žarki stični, še bolj pa po izstopu iz druge leče zbirálke l . Ti dve leči sti vdeleni v po-

Podoba 39.



sebno cev. Tija, kjer se žarki stičejo, dene se med dvema steklénima pločicama predmet AB , ki ga hočemo motriti. Predmetu se od druge strani približa povečalna priprava, t. j., leča zbirálka p ali sestava leč zbirálek s kratko goriščino daljo, in sicer se ta priprava tako približa, da stoji predmet prav blizu pred goriščem. Povečalna priprava napravlja od predmeta AB obrneno in povečano vzdušno sliko $A'B'$, katera se vjame na zaslon. Povečanje je tem večje, čim krajša je goriščina dalja leče p , čim bližje je predmet nje gorišču, in čim dalje proč stoji zaslon.

Ako predmet ne prenaša toplote, postavi se na pot solnčnih žarkov galunova raztopina, da srče toploto.

Namesto sè solnčno svetlobo razsvetljuje se predmet tudi z vodikó-kisikovim plinom, električno svetlobo, žarečim vapnom ali kako drugo dobro svetilnico, in po tej razsvetljavi zóve se drobnogled vodikó-kisikov, foto-električni in drobnogled sè svetilnico.

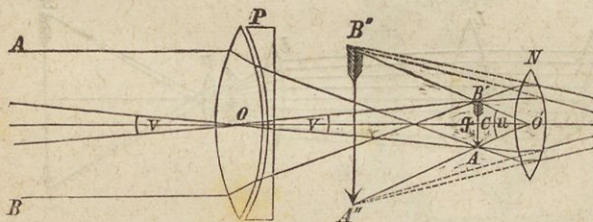
Dalnogledi.

Vidni kót postaja tudi tedaj tako majhen, da predmeta ne moremo videti, ako je predmet predaleč od očesa. Tudi tu očesu lahko pomagamo z optičnimi pripravami. Priprave, s katerimi predmete vidimo, katerih bi sicer zaradi prevelike dalje ne videli ali le nerazložno videli, zôvejo se daljnogledi. Opisati hočemo tri najnavadnejše in sicer zvezdarski, pozemeljski in holandski daljnogled.

Vsak daljnogled ima dva bistvena dela, predmétnico, katera blizu očesa od oddaljenega predmeta napravlja sliko, in prióčnico, katera to sliko v dogled postavi in poveča. Pri vseh treh daljnogledih je predmétnica brezbarvna leča s precej veliko goriščino daljo in velicim premerom. Velika predmétnica se vzame, da od predmeta več svetlobe pada nánjo, in slika postane svetlejša. Goriščina dalja mora biti velika, da se robni žarki ne odklanjajo in slike ne delajo nerazložne.

Zvezdárski ali Keplerjev daljnogled. Od oddaljenega predmeta AB (gl. pod. 40) padajo žarki na predmétnico P in nare-

Podoba 40.



jajo po prehodu skozi njo obrneno in pomanjšano vzdušno sliko $A'B'$. Ta slika pada med prióčnico N , katera je leča zbiráлка, in med njeno gorišče g , in sicer blizu temu gorišču. Od

te slike napravlja prióčnica povečano, merstveno sliko $A''B''$. Slika $A''B''$ je narobe, kakor $A'B'$. Skozi ta daljnogled se vidijo zatorej predmeti narobe. Ker se ž njim opazujejo le nébesna telesa, to nič ne dé. Prióčnica je največ sestavljena iz več leč zbirálek.

Ker je slika $A'B'$ le malo menj od prióčnice oddaljena, nego za nje goriščino daljo, — od predmétnice zavoljo velike dalje predmeta tudi blizu za nje goriščino daljo, to je odstoj prióčnice in predmétnice približema jednak vsoti goriščinih dálj predmétnice in prióčnice.

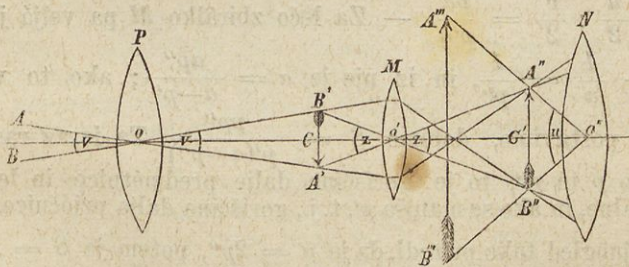
Okó mora videti sliko $A''B''$ v razločnem dogledu. Da je daljnogled vsacemu očesu rabljiv, in da se morejo videti ž njim predmeti različne dalje, mora biti prióčnica premična. Čim bližje je predmet, tem dalje od predmétnice slika $A'B'$ pada, tem bolj se mora odmakniti prióčnica od predmétnice. Ako daljnovid rabi

za merjenje, dene se na ono mesto, kjer postane vzdušna slika, nitni križ (Fadenkreuz). S prióčnico pomiče se tudi nitni križ.

Slika $A''B''$ je tolikokrat povečana, kolikorkrat je kót, pod katerim jo vidimo, večji od onega, pod katerim vidimo predmet s prostim ocesom. Vidni kót predmeta se skóraj nič ne spremeni, ako si okó v O mislimo namesto v O' . Ta vidni kót je v , vidni kót slike $A''B''$ pa u , ako si okó mislimo sredi prióčnice. Povečanje S je zatorej $u : v$ ali $\frac{u}{2} : \frac{v}{2}$. Ker so kóti $\frac{u}{2}$ in $\frac{v}{2}$ majhni, smejo se namesto njih vzeti tangente. Ako to storimo, imamo povečanje $S = tg \frac{u}{2} : tg \frac{v}{2}$. Iz pravokótnega trikóta $B'CO'$ dobimo $B'C = CO' tg \frac{u}{2}$, iz pravokótnega trikóta $B'CO$ pa $B'C = CO tg \frac{v}{2}$, zatorej je $CO' tg \frac{u}{2} = CO tg \frac{v}{2}$, zatorej $S = tg \frac{u}{2} : tg \frac{v}{2} = CO : CO'$. Tú je pa CO malo ne goriščina dalja predmétnice, CO' malo ne óna prióčnice. Povečanje tega daljnogleda zatorej dobimo, ako delimo goriščino daljo predmétnice z goriščino daljo prióčnice.

Pozemeljski daljnogled. Zvezdarski daljnogled za mnoge svrhe ne raži, ker se vidi ž njim vse narobe. Zato imamo za navadno opazovanje drug daljnogled, namreč pozemeljski. Ta se loči od zvezdarskega s tem, da je med predmétnico in prióčnico leča zbirálka M (gl. pod. 41), katera narobe-sliko $A'B'$ po konci

Podoba 41.



postavi. Slika $A''B''$ — oziroma nje povečana slika $A''''B''''$ stoji tako, kakor predmet. Namesto jedne leče v svrhu preobrata slike je boljše vzeti dve ravno-vzbokli leči, kateri sti obrnjeni z ravnimi ploskvami proti predmétnici. V tem slučaju je tudi prióčnica sestavljena iz dveh ravno-vzboklih leč, kateri ravne ploskve obračati proti ocesu. Vse štiri leče so vdelane v skupno premično cev.

Ne predolg pozemeljski daljnogled sestoji iz več premičnih cevī, katere se druga v drugo potisnejo, da se daljnogled lažje spravlja in nosi. Pri večjih daljnogledih to ne gre. Dolžina daljnogleda zavisi od goriščine dalje predmétnice, goriščina dalja prióčnice je kratka.

Povečanje S je $\frac{u}{2} : \frac{v}{2}$. — Bodi $Co' = a$, $C'o' = \alpha$, Co približema $= p$ (goriščini dalji leče P), $C'o''$ približema $= p'$ (goriščini dalji leče N), in p'' goriščina dalja leče M , to je v trikotu $B'Co : B'C = p \operatorname{tg} \frac{v}{2}$, zatorej $\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \frac{B'C}{p}$; v trikotu $B'CO' : B'C = a \operatorname{tg} \frac{z}{2}$, zatorej $\operatorname{tg} \frac{z}{2} = \frac{B'C}{a}$; v trikotu $A''C'o' : A''C' = \alpha \operatorname{tg} \frac{z}{2}$, zatorej $\operatorname{tg} \frac{z}{2} = \frac{A''C'}{\alpha}$; in v trikotu $A''C'o'' : A''C' = p' \operatorname{tg} \frac{u}{2}$, zatorej $\operatorname{tg} \frac{u}{2} = \frac{A''C'}{p'}$. Iz tega iz-

haja $\frac{\operatorname{tg} \frac{z}{2}}{\operatorname{tg} \frac{v}{2}} = \frac{p}{a}$; $\frac{\operatorname{tg} \frac{u}{2}}{\operatorname{tg} \frac{z}{2}} = \frac{A''C'}{p'} : \frac{A''C'}{\alpha} = \frac{\alpha}{p'}$, in

$\frac{\operatorname{tg} \frac{z}{2}}{\operatorname{tg} \frac{v}{2}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \frac{u}{2}}{\operatorname{tg} \frac{z}{2}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{u}{2}}{\operatorname{tg} \frac{v}{2}} = \frac{p\alpha}{p'a}$. — Ako še namesto tangent

loke kótov vzamemo, kar se pri majhnih kótih sme, dobimo $S = \frac{u}{2} : \frac{v}{2} = \frac{p\alpha}{p'a}$. — Za lečo zbirálko M pa veljá jednačba

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = \frac{1}{p''}$, in iz nje je $\alpha = \frac{ap''}{a-p''}$; ako to vrednost

v $\frac{p\alpha}{p'a}$ postavimo, dobimo $S = \frac{pp''}{p'(a-p'')}$. Ta izraz raste, ako

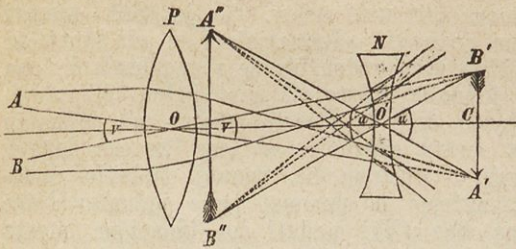
rastejo p in p'' , to je goriščine dalje predmétnice in leče sliko obračalne, in ako se manjša p' , t. j., goriščina dalja prióčnice. — Ako

se daljnogled tako priredi, da je $a = 2p''$, potem je $S = \frac{p}{p'}$, t. j.,

za povečanje veljá potem tisto pravilo, kakor pri zvezdarskem daljnogledu.

Holandski ali Galliläjev daljnogled. Od predmeta AB na brezbarvno predmétnico P (pod. 42, str. 75) padajóči žarki lomijo se po izstopu iz nje tako, da bi se združili v narobe-sliko $A'B'$, ali prestreže jih vbokla prióčnica N , ter jih združi v povečano sliko $A''B''$, katera ima s predmetom jednak položaj. Žarki, ka-

Podoba 42.



teri bi se brez priočnice v A' združili, stopajo iz priočnice razhodno, kakor bi izhajali iz točke A'' .

Predmética ima veliko goriščino, priočnica pa majhno razmetališčino daljo. Razstoj $O'C$ priočnice od mesta, kjer bi postala

slika $A'B'$, je nekoliko večji od nje razmetališčine dalje.

Povečanje S tega daljnogleda je $\frac{u}{2} : \frac{v}{2}$. — OC je približema jednako p (goriščini dalji predmética), $O'C$ približema $= p'$ (razmetališčini dalji priočnice). Je pa $tg \frac{u}{2} = \frac{B'C}{p'}$, $tg \frac{v}{2} = \frac{B'C}{p}$, zatorej $tg \frac{u}{2} : tg \frac{v}{2} = \frac{p}{p'}$, ali ako namesto tangent loke vzamemo: $S = \frac{u}{2} : \frac{v}{2} = \frac{p}{p'}$. Pravilo je zatorej tisto, kakor smo ga dobili za zvezdarski daljnogled.

Po priliki najdemo povečanje vsacega daljnogleda, ako z jednim očesom gledamo skozi daljnogled, z drugim pa naravnost na tisto ploskev, razdeljeno v več razdelkov, in potem primerjamo, koliko razdelkov s prostim očesom gledanih je jednóliko razdelkom, katere vidimo skozi daljnogled.

Zaradi razhodno iz priočnice izstopajočih žarkov je vidni prostor tega daljnogleda zeló majhen. Ako se pa menj lomeča priočnica vzame, iz katere žarki menj razhodno izstopajo, je povečanje predmeta manjše. Zato ti daljnogledi rabijo le tam, kjer majhno povečanje zadostuje, n. pr. kot gledališčino in poljsko kukalo.

Da se sferski odklon zmanjša, rabi se ravno-vbokla priočnica. Časih se tudi mesto navadne vbokle leče vzame ahromatska. Nekateri daljnogledi te vrste imajo po 3 ali 4 različne priočnice, s katerimi se doseza različno povečanje. Tudi tukaj mora biti priočnica premična, da je daljnogled za vsako okó in različne dalje uravnati mogoče.

Vid z obema očesoma.

Tú se dvoje vpraša: zakaj ne vidimo predmetov dvojnato, ker imamo dve očesi in se v obeh delajo slike, in zakaj imamo dve očesi, vsaj bi zadostovalo jedno?

Na prvo vprašanje odgovarjamo, da večkrat predmete dvojnato vidimo, kakor se tega zavedamo. Da predmet samo jednojnato vidimo, izpolnen mora biti neki uslov. Ta je: Sliki morati padati v obeh očesih na jednaki, odgovarjajoči si ali identični mesti mrežnice. Oba vidna živca združita se v možjanih in oba vtisa sta v tem slučaju jednaka in stopita se v jeden, in mi vidimo predmet le jednojnato, ker ta vtis nanašamo na jedno in tisto mesto. Identična mesta mrežnice so ona, katera ležé v jednem očesu na notranji, v drugem na venanji polovici simetrijsko proti očesni ósi, zatorej od rumene pege jednako daleč na tisto stran. Da pa obe sliki padati na identična mesta mrežnice, morati se očesni ósi tam stikati, kjer je predmet; to se pa zgodi pri predmetu, v kateri vpremo očí, in pri predmetih, kateri so ž njim v jednaki dalji od očesa. (Prav za prav vidimo razven óne točke, v katero smo vprli očí, vse druge dvojnato, a se tega ne zavedamo.) Ako pa obe predmetovi sliki ne padati na vjemajoči se mesti mrežnice, t. j., ako se očesni ósi ne križati tam, kjer stoji predmet, nanaša vsako okó vtis na drug kraj, in predmet se vidi dvojnato. To biva pri predmetih, kateri so bližje ali dalje od ónega, v kateri vpremo očí.

Zabodimo si v deščico tri igle, drugo za drugo. Ako vpremo očí v srednjo, vidimo prvo in tretjo dvojnato. Desna slika prve igle pripada levemu, leva pa desnemu očesu; sliki tretje igle stojiti tako, kakor očesi. O tem se lahko prepričamo, ako z jednim ali z drugim očesom zamizimo, in pazimo, katera slika izgine. — Ako držimo prst, svinčnik ali kaj družega pred očmi, in vpremo očí v kako bližnjo ali daljno točko, vidimo dva prsta, svinčnika itd.

Dvojnato vidimo tudi, ako jedno okó s prstom potisnemo na stran, in tako spremenimo ležo očesne ósi in ležo slike v tem očesu. Nekateri ljudje vidijo tudi z jednim očesom dvojnato, ako so ga z dolgotrajnim napenjanjem utrudili, in ž njim daljen predmet gledajo. To se tudi časih pripeti, kadar je okó bolno.

Da navadno sè zdravimi očmi obeh slik ne opazimo in zatorej ne vidimo dvojnato, prihaja od tod, ker najpazljiveje gledamo ono točko, v katero smo vprli okó — ker se vse, kar ni prav blizu tej točki, po obliki in barvi mnogo slabše razloči, in ker sti sliki tistega predmeta navadno prav blizu druga pri drugi in se zatorej največ pokrivati. Vrhu tega nas izkustvo učí uže od prve mladosti, da ne iščemo dveh predmetov, kjer je samo jeden.

Odgovor na drugo vprašanje je ta-le: Z dvema očesoma več ob jednem pregledamo, nego z jednim. O tem se lahko prepričaš. Zamíži z jednim očesom, in izgine ti kacih 60° prostora, kateri si pregledal z obema očesoma. Z dvema očesoma vidimo

tudi jasneje. Dobroto dveh očes pa najbolj pozná tisti in ceniti vé, kateremu je jedno bolno, ali kateri je bil tako nesrečen, da je jedno izgubil.

Jednoóki ljudje teško vtaknejo konec v šivanko, majhno zanjko itd. Tudi merimo z jednim očesom teško. Poskušaj palico, nit ali črto z jednim očesom razpoloviti. Ako zamižiš z levim očesom in meriš z desnim, bode desna polovica večja, v nasprotnem slučaju pa leva.

Z obema očesoma tudi pravo podobo in daljo predmeta lažje presojamo, toda o tem govorimo v posebnih poglavjih.

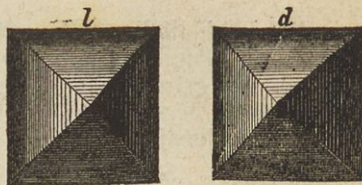
Prostorno gledanje.

Gledajmo ploskev ali teló, slika na mrežnici je vedno ploskev; ta slika je samo projekcija predmeta na mrežnico, iz nje se zatorej ne dá spoznati predmetova telesnost, iz nje se ne dá sklepati, je li predmet vzbokel ali vbokel. Dalje padajo slike vseh predmetov, katere ob jednem vidimo, če tudi so v raznih daljah, druga poleg druge, kakor bi vsi predmeti bili jednako oddaljeni od očesa. Iz leže slík na mrežnici zatorej tudi ne moremo spoznati, da so predmeti drug za drugim v prostoru, ali prostorno ne moremo videti, ker vse slike padajo na tisto ploskev mrežnice. To nam potrjujejo izkustva sleporojenih, kateri pozneje zadobé vid. Ako ti spregledajo, zdí se jim, kakor bi se predmeti dotikali oči, in dolgo ne morejo dalje in telesnosti predmetov prav ceniti, ker vidijo same ploskve in vse v tisti dalji.

Vprašanje je zatorej, kako je to, da vendar razločujemo pravo podobo videnega predmeta in presojamo njegovo telesnost in njegovo ležo v prostoru. K temu pripomorejo različne okolnosti. Ako vpremo okó v različne točke predmeta, čutimo, da moramo okó bolj ali menj napenjati, t. j., da se vidne osí počasneje ali hitreje stičejo, in iz tega sodimo, da niso vse točke predmeta v jednaki dalji od nas, da ima predmet razven dolžine in šírine tudi neko debelíno ali globočíno, da je vzbokel ali vbokel itd. Mnogo vpliva na našo sodbo o predmetovi telesnosti tudi izkustvo, potem razdelitev svetlobe in sence na predmetu; svetlejša mesta se nam zdé bližja, nego senčnata. Najvažnejša je pa tú okolnost, da dobimo od bližnjih stvari v obeh očesih različne slike, ker ima vsako okó proti stvári drugo ležo. Gledaj pazljivo tisto stvar ždaj z desnim, zdaj z levim očesom, in prepričaj se lahko, da sliki v obeh očesih nisti jednaki. Ako n. pr. gledaš piramido z vrhom proti tebi obrneno, vidiš jo z desnim očesom, kakor jo kaže slika *d*, z levim pa, kakor jo kaže slika

l v *pod.* 42. Kadar pa gledamo z obema očesoma, stopíti se obe različni sliki v tjeđno in storiti, da vidimo telesnost stvari. Slike na mrežnici so tem različnejše, čim večji je kot očesnih osí. Pri daljnih predmetih sti očesni osí skôraj vzporedni, zato sti sliki v obeh očesih jednaki. V tem slučaju okó med dobro narisano sliko in predmetom samim ne dela razločka; resnično prostorno vidimo prav za prav le bližnj e stvari

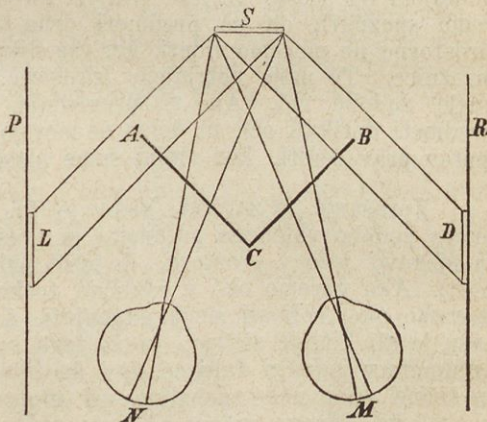
Podoba 42.



Važnost gledanja z obema očesoma za prostorni vid je dokazal še le stereoskop (telogled). Stereoskop se opira na ta-le princip: Ako denemo pred vsako okó sliko predmeta, kakor ga tisto samo záse vidi, in sè zrcali, lečami ali prizmami storimo, da obe sliki vkup padeti, dobimo vtis telesnosti — zdí se nam, da na stikališči obeh vidnih osí vidimo istinit predmet. Najbolj razširjena sta Wheatstonov zrcalni in Brewsterov lečni stereoskop. Wheatstonov stereoskop kaže *pod.* 43. Vsa priprava je v spredaj in zadaj odprti skrinjici.

Podoba 43.

AC in BC sti dve jednaki ravni zrcali, katerih zrcalna ploskev je obrnena ven in kateri sklepati pravi kót ACB . Steni P in R sti med seboj in sè črto, katera pravi kót ACB polóvi, vzporedni, in od zrcal za razločno vidno daljo oddaljeni. Ako pritrdimo pri D naris za desno, pri L pa naris za levo okó, padati sliki obeh narisov v S , in vsako okó vidi zanj napravljeno sliko na tistem mestu. Namesto slik menimo, da vidimo resnični predmet.

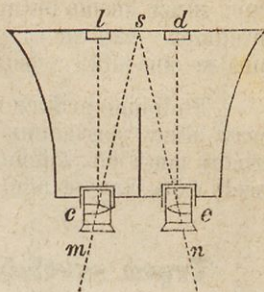


V Brewsterovem stereoskopu (*pod.* 44) gledati se sliki d in l narejeni, kakor desno in levo okó predmet vsako záse vidi, skozi ceví c in e , v katerih sti dve lečí tako postavljeni, da sliki padati na identična mesta mrežnice, in se tako v jeden vtis zjediniti. Namesto slik vidi se predmet v s . Zadnja stena

skrinjice se dá nekoliko odpreti, da se slike po potrebi razsvetlé. Da imati obe leči prav jednaki žariščini dalji, prereže se jedna leča na dve polovici. Skozi ta sterejoskop vidijo se slike ob jednom večje in bližje.

Slike kipov, olepšav in družih vzbo-
klih predmetov, katere so pravilno za
desno in levo okó posebej narejene, vidijo
se kot modeli. Čudovit je vtis dveh fot-
ografskih slik tistega predmeta, kateri
sti tako posneti, kakor bi desno in levo
okó videlo predmet v primerni dalji. Vsaka
ljudska šola naj bi imela dober sterejoskop, kateri bi s primer-
nimi slikami podpiral pouk.

Podoba 44.



Sterejoskop nas še nečesa družega uči. Potrjuje nam res-
nico, da z obema očesoma svetlejše vidimo, nego z jednim. Ako
namreč postavimo v sterejoskop namesto slik dva bela lista, pri-
kaže se nam njiju slika mnogo svetlejša, ako gledamo z obema
očesoma, nego če gledamo samo z jednim. Ako sta lista vsak
svoje barve, vidimo mešano barvo.

Izmed mnogih zanimivih sterejoscopskih prikazní omenimo
še naslednje. Ako se v tiskarni kaka stvar drugič tiska, brez
posebne previdnosti ni mogoče črk tako staviti, da bi bile ravno
toliko narazen, kakor v prvem stavku. Prosto okó jednacega
družega natisa ne loči od prvega. S pomočjo sterejoscopa se pa
lahko prepriča, sta-li dva iztiska z tistim stavkom tiskana ali
ne. Oba iztiska se namreč deneta v sterejoskop. Ako sta oba
s tistim stavkom tiskana, vidijo se vse črke in vse besede v tisti
ravnini, ako ne — zdé se nam nekatere črke in besede bližje
ali dalje od družih, črke in besede stopajo iz ravnine, nekatere
naprej, nekatere nazaj. Ako tiskar kaj ponatisne, lahko mu se
to sè sterejoskopom dokaže. Isto tako se dadé spoznati ponare-
jeni bankovci in drugi vrednostni papirji.

Sè sterejoskopom se je lahko prepričati, so li črte delilnice
(Teilstriche) na merilu jednako druga od druge oddaljene, t. j.,
je li merilo pravilno razdeljeno. Treba je samo dva različna dela
merila deti v sterejoskop, tako, da se pokrivati njiju sliki. Ako
je merilo dobro razdeljeno, stojé vse delilnice v tisti ravnini, ako
je pa merilo nepravilno, vidijo se delilnice v raznih daljah.

Najjednovitejši sterejoskop sti dve premi ceví, za vsako
okó jedna. Sterejoscopsko se dá gledati tudi tako-le: Vpri desno
okó na desno, levo pa na levo sliko, tako, da sti očesni osí
vzporedni; ker smo pa vajeni le tako gledati, da se očesni osí
stičeti, je to težko in treba je zato posebne vaje. Ako se nečes

tacega gledanja učiti, naredi v vsaki sliki na sredi luknjico, in vpri skozi desno luknjico desno, skozi levo pa levo okó v daljen predmet. Ako se ti posreči, obe očesi vpreti v ta predmet, stopíti se obe sliki v jedno sterejoskopsko.

Podobno prikazen, kakor v sterejoskopu, vidimo, ako komu prav blizu pogledamo v oči. Nasloni čelo na čelo prijatelju in gledaj mu v oči. Zdelo se ti bode, da ima samo jedno okó in sicer sredi čela, ker se obe sliki stopiti v jedno.

Trpež svetlobnega občutka, ko je svetloba uže izginila.

Rekli smo, da éterjevi valovi na mrežnico udarjajo, ali da éter svoje tresenje prenaša na mrežnico. Kadar svetloba izgine, t. j., kadar se éter neha tresti, ali kadar je širjenje njegovih valov do mrežnice preprečeno, umiri se tudi mrežnica, vendar ne prav precej, ko so jenjali svetlobni valovi udarjati ná-njo. Občutek svetlobe zato ne jenja precej z vtisom, temuč trpí še nekaj časa po vtisu. Svetlobni občutek potrebuje tem več časa, da zopet popolnem izgine, čim daljši so svetlobni valovi. Najdalje trpí občutek bele barve. Sicer se pa trpež svetlobnega občutka ravná po močnosti svetlobe; čim močnejša je svetloba, tem dalje trpí nje občutek. Srednji trpež svetlobnega občutka po svetlobnem vtisu je 0·3—0·4 sekunde.

Trpež svetlobnemu občutku razjasnuje nam nekatere prikazni in nánj se oslanja nekoliko optičnih priprav in igrač.

Pot hitrega svetlega predmeta vidi se kakor svetla črta, kajti občutek svetlobe neke točke še trpi, ko je uže iz druge točke poti prišel nov vtis in drugi občutek provzročil. Mrežnica zatorej čuti vtise, dohajajoče iz več sosednjih toček, in ti nepretrgani občutki svetlih toček stapljajo se v občutek svetle proge. Ako vrtimo žareč ógel, vidimo ognjeno krivo progo.

Ako se na listu debelega papirja na jedni strani nariše pokončna, na drugi pa povprečna proga, ali na jedni strani roža, na primernem mestu druge pa metulj, ali na jedni strani tintnica, na drugi però itd., in se papir dovolj hitro vrtí, vidijo se križ, metulj na roži, però v tintnici itd. Te igrače, katerih je brez števila, zóvejo se čudokreti (taumatropi).

Ako se na kolut (glej *pod. 45*) narišejo razni položaji človeka pri kacem delu, in se kolut vrtí okolo osi *o*, trpí še vtis jedne slike, ko uže druga pride, vse slike se tako stapljajo v jedno in ta se giblje. To opazimo, ako obrnemo slike proti zrcalu in skozi luknje 1, 2, 3 itd. na okraji koluta v zrcalo gle-

damo. Pod. a) nam kaže človeka v desetih različnih položajih hoje; ako tak kolot vrtimo, vidimo človeka hodečega in z rokami maha-jočega; b) nam pokazuje tisto pripravo od strani. To je Stamperjev stroboskopski kolot.

Tudi se take slike stavijo v širok otel vâljl, kateri se vrti na pokončni ôsi, in se gledajo skozi ozka oknica vâljeve stene.

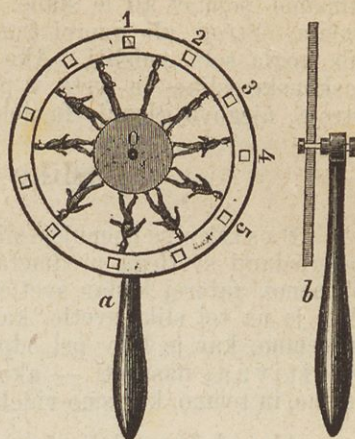
Mislimo si črn, neprozoren kolot sê špranjo, za katero je drug prosojen kolot. Oba naj se vrtita okolo skupne ôsi, a v nasprotnih meréh in prosojni štirikrat hitreje od črnega. Ako gledamo skozi špranjo na gotovo nasprotno točko prosojnega koluta in začnemo vrteti, gre ta točka za $\frac{4}{5}$ obôda (periferije) nazaj med tem časom, ko gre špranja za $\frac{1}{5}$ obôda naprej, in točka in špranja stojiti si zopet nasproti. To se zgodi vselej, kadar se špranja za $\frac{1}{5}$ obôda pomakne naprej. Ako hitro vrtimo, vidimo zavoljo trpeža svetlobnega občutka óno točko na petih mestih ob jednem.

Vzemimo petino krožnega obôda, in potegnimo od nje koncev dva polumera k središču, tako, da dobimo krožni izsek (sektor) jednak petini koluta. Na ta izsek narišimo pravilno sliko. Potem razdelimo ta izsek s polumeri v več enakih delov. Zdaj vzemimo drug kolot, razdelimo ga v ravno toliko delov, kakor petino krožnega izseka. Povlecimo še na obeh kolutih jednako število tistosrednih (koncentrskih), jednako drug od drugega stoječih krogov, in prenesimo vse dele slike, kateri so v četvero-ogelnikih krožnega izseka v odgovarjajoče četvero-ogelnike družega koluta. Tako dobimo spačeno, nepoznatno sliko. Ako je ta slika prosojna in se dene za črni kolot na skupno ôs, pridejo vsi deli spačene slike pred špranjo, ako se ta za petino krožne ploče pomakne nazaj, in vsa raztegnena slika vidi se zopet na petino kroga stisnena, zatorej v pravih obrisih. Ako špranjo jedenkrat obrnemo, vidimo to pravilno sliko petkrat, in ako se dovolj hitro zavrti, stopé se vse slike v jedno. Ta priprava se imenuje Plateauov anortoskop. Ako se na črnem kolotu naredi več špranj, je slika svetlejša.

To so najnavadnejše priprave, katere se opirajo na trpež svetlobnega občutka.

Stroboskopski zakon ne upotrebljava se samo za kratkočasne igrače, nego tudi za koristni pouk. Priprave — na tem

Podoba 45.



zakonu osnovane — predočujejo nam razna gibanja, o katerih nimamo pojmov ali le slabe. Take priprave ustrezajo posebno šolam. Stroji ali vzorci (modeli) strojev so predragi, da bi si jih mogla šola omisliti. Ako se pa po strojih posnemajo stereoskopske slike in vrté v primerni pripravi, vidimo telesnost stroja, njegovo gibanje in delo.

Paslike (Nachbilder).

Paslike se imenujejo slike, katere se razvijejo v očesu, kadar po gledanji svetlega predmeta zamižimo, ali oči na temen zastor obrnemo, zatorej kadar svetloba več ne zadeva očesne mrežnice. Ako je na tej sliki svetlo, kar smo z odprtimi očmi videli svetlo, in temno, kar je bilo pri odprtih očeh temno, zôve se paslika pozitivna, nasproti — ako je na njej svetlo, kar je bilo prej temno, in temno, kar smo videli svetlo, imenujemo jo negativno.

Ako gledamo dalje časa in napeto svetel predmet, in potem zamižimo, vidimo nekoliko časa pozitivno pasliko. Paslika, se vé, ni razločna, prikaže se nam le obris prej gledanega predmeta. Tudi paslike se razlagajo iz trpeža svetlobnega občutka ali razdraženja mrežnice, potem ko je svetloba uže nehala. Paslika traja le malo časa in spreminja barve. To je dokaz, da občutki raznih barev ne trajajo jednako dolgo. Paslika je najprej svetla in bela, potem malo časa zelena, za tem še menj časa vijolično-modra in slednjič rudeča.

Pozitivna paslika spremeni se, posebno če obrnemo okó v še bolj svetel predmet, v negativno. Okó je na razdraženih mestih, t. j., tam, kjer je prej svetloba bila, neobčutno ali vsaj menj občutno postalo, nego na mestih, katerih svetloba ni razdražila. Na razdraženih mestih zatorej svetlobe ne občutimo, ali le slabo, pač jo pa čutimo na mestih, katera so prej bila temna. Zato se nam zdí temno, kar je prej svetlo bilo, in svetlo, kar je prej bilo temno.

Paslike se premičejo, ako nismo z očmi pri miru. Ako mesto zamižati pogledamo na pripravljen zaslon, vidimo jih na zaslonu, in sicer tem večje, čim dalje proč od očí je zaslon. Paslike trajajo tem dalje, čim svetlejše so prvotne slike in čim dalje jih gledamo.

Poskusi o pozitivnih in negativnih slikah so jako raznovrstni. Da se dobro ponesó, treba je posebnih priprav in vaje v opazovanji. Kdor hoče delati take poskuse, naj si, ko zamiži, očí še z rokami ali s čim drugim zakrije, da tudi skozi trepalnice nič svetlobe ne pride vánje. Svetljava pri teh poskusih naj ne bode premočna, ker se pri srednji svetljavi poskusi naj bolj ponesó in se očí toliko ne kvarijo.

Subjektivne barve in barvaste sence.

Ako dolgo v živo barvo gledamo, postane mrežnica za to barvo neobčutna, in ako od te barve, okó obrnemo na svetlo belo pločo, vidimo vse druge barve, razven óne, s katero je bila mrežnica razdražena, t. j., vidimo dopolnujočo barvo. Ako vpremo oči v živo rudečo sliko na svetlo-belem dnù, in jo čez nekaj časa naglo izpred oči potegnemo, ali jo hitro z drugo svetlo pločo pokrijemo, vidimo jednako sliko zelene barve. Ako gledamo živo zeleno sliko in potem naglo oči na bel list papirja obrnemo, vidimo na njem rudečo sliko.

Ako različne ljudi iz različno barvanih sôb peljemo v belo sôbo, zdela se bode ta vsakemu drugačna.

Ker je vzroka tem barvnim prikaznim iskati v fiziološki naravi očesa, in bi teh prikazni ne bilo, ako bi bila mrežnica drugače stvarjena, zato se imenujejo subjektivne ali fiziološke.

Sèm spadajo tudi barvaste sence. Brezbarvno belo stvar vidimo v barvasti okolici v dopolnujoči barvi te okolice. Ako po dnevni razsvetlilni belo pločo z lojevo ali voščeno svečo, postane ploča rumenkasta, ker je plamen sveče rumen. Ako denemo pred svečo kak predmet, je njegova senca na tej ploči, dasi od dnevne svetlobe belo razsvetljena, razločno modra. V tisti namen se lahko porabi tudi plamen kamenega olja (petrolije). Dnevna svetloba, se vé, ne sme biti premočna. — Ravno take sence se delajo na belem zidu ali na snegu, ako mesec sveti nánje in blizu gorí plinova svetilnica; potem ako mesec v sôbo sije, v kateri gorí luč; vsak predmet ima tú dve senci, jedno modro, drugo rumenkasto. Z daljo sveče spreminjajo se barve in močnosti tacih seneč.

Helmholtz in drugi menijo, da so te prikazni čisto psihološke. Razlike, katere neposredno opazujemo, zdé se nam večje, nego take, katere se ne pokažejo prav določno, ali o katerih le po spominu sodimo. — Obrnimo to na svoj slučaj. Jeden del ploče je resnično z barvasto svetlobo razsvetljen, tam zatorej določna barva premaguje, v drugem (senčnatem) delu pa ne; tú je barva okolice (ali slabo) in nje dopolnujoča barva; zato provzroči ta poslednja razločnejši občutek, posebno, ker ne moremo primerjati družih barev, in le iz spomina vemo, da je papir bel.

Ako pred svetilnico ali gorečo svečo postavimo barvano stekleno pločo, in svetlobo, katero ta propušča, na bel papir vjamemo, a med steklo in papir denemo svinčnik ali kak drug predmet, je njegova senca na papirji barvasta, in sicer se nam prikaže v dopolnilni barvi steklene ploče, t. j., ako je steklena ploča rudeča, je senca zelena, in narobe itd. Tudi tukaj pada

na papir, razven mesta, kjer je senca, dvojna svetloba, jedna naravnost od sveče ali svetilnice skozi steklo, druga pa od predmetov, kateri odbijajo svetlobo tistega izvora. Papir je zatorej razsvetljen od navadne svetlobe svetilnice in od barvaste svetlobe, katero propušča steklo. — Kdor hoče opazovati take sence, naj si prižge dve ali več sveč ali svetilnic, katere naj postavi v raznih daljah pred bel papir. Dovolj je tudi jedna svetilnica, druge se pa nadomestijo sè zrcali, katera njeno svetlobo odbijajo na papir. Barva sence je tem razločnejša, čim močnejša je svetloba, katera naravnost od svetilnice pada na papir. Ti poskusi se dadé tudi kombinovati na različne načine.

Ako osvetlimo kako paličico z rudečo in belo svetlobo ob jednem in senci prestrežemo z belim zaslonom, je beli svetlobi odgovarjajoča senca rudeča, druga pa zelena. Prva senca dobiva le rudečo svetlobo, zato je rudeča; druga je le z belo svetlobo razsvetljena, vkrog in vkrog pa prevladuje rudeča svetloba, ker pridejo k rudečim žarkom bele svetlobe še žarki rudeče. Proti tej močni rudečini imajo rudeči žarki belo osvetljene sence le neznamenit vtis, zatorej je tako, kakor bi od te sence nič rudečine ne prihajalo v okó, zato se vidi le v drugih sestavnih delih bele svetlobe ali v dopolnujoči barvi, t. j., vidi se zelena.

Sence predmetov na belih ploskvah so zjutraj in zvečer modre, ker je vzhajajoče in zapadajoče solnce pomorančasto.

Ako vpremo okó v živo barvo in potem zamizimo, vidimo pasliko v dopolnujoči barvi. Kolikor bolj je mrežnica izgubila občutnost za kako barvo, toliko občutnejša je za dopolnujočo barvo. Dopolnujoča barva paslike dohaja najbrž od lastne očesne svetlobe (Eigenlicht). — Ako od neke barve utrujeno oko obrnemo na dopolnujočo barvo, vidi se ta mnogo živahneje; ako pa pogledamo kako drugo barvo, pokaže se barva mešana iz objektivne in subjektivne. Ako n. pr. utrudimo okó z rudečo barvo, in potem pogledamo rumeno, vidimo zeleno-rumeno.

Na tisti način se razlagajo naslednje prikazni:

Dve barvi druga poleg druge delati vsaka nekoliko drugačen vtis, nego če gledamo vsako posebe. — Barvast predmet na belem dnù je obrobljen z dopolnujočo barvo. Ako je predmet velik, se nam prikaže dnò v slabi dopolnujoči barvi. Ako je predmet na črnem dnù, ni dnò več čisto črno. Mnoge barve, izlasti dopolnujoče, vidimo živahneje, ako so druga pri drugi.

Omenjati moramo, da Hering z mnogimi poskusi dokazuje, da Helmholtzova teorija o utrujenji mrežnice ali vidnega živca ni veljavna, in da se iz nje tudi prikazni paslik ne dadé razjasniti.

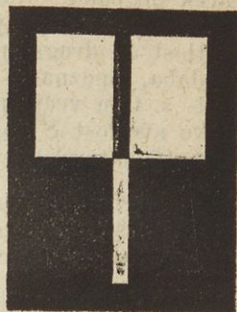
Razširjanje slik ali iradijacija.

Kakor nam je uže znano, prikazujejo se zavoljo hromatskega odklona na mrežnici namesto toček barvasti razsipni krogi, kateri se pa pokrivajo in delajo vtis bele barve. Vsako točko, razven óne, v katero je vprto okó, vidimo kot majhen krog. To je povod, da se slika vsacega predmeta na mrežnici poveča ali razširi. To razširjanje slik, katero je zavoljo majhne jasnosti razsipnih krogov le tedaj vidno, ako je predmet svetál in na temnem dnù, imenujemo iradijacija.

Prikazni iradijacije so najočitnejše, kadar okó ni prav uravnano, pojavljajo se pa tudi, če je okó ostro vprto, posebno pri močni svetlobi. Iradijacija je tem večja, čim večji je razloček svetlobne moči svetlega predmeta in njegove temne okolice. Opazuje se pri vsaki dalji, vendar ni pri vseh osebah jednólíka.

Iradijacijo pokazuje prav očitno ta-le poskus: Prevele se zgornja polovica četvero-oglate 20 $\frac{1}{m}$ dolge in 15 $\frac{1}{m}$ široke ploče z belim papirjem, druga polovica se pa počrni. Na sredi bele polovice se povleče črna 4—5 $\frac{1}{m}$ široka proga, in v nje podaljšanji ravno toliko široka bela, kakor kaže *pod. 46.* Ploča se potem prav dobro razsvetlí in gleda iz dalje 4—5 $\frac{1}{m}$. Bela proga se vidi širja od črne, dasi imati tisto širino.

Podoba 46.



Najopaznejše so naslednje prikazni iradijacije: Svetle ploskve se nam zdé večje, sosednje temne pa manjše, nego so. Svetli predmeti na temnem dnù se prikazujejo večji, temni na svetlem dnù pa manjši. Bel kvadrat na temnem dnù se vidi večji, kakor jednólík črn na belem polji. Zdí se nam, da je mesčev srp, ako ga opazujemo s prostim očesom, kós večjega kroga, kakor temni del mesca. — Blizu ležeče svetle ploskve stapljajo se v jedno. Bela polja šahovnice (Schachbrett) držé se na ogljih skupaj in ločijo črna, dasi se v resnici oboja jednako stičejo. — Tenka žica, dlaka ali las nam izgine izpred óči, ako jo držimo proti solncu ali močni luči. — Preme črte se vidijo pretrgane. Ako držimo ravnilo (Lineal) med očesom in svetlim plamenom, zdí se nam, da je ravno pred plamenom nazobčano. — Živo žareče, posebno z elektriko razbeljene žice vidijo se mnogo debeljše, nego so v resnici. Tenka razbeljena platinova žica dela znatno ognjeno progo. — Tenke niti ali dlake ne vidimo, ako jo držimo proti solncu.

V vseh teh slučajih se svetloba zaradi razsipnih krogov na mrežnici na robu slike črez pravo mejo širi in krajevi slike po-

stajajo menj svetli; mesta, katera bi treba, da so temna, so pa razsvetljena, zato to razširjanje slik lahko opazimo.

Plateau, ki je prikazni iradijacije najbolj opazoval in najobširneje opisal, in z njim mnogi fiziologi in fiziki se držé druge teorije; oni mislijo, da ima vlakno živca, katero močna svetloba razdraži, vzmožnost prejeti vtis tudi na sosednje vlakno prenesti in tudi tam vzbuditi občutek svetlobe. Po tej podmeni se močan svetlobni vtis na neko mrežnično mesto razširja na bližnje sosednje dele. Helmholtz in drugi pa trdé, da je ta podmena fiziologijsko neopravičena in nepotrebna.

Občutek svetlobne moči.

Svetlobni občutek provzrokujejo udarci trepetajočega éterja na mrežnico; čim močnejši so ti udarci, tem močnejši je tudi občutek svetlobe; vendar ta občutek ne raste sè silo udarcev v prostem razmeru, kajti naše okó ne razločuje vseh svetlobnih razločkov, o katerih se dá dokazati, da so. Razsvetlimo belo pločo sè slabo svetlobo in imenujmo močnost svetlobe, katero ploča odbija, s . Pred pločo postavimo palico tako, da meče senco nanjo; kamor ta senca seže, tija od tega svetlobnega izvora noben žarek ne pada. Razsvetlimo potem pločo še z drugo svetlobo, katere močnost naj je S . Senčnato mesto ploče ima zatorej svetlost S , druga ploča pa svetlost $S + s$. Ako je svetlost S le slaba, spoznamo senco, razločujemo zatorej svetlosti S in $S + s$. Čim večja pa svetlost S postaja, tem bolj izginuje senca, in ko svetlost S doseže gotovo mejo, sence ne moremo več razpoznati, zatorej svetlosti S in $S + s$ več ne razločujemo.

Mesečna svetloba dela na belem papirji razločno senco; ako pa papir še z dobro svetilnico razsvetlimo, izgine senca. Ravno tako izgine senca svetilnice, ako posije solnce na papir.

Za majhne razločke je okó najbolj občutljivo pri svetlobi srednje močnosti, t. j., pri svetlobi, pri kateri navadno beremo in pišemo.

Barvni občutek in barvna slepota (Farbenblindheit).

Kaj je vzrok različnim barvam, smo uže razlagali. Govoriti hočemo še o barvnih občutkih. Barvni občutek je na rumeni pegi najživahnejši. Čim dalje strani od rumene pege padajo žarki, tem menj razločamo njih barvo; naspósled nam barva popolnem izgine in predmet se nam vidi le svetál, ako je na črnem, ali temen, ako je na belem dnù.

Barvni občutek se dalje ravná po močnosti svetlobe. Vse jednovite barve bližajo se pri jako močni svetlobi občutku bele barve, najbolj pa vijolična. Ako je vijoličen predmet slabo razsvetljen, zdí se nam rudečkast, ako je jako razsvetljen, pa sivkast.

Mislilo se je, da je vsaka mrežnična nit sestavljena iz treh ali štirih tanjših nití, katerih vsaka je le za jedno barvo jako občutljiva, za druge pa le malo. Barva, katera le jedno vrst živčnih nití vzbuja, je osnovna (Grundfarbe, Fundamentalfarbe). Barva, katera vzbuja dve vrsti živčnih nití, je mešana ali sestavljena iz osnovnih barev, katerih vsaka vzbuja samo jedno vrst živčnih nití. Svetloba, katera ob jednom in enakomerno živčne nitke vseh vrstí — naj jih bode, kolikor hoče — vzbuja, je brezbarvna ali bela. Mi občutimo le to, da je svetloba, barve pa ne razločimo nobene.

Ako je jedna vrst živčnih nitek posebno vzbujena, druge vrstí pa le nekoliko, je občutek dotične barve tem slabši, kolikor bolj so druge vrstí vzbujene. Občutek je namreč mešan iz občutka jednovite in brezbarvne svetlobe.

Young trdi, da se dáde vsi barvni občutki zvesti na tri glavne občutke. Youngovo teorijo je Helmholtz obudil in spravil v veljavo, zato se tudi imenuje Young-Helmholtzova. Ta teorija postavlja tri osnovne barve: rudečo, zeleno in vijolično, zatorej tudi tri vrstí živčnih nitek ali tri elemente vidne priprave. Ako se vzbudí element, ki je posebno za rudečo barvo občutljiv, druga dva pa ne, ali le slabo, občutimo rudeče itd. —

Ker po novejših fizioloških naukih mrežnične niti niso neposredno občutljive za svetlobo, temuč pod njimi ležeči storžki (*gl. opis očesa str. 40*), moramo si torej pri tej teoriji misliti, da vsak storžek sestoji iz treh manjših storžkov, katerih vsak je za jedno barvo občutljiv.

Po tej teoriji razlagajo se občutki mavričnih barev tako-le:

Jednovita rudeča svetloba vzbuja rudeče-čuteče storžke močno, menj zeleno-čuteče in še menj vijolično-čuteče. Tako postane občutek rudečega, kateri se tem bolj v občutek pomorščastega spreminja, čim bolj so zeleno-čuteči storžki vzbujeni. Jednovito-rumeni žarki vzbujajo jako in skoraj jednako storžke občutljive za rudeče in zeleno, storžke občutljive za vijolično pa le slabo. Občutek rumenega je torej sestavljen iz občutkov rudečega in zelenega. — Zeleno vzbuja močno zeleno-čuteče storžke, slabo in skoro jednako druge. — Modro vzbuja precej močno in malo ne jednako za zeleno in vijolično občutljive storžke, slabo pa rudeče-občutljive. — Vijolična svetloba vzbuja posebno storžke občutljive za vijolično, slabo pa druge.

Nobena spektralna barva se po tej teoriji ne more imenovati osnovna v našem smislu, vsaki je nekoliko ostalih dveh prime-

šano. Nobena ni sama na sebi, vsaka ima nekaj belega v sebi, in sicer zelena naj več.

Vsi ljudje némajó jednako razvitega barvnega čúta. Nekateri razločújejo še prav majhne razlike iste barve, ko drugi več nikakoršnega razločka ne morejo najti. Ljudje slabega barvnega čúta barve v navadnih okolnostih razločújejo, ako so pa okolnosti neugodne, jih ne spoznajo; tako n. pr. ne razločújejo majhnih barvastih lis, jako majhnih barvnih množin, pomešanih z belo ali črno barvo. — Navadno zdravo oko razločúje svetle barve v raztegu 1 $\frac{m}{m}$ iz daljave 5 metrov.

Mach razločúje 4 osnovne barve: rúdečo, rumeno, zeleno in modro. Hering pristavlja še belo in črno.

Ako je jedna vrst storžkov neobčútljiva, ali je celó ni, oko dotične barve ne more občútití, ali je za to barvo slepo. Barvne slepote je več vrstí in stopinj.

Prvič se barvna slepota omenja na Angležkem l. 1777, pa le ob kratkem. Prvi jo je obširno opisal l. 1794 angležki kemik in fizik Dalton, kateri je sam na sebi opazil, da je rúdečeslep — odtod ime „daltonizem“ za barvno slepoto. Naj bolj so se za barvno slepoto zanimali Angleži, Francozi in Švedi, posebno od tega časa, ko je bilo dokazano, da se zavaljó nje na železnicah in na morji lahko velike nesreče dogodé, ker so v službi pri železnicah in na ladjah vpeljana barvasta znamenja. Barvna slepota se je posebno zadnja leta marljivo preiskovala, in v kratkem času se je prav mnogo o nji pisalo. Prvi, ki je mnogo ljudí preiskoval, primerjal rezultate ter jih sistematično uredil, je Nemeec Seebeck (1837. l.). Največ pa sta se s tem vprašanjem pečala švedski fizijolog Holmgren in francoski zdravnik Favre. Holmgren je pri švedskih železnicah dosegel, da se nikdo v službo pri železnici ne vzame, kdor ni prej pri strogi skušnji pokazal, da ima pravičen barvni čút. Tudi pri nas je uže nekoliko naredeb o preiskovanji barvnega čúta železniškega osobja. — Favre je 1878. l. izročil francoski akademiji znanosti v Parizu spomenico, v kateri med drugim trdi, da je na Francoskem nad 3 milijone*) barvnih slepcev, da se ta slepota dá pri večini odpraviti, in priporoča, naj se nikdo k železnici, mornarstvu in v slikarske šole ne vzame, ki je barvno-slep, naj barvno-slepi vojaki ne rabijo za tako službo, v kateri imajo

*) To število je pač preveliko in obsega najbrž tudi óne, ki so slabega barvnega čúta. — Iz Angležkega se poroča, da je 5—6 % barvnih slepcev; Schilling je cenil število rúdečeslepí v Nemčiji na 5 % vsega stanovništva; Holmgren, kateri je preiskal 44.000 osob, našel je med moškimi 3 % in med ženskami $\frac{1}{2}$ % barvnih slepcev. Najdena števila se zatorej precej razločújejo, krivi so temu različni preiskovalni načini, osobna mnenja preiskovalcev in še druge okolnosti.

opraviti z barvastimi znamenji, in naj se preskušnje o barvnem čutu in vaje v razločevanju barev uvédejo kot predmet v ljudske šole.

Holmgren se oslanja pri svojem razlaganju barvne slepote in svoji metodi barvne preskušnje na Youngovo teorijo.

Po neobčutnosti čutniških storžkov mrežnice razločuje se 1) rudeča, 2) zelena, 3) vijolična slepota.

Rudeče-slepec čuti le zeleno in vijolično.

Spektralna rudeča barva, katera slabo vzbuja za zeleno občutljive storžke, za vijolično občutljivih pa skôraj nič, mora se tacemu slepcu prikazati čisto zelena, sama na sebi, toda slabo razsvetljena. Slabo svetla rudeča barva tudi zeleno-občutljivih storžkov ne vzbuja dovolj, zato se mu zdí črna. — Spektralna rumena barva se mu vidi svetlo- in čisto-zelena. Vse zelenkaste barve imenuje rumene. — Zelena barva mu je bolj belkasta, kakor zdravemu očesu. — Belo je njemu mešano iz njegovih dveh osnovnih barev, zelene in vijolične, zato se mu tudi zdé prehajalne barve iz zelenega v modro — sive. Modro mu je nekoliko belkasto, zato mu vijolična barva reprezentuje modro. — Rudeč in zelen predmet vidi v tisti barvi, in ako ji časih razloči, vodi ga v tem le močnost svetlobe. Rudeč predmet ima menj svetlobe, nego zelen. Ako je pa zelena barva tako temna, kakor rudeča, je rudeče-slepcu nemogoče razločiti ji.

Zeleno-slepec čuti le rudeče in vijolično. — Kakor gori, tako se dá tudi tukaj iz Youngove teorije izvajati naslednje: Spektralna rudeča barva se mu zdí čisto rudeča in svetla, pomorančasta — tudi rudeča, ali svetlejša, rumena — belkasto-rudeča, zelena — sivkasta, modra — močna vijolična, in vijolična — skôraj čisto vijolična, ali temnejša, kakor jo vidi zdravo okó. Pomorančasto imenuje časih rudeče, časih rumeno. Rudeče in zeleno mu je tista barva. Razločiti mu jih je mogoče le po močnosti svetlobe.

Vijolično-slepec vidi le rudeče in zeleno. Njemu je rudeče — čisto rudeče, a ne tako svetlo, nego navadnemu očesu, pomorančasto mu je — belkasto-rudeče in svetlo, rumeno — belo, zeleno — belkasto-zeleno in svetlo, modro — čisto-zeleno srednje svetlosti, vijolično močne svetlosti — precej čisto zeleno slabe svetlosti, vijolično slabe svetlosti — črno. — Ta slepota je jako redka.

Vzrok barvni slepoti je lahko tudi ta, da jedna vrst čutniških storžkov mrežnice ni tako občutna ali vzbudljiva, kakor ostavši dve vrsti. Barvna slepota je potem nepopolna. Ta slepota se nahaja najčešče in v najrazličnejših stopinjah. — Da bi kako okó imelo le jedno vrst čutniških nitek, in zatorej bilo za razliko barev popolnem nevzmožno, to dozda še ni dokazano. Često so pa vse tri vrsti čutniških storžkov jednako oslABLJENE, in njih

vzbudljivost je manjša, nego navadno. Ta očesna nepopolnost se zove slab barvni čut (schwacher Farbensinn), in ima mnogo stopinj. Zelena barva se tacemu očesu preminja v sivo, ker je v nji največ belega.

Barvni slepec ne more barev nikdar tako občutiti, nego človek z navadnim očesom, pač je pa mogoče, da se nauči barvnih imen, ter jih prav rabi. Mnogo barvnih slepcev se je našlo, o katerih nikdo ni sumjal, da imajo to naopako. Celó sleporojeni ljudje pridevajo mnogim predmetom prave barve, imenujejo travo zeleno, sneg bel, črešnje rudeče itd., ker so vselej čuli, da je trava zelena, sneg bel itd. Ako uže slepec barvo mnogokrat prav imenuje, koliko lažje je to barvnemu slepcu! Otrok se uči najprej barvnih imen, potem še le mu rabijo ta imena, da označi svojstva znanih predmetov. Barvni slepec nikdar ne poreče, da je trava rudeča, ker tega nikdar ni čul. Nekateri barvni slepci se zavedajo svoje neveznosti to razločiti, kar drugi imenujejo rudeče in zeleno, pa se dalje za barve ne zanimajo, in neradi o barvah govoré, ker poznajo svojo slabost. Drugi iščejo, bi li mogli najti kako različico med tem, kar se imenuje rudeče in zeleno, in jo najdejo v močnosti svetlobe. Vaja jim pripomore, da se le redko v barvi zmotijo, in da vidijo daleč in bistro. So pa tudi okolnosti, v katerih se barvna slepota prikriti ne dá. Barvni slepci si časih zberejo obleko nenavadnih barev; nevezni so ločiti rudeče sadje od zelenega perja; ako blizu drevesa stojé, razločijo sad od perja po obliki, od daleč jim pa to ni mogoče. Jako težko je barvnemu slepcu brati jagode itd.

Trdilo se je, da barvni slepci pravilno vidijo, ako gledajo skozi raztopino fuchsina (anilina). Sestavile so se navlašč naóčnice s tako raztopino, katere naj bi barvni slepci nosili. Delboeuf, ki je sam rudeče-slep, jih priporoča. Magnus pa pravi, da je to dvomljiva in nezanesljiva pomoč, in Netoliczka pripoveduje, da je te naóčnice pri 15 barvnih slepcih poskušal, a da pri nijednem ni mogel popraviti pogrška barvnega čutila. Našel je pa pri teh poskusih zanimivo prikazen, da pravilno okó zeleno-slepo postane, ako gleda skozi fuchsinovo steklo. Na ta način si lahko pomislimo, kako zeleno-slepec barve vidi. Sè zeleno-modrimi naóčnicami vidimo barve, kakor rudeče-slepec.

Kar se tiče ozdravljivosti barvne slepote, o tem so si veščaki navskriž. Resnica je menda, da se pri mladini, ako barvo-čutiljivi ustroji ne manjkajo, temuč so le slabo občutljivi, z metodnimi vajami mnogo doseže, pri odraslenih pa nič. Vsakako so primerne vaje barvnega čutila mladini koristne.

Barvna slepota je fizijologijska, urojena, ako mrežnica nikoli ni imela dovolj ali dovolj razvitih občutljivih storžkov — ali pa je patologijska, pridobljena, t. j., prikaže se tudi pri oseh, katere so imele prej popolnem zdrave oči. Poslednja ima svoj vzrok v tem, da se vidni živec začenja sušiti, in da se za-

radi tega mrežnica loči od žilnice. To se dogaja izlasti po nekaterih hudih boleznih. Favre navaja kot najnavadnejše vzroke, po katerih patologijska barvna slepota nastopa, pobitje glave ali očesa, legar, naval krvi v možjane in zlorabo opojnih pijač in tabaka.

Misli se, da ima pleme vpliv na barvni čut, dognana ta stvar vendar še ni. Iz preiskovanj, katera so se vršila v Ameriki, sklepa se, da se murinsko pleme menj naklanja na barvno slepoto, nego belo. Veljavni nemški učenjak v tej stroki — Magnus — trdi, da je med Judi več barvnih slepcev našel, nego med kristijani. Znamenito je to, da je uže v starem zakonu več dokazov o nedostatnem barvnem čutu judovskega ljudstva.

Brez dvoma je pa spolni vpliv. Ženski spol je veliko menj naklonjen na ta pogrešek, nego moški. Med ženskami je teško najti barvno-slepo. To se vjema s tem, kar Gall trdi, da je namreč žensko oko za barve bolj občutljivo ustrojeno, nego moško. Deklice se tudi uže v prvi mladosti več pečajo z barvami, nego dečki, zanimajo se za pisana oblačila, šivajo pisane obleke za svoje punčike, učé se pozneje raznih del, kjer se jim okó vadi v razločevanji barev, itd. — Tudi to je nedvomno, da na barvno občutljivost vplivata stan in omika. Kdor ima mnogo opraviti z barvami, razločuje prav lahko barve, katere se nevajenemu jednake zdé. Neomikan človek v tem oziru daleč zaostaja za omikanimi. Dokazano je, da je med nižjimi stanovi več barvno-slepih, nego v višjih. Tudi otroci omikanih stanov imajo bolj razvit barvni čut, nego otroci nižjih stanov. To se s tem dokazuje, da so vsi preiskovalci barvnega čuta mladine na srednjih učiliščih, kamor večjim delom omikanejši krogi pošiljajo svoje otroke, našli razmerno menj barvnih slepcev, nego v ljudskih in meščanskih šolah. Razloček je tudi med kmetskimi in mestnimi otroci. Med prvimi je več barvnih slepcev.

Omenjeno bodi tukaj, da slavni angleški državnik in učenjak Gladstone skuša dokazati, da se je barvno čutilo, kakor vsako drugo, pri človeškem rodu le polagoma razvilo. V začetku — meni on — je človek razločil le svetlobo in temo. O Homerjevem času je bilo barvno čutilo v Grkih še slabo razvito. — Mnogo neomikanih ljudstev v Aziji, Ameriki in Afriki rabi za črno in modro, za zeleno in modro tisto besedo, zatorej teh barev ne loči. Druga ljudstva imajo za rudeče in rumeno ali belo tisti izraz. Tudi se najdejo taka ljudstva, katera poznajo le dva izraza za vse barve, jednega za črno (temno), ali modro in zeleno, drugega za rudeče ali rumeno. To bi utrjevalo Gladstoneovo misel, ali je tudi dejanstev, katera jo pobijajo, in med temi je jako važno to, da se med divjimi národi dobé tudi taki, kateri vse barve in njih različice dobro poznajo. To vprašanje zatorej še ni rešeno.

Dognano je, da ta pogrešek oči prehaja od rodú v rod; redko se pa dogodi, da bi bila oče in sin barvno-slepa, največkrat prihaja ta slepota od mäterine strani, takó da ona sama ni barvno-slepa, pač pa nje oče in nje sinovi. Barvno-slepi bratje se često nahajajo.

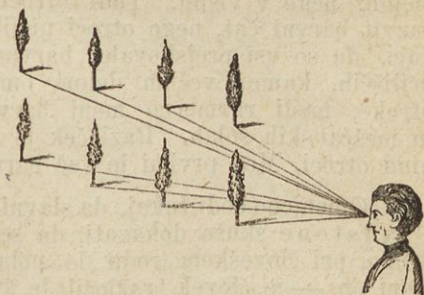
O različnih načinih preiskovanja barvne slepote tú ne moremo govoriti.

Kdor se omami sè santoninom, ne vidi vijolične barve, vse mu se zdi rumeno ali zelenkasto-rumeno. No, ta barvna slepota se z omamico zopet izgubi. — Spring ni razložil rudeče barve, ako je gledal skozi raztopino nikeljevega klorovca (Nickelchlorür).

Velikost predmetov.

Naša sodba o velikosti videnih predmetov oslanja se na velikost mrežnične slike ali vidnega kóta in na cenitev predmetove dalje. Kadar zatorej sodimo o velikosti kacega predmeta, primerjamo njegov vidni kót in njegovo daljo. Se vé, te sodbe navadno vršimo nevedoma. — Ako o velikosti predmeta le po velikosti slike na mrežnici sodimo, je to le prividna ali dozdevna velikost predmetova. Čim dalje v drevored gledamo, tem manjši so vidni kóti njegove širjave (*gl. pod. 47*), zato se nam zdi, da se drevesni vrsti druga drugi primičeti. Morsko površje, reke in ceste se v dalji privzdigujejo. Dolgi hodniki zdé se nam v dalji ožji in višji. Vidi se, kakor bi se strop v dalji nagibal k podu (tlaku), a pód kakor da bi se vzdvigal k stropu. — Predmeti, kateri stojé pred očesom, a napošev proti njemu, vidijo se manjši, ker je vidni kót manjši, kakor tedaj, ako so po konci. — Predmeti, ako jih gledamo sè stolpa, vidijo se tem nižji, čim bolj se bližajo stolpu, ker je vidni kót njih višine vedno manjši.

Podoba 47.



Naš razsod o tem, kar smo videli, o velikosti, dalji, kakovosti, površini, gibanji itd. predmetov, ne opira se samo na vtis, kateri nam oko izroči, temuč tudi na dušno delavnost. Okó pri vsacem vtisu neposredno razloči le mér, v kateri je prišel, in barvo svetlobe. Mislimo si, da slepec, kateri še nikoli ni gledal, spregleda. Tak človek bode o velikosti, dalji in površini predmetov zeló naopačno sodil, ker nima izkustva, po katerem bi

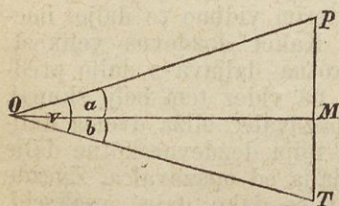
prav razsojal vzprijete svetlobne vtise. Mi pa, ki gledamo, odkar smo prišli na svet, uporabimo svoja izkustva, ter presojamo, kar vidimo, ne samo po delavnosti oči, temuč tudi po izkustvih. Dà, delavnost oči in delavnost našega duhá sti mnogokrat tako pomešani, da nam je prav težko razložiti, kaj se v naši sodbi opira na prvo, kaj na drugo. — Toliko pa je jasno, da velikosti, dalje, kakovosti, površine itd. predmetov neposredno ne vidimo, temuč o njih le sklepamo, in da bi o njih sklepati ne mogli, ako bi se ne opirali na slike v očesu. Te sodbe se pa navadno tako hitro vršé, da se skóraj strinjajo sè svetlobnim vtisom. — Ako zatorej hočemo velikost, kakovost in medsebojno ležo predmetov dobro oceniti, morata duh in okó delati vzajemno.

Govorimo najprej o velikosti predmetov. Ako imaš pred seboj različne predmete v tisti dalji, precej razsodiš, kateri je večji. Tisti, katerega slika na mrežnici je večja, — ali kateri pod večjim kotom vidiš, trdiš, da je večji. — Ozri se pa skozi okno. Tú vidiš hiše, drevje, živino, itd. Mrežnična slika vsega, kar vidiš, je tolika, kakor slika okna, slike posameznih predmetov, katere vidiš skozi okno, so zatorej manjše od slike okna. Ako stojiš n. pr. cerkev pred oknom, uči te okó: cerkev je manjša, nego okno. Ti pa dobro veš, da to ni res in očesu ne veruješ. Izkustvo te uči, da slika tistega predmeta ni vedno jednolika, temuč, da je tem manjša, čim dalje je predmet od očesa. Zato sodiš: slika cerkve na mrežnici je zato manjša od slike okna, ker je cerkev od očesa oddaljenejša; ko bi stala cerkev tako blizu očesu, kakor okno, videl bi jo pod večjim kótom.

Rekli smo, da pri sodbi o velikosti predmetovi primerjamo njegov vidni kót z njegovo daljo. To dobro vemo, da vidni kót z daljo predmeta pojemlje; vpraša se še, v katerem razmeru.

PT v *pod. 48* naj je predmet, ki ga okó gleda iz *O*. Re-

Podoba 48.



cimo, da je dolžina $PT = p$, dalja predmetova od očesa $OM = d$, vidni kót = v , kót $POM = a$ in $MOT = b$. Ker sta trikóta POM in MOT pravokótna, je $PM = d \cdot \operatorname{tg} a$, in $MT = d \cdot \operatorname{tg} b$, zatorej $PM + MT = p = d (\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b)$. Ako je predmet majhen, ali precej daleč od očesa, sta kóta a in b tako majhna, da smemo mesto njiju tangent vzeti njiju lóke, zatorej je: $p = d (a + b) = d \cdot v$,

in $v = \frac{p}{d}$; to hoče reči: Vidni kot motrenega predmeta je njegovi dalji narobe sorazmeren, t. j., kolikokrat je dalja predmetova večja, tolikokrat je manjši vidni kót.

Recimo, da se predmet opazovalcu, ali opazovalec predmetu odmakne ali tistemu približa, tako da se dalja d spremeni v d' , spremeni se tudi dozdevna velikost predmeta. Vidni kót v' je potem $= \frac{p}{d'}$, in razlika med sedanjim in prejšnjim vidnim kótom je: $v' - v = p \cdot \frac{d-d'}{dd'}$. Ako je sprememba predmetove dalje $d - d' = s$, je sprememba vidnega kóta in zatorej tudi dozdevne velikosti $v' - v = \frac{sp}{d(d-s)}$. Ta obrazec nam pravi, da je pri tisti spremembi dalje sprememba dozdevne velikosti večja pri bližnjih predmetih, nego pri daljnih. Ako je sprememba dalje s v primeri z daljo d le majhna, je sprememba dozdevne velikosti neznatna. O tem se lahko prepričaš vsak hip.

Dalja predmetov.

Pri sodbi o dalji predmetov pazimo

- 1) na dozdevno velikost predmetov, ali njih vidni kót, ako po izkustvu poznamo njih pravo velikost, ker vemo, da se nam tisti predmet tem manjši zdí, čim dalje je od nas. Ako nam je znana dalja predmetov, sklepamo iz njih dozdevne velikosti na njih pravo velikost, tukaj pa sklepamo iz njih prave in dozdevne velikosti na njih daljo. Ako se motimo o pravi velikosti predmetov, motimo se tudi o njih dalji, in narobe. Ako mislimo, da je kak predmet majhen (velik), zdí se nam blizu (daleč), ako je njegova dozdevna velikost znatna (majhna). Ako pa mislimo, da je kak predmet daleč (blizu) od nas, zdí se nam velik (majhen), ako ga pod velikim (majhnim) kótom vidimo. — Visoke goré vidijo se nam bližje, nego so res, ker jih vidimo pod velikim kótom.

Tudi medsebojno daljo dveh predmetov po vidnem kótu sodimo; vidni kót, pod katerim vidimo to daljo, imenujemo dozdevno kótno daljo. Kakor dozdevna velikost, tako pojemlje tudi dozdevna kótna daljava z daljo predmetov od očesa. Predmeti so na videz tem bolj skupaj, čim dalje so od nas. Ako se opazovalec bliža dvema daljnima predmetoma, je sprememba njiju dozdevne kótne dalje tem manjša, čim večja je njiju dalja od opazovalca. Zvezde se nam zdé blizu skupaj, dasi so jako daleč vsaksebi. Dvojne zvezde (Doppelsterne) vidimo prav skupaj, in vendar so na milijone mirijametrov narazen. — Predmeti, od katerih se odmičemo, se dozdevno primičejo, predmeti, katerim se bližamo, pa razmičejo, bližnji bolj, daljni menj. Pri jako daljnih predmetih, n. pr. pri daljnih gorah, zvezdah, je

sprememba njih dozdevnih kótnih dálj neznatna, čeravno se jim opazovalec znatno približa ali odmakne.

- 2) Na posamezne dele, barvo in svetlost predmetov. Čim več delov na predmetu razločimo, čim razločnejši so posamezni deli, in čim živahnejše so predmetove barve, tem bližje sodimo, da je predmet, ker vemo, da razločnost delov in barev predmetovih z daljo izginuje. Tudi iz večje ali manjše razločnosti predmetovih obrisov (Contouren) sklepamo na manjšo ali večjo daljo njegovo. — Svetloba se pri prehodu skozi vzduh slabí, zato je svetloba, katero nam kak predmet pošilja, tem manjša, čim dalje je predmet od nas, in zategadelj sklepamo tudi narobe, da je slabo razsvetljen predmet daleč od nas. — Bela ali sè snegom pokrita gora zdí se nam bližja, nego temna, z lesom obraščena. — Ogenj se nam zdí po noči bližje, nego je. — V lepem vremenu in čistem vzduhu zdé se nam goré bližje, nego v meglenem vzduhu.
- 3) Na večje ali manjše stikanje očesnih osí. Hitreje če se očesni osí stakneti, bližje je predmet. To presojevanje, katerega se pa ne zavedamo jasno, je mogoče le pri bližnjih predmetih, ker stí očesni osí za dalje nekoliko metrov malo ne uže vzpóredni. Nekateri fizijologi tudi trdé, da se uravnave oči toliko zavedamo, in jo toliko čutimo, da nas ta občutek vsaj nekoliko podpira pri cenitvi dalje bližnjih predmetov. Iz tega se vidi, da pri razsojevanji dalje raba obeh očes dobro služi. Ako gledamo samo z jednim očesom, se njegove uravnave ne zavedamo tako, in tudi se ne dá tako lahko določiti, kakó je obrnena očesna ós.

Na našo sodbo o dalji predmetov vpliva tudi stališče, katero zavzemamo proti predmetom. — Mnogokrat sodimo o velikosti in dalji predmetov, primerjajoči jih z drugimi.

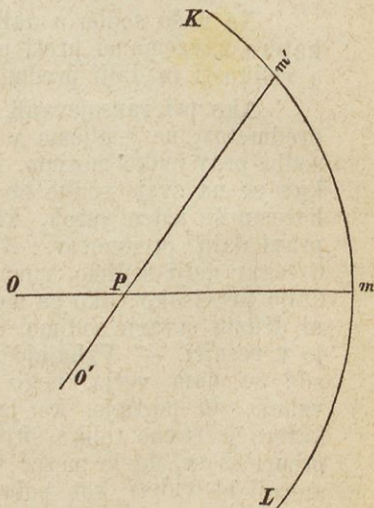
Ako pri razsojevanji, bodi si dalje, bodi si velikosti predmetov, ne jemljemo v poštev vseh okolnosti, se v svoji sodbi prav lahko motimo. Nekoliko primerov smó uže naveli, kjer se na svojo sodbo ne moremo prav zanašati. Dodati hočemo še jeden vzrok, kateri pogosto moti našo sodbo o pravi dalji predmetov. Ako je med očesom in predmetom, o čegar dalji sodimo, mnogo družih stvari, cenimo njegovo daljo previsoko; ako pa med očesom in dotičnim predmetom ni družih stvari, sodimo, da je njegova dalja manjša, nego je v resnici. — Vzhajajoči mesec in ozvezdja blizu obzora zdé se nam večja, nego v višavi. Gledaj mesec, kadar vzhaja, in pozneje, ko je visoko nad obzorom, skozi c v, katera je ravno toliko široka, da cel mesec skozi njo vidié; prepričaš se, da je mesec vedno jednólik. — Nébesni svôšd morali bi videti kot poluoblo, ali njegova navpična dalja vidi se nam mnogo krajša, nego dalja do obzora, ker je

med nami in obzorom obilica predmetov. Tù menda k pogrešnemu sodu pripomore tudi to, da je vzduh nad nami čistejši in prozornejši, nego proti obzoru. — Čim več ladij in čolnov je na reki, tem širja se nam zdí. Tudi se nam zdí širja, ako gledamo z brega na breg črez most, nego če gledamo prek vode. — Sôba z opravo zdí se nam večja, nego če je prazna.

Gibanje predmetov.

Predmet se giblje, ako spreminja svoje stališče. Njegovo stališče presojamo po njegovi leži proti nam in drugim predmetom, posebno proti ozadju, na katero ga nanašamo. Ako sta okó in predmet mirna, predmetova slika ne menja svojega mesta na mrežnici. Ako je okó mirno, predmet se pa giblje, giblje se tudi slika njegova na mrežnici, zato tudi narobe sodimo: ako se giblje slika v očesu, giblje se tudi predmet. Ta sodba je pa mnogokrat naopačna, gibanje predmeta le dozdevno, ker mrežnična slika se tudi tedaj giblje, kadar se giblje okó. Gibanje mrežnične slike in zatorej gibanje predmetov se ne opazi, ako se slika in predmet gibljeta, in je slikino gibanje primerno predmetovemu gibanju. Mnogokrat je zatorej prava sodba o gibanji predmetov jako teška, ker je pogosto težko razsoditi, kaj se giblje, slika ali predmet, ali oboje, in v kakem razmeru sta njiju gibanja. Opazovalec, kateri stoji v točki O (glej pod. 49), vidi predmet P v premi črti OP , ter ga nanaša na točko m ozadja KL . Ako se opazovalec giblje, nanaša, kadar pride v O' , predmet P na točko m' . Na mestih med O in O' nanašal je predmet P na točke med m in m' . Med tem ko je on prešel pot OO' , premaknila se je točka m v m' , zato se opazovalcu, ako na svoje gibanje ne pazi, pač pa gleda predmet P , zdí, da se ta predmet giblje v nasprotni méri nego on. Naša zemlja — in mi ž njo — vrtí se okolo solnca od zapada proti iztoku, nam se pa zdí, da se solnce suče okolo zemlje od iztoka proti zapadu. — Ako se peljemo na vozu, ladji ali po železnici in gledamo raznih predmetov v okolici, vidi se nam, da se ti

Podoba 49.



predmeti gibljejo na nasprotno stran in sicer tem hitreje, čim bližje nas so. Pri daljnih predmetih se to dozdevno gibanje izgublja; ker se pa z našim gibanjem naš položaj, kar se tiče teh predmetov, menja le neznatno, zdi se nam, da se oni z nami gibljejo. — Iz tega dozdevnega gibanja predmetov moremo sklepati na hitrost svojega gibanja in na daljo teh predmetov. Čim hitreje je to dozdevno gibanje, tem hitreje se gibljemo mi, in tem bližje nas so ti predmeti. — Kadar človek pada, ali se sicer neradovoljno giblje, zdi se mu, da se predmeti pred njim gibljejo.

Dozdevna prememba v položaji tistega predmeta P , ako ga gledamo iz dveh različnih staljšč O in O' , zôve se mimozor (paralaksa) in se meri s kôtom OPO' . Paralaksa je tem manjša, čim dalje je predmet od očesa. Paralaksa je važna, ker se dá ž njo določiti dalja predmetova.

Gibanja neposredno ne opazimo, ako je prepočasno, posebno, ako se gibajoči predmet od dna, na katerem se giblje, slabo razloči — ali če traja premalo časa. Ako predmet, tudi če se prav hitro giblje, le za hip z električno iskro razsvetlimo, njegovega gibanja ne opazimo, ker se njegova slika na mrežnici v tako kratkem času, kakor traja električna iskra, ne pomakne znatno naprej.

Naš sod o gibanji predmetov oslanja se še na drugo sredstvo. V gibajoči se predmet vpremo okó, in ga obračamo za njim, tako, da njegova slika vedno pada na tisto mesto mrežnice; časih obračamo za predmetom tudi glavo ali ves život. Iz velikosti in hitrosti tega obračanja sklepamo na velikost in hitrost predmetovega gibanja.

Prevare očí.

Pazljivi bralec se je prepričal, da to, kar nam kažejo očí, ni vselej resnično in zanesljivo. Očí nas mnogokrat varajo. Takove prevare ali zmote se zôvejo optične. Optični zakoni sami so povod takim zmotam, ako teh zakonov ne poznamo, ali njih nasledkov ne opazimo, ali prav ne presodimo. Tako je lom svetlobnih žarkov kriv, da stvari v vódi ne vidimo ni v pravi podobí, ni na pravem mestu; isto tako je s predmeti, kateri nam pošiljajo svoje žarke skozi različne vzduhove sklade — s predmeti, katere gledamo skozi leče itd. — s predmeti, katerih žarki se od raznih uglajenih površin odbijajo. — Časih nas zapelje naša dušna delavnost; motimo se v prednjakih (premisah), in zato je naš izvod naopačen. Odtod izvira mnogo naopačnih sodov o velikosti, dalji in gibanji predmetov. Časih se združi oboje, zane-marjanje optičnih zakonov in njih nasledkov in naopačen dušen razsod.

Dasi smo, kjer je prilika nanesla, opozorili na te prevare, hočemo vendar še nekoliko o njih spregovoriti in navesti novih primerov.

Optične prevare dogajajo se človeku s popolnem zdravimi očmi, so pa tudi take zmotljive prikazni, katere vidi le človek, ki ima bolno oko, ali katerega zdravje sicer ni v navadnem stanju. — Vidne prevare, katere se zdravemu človeku dogajajo, imajo svoj vzrok v zvenanjih okolnostih, ali pa tudi v očesu samem.

Jako velicih dâlj naše oko ne razločuje. Poglejmo jasnega večera na nébes: vse zvezde zdé se nam jednako oddaljene od nas, in vendar so razločki njih dâlj velikanski.

Gibanja ne opazimo, ako predmeti, katere ravno gledamo, svojega mesta, kar se tiče nas, ne premené. Ako sediš v železniškem vozu ali v prostorih parobroda in ne gledaš skozi okno, ne čutiš gibanja. Posebno na ladji, kjer ni tacega tresenja in ropota, nego na železnici, bi človek, kateri ne gleda na breg, v resnici ne vedel, ali se pelje ali stoji, ko bi ga vodni šum nekoliko ne opominjal, da ladja vodó reže. Kdor stopi v parno ladjo, in ne pogleda, kam je obrnena, temu se lahko pripeti, da ne vé, na katero stran se ladja giblje, dokler ne pogleda ven. — Znane so tudi druge zmote pri gibanju. Ako izpremljamo z očmi oblake, katere podi veter mimo mesca, zdí se nam, da oblaki stojé, mesec pa da naglo po nébesu plava; ako pa vpremo oko v mesec, vidimo pravo gibanje oblakov. — Ako se na železnici hitro peljemo mimo družega vlaka, ne vemo, da-li ta stoji, ali gre. Kadar pa mimo našega vlaka drug hitro dričí, ne vemo, ali naš vlak stoji, ali ne.

Prav lahko se motimo pri razsodu o višini pokončno stoječih predmetov. O tem se lahko prepričaš, ako pogledaš in z očesom premeriš steklenico, čašo itd., in potem poskušaš nje višino na steni pokazati in odmeriti. Ljudje, katerim ta vidna zmota ni znana, zmotijo se navadno za vso tretjino. Druga je, se vé, ako je človek o tej zmoti uže poučen, in potem na steni navlašč pokaže manjšo višino, nego bi jo sicer.

Zmota očí je tudi vrtoglavica; nje vzrok je nemír očí. Vrtoglavico dobimo, ako z velike višine gledamo, ali oko hitro in nenavadno obračamo n. pr. pri plesu, na zibajoči se ladji, pri gledanji brzo tekoče reke ali slapa itd. Ako z brega ali mosta dolgo gledamo v brzo reko, zazdí se nam, da reka stoji, in da se mi sè svojim stališčem pomičemo navzgor. Tekočo vodo nekoliko z očmi izpremljamo, potem očí obrnemo nazaj v prejšnji položaj; ako se to hitro ponavlja in dlje traja, se tega gibanja očí več ne zavedamo, in zdí se nam, da se vkrog nas stoječi predmeti pomičejo proti teku vóde.

Vrtoglavici se izognemo, ako očí ostró vpremo v kako stvar. Vrtoglavim plesalcem in plesalkam se svétuje, naj si ostró gledajo v očí. — Ako greš érez dereč potok po ozki brvi, ne glej v vodó, sicer lahko v potok padeš, ako si vrtoglav.

Mnogokrat se nam zdí, da vidimo, kar si samo mislimo. Vboklo zrcalo dela obrnene slike. Ako postavimo pred tako zrcalo čašo do polovice z vodô napolneno, vidimo v zrcalu čašo obrneno, vendar se nam dozdeva, da je vóda zdolaj, prazna polovica čaše pa zgoraj. Ako je čaša za ta poskus tako pripravljena, da se more vóda skozi luknjico na dnú izpustiti, zdí se nam, da vóda v čašo teče, a ne iz nje, in da se čaša z vodô napolnuje.

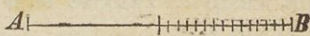
O velikosti predmetov se vselej motimo, ako o njih dalji krivo sodimo. Predmet se nam zdí večji, ako njegovo daljo previsoko — manjši, ako jo premalo cenimo. — Ako gledamo v daljo, n. pr. proti nébesu in nam blizu mimo očesa poletí mušica, zazdí se nam, ker se precej ne zavemo prave mušične dalje, da vidimo letečo ptico. Da se tukaj o dalji tako zmotimo, je posebno to krivo, ker moremo od strani priletelo stvarico le z jednim očesom zapaziti. — Predmeti na visocih stolpih se nam s tal dozdevajo manjši, nego bi se nam zdeli, ako bi višino stolpov prav cenili.

Obesi prstan na nit, stopi malo stráni, takó, da ga le od strani vidiš, zamíži z jednim očesom, in poskušaj drobno paličico vtakniti vánj. Čudil se bodeš, kako teško je to. Teško je to, ker se motiš o dalji prstana, ako pa gledaš z obema očesoma, daljo bolje presodiš in paličico lahko vtakneš.

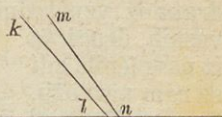
Kriva črta zdí se očesu krajša, nego je. — Ako črto prepолоvimo (*glej pod. 50*), in jedno polovico na več delov razdelimo, zdí se nam ta polovica daljša od neraz deljene. — V *pod. 51* sti *kl* in *mn* dve nizdolu stični črti; teško je razločiti, je li *pr* podaljšek črte *kl* ali *mn*. — Glej *pod. 52*. Dalja *ab* zdí se ti manjša, nego *cd*, a jednaki sti.

Dve dolgi vzpóredni črti ne zditi se nam povsod vzpóredni. Čudovita je pa naša zmota, ako so vzpóredne preme črte prečrtane, kakor kaže *podoba 53*. Zdí se nam, da črte (1) in (2), (2) in (3) niso vzpóredne, in sicer menimo, da se črti (1) in (2) zdolaj, črti (2) in (3) pa zgoraj shajati, dasi so vse tri vzpóredne, o čemer se je lahko prepričati. — Ako potegnemo dve ne prav vzpóredni črti, ter ji prečrtamo, dozdevati se nam vzpóredni, ako črtice ležé, kakor pri (2) in (3), bolj stični pa,

Podoba 50.



Podoba 51.



Podoba 52.



nego sti v resnici, ako črtice leže, kakor v (1) in (2). — Zmota je še večja, ako podobno tako obrnemo, da so preme črte ravnovesne.

Radi se motimo pri presojevanji topih kótov, kateri ne leže pred nami v ravnovesni ravnini.

Navadno se nam zdí gornji del kake stvari večji, nego je. Pri številkah 333, 888 in pri črkah SSS, XXX, ZZZ zdí se nam, da je gornja polovica jednaka dolnji, ako pa knjigo obrnemo, vidimo, da smo se prevarili.

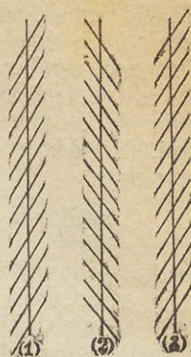
Ako malo položna (absteigend) cesta prehaja v strmo (klanec), in mi na položnem kósu stoječi o strmíni nasproti ležečega kósa sodimo, motimo se radi v svojem razsodu — cesta se nam namreč zdí strmejša, nego je. Strmíno ceste moremo prav presoditi le, ako presojava nje višavo nad ravnovesno podlogo; tukaj pa menda vzamemo cesto, na kateri stojimo, za podlogo, zato je naša sodba naopačna.

Ako gremo (glej podobo 54) po položni cesti c doli, poleg menj položnega ali malo ne ravnovesnega potoka p , dozdeva se nam, kakor bi tekel potok v réber. Tudi tukaj se pri svoji sodbi namesto na ravnovesno ravnino c' opiramo na cesto c , zato se nam zdí, da ima potok položaj p' .

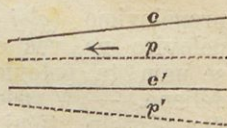
Ako sestavimo (glej pod. 55) dva kvadrata iz vzporednih črt, jeden k' iz ravnovesnih, drugi k'' iz navpičnih, zdí se nam prvi ožji, nego višji, drugi pa nižji, nego širji, oba pa večja, nego jednólíki prazni kvadrat k . Ta zmota izhaja od tod, ker sodimo jedenkrat po dolžini črt, drugikrat pa po presledkih med črtami.

Ploskve, katere so pri najmanjšem obódu najprostornejše, zdé se nam manjše, nego druge jednako velike, katere imajo večji obód in več obódnih kótov. Kvadrat se nam zdí manjši,

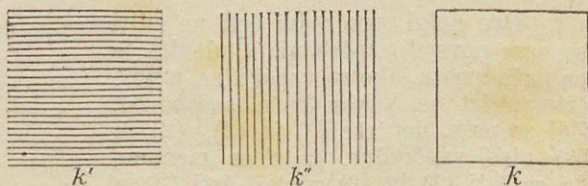
Podoba 53.



Podoba 54.



Podoba 55.



nego kak drug jednak četverokótnik ali mnogokótnik, krog manjši od jednolike elipse. — Jdnacih zmot pri merstvenih podobah je še mnogo.

Na hribčku, kateri nima družega ozadja, nego nébes, zdé se nam stoječi ljudje, jako veliki, ker menimo, da je njih dalja od nas večja, nego je res.

Iradijacija, paslike, subjektivne barve in barvaste sence so tudi prevare oči. — Človek se vidi v svetli obleki debelejši in širji, nego je; črna obleka pa dela človeka tenkega in vitkega. Ženske, katere se sramujejo, da jim je Bog polne, zdrave ude dal, oblačijo se vedno v temne in črne obleke, da se vidijo vitkejše, nego so. Tudi debeli glumci oblačijo se v tesne črne obleke, kadar jim je kazati suho osobo.

Izmed zmot barvnih občutkov naj navedemo še naslednjo. Vzami rudeč papir, položi nánj kosec belega, oba skupaj pa pokrij s tenkim, prosojnim, belim, svilenim papirjem in kósec belega papirja prikaže se zelenkast, rudeči papir pa belkast. Ako tisto poskušaš sè zelenim dnóm, zdí se ti kósec belega papirja rudečkast. Ravno tako se vidi bel papirček na modrem dnù rumenkast, na rumenem modrikast. Te barve posebno lahko spozna, kdor ne vé, da je pod prosojnim papirjem kósec belega. Namesto belega papirja rabi črn ali barvast še z večjim vspehom. — Proga sivega papirja se vidi na belem dnù mnogo temnejša, nego na črnem.

Vzroki teh zmot še niso dovolj razjasnjeni. Trdi se, da svoj razsod o barvi spremenimo, ako jo primerjamo z drugo.

O obliki tistega predmeta se motimo, ako medsebojne dalje njegovih toček prav ne presodimo. — Tudi nenavadni način gledanja nas zmoti. Kadar si na hribu, poglej sêlo ali mesto v dolini, potem se pa obrni, razkorači, pripogni glavo in gledaj skozi korak v dolino, vse ti se bode zdelo lepše in živahnejše. — Teško je tudi presoditi, stoji li predmet prav ravnovesno ali navpik, ali koliko je nagnen, ako držimo glavo po strani.

Zmote vida so vse slike. Veljava slike je ravno v tem, da v nas obudi zmoto. Zmota je tem večja, čim boljša je slika. Umeteljniku je naloga vse porabiti, kar utegne našo zmoto roditi in podpirati. — So človeške slike, katere za nami obračajo oči, naj jih gledamo od katere koli strani. Kako je to možno? Kadar nas kdo gleda, obrne obraz in okó tako proti nam, da je zenica v sredi očesa, t. j., da se na obeh stranéh očesa jednólíko belega vidi. To porabi slikar in naslika okó ravno tako, zato se nam zdí, da slika gledá za nami.

Ako nam kdo s puško ali samokresom meri v okó, ne vidimo ceví, temuč samo nje žrelo. Ako zatorej naslikaš strelca,

kateri se samokresom meri, tako, da se le žrelo vidi, meril bo vedno vate, gledaj ga od zgoraj, od zdolaj ali od strani.

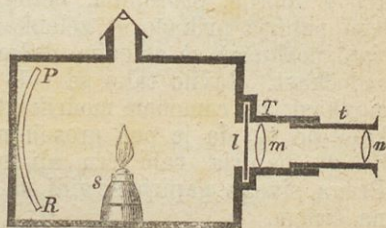
Da so vse slike prevare, potrjujejo nam tudi porojeni slepci, kateri so pozneje pregledali; oni ne vidijo telesnosti na slikah, slike so jim le šarene ravnine.

Zmote oči poznajo in umévajo posebno dobro porabiti čarodelniki, eskamoterji itd., in občinstvo poleg družih prevar tudi z različnimi optičnimi kratkočasiti. — Brezvestni taki umetelniki tudi časih nevedne ljudi z navlašč napravljenimi pripravami slepé in strašijo. — Omenjati hočemo tu slik čarobne svetilnice, meglenih slik in duhov v gledališči.

Čarobna svetilnica (laterna magica) je (pod. 56) temna skrinjica z navadno, ali za vapno, plin ali električno razsvetljavo

pripravljeno svetilnico s , z vtrjenim tulcem T , v katerem je leča m , in s pomičnim tulcem t , v katerem je leča n . Leči sti ahromatski. Pred lečo m se postavi prozorna slika l in se svetilnico razsvetli. Čim močnejša je svetloba, tem bolje je, zato je zadaj vboklo zrcalo PR , katero svetlobne žarke odbija proti tuleu. Sliko, katero naredi leča m , poveča leča n . Slika postane tem večja, čim bližje si leči stojiti. Ta povečana slika se vjame v temni sôbi na belo steno ali preprogo, takó, da jo občinstvo lahko motri.

Podoba 56.



O čarobni svetilnici, meglenih slíkah in duhovih v gledališči piše hrvatski pisatelj dr. B. Šulek blizu takó-le:

Dan danes se za čarobno svetilnico malokdo zmeni, ali v prejšnjih časih — znana je uže več ko dve sto let (Kircher 1646) — je jako rabila čarovnikom in umeteljnikom. Strašili so z nje pomočjo lehkoverne ljudi, in klicalí duhove mrtvecev, ter si s tem príslužili mnogo denarja. Kadar je kdo želel videti kako mrtvo osobo, peljal ga je čarovnik v temno sôbo, v sošednjo sobo pa je postavil veliko in izvrstno čarobno svetilnico. Čarovnik si je prej na skrivaj preskrbel sliko umrše osobe, katero je hotel pokazati. Predno je svojemu gôstu zaželeno osobo pokazal, razvnel mu je domišljijo s pripravno pijačo ali dušečino. Omamljeni in lehkoverni ljudje so mislili, da je živa istina, kar vidijo.

V začetku tega stoletja je Anglež Robertson v Parizu z izvrstno čarobno svetilnico delal čudesa. Njegove prikazni in duhovi so iz male jedva vidne podobe zrastle do orjaške velikosti.

Ker je prikazen rastla, mislili so gledalci, da se jim bliža, zato so se strahoma umikali. Te njegove prikazni so se videle na tenki mušulinasti preprogi, za katero je svojo čarobno svetilnico na kolescih primikal in odmikal. Robertson je občinstvu zagotavljal, da on ne zna čarati, da dela vse po naravnih zakonih, a svojih pripomagál ni hotel pokazati in pojasniti, ker se je bal, da bi ga potem drugi posnemali, in bi on ne zaslužil več toliko, zato mu ljudje niso verjeli, ter z grozo gledali njegove strahove. Ko so črez nekaj let se prepričali, da so njegova strašila same slike, je malo kdo več maral zánje.

Prvo pripravo za meglene slike napravil je Laschott. Postaviti se dve čarobni svetilnici druga poleg druge tako, da mečeti svoji sliki na tisto mesto stene. Spredaj na krajih tulcev sta pokrovca, katera sta med seboj v zvezi in s katerima je mogoče leči zakriti ali odkriti. Ako sti obe leči samo nekoliko odprti, ni moči razločiti slike ni od jedne, ni od druge svetilnice, ker obe sliki padati na tisto mesto, vrhu tega sti zavoljo majhne odprtine sliki temni, zato se nam zdí, da sti v megli. Potem, kakor se jedna ali druga leča bolj odpira ali pokriva, postaja dotična slika jasnejša, ali temnejša. Tudi brez pokrovcev se to doseže, treba je samo stenj v dotični svetilnici dvigati ali spuščati, ali na drug način spreminjati močnost svetlobe.

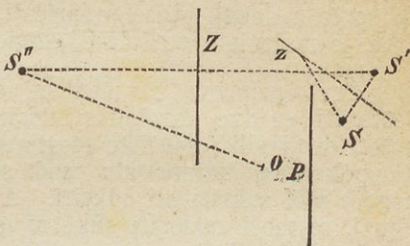
Ako hočemo pokazati, kako se poletna okolica spremeni v zimsko, vtaknemo v jedno svetilnico sliko letne, v drugo pa sliko zimske okolice. Najprej zakrijemo drugo svetilnico, pa odpremo prvo, tedaj vidimo sliko okolice v nje letni lepoti. Potem začnemo odpirati drugo svetilnico. V začetku se nje slika ne razloči, opazuje se samo, da letna okolica nekako bleđí; potem se polagoma prikriva prva in ob jednem odkriva druga svetilnica; zimska slika se vedno razločneje prikazuje, in tako se pred očmi gledalčevimi spremeni leto v zimo. Ako se pred ti dve svetilnici postavi še tretja, a brez slike, in se pred-njo vleče proga črnega papirja, ki je prav gosto z iglo naboden, zdí se gledalcu, da sneží. Čim gostejše so luknje v papirji, tem gostejši misliš, da pada sneg. Ravno tako se hitro spremeni ljuti boj v radosten ples, vojaški tabor divjakov v slovesno sejo diplomatov itd. Tudi vrtenje koles, gibanje vozov, ladij itd. se dá predstavljati s to pripravo.

Na gledališčinem odru je spredaj velika luknja, pred katero se denejo različne stvari, da jih gledalci ne vidijo. Onkraj te luknje stoji velika steklena ploča, katera je na obeh stranéh tako gladko zbrušena, da se vse skozi vidi in je gledalci niti ne opazijo. Kadar se ima duh pokazati, se gledališče potemi. Človek, ki ima igrati duhá, zavije se v belo rjuho, ali obleče v sicer primerno opravo, in stopi doli pod luknjo na ugodno mesto. Nánj se obrne jako svetla svetilnica in nje žarki se odbijajo proti ste-

kleni ploči in delajo zanj sliki duhá, kateri je pod podom. Kar ta meseni duh zdolaj počne, vidi se na odru. —

Kako se pokaže nenavzočna ali uže mrtva osoba v zrcalu, pojasnuje *pod 57*. *P* je zagrinjalo. Pred njim visi zrcalo *Z*, nad njim zrcalo *z*, za njim pa slika *S* osebe, katera se hoče pokazati. Ta slika zrcali se v zrcalu *z*, nje slika je *S'*. Svetloba te slike pada na zrcalo *Z*, in nareja v njem sliko *S''*. To sliko vidi lahko vsak, kdor stoji pred zrcalom *Z*, n. pr. v *O*. Sómrak, dušna nemirnost in podobnost slike sè znano osebo praznoverca lahko prevári.

Podoba 57.



Govoriti nam je še o zmotah vida, katerih vzrok je v očesu. Sèm gre nekako migljanje drobnih stvaric, tako imenovanih letečih mušic. Drobna zrnica, kapljice in nitke plavajo po steklovinu, zasenčujejo mrežnico, ter se nam prikazujejo pred očmi, ko majhne, gibajoče se stvarice. To prikazen ima sleherni človek, a ne opazi je vsak. Mnogi jo opazi še le, ko mu zbolí okó, ker potem subjektivne očesne prikazni natančneje opazuje. Vidna je ta prikazen najlažje, ako gledamo na čisto, svetlo, veliko ploskev n. pr. na nébes.

Svetlobni občutek provzrokujejo, kakor smo uže večkrat rekli, udarci éterjevi na mrežnico. Pa mrežnica je tudi za druge udarce in vtise občutljiva, kateri niso v nikakoršni zvezi sè svetlobnimi valovi. Tako provzrokujejo svetlobne prikazni: pretres glave, pritisek očesa, elektrika, razvnetá krí in druge bolezni, dušne in telesne. Opravičeni so zatorej izreki: „Sem vzdignil, da sem zvezde videl“ — „udarim te, da bodeš vse zvezde videl“ itd. — Zamíži in pritisni nekoliko okó — zabliska ti se. Ako pritisek dalje traja, traja tudi v očesu vzbujena svetloba. — Ako zamížiš in z butčico medenice okó pritisneš od strani, vidiš svetál ali tudi barven kolobar.

Nekateri ljudje vidijo samo desno ali levo stran stvari; drugi vidijo stvari večje ali manjše, nego so, ali v naopačni obliki; drugim zopet se zdí, da jim skačejo iskre iz oči. Pijancu se zdí, da je vse polno muh, miši, podgan, maček, psov itd. vkrog njega. Ima namreč v vidnem prostoru črne pege, in ker mu okó ne miruje, gibljejo se ž njim tudi te pege, in on si domišljuje, da so to žive stvari. Sploh imajo pijanci, katerih se prime blaznost, čudne prikazni. — Bolnik vidi pred očmi ognjena kolesa itd.

Tudi nekatere rastline, ako jih človek použije, napravljajo različne čudne prikazni. Časih so tacih rastlin pridno iskali in različne pijače kuhali iz njih; to je mnogo pripomoglo razširjanju vraž, praznoverstva in vere na čarodelne moči.

Pristavek.

Kratek posnetek Heringove podmene o svetlobnem čutu.

Pogoj vsem občutkom je fizično delovanje živčnega sistema. Vse občutke vida — zatorej tudi subjektivne — vzbujajo psiho-fizična gibanja, ali psiho-fizični procesi. V katerem delu živčnega sistema se morajo ti procesi misliti, se ne dá še povedati. Vendar nekje v živčnem ustroju očesa, v delih možjân, z njim v delavni zvezi stoječih, mora se iskati tvarina (substancija), katere sprememba ali gibanje dela občutek vida. Ta tvarina naj se imenuje tvarina vida (Sehssubstanz).

Iz načina in teka občutkov vida moremo najprvo sklepati le o teku psiho-fizičnih procesov, kateri se vršé v vidni tvarini. Ako tako zakone tega, kar se godí v vidni tvarini, do neke mere določimo, potem je čas iskati zveze med ónimi psiho-fizičnimi procesi in tresljaji éterjevimi. Narobe — pot, kateri izhajajo od éterjevih tresljajev, dozdam v tem oziru do nikacega rezultata ni privedel; mi nič ne vemo, kaj se potem godí, ko svetlobni valovi pridejo do mrežnice in prejdejo vánjo.

Splošna fizijologija živcev je dovoljno dokazala, da vsako gibanje ali vsaka delavnost živčne tvarine tisto ob jednem-kemijsko spreminja, in na podmeno kemijskih sprememb se opirajo vse naše misli o spremembi razdraženosti, utrujenja in zopetnega okrepjenja (Wiedererholung) živcev po delovanju.

Svetloba provzrokuje v živčni tvarini vidne priprave kemijske spremembe. Te se dogajajo najprej v mrežnici, in odtod se širijo do tvarine živca in možjân. Kje ravno in kako se godé te spremembe, nam še ni znano.

Občutkoma belega ali svetlega in črnega ali temnega odgovarjati dve vrsti kemijske spremembe v vidni tvarini, in različnim stopinjam močnosti imenovanih občutkov ali razmerom, v

katerih so mešani, odgovarjajo tiste stopinje močnosti onih dveh procesov.

Ko svetloba preстане delati, vrača se spremenjena tvarina prej ali pozneje zopet v svoje prvotno stanje. Ta povrat je kemijska sprememba v nasprotni méri, in mora imeti tudi svoj pomen za občutek. Prva kemijska sprememba dela občutek belega ali svetlega, druga (nasprotna) pa občutek črnega ali temnega.

Vidni občutek je zatorej dušni izraz ali do naše svesti prišla menjava vidne tvarine. Za to menjavo imamo torej jako občutno merilo, namreč svojo svest (Bewusstsejn).

Svetlost ali temnost brezbarvnega vidnega občutka ravná se po razmeru ali veličini obeh tistodobnih kemijskih sprememb.

Če tudi dlje varujemo okó pred vsako venanjo svetlobo, vendar ne občutimo absolutno črne barve, temuč imamo mnogo svetlejše občutke. Da bi te občutke, ki se zóvejo lastna svetloba ali notranja svetlobna megla (innerer Lichtnebel), razložili, postavili so hipotezo, da živec — jedenkrat vzbujen — neprenehoma dejstvuje, da zatorej okó nikoli popolnem ne miruje. Tudi ta svetlobna megla razlaga se iz gornje podmene o kemijski spremembi.

Kvalitativna različnost kemijskih sprememb, ali različni načini teh sprememb so vzrok raznim barvnim občutkom.

Barve, katere se navadno imenujejo dopolnujoče, so nasprotujoče si (antagonistiške) barve. One se ne dopolnujejo v belo barvo, temuč se med seboj uničujejo oziroma tistih kemijskih sprememb, katerih nasledek je barvni občutek, in le óni učinki ostanejo, kateri provzrokujejo belo svetlobo.

Jednovitih barvnih občutkov je 6, namreč: občutek belega in črnega, modrega in rumenega, zelenega in rudečega. Vsi drugi občutki so sestavljeni.

Proti Youngovi teoriji govore izkustva pri barvnih slepcih. Dozdaj rudeče-slepec imenovan je rudeče-zeleno-slepec. On vidi brez barve, kar je drugim rudeče ali zeleno. V vseh mešanih barvah, v katerih je rudeče in zeleno, vidi le rumeno ali modro. Čisto rumeno, čisto modro, črno in belo zadostujejo, da se sestavijo vse barve, kar jih more on razločiti.

Barvni občutki barvnih slepcev so po tej teoriji nekoliko drugačni, kakor smo jih opisali v poglavji „Barvni občutek in barvna slepota“ po Young-Helmholtzovi teoriji.



