

Denne fil er downloadet fra  
**Danmarks Tekniske Kulturarv**  
*www.tekniskkulturarv.dk*

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

### **Rettigheder**

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

Hørfattet

Lyd- og Lysløve  
af

L. Ernst.

1895.



# 534.

L

~~fu~~  
060

\_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_

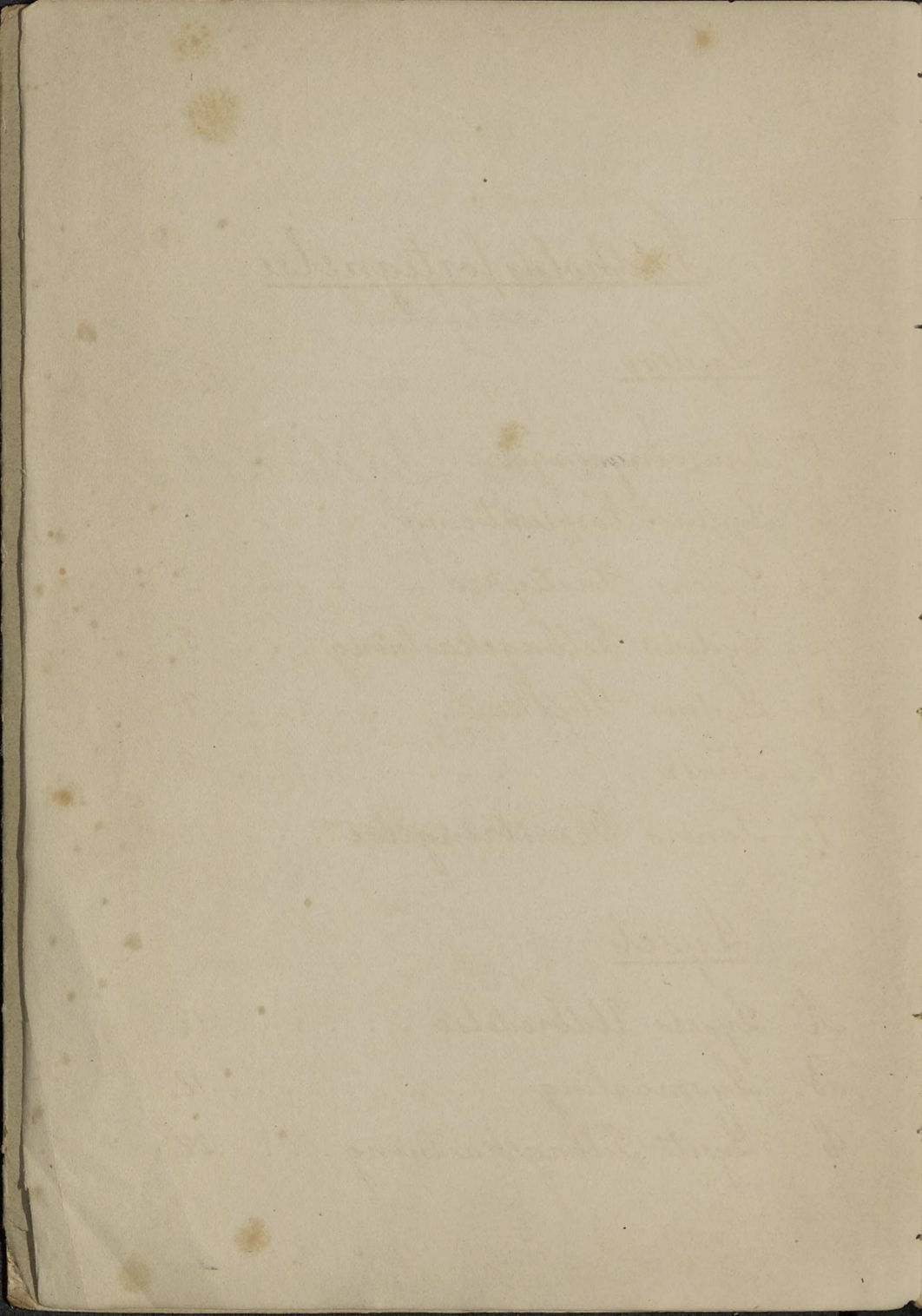
534

Kortfattet  
Lyd- og Lyslære  
af

L. Ernst.  
Artilleriekaptajn.

1895.

211



# Indholdsfortegnelse.

## Lyden.

Side.

1. Lydsvingninger . . . . . 1.
2. Lydens Forplantning . . . . . 2.
3. Lydens Hastighed . . . . . 3.
4. Lydens Tilbagekastning . . . . . 5.
5. Lydens Styrke . . . . . 7.
6. Toner . . . . . 9.
7. Toners Frembringelse . . . . . 10.

## Lyset

- A. Lysets Udbredelse . . . . . 12.
- B. Lysmaaling . . . . . 18.
- C. Lysets Tilbagekastning . . . . . 22.

	Side.
D. Lysets Brydning . . . . .	32.
E. Lysets Farveadspredelse . . . . .	40.
F. Linser . . . . .	45.
G. Gjet . . . . .	58.
H. Mikroskoper . . . . .	64.
I. Kikkerter . . . . .	67.

---

## Lyden.

1. Lydsvingninger. Ved Lyd forstås ethvert Indtryk paa vort Høreorgan, Gret, hvorved vi høre. Dette sker kun, naar en svingende Bevægelse træffer Gret. Naar en saadan svingende Bevægelse opstaar i et Legeme, Lydgiveren, vil Bevægelsen paa Grund af Legemernes Spændighed forplante sig til Naboartiklerne, der sættes i lignende Svingninger o. s. fr. Lydsvingningerne, ogsaa kaldede Lydbølgerne, forplante sig saaledes dels gennem Lydgiveren, dels gennem de omkringliggende Stoffer, Lydforplanterne, indtil de ved Indvirkning paa vor Høreneve, ved at Luften i Oregangene og dermed Trommehinden sættes i Svingninger, frembringe den Fornemmelse, som vi kalde for Lyd.

At Lyden frembringes ved Svingninger



kan iagttages paa mange Maader f. Ex ved en udspondt Stræng, der, naar den tones, ses ved Svingningerne at tabe sine skarpe Omrids, og honger man ombøjede Papirstimler paa den, kastes de hurtigt af. Man kan faa en Stemmegaffels Svingninger optegnede, ved at anbringe en fin Spids paa Enden af en af Gyrenene og lade Spidsen tegne paa en sodet Plade, der føres forbi den. (Fig. 1).

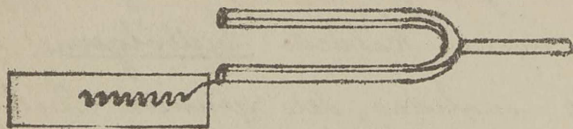


Fig. 1.

2. Lydens Forplantning. Da Lydens Forplantning skyldes Legemernes Spændighed, kan Lyden forplantes gennem alle Legemer, men ikke gennem det lufttomme Rum. Lyden forplantes saaledes godt gennem Jern,

Træ o. lign., hvorimod den dampes og forplanter sig daarligt gennem meget uelastiske Stoffer som f. Ex. uldne Tapper. Sædvanlig forplantes Lyden til vort Øre gennem Luften, der forplanter Lyden bedre jo tøftere den er. Dette kan vises ved at sætte en Spilledaase, der er i Gang, paa en Pude under Klokkon paa en Luftpumpe og udpumpe Luften; Lyden bliver derunder svagere og svagere og høres tilsidst ikke mere; slippes Luften ind igen, høres Lyden paa ny.

3. Lydens Hastighed. Lyden forplanter sig med forskellig Hastighed i de forskellige Legemer; men i et bestemt Legeme har al Slags Lyd samme Hastighed; var dette ikke Tilfældet, vilde man paa Afstand ikke høre Tonerne i et Musikstykke i den rette Orden. Lydens Hastig-

hed i Luften kan maales paa følgende Maade: Man iagttager det Tidspunkt, da man ser en Kanon i stor Afstand blive fyret af, og den Tid, det derefter varer, før man hører Knaldet. Paa Grund af Lysets store Hastighed ser man Glimtet i samme Nu, da det opstaar, saa at den forløbne Tid er den, som Lyden har brugt for at forplante sig gennem Afstanden fra Kanonen til Øret. Da Lydens Bevægelse er jevn, naar den forplanter sig i et ensartet Stof, faas Hastigheden ved at dividere Afstanden mellem Kanonen og Øret med det forløbne Antal Sekunder. Lydens Hastighed i Luften er c. 1050' = c. 330<sup>m</sup>.

I Vand er Lydens Hastighed godt 4 Gange og i Jern godt 10 Gange saa stor som i Luften.

4. Lydens Tilbagekastning. Naar en Lydbølge i Luften troffer en Væg, kastes den dels tilbage fra Væggen og trænger dels ind i den. Er Forplantningsretningen for Lyden vinkelret paa Væggen, kastes den tilbage ad samme Vej, ad hvilken den faldt ind, saa at den kommer tilbage til Udgangspunktet. (Ekko). Troffer Lydretningen skraat ind mod Væggen,  $AB$  (Fig 2), kastes den skraat

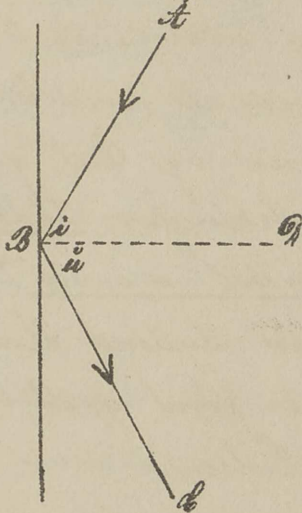


Fig 2.

tilbage i Retning B.C., saaledes, at Indfaldsvinkelen  $i$  bliver lig Udfaldsvinkelen  $u$ . Ved Indfaldsvinkel og Udfaldsvinkel forstås Vinklerne mellem Indfaldsstrådet, der er en Linie vinkelret paa Væggen, og henholdsvis den indfaldende og udfaldende Forplantelsesretning.

Paa Lydens Tilbagekastning grunder sig Raaberen (Fig 3) og Hørstragten,

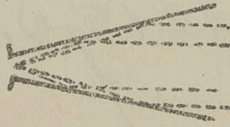


Fig 3.

som ere kegleformede Rør. I Raaberen taler man i den snævre Ende, og Lydbølgerne ville derfor dels gaa ud i Luften i Rørets Forsættelse, dels blive tilbagekastede fra Rørets Inderside saa at det væsentlig bliver den Luft, der findes i Rørets Forsættelse, som sættes i Svingninger, og Ly-

den høres derfor godt af et Øre, der befin-  
der sig indenfor dette Rum. Apparatet,  
gør Tjeneste som Hørebragt, naar den smoo-  
re Ende stikkes ind i Øret, og der tales  
udenfor den vide Ende, thi da ville de  
udefra kommende Lydbølger ved Tilba-  
gekastning koncentreres inde i Øret,  
saa at Luftdelens Udsving forstærkes.

5. Lydens Styrke beror paa Størrel-  
sen af de Svingninger, som Luftdelene ved  
Øret udføre. Visse Svingningers Størrel-  
se afhænge atter af:

- 1, Størrelsen af Lydgiverens Svingnin-  
ger, - jo stærkere en Lydgiver anslaaes,  
des stærkere lyder den.
- 2, Størrelsen af den Flade, hvorfra Lyd-  
bølgerne udgaa. Herpaa beror Anvendel-  
sen af Sangbunde. Sætter man f. Ex. Skaf-  
ket af en Stemmegaffel mod en Bordplade,

kommer denne ogsaa i Springninger, saa at der udgaar Lydbølger baade fra den og fra Gafflen; Lyden høres derfor ogsaa meget stærkere, men den varer kortere.

3, Afstanden fra Gret til Lydgiveren. Da Lyden udbreder sig til alle Sider maa den efterhaanden sætte flere og flere Dele i Bevægelse, hvorfor Storrelsen af hver enkelt Deles Springninger maa aftage, naar Afstanden vokser.

Hindres Lyden derimod i at udbrede sig til alle Sider som f. Ex. i et Talerrør, hvor den kastes tilbage fra den indvendige Side af Røret, svækkes den ikke saa meget og kan derfor høres paa længere Afstand.

Hvarledes Lyden opfattes, beror paa Grets Følsomhed, der - alt andet lige - er forskjellig, om der er fremmede Lyde til Stede eller ej, om de andre Tanser ere

i Virksomhed eller ej o. s. fr.; herpaa beror det til Dels, at man hører bedre om Natten end om Dagen.

6. Toner. Enhver Lyd henføre vi til en af de to Grupper: Larm og Toner. Eksempler paa første Slags ere Knald, Knagen, Susen, Raslen o. s. v., paa anden Slags de Lyd, som frembringes af musikalske Instrumenter. En Lyd vil være en Tone, naar den skyldes regelmæssige, ligetidige Svingninger, ellers en Larm.

En Tones Højde beror alene paa dens Svingningstal, hvorved forstås Antallet af Svingninger pr Sekund. Ved en Svingning forstås her en Bevægelse frem og tilbage, svarende til en Dobbeltvingning af Pendulet. Jo større Svingningstallet er, desto højere er Tonen.



Før at Øret skal opfatte Svingningerne som en Lyd, maa Svingningstallet ligge mellem c: 20 og c: 30000. Det femte a paa et Forlepiano, og den næstfineste Stræng paa en Violin skal have Svingningstallet 435.

Selv om de Toner, en Violin, Fløjte, Klokke o. s. v. give ere lige høje og lige stærke o: Svingningernes Antal og Høirelse ere ens, lyde de dog forskelligt, og de siges at have en forskellig Klang eller Klangfarve; denne afhænger af Svingningernes Form.

7. Toners Frembringelse. I de musikalske Instrumenter frembringes Tonerne enten af faste Legemer eller af Luftsøjler, der sættes i Svingninger. De faste Legemer benyttes som Regel i Form af Strænge (Violin, Forle-

piano). En Stræng er en Traad af Metal eller et andet spændigt Stof, der spændes ud ved en Skruer eller ved Vægte. Jo lettere og kortere Strængen er, og jo stærkere den udstrammes, des højere Tone giver den.

Swingende Luftsøjler benyttes i Blæseinstrumenter (Orgelpibe, Fløjte, Horn).

Den menneskelige Stemme frembringes ved, at Luften fra Lungerne sætter Stemmebaandene i Skrubehovedet i Svingninger. Disse Baand strammes, naar man taler eller synger, og lægges derved dens Rande tæt sammen, saa at Luften maa presses gennem den herved fremkomne snævre Spalte. Herved kommer Stemmebaandene i Lydsvingninger. Lyden forplanter sig ud gennem Luften i Mundhulen. Lydens Højde beror paa, hvor stærkt Stemmebaandene strammes, dens Klang

(Vokallyden) beror paa den Form, man giver Mundhulen.

## Lysset.

### A. Lysets Udbredelse.

8. Lysset er den Naturvirksomhed, som gør os Genstandene synlige, idet den, udgaaende fra dem, forplanter sig til vort Synsorgan Ojet, og ved dets Hjælp sanses. Nogle Legemer, som Solen, Fixstjernerne, Flammer og glødende Legemer, ere synlige paa Grund af en fra dem selv udgaaende Virksomhed; de kaldes selvlysende Legemer. Andre Legemer fordre derimod, for at blive synlige, først at modtage Lys fra et andet Legeme, hvilket de derefter kunne udsende; de kaldes belyste Legemer; træffes de ikke af Lys, ere de mørke.

Lysset udbreder sig i et ensartet Hof i rette Linier, Lysstraaler, til alle Sider fra sit Udgangspunkt. Lader man Solstraaler trænge ind i et mørkt Værelse gennem en lille Aabning, kan man følge Lyssets Gang ved de belyste Støvpartikler, og man vil se, at der fra Aabningen udgaar en retlinet Lysstraaale.

Kogle Legemer f. Eks. Metaller og Træ stanse alt det Lys, der træffer dem; de kaldes uigennemsigtige; andre derimod lade en større eller mindre Del gaa igennem sig, og ere da enten gennemsigtige (Luft, Vand, Glas o. s. v.) eller gennemskinnende (Papir, mat Glas o. s. v.).

(1675) Lyssets Hastighed er meget stor; den er først bestemt af Danskeren Ole Rømer og er i Luften omtrent 40000 Mile = v: 300000 Kilometer. I Vand er Lyssets Hastighed omtrent  $\frac{3}{4}$  og i Glas

omtrent  $\frac{2}{3}$  af Hastigheden i Luften.

9 Skjgger. Naar Lyset troffer et uigennemsiigtigt Legeme, opstaar der et mørket Rum en Skjgge bag ved det. Man iagttaget Skjggen, naar der kommer et Legeme derind, idet dette Legeme belyses svagere der end uden for. I en Del af Skjggen sender det lysende Legeme intet Lys ind; det er Fuldskjggen. I den øvrige Del, Halbskjggen, falder der noget Lys, des mere jo nærmere man er ved Skjggens Grænser.

Fuldskjggen begrænses af Lys- og Skjggegiverens udvendige Fællestangenter, Halbskjggen af dens indvendige Føllestangenter. Af Fig 4 fremgaar, at Fuldskjggen er endelig (kegledannet), naar Lysgiveren (A) er større end Skjggegiveren (B), men uendelig, naar Lysgiveren (B) er større

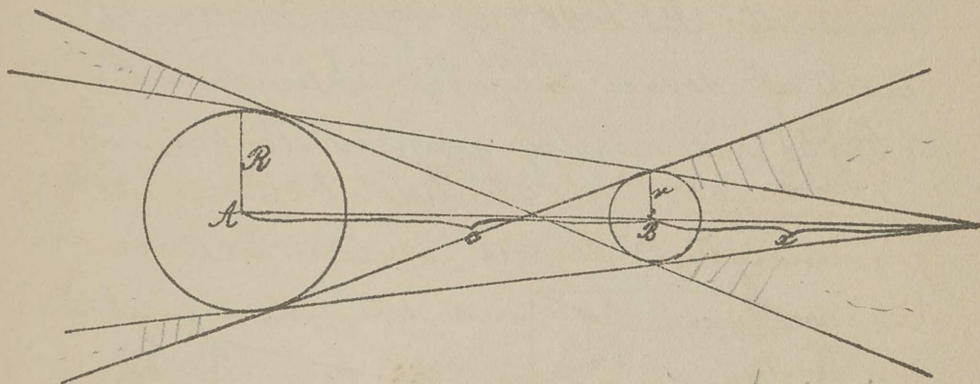


Fig. 4.

III Halvskygge

end Skyggegivere (A). Halvskyggen ses i alle Tilfælde at strække sig i det uendelige. Taldskyggekeglens Længde  $x$  ses af Figuren at kunne bestemmes ved:

$$\frac{x}{r} = \frac{x+c}{R} = \frac{c}{R-r} \quad ; \quad x = \frac{r}{R-r} \cdot c$$

10. Billeddannelse ved smaa Aabninger. Naar en Genstand sender sit Lys gennem en lille Aabning ind i et mørkt Kammer, vil der paa den modstaende Væg eller paa en bag Aabningen anbragt Skerm dannes et

omvendt Billede af Genstanden. Et-  
 hvert af dennes Straalepunkter, som  $A$   
 (Fig 5), vil nemlig gennem Aabningen

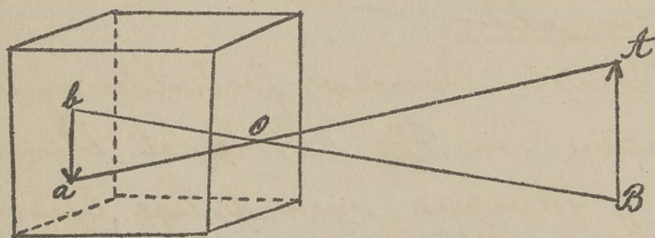


Fig 5.

O sende en lille Straalekegle, der paa  
 Skærmen vil frembringe en lille belyst  
 Plet  $a$  af samme Form som  $O$ . Paa den-  
 ne Maade vil der paa Væggen fremkom-  
 me en Samling af lysende Pletter; der  
 hver svarer til sit Punkt af Genstan-  
 den, og alle disse Pletter ville da være  
 saaledes ordnede, at de tilsammen  
 danne et omvendt Billede af den. Bil-  
 ledet er ikke skarpt, thi de enkelte Lysplet-  
 ter

gribe til Vels ind i hinanden, og Genstanden kan ikke heller afbildes nøjagtigt, naar et Punkt gengives ved en lille Flade; derimod er Fladets Form ligeegyldig.

Billedets Størrelse forholder sig til Genstandens som  $\frac{D_a}{O_A}$ . Billedet bliver større og skarpere, men tillige lysvægere, naar Skærmen rykkes længere fra Aabningen.

Formindskes Aabningens Størrelse bliver Billedet skarpere, men tillige lysvægere.

Paa samme Maade dannes der et lille Billede af Solen, naar dens Stråler gennem en lille Aabning trænge ind i et mørkt Verden. Solpletterne paa Skærbunden dannes ligeledes ved, at Solstrålerne trænge gennem de mange smaa Aabninger mellem Træernes Blade.



## B. Lysmæaling

11 Lysstyrke og Belysning. Ved en Lysgivers Lysstyrke forstås helt den Lysmængde, der i hvert Sekund forlader Lysgiveren i alle Retninger. Som Enhed for Lysstyrke benyttes et Normallys, der er et Spermacet- eller Parafinlys af given Vægt og Tykkelse og med bestemt Brændforbrug. Det lyser omtrent som et almindeligt Stearinlys (6 pr  $\text{lb}$ ).

En Lysgivers Lysstyrke bestemmes ved den Belysning, den frembringer, hvorved forstås den Lysmængde, der pr Sekund falder paa en Fladeenhed. En flade, der i en Afstand lig 1 Meter fra et Normallys er stillet vinkelret paa Straaleretningen, siges at faa en Belysning ligl. Belysningen er omvendt proportional med Afstandens Kvadrat, thi i Afstanden

$R$  fra Lysgiveren maa dennes Lys oplyse en Flade, der er  $R^2$  Gange større end i Afstanden 1.

En Lysgiver har en Lysstyrke  $I$ , naar den belyser en Flade lige saa stærkt som  $I$  Normallys i samme Afstand; den vil give en Flade, der er stillet vinkelret paa Strålerne i en Afstand  $R$  Meter fra Lysgiveren, en Belysning  $B = \frac{I}{R^2}$ .

En Lysgivers Lysstyrke vokser, naar Lysgiveren bliver mere hvidglødende.

Som Eksempler paa Lysstyrker skal anføres, at Lysstyrken af en

Acand-Gasbrønder er c. 24 Lys  
 Auer-Gas-Glødélampe . c. 50 —  
 almindeligelektrisk Glødélampe . c. 16 —  
 elektrisk Buelampe paa 10 <sup>Ampere</sup> c. 1100 —

12 Lysmaling. Man maaer en Lygivers Lysstyrke  $I$  ved at belyse en Flade med

Lysgiveren og en anden med et Normallys.  
 Ved at flytte en af Lysgiverne kan man op-  
 naa at se begge Plader ens belyste. Man  
 maaler nu Afstanden fra hver Lysgiver  
 til den Plade, som den belyser. Er Af-  
 standen for Normallyset  $R_1$ , og for den un-  
 dersøgte Lysgiver  $R_2$ , faa de to Plader Be-  
 lysningerne  $\frac{1}{R_1^2}$  og  $\frac{1}{R_2^2}$ . Da begge ere lige  
 stærkt belyste, bliver

$$\frac{I}{R_2^2} = \frac{1}{R_1^2} \text{ eller } I = \frac{R_2^2}{R_1^2} .$$

Rumford's Totometer. Tal foran en hvid  
 Skærm P. Q. (Fig 6) stiller man en Stang no-  
 get tykkere end et almindeligt Penneskaft.

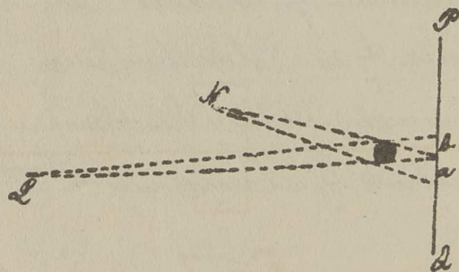


Fig 6.

Foran Skærmen stilles endvidere Lysgiveren  $L$  og Normallyset  $N$ , saaledes at man faar to Skygger  $a$  og  $b$ , der netop røre hinanden.  $a$  vil faa Lys alene fra  $L$  og  $b$  alene fra  $N$ . Man flytter  $N$  eller  $L$ , til  $a$  og  $b$  ere lige mørke, og maaler Afstandene  $R_1$  og  $R_2$ .  $L$ 's søgte Lysstyrke bliver 
$$I = \frac{R_2^2}{R_1^2}.$$

Poly's Fotometer. Man danner to lige store Plader af Paraffin eller et andet gennemskinneligt Stof. Pladerne føjes sammen adskille ved et Staniolblad til en dobbelt Plade  $P$  (Fig 7).

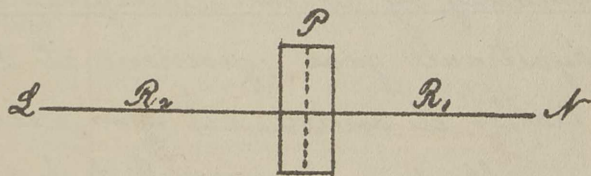


Fig 7.

Man stiller  $N$  og  $L$  op i uforandret Afstand, og stiller Dobbeltpladen mellem

Nog  $L$  med Grønsefladen vinkelret paa Linien  $NL$ . Man flytter  $P$ , til begge dens Halvdele blive ensbelyste og maaler Afstandene  $R_1$  og  $R_2$ , hvorved sin for faas  $L = \frac{R_2^2}{R_1^2}$ .

For en Sikkerheds Skyld kan man efter at have maalt  $R_1$  og  $R_2$  vende  $P$  om, saa at den Plade, der for belystes af  $N$ , nu belyses af  $L$  og omvendt. I samme Afstand  $R_1$  og  $R_2$  skulle Halvdelene atter være ensbelyste.

### C. Lysets Tilbagekastning.

13. Regelmæssig og spredt Tilbagekastning.  
Naar en Lysstraale gaar igennem et Legeme og træffer et andet, vil den dele sig i Grønsefladen, den ene Del kastes tilbage i det første Legeme, den anden Del trænger ind i det andet Legeme.

Er Overfladen af det Legeme, der

trøffes af Lysstraalen, ikke glat, vil den Del af Straalen, der kastes tilbage, opløses i en Mængde Straaler, som udgaa adspredt i alle Retninger og bevirke, at vi se Legemet, men ikke Lysgiveren. Denne Slags Tilbagekastning benævnes den spredte Tilbagekastning. Lyse Legemer, især hvide kaste meget Lys tilbage; mørke Legemer kaste kun lidt tilbage, sorte næsten intet.

Er Overfladen af det Legeme, der trøffes af Lysstraalen, derimod glat, tilbagekastes der i enkelte ved det indfaldende Lys bestemte Retninger mere Lys end i alle andre. Vi se f. Eks., at naar Solstraalerne falde paa et Stykke Glas eller blankt Metal, ville de tilbagekastede Straaler tegne en lys Plet paa Væg eller Loft, og ved at dreje Glas- eller Metalsykket kunne vi flytte den lyse Plet. Denne Slags Tilbagekastning

benævnes den regelmæssige Tilbagekastning; den bliver desto mere fremtrædende, jo glattere og bedre poleret Genstanden er. Naar man holder Gjet i det regelmæssig tilbagekastede Lys, ser man et Spejlbillede af Lysgiveren, men ikke den spejlende Genstand.

Vore almindelige Spejle bestaa af Glas, der er belagt med Tinamalgam, en Forbindelse af Tin og Kvægsølv. Lyset tilbagekastes derved baade fra Glas- og Metalfladen, men mest fra den sidste.

14. Lovene for den regelmæssige Tilbagekastning. I Punkt B (Fig 8), hvor Strålen træffer den spejlende Flade, oprejses den vinkelrette BA paa Fladen. BA kaldes Indfaldslodden; AB er den indfaldende,

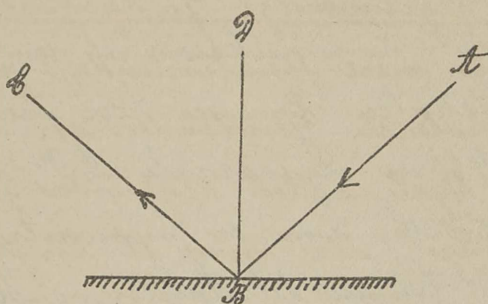


Fig 8.

B $\hat{C}$  den tilbagekastede Straale.  $\angle ABA$  kaldes Indfaldsvinklen og  $\angle CBA$  Udfaldsvinklen. For Tilbagekastningen gælde følgende to Love:

- 1, Den indfaldende Straale, Indfalds lod-  
det og den tilbagekastede Straale ligge al-  
le i samme Plan.
- 2, Indfaldsvinklen er lig Udfaldsvinklen.

En Straale i Retning  $AB$  kastes tilbage i Retning  $BA$ .

15. Plane Spejle. Af Lovene for den



regelmæssige Tilbagekastning udledes følgende simple Konstruktion af den tilbagekastede Straale. Kommer der fra Punktet  $L$  (Fig 9) en Lysstraale  $LP$ , afsættes det Punkt  $M$ , som er symmetrisk med  $L$  med Hensyn til Spejlet, og  $MPQ$  er da den tilbagekastede Straale. *Beris:*

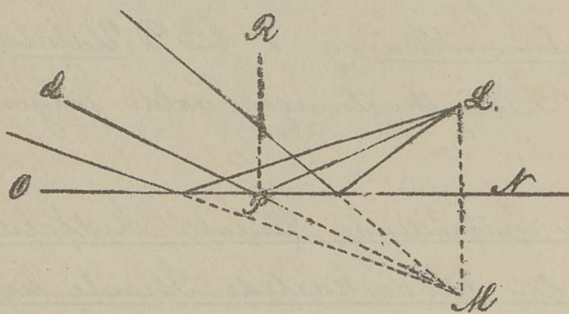


Fig. 9.

Da  $\angle LPR = RPR$  bliver  $\angle LPQ = \angle MPQ$ . Da endvidere  $\angle LQP = \angle MQP = 90^\circ$ , ere Vinkelerne ligestore i Trekkanterne  $LQP$  og  $MQP$ . Da de to Trekkanter tillige have Siden  $QP$  fælles, ere de kongruente, hvoraf følger, at  $LQ = MQ$ .

Hvis vi nu betragte en hel Straale-kegle, som udgaar fra  $L$ , vil hver enkelt Straale deri tilbagekastes i Retning fra  $M$ , og holde vi vort Øje i det tilbagekastede Lys, vil Øjet faa samme Indtryk, som om Spejlet ikke fandtes, og der i  $M$  var et lysende Punkt. Man ser altsaa ikke Spejlet men et Billede af  $L$ , der ligger symmetrisk med  $L$  i Forhold til Spejlet.

Da det kun er Retningen af Straalerne, men ikke disse selv, der skære hinanden i  $M$ , kaldes Billedet indbildt i Modsetning til de virkelige Billeder, der dannes, hvor Straalerne have et virkeligt Foreningspunkt. Et virkeligt Billede kan opfanges paa en Skerm; dette kan derimod ikke gøres med et indbildt Billede.

Hare vi i Skedel for et Straalepunkt en Genstand  $AB$  (Fig 10), kunne vi Punkt for Punkt konstruere dens Billede  $ab$ , ved

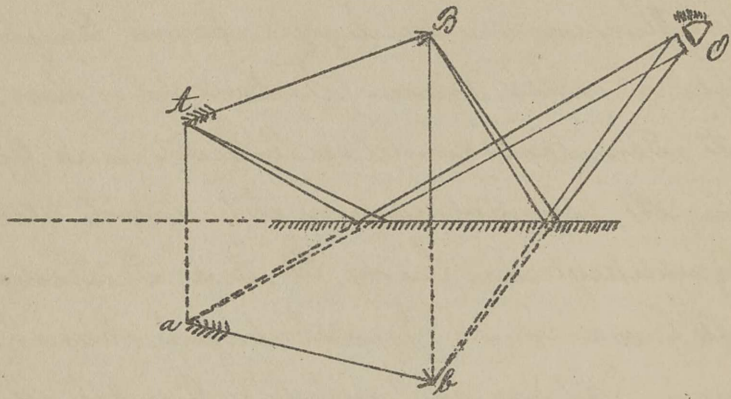


Fig. 10.

fra Genstandens enkelte Punkter at nedfolde vinkelrette Linier paa Spejlfladen eller dennes Forlængelse og forlænge disse ligesaa langt bagved denne, som de tilsvarende Punkter af Genstanden ligge foran samme. Af Konstruktionen følger, at Billederne i plane Spejle ere symmetriske med deres Genstande med Spejlfladen til Symmetriplan. Billedet af den højre Haand ligner den venstre.

En Genstand vil spejle sig i et

Spejl, naar den ligger foran Spejloverfladen eller dennes Forlængelse. Men for at man skal kunne se Billedet, maa Øjet  $O$  (Fig. 10) befinde sig paa et saadant Sted, at Straalekeglerne  $Oa$  og  $Ob$  fra Billedets yderste Punkter til Gjeaabningen skære Spejlet.

Billedet af Punkt  $A$  i Spejlet  $BC$  (Fig. 11) kan ses fra alle Punkter i Rummet  $ABC$ .

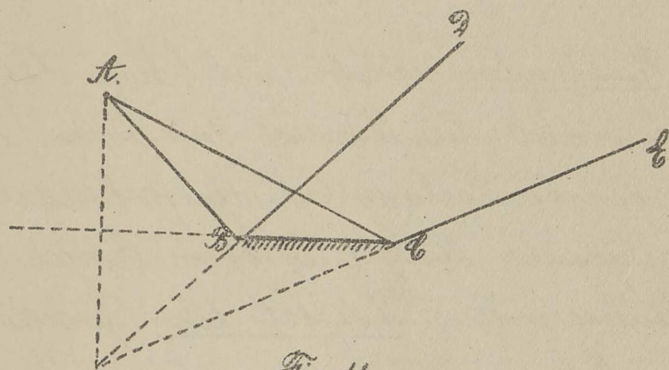


Fig. 11.

Omvendt kan man fra Punkt  $A$  i Spejlet  $BC$  se alle Genstande, der befinde sig i Rummet  $ABC$ .

Naar de fra et Planspejl tilbagekastede Straaler troffe et andet Planspejl, ville de, tilbagekastede herfra, danne et nyt Billede, der kan betragtes som Spejlbillede af Billedet i det første Spejl. Dette anvendes i Sextanten og Kalejdoskopet (se Fig. 12)

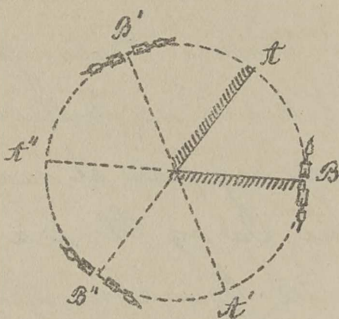


Fig. 12.

16 Kuglspejlet er et Spejl, hvis Flade er sleben hul, saaledes at den bliver en Del af en Kugleflade. Indfaldsloddet for en Straale  $MA$  (Fig 13) er Radius  $CA$  til Kuglen. Ved Spejlets Axe forstaas Linien  $C$  og gennem Centrum til Midtpunktet af Spejlet.

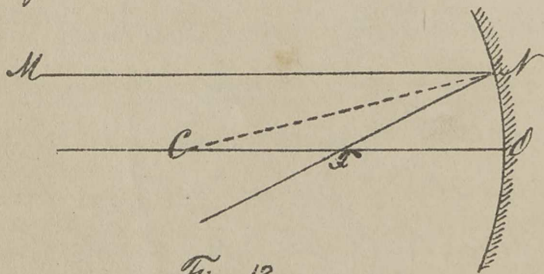


Fig 13.

En Lysstraale  $MN$ , der falder ind paa Spejlet parallel med Axen, vil kastes tilbage i Retning  $NF$ , saaledes at

$$\angle MNB = \angle NFB = \angle BFN.$$

Trekant  $BNF$  er altsaa ligebenet s:  
 $BN = NF$ . Naar  $MN$  falder nær ved  $BO$ , er  $F$  meget nær lig  $FO$ . Man kan under den Forudsætning sætte  $BF = FO = \frac{1}{2}r$ , idet  $r$  er Spejlets Radius. Alle andre Straaler, der falde ind paa Spejlet parallelt med Axen, ville ogsaa tilbagekastes gennem Punktet  $F$ ; dette Punkt kaldes derfor Brøndpunktet. Anbringes et Lys i  $F$ , ville Straalerne omvendt tilbagekastes parallelt med Axen. Om Hulspejlet golder derfor, at Straaler parallelle med Axen tilbagekastes gennem Brøndpunktet, medens Straaler fra Brøndpunktet kastes tilbage parallelt med Spejlets Axe.

Hulspejlet bruges dels til at be-

lyse en Genstand stærket, ved at samle  
 Straalerne mod den, dels til at kaste Ly-  
 set fra en Flamme parallelt og derfor  
 næsten usvækket ud i en enkelt Retning.

## D. Lysets Brydning

17. Den Vinkel af en Lysstraale AB (Fig 14),

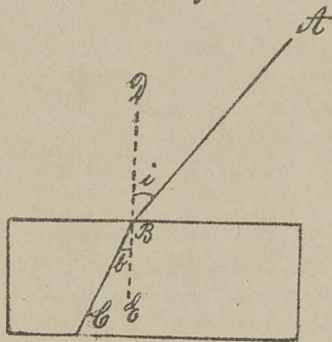


Fig. 14.

der trænger ind i et Legeme vil enten gaa igennem det eller forsvinde i det, eftersom Legemet er gennemsigtigt eller uigennem-  
 sigtigt.

I Grønsefladen vil Straalen i Reglen brydes, det vil sige, at dens Retning  $BC$  inde i Legemet er forskellig fra dens oprindelige Retning. Naar Lystraalen falder vinkelret ind paa Grønsefladen, finder der ingen Brydning Sted.

Linien  $BA$ , der er vinkelret paa Grønsefladen i det Punkt, Lystraalen træffer samme, kaldes Indfaldsloddet.  $\angle ABA$  er Indfaldsvinklen.  $\angle CBA$ , der er den Vinkel, den brudte Straale danner med Indfaldsloddet, kaldes Brydningsvinklen.

Brydningen iagttages meget ofte i Naturen. Stikker man f. Eks. Enden af en Stok ned i Vand, ser det ud, som om Stokken var brokket i Vandfladen.

Aarsagen til Brydningen er, at Lyset har forskellig Hastighed i forskellige Stoffer.

18. Brydningslovene. For Brydningen galde følgende to Love:



1, Den indfaldende Straale, Indfalds-  
loddet og den brudte Straale ligge alle  
i samme Plan.

2, Forholdet mellem sinus til Ind-  
faldsvinklen og sinus til Brydnings-  
vinklen er konstant ved Brydning  
mellem to bestemte Stoffer.

Dette Forhold  $n$  kaldes Brydnings-  
forholdet mellem de to Stoffer, og man  
har altsaa  $n = \frac{\sin i}{\sin b}$ .

Ved et Stofs absolute Brydningsforhold  
forstaas Værdien af Brydningsforholdet,  
naar Lyset trænger ind i Stoffet fra  
det lufttomme Rum. Alle Stoffers ab-  
solute Brydningsforhold er større end 1.

I Reglen bryder et Legeme Lyset desto  
stærkere, jo tættere det er. Brydnings-  
forholdet er for Vand  $\frac{4}{3}$ , for Glas  $\frac{3}{2}$ .

Gaar en Lystraale fra Luft til  
Vand, vil den i Vandet være nærmere  
ved Indfaldsloddet end i Luften o: den

brydes til Indfaldsloddet; gaar Straalen fra Vand til Luft vil den omvendt brydes fra Indfaldsloddet; Brydningsforholdet bliver i dette Tilfælde lig  $\frac{1}{n} = \frac{3}{4}$ .

19. Den fuldstændige Tilbagekastning.

Er  $A$  (Fig. 15) et Straalepunkt under Vand, ville Straalerne  $AB$  og  $AC$  brydes fra Indfaldsloddet i Retningerne  $B_1B$ , og  $C_1C$ . Straaler fra  $A$ , der træffe Vandoverfladen under større Indfaldsvinkler,

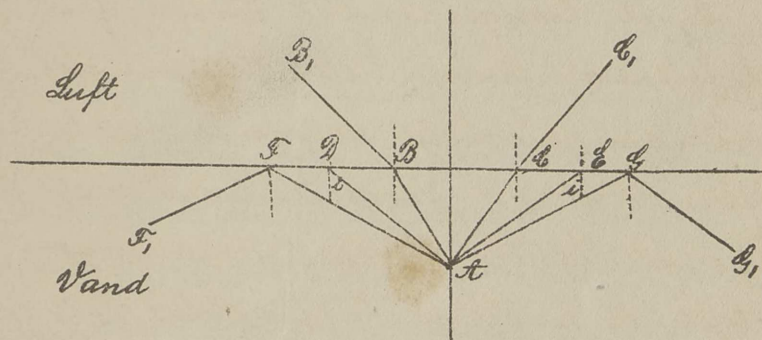


Fig. 15.

ville brydes mere fra Indfaldsloddet, og

for en vis Indfaldsvinkel vil Brydningsvinklen blive  $90^\circ$ . Straalerne  $H$  og  $I$  vil le saaledes brydes langs Vandoverfladen.

For disse Straaler haves:

$$\frac{\sin i}{\sin 90^\circ} = \sin i = \frac{3}{4} \quad \text{d. i.} = 48\frac{1}{2}^\circ$$

Denne Indfaldsvinkel kaldes Gronsevinklen. Alle de Straaler, som  $H$  og  $I$ , hvis Indfaldsvinkler ere større end Gronsevinklen, kunne slet ikke brydes, de komme ikke gennem Vandfladen, men lide en fuldstandig Tilbagekastning i Retningerne  $F$  og  $G$ .

Paa lignende Maade vil det gaa, hver Gang Lys forplanter sig fra et stærkere brydende Legeme til et mindre stærkt brydende. Gronsevinklens Størrelse er forskellig for de forskellige Stoffer. Ved Overgang fra Glas til Luft er Gronsevinklen bestemt ved

$$\sin i = \frac{2}{3}, \quad \text{altsaa } i = 42^\circ.$$

Den fuldstændige Tilbagekastning benyttes ved retvinklede, ligebenede Prismer, hvor Straaler, der falde ind vinkelret paa

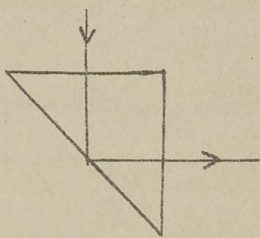


Fig. 16.

den ene Kathete, tilbagekastes fuldstændigt af Hypotenusen og gaa ud vinkelret paa Indfaldsretningen.

20. Lysets Brydning gennem Legemer med parallelle Sider. Trænger en Lysstraale gennem en planparallel Plade, der paa begge Sider er omgivet af samme Stof vil den udtroedende Straale være parallel med den indfaldende.

Man har nemlig (Fig. 17):

$$\frac{\sin i}{\sin b} = n \quad \text{og}$$

$$\frac{\sin i_1}{\sin b_1} = \frac{1}{n}$$

$$\text{altsaa} \quad \frac{\sin i}{\sin b} = \frac{\sin b_1}{\sin i_1}$$

Da  $b = i$ , faar man  $i = b_1$ .

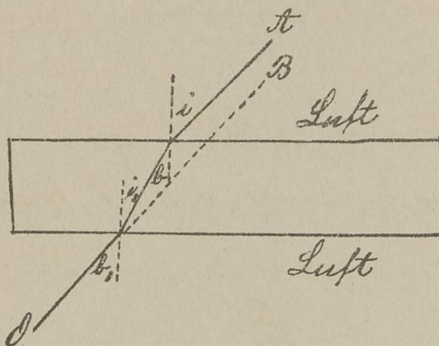


Fig. 17.

Et Øje i O ser altsaa Straalepunktet A forflyttet til B. Forflytningen vokser med Pladens Tykkelse. Ved at se gennem vore Ruder ses saaledes alt forflyttet en lille Smule, men netop fordi alt forflyttes, faa vi Indtrykket af, at intet er forflyttet; er Ruden itu, iagttages Forflytningen ved Kullens Rand.

## 21. Lysets Brydning gennem Prismer.

Ved et Prisme forstås et Legeme, hvor de Flader, gennem hvilke Lyset trænger ind i og atter ud af Legemet, danne en Vinkel med hinanden. Røringslinien mellem disse to Flader kaldes Prismets brydende Kant.

Troffes Prismet  $ABC$  (Fig. 18.) af en Lystraale  $LQ$ , vil denne ved  $Q$  brydes til

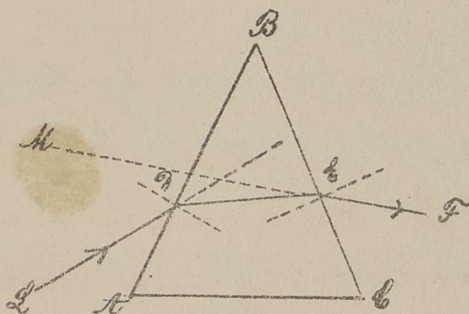


Fig. 18.

Indfaldsloddet i Retning  $HQ$  og ved  $R$  fra Indfaldsloddet i Retning  $RF$ . Begge Brydninger ville bringe Straaalen til at afvige

fra den oprindelige Retning  $LD$  og et Gje-  
ved  $F$  vil se Gaaepunktet  $L$  i Retning  
 $FH$  s: Lysgiveren ses forflyttet i Retning  
mod den brydende Kant.

Kaar man vil maale et Stofs  
Brydningsforhold, danner man et Pris-  
me af Stoffet og maaler, hvor meget Ly-  
set afbøjes deri.

### c. Lysets Forvandspredelse.

22. Leder man en hvid Lysstraaale  $tB$   
(Fig. 19) trænge ind i et mørkt Værelse, vil

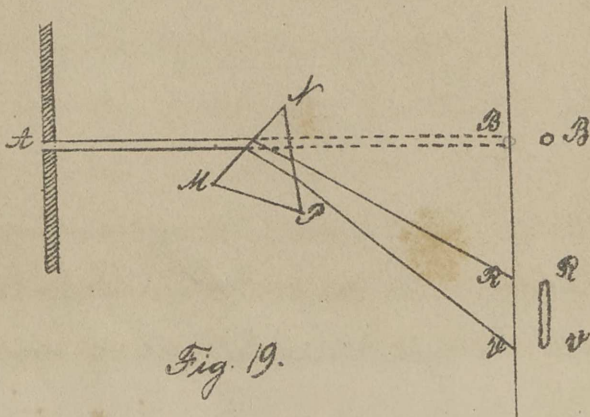


Fig. 19.

man paa en modstaaende Skerm erholde et lille hvidt Solbillede B. Skilles et Prisme M N P i Lysstraalen vil denne ikke blot blive afbøjet som ovenfor forklaret, men den vil tillige blive opløst i forskellige Farver, og der vil paa Skermen komme et aflangt formet Billede R V, et Spektrum. Det ses heraf, at det hvide Lys i Virkeligheden indeholder Straaler af forskellig Art, som brydes ulige meget. Farverne gaa jævnt over i hinanden og ere brudte i Ordenen: rød, orange, gult, grønt, blaat, indigo og violet. De røde Straaler (ved R) ere brudte mindst, de violette (ved V) mest.

Samlers man de spredte Farvestraaler igen ved en Linse paa en Plet, vil denne blive hvid.

Naar Sollyset gaar gennem Regndraaber, spredes dets enkelte Farvestraaler ganske, som naar det gaar igen =



nem et Prisme; derved fremkommer Regnbuen.

23. Spektralanalyse. Lader man Lyset, før det brydes i et Prisme, gaa gennem en smal Spalte, parallel med Prismets brydende Kant, og gennem en Samlelinse, kan man opnaa, at hver Farve kun udbredes over en smal Stribe. Spektret dannes derfor af jevnslidende liggende farvede Striber. Efter Lysets forskellige Art vil man da faa forskellige Spektre.

Lys fra hvidglødende faste og smeltede Legemer give et sammenhængende eller kontinuerligt Spektrum. Det hvide Lys indeholder derfor alle Farver, og disse gaa jevnt over i hinanden.

Lys fra glødende Luft eller Damp give Spektre, der bestaa af enkelte lyse

Striber paa mørk Grund; det saakaldte Liniespektrum. De udsende altsaa kun enkelte Strer af Lys. Nogle Damp, som Natriumdamp, give kun en Flags Lys (homagent Lys). Spektret bestaar da kun af en Stribe. Natriumlyset er gult.

Naar hvidt Lys gaar gennem glö-  
dende Luft eller Damp, absorberer den-  
ne af det hvide netop den samme Flags  
Lys, som den selv udsender. Spektret  
af hvidt Lys, der er gaaet gennem glö-  
dende Luft eller Damp, er derfor lyst,  
men gennemtrukket af enkelte mørke Li-  
nier; de mørke Linier ligge der, hvor det  
luftformige Legeme selv vilde give lyse  
Linier. Spektret kaldes et Absorptionspek-  
trum.

Da samtlige Grundstoffer i luftfor-  
mig Tilstand give forskellige Spektre, kan  
man altsaa afgøre, hvad det er for et  
Stof, der lyser. Dette er Opgaven for

Spektralanalysen. Man har derved opdaget flere nye Grundstoffer og faaet Oplysning om, hvilke Grundstoffer, der indeholdes i Atmosfererne om Solen og andre selvlysende Himmellegerer.

Solspektret er et Absorptionspektrum; det indeholder en stor Mængde mørke Linier, de saakaldte Fraunhofer-ske Linier, som hidrøre fra, at Lyset fra den glødende Sol er gaaet gennem Solens Atmosfære. Liniernes Beliggenhed angive hvilke Grundstoffer, der indeholdes i Solens Atmosfære; i den har man saaledes fundet Brint og Damppe af mange Metaller.

24. Legemernes Farver. Naar et Legeme, som kaster Lyset spredt tilbage, belyses med hvidt Lys, og derved viser sig hvidt, er det, fordi det kaster al Slags Lys i

lige høj Grad tilbage. Viser det sig farvet, f. Eks. rødt, er det, fordi det kaster de røde Straaler stærkest tilbage; det ind suger de fleste andre Straaler, saa det, hvis det er gennemsigtigt, ogsaa hovedsagelig kun lader de røde Straaler gaa igennem sig; en rød gennemsigtig Plade viser sig saaledes rød baade i tilbagekastet og i gennemgaaende Lys.

Belyses et farvet Legeme med farvet Lys, viser det sig med en anden Farve end i hvidt Lys.

## F Linser.

25. En Linse er et Legeme, i Reglen af Glas, der er begrænset af to Kugleflader.

Ved en Linses Axe forstaaes den rette Linie gennem Kuglefladernes Center.

Man skelner mellem to Slags Linser, nemlig Samlelinsen og Spredelinsen.

Samlelenserne ere tykkest paa Midten.

De kaldes saaledes, fordi de bryde Lysstraaler, der udgaar fra et Punkt saaledes, at de efter Gennemgangen forenes i et Punkt.

Spredelenserne ere tyndest paa Midten.

De kaldes saaledes, fordi de bringe Lysstraaler, der ere gaaede igennem dem, til at fjerne sig fra hinanden.

26. Samlelinsen. Man kan opstille følgende som Samlelinsens Hovedegenskaber:

- 1, Enhver Straale gennem Linsens Midtpunkt gaar ubrudt igennem.
- 2, Alle Straaler, der ere udgaaede fra et Punkt, skulle af Linsen atter samles (inbildt eller virkeligt) i et Punkt.
- 3, Straaler parallelle med Linsens Axe

forenes til et Punkt, Brændpunktet, i Linsens Axe.

Brændpunktets Afstand  $p$  fra Midtpunktet kaldes Brændvidden.

Denne Størrelse afhænger af Glassets Brydningsforhold  $n$ , og Kuglefladernes Radius  $r_1$  og  $r_2$ , idet man har:

$$\frac{1}{p} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right).$$

Linsen har to Brændpunkter  $F$  og  $F'$ , lige langt til modsatte Sider fra Midtpunktet.

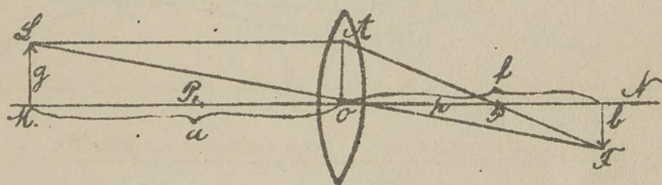


Fig. 20.

Billedpunktet  $F'$  (Fig 20) af et lysende Punkt  $L$  konstrueres saaledes.

Tra  $L$  trækkes en Straale  $LO$  gennem Linsens Midtpunkt, den vil gau ubruddt

igennem, og en anden Straale  $LA$  parallel med Axen, den vil brydes gennem Brændpunktet  $F$  og altsaa gaa i Retningen  $AP$ . Skæringspunktet  $F$  mellem  $AP$  og  $LO$  er det sagte Billedpunkt. Dette følger af 1, 2 og 3.

Alle andre fra  $L$  udgaaende Straaler, der troffe Linsen, ville af denne brydes, saa de alle gaa gennem  $F$ , se Fig 21.

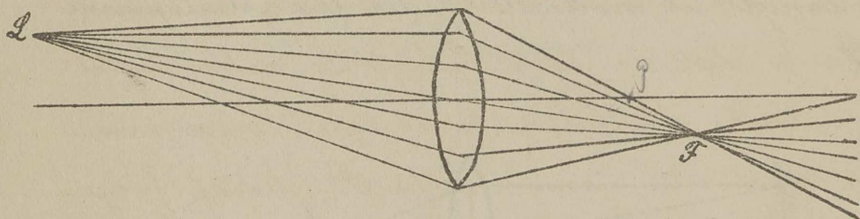


Fig 21.

$F$ 's Beliggenhed beregnes saaledes (Fig 20):

$LO$ ,  $AO$  og  $FO$  faldes vinkelret paa Axen.

Lattes  $OL = a$ ,  $OF = f$ ,  $OP = p$ ,  $LO = AO = g$ ,

$FO = b$ , faas idet

$$\triangle LOO \sim \triangle FOO \text{ og } \triangle AOP \sim \triangle FP,$$

$$\frac{b}{g} = \frac{f}{a} = \frac{f-p}{p}, \text{ hvilket giver:}$$

$$\frac{f}{a} = \frac{f}{p} - 1; \quad \underline{\underline{\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{p}}}$$

Ved den sidste Ligning kan Billedpunktets Beliggenhed beregnes, naar man kender det lysende Punkts Beliggenhed og anvendt. Maales  $a$  og  $f$ , kan Brøndvidden beregnes.

Da ethvert Punkt i  $LH$  giver samme Værdi for  $a$  som Punkt  $L$ , ville de tilsvarende Billedpunkter ogsaa have samme Værdi for  $f$ , som Punkt  $F$ ; heraf følger: Alle lysende Punkter, som ligge i et Plan vinkelret paa Axen, have deres Billedpunkter alle liggende i et fælles Plan vinkelret paa Axen.

Billedet af Punkt  $L$  i Fig 22 kan derfor konstrueres paa følgende Maade: Gennem  $L$  trækkes en Linie  $LH$  vinkelret paa Axen, i denne vælges et Punkt  $B$ , hvis



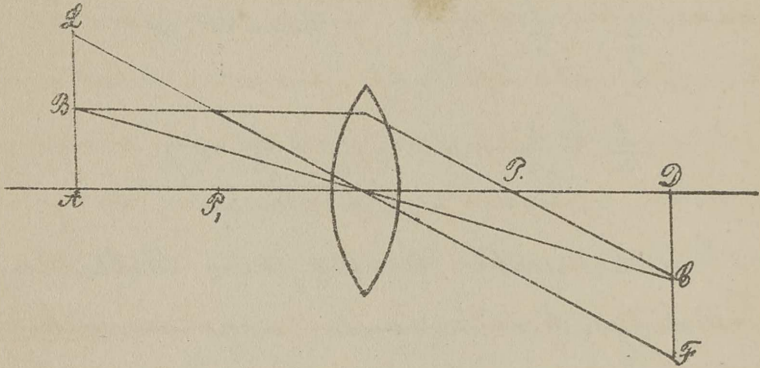


Fig. 22.

Billedet  $B'$  kan konstrueres paa sædvanlig Maade. Linien  $CD$  trækkes vinkelret paa Axen, og man ved, at  $L$ 's Billede maa ligge i denne Linie. Billedet  $F$  bestemmes derfor som Skæringspunkt mellem Linien  $CD$  og en Straale fra  $L$  gennem Midtpunktet af Linsen, hvilken Straale vil gaa ubrudt igennem.

af Konstruktion og Beregning følger, at Størrelsen af Billedet forholder sig til Genstandens Størrelse som de respektive Afstande fra  $O$ ;  $\frac{b}{g} = \frac{f}{a}$ .

Gennem Konstruktionen og Beregningen faas: se Side 49.

$$\begin{array}{l}
 \text{naar } \left\{ \begin{array}{l} a = \infty, \quad f = p, \quad b = 0 \\ a > 2p, \quad 2p > f > p, \quad b < g, \\ a = 2p, \quad f = 2p, \quad b = g \\ 2p > a > p, \quad f > 2p, \quad b > g \\ a = p, \quad f = \infty, \quad b = \infty \end{array} \right.
 \end{array}$$

De hidtil omtalte Billeder kaldes virkelige, fordi Straalerne fra et Punkt virkelig forenes til et Punkt, Billederne kunne derfor opfanges paa en Skerm. Billederne ere omvendte, thi det øverste af Genstanden ses at komme nederst i Billedet.

Der kan dog ogsaa dannes indbildte Billeder af samme Art som almindelige Spejlbilleder. Dette sker, naar  $a < p$ ; da bliver Konstruktionen følgende:

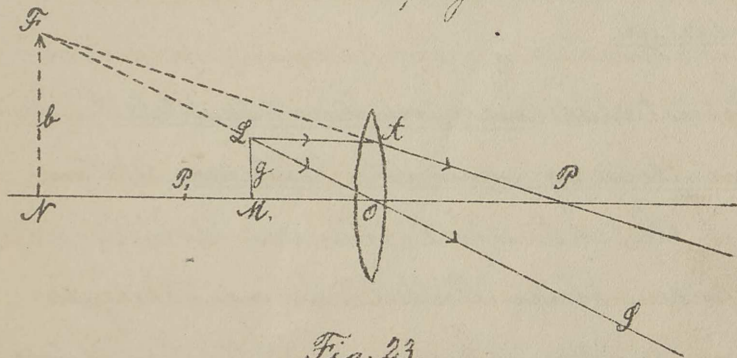


Fig. 23.

L (Fig. 23) er det lysende Punkt. Straalen LO gaar ubrudt igennem. Straalen Lt parallel med Axen brydes til Brændpunkt P. Billedpunktet bliver Skæringspunktet mellem de to Straaleretninger AP og OP, altsaa  $F. Da OP > Lt$ , maa de to Straaleretninger skære hinanden til venstre for L.H., altsaa paa samme Side af Linsen, hvor L ligger. Billedet bliver derfor større end Genstanden.

Der dannes saaledes et indbildt, oprethtaende og forstørret Billede Ft af Genstanden LM; Billedet kan ikke projiceres paa en Skerm, men kan ses af et Oje til højre for Linsen.

### Øversigt.

Genstande udenfor Brændpunktet faa virkelige og omvendte Billeder; er Genstandens Afstand større end den dobbelte Brændvidde, bliver Billedet formindsket, er Afstanden mindre end den dobbelte Brændvidde,

bliver Billedet forstørret. Genstande mellem Linsen og dens Brændpunkt faa indbildte, opretstaaende og forstørrede Billeder.

27. Spredelinsen har ligesom Samlelinsen to Brændpunkter lige langt til modsatte Sider fra Midtpunktet, men Straaler parallele med Axen ville ikke samles til Brændpunktet, men derimod efter Gennemgangen gennem Linsen spredes, som om de udgik fra det paa samme Side som Lysgiveren værende Brændpunktet. Billederne konstrueres som for Samlelinsens Vedkommende ved en Straale gennem Midtpunktet, der gaar ubrudt igennem og ved en anden Straale parallel med Axen, der efter Gennemgangen divergerer, som om den kom fra Linsens ene Brændpunkt.

Fig. 24 viser Konstruktionen af Billedet  $F'$  af Punkt  $F$ ;  $F'$  er da Billedet af  $L.H.$

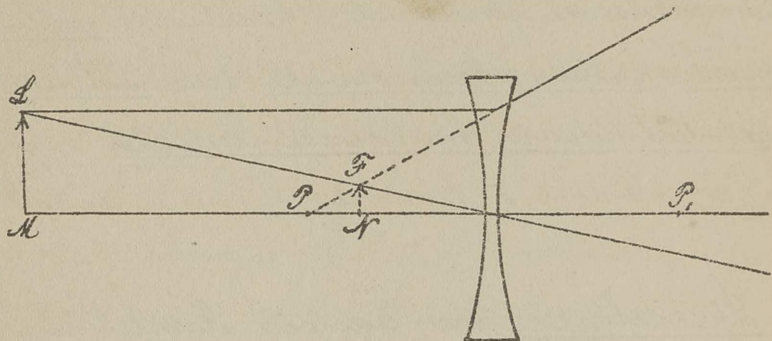


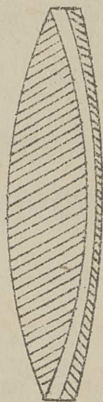
Fig. 24.

De Billeder, en Spredelinse danner, ere altid, ligesom i Figuren, indbildte, opretstaaende og formindskede.

28. Akromatiske Linser. Naar Lyset brydes i en Linse, vil der paa lignende Maade som ved Brydningen i et Prisme, ske en Farveadspredelse; denne er dog som Regel langt mindre fremtrædende ved Linser end ved Prismer. Farveadspredningen ses ved Linser derved, at disses Billeder

ere omgivne af en farvet Rand.

Fremadspredningen er undgaaet ved de saakaldte akromatiske Linser. En saadan er afbildet i *Figur 25*. Den er dannet



*Fig. 25.*

ved at sammensætte en Samlelinse med en Spredelinse. Naar disse vælges af passende Dimensioner og Glassorter, vil den akromatiske Linse give farvefri Billeder, disse konstruere paa samme Maade som ved en almindelig Samlelinse.

29. Linsernes Anvendelse. Linser bruges i

en stor Mængde optiske Instrumenter, og mange af disses Virkninger bero udelukkende paa Lysets Brydning gennem Linser. I mange Apparater, f. Eks. Kikkertser, maader, for at de skulle være gode, anvendes akromatiske Linser.

Som Eksempel paa Linsers Anvendelse skal Fotografiapparatet beskrives.

30. Fotografering. Fotografiapparatet (camera obscura) består af en indvendig svartet Kasse, i hvis ene Side der sidder en akromatisk Samlelinse  $L$  (Fig. 26).

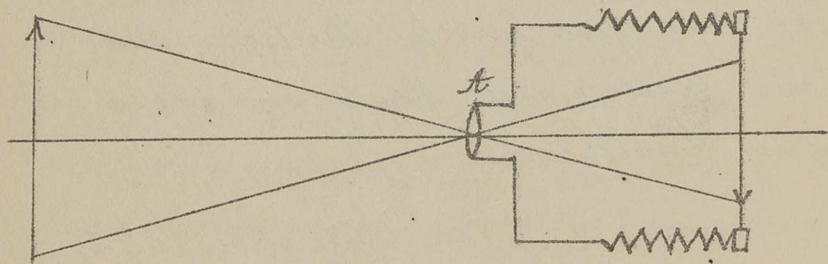


Fig. 26.

Den modsatte Side af Kassen er forskyde-  
 lig, og der er anbragt en matsleben Glas-  
 plade. Apparatet „indstilles“ ved at ven-  
 de Linsen mod Genstanden, der skal fo-  
 tograferes, og skyde Væggen med Glaspla-  
 den frem og tilbage, indtil det ved Lin-  
 sen dannede omvendte Billede af Genstan-  
 den ses saa skarpt som muligt paa Glas-  
 pladen. Denne erstattes derefter med en  
 Kassette, hvori findes en tør fotografisk  
 Plade, der er en Glasplade overtrukket  
 med et for Lyset følsomt Chloroform-Gela-  
 tinlag. Efter at Pladen i en kort Tid  
 er „exponeret“ i Kameraet udsat for  
 Lysets Paavirkning, „frunkaldes“ Bille-  
 det, idet Pladen i Mørkkammeret, hvor  
 der kun maa være svagt rødt Lys, læg-  
 ges i en Væske, hvorved Sølvet udskil-  
 les som et sort Pulver, der bliver tattet  
 paa de Dele af Pladen, der ved Expo-  
 neringen paavirkedes af det stærkeste Lys.



Ved at behandles i en anden Væske „fixeres“ Billedet, hvorefter Pladen kan taale Dagslys. Det paa Pladen saaledes erholdte „negative“ Billede „kopieres“ derpaa over paa et prepareret Papir, paa hvilket man efter forskellig Behandling erholder det færdige „positive“ Billede.

## G. Gjet.

31. Gjet er et omtrent kuglerundt Hørkammer, paa hvis Bagside Synsnerven  $N$  (Fig. 27) træder ind og udbreder sig i den saakaldte Nethinde  $R.R.$  Gjet om-

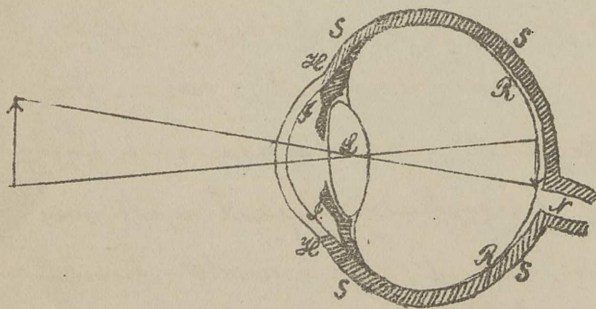


Fig. 27.

gives af en sejt, uigennemsigtig Hinde, Senekhinden S.S., det hvide i Øjet, der dog fortil er erstattet af den gennemsigtige Hornhinde H.H. Bag denne findes den farvede Regnbuehinde F.F., der i Midten har en Aabning, Pupillen, hvorigennem Lyset kan trænge ind i Øjet. Bag Pupillen sidder en Samlelinse, Krystallinsen L., der danner virkelige og omvendte Billeder af Genstande foran Øjet. For at man skal se en Genstand tydeligt, maa Billedet falde paa Netthinden, ved Lysets Virkning paa den der udbredte Lysnerve, se vi da Genstanden.

Skönt Billedet paa Netthinden er omvendt, se vi dog ikke derfor Genstandene staa paa Hovedet, fordi vi gennem Indtrykket paa Lysnerven forelægge Kilden til enhver Lysstraale, som Øjet modtager, til et eller andet Punkt i Lysstraalens Retning. De Straaler, som

frembringe Billedets nederste Punkter, be-  
 dømmer Gjet derfor, at komme fra Gen-  
 standens øverste, hvad de ogsaa gøre,  
 saa at Gjet netop opfatter Genstanden  
 som opretstaaende.

Hvor stort Billedet paa Nethinden  
 bliver, afhænger af den Synsvinkel, hvor-  
 under Genstanden ses, hvorved forstås Vink-  
 len mellem Synsretningerne fra Linsens  
 Midtpunkt til modstaaende Punkter af Gen-  
 standens Omrids.

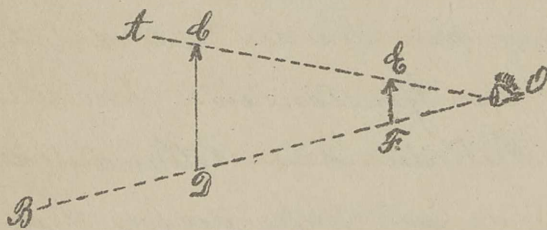


Fig. 28.

Fig. 28 viser den Synsvinkel, hvorunder  
 Punkterne A og B ses af et Øje i Punkt O.  
 Fjernes en Genstand fra Gjet, bliver dens

Synsvinkel mindre. Pilene  $\odot$  og  $\odot$  F i Fig. 28 have samme tilsyneladende Størrelse for Gjet  $O$ , da de fra dette ses under samme Synsvinkel.

32. Akkommodation. For at en Genstand skal ses tydeligt, maa Billedet paa Netthinden være skarpt. Hvis KrySTALLINSEN var uforanderlig, kunde man derfor kun se de Genstande tydeligt, der vare i en bestemt Afstand fra Gjet. Men Gjet har Evne til indenfor visse Grænser at akkommodere, appasse sig efter forskellige Afstande, s. at man ved Gjemuskelene kan gøre Linsen mer eller mindre hvulvet, saa at dens Brydningsevne bliver forskjellig. Derved opnaar man at kunne se Genstande tydeligt i forskellige Afstande.

For ethvert Gje er der en bestemt

Afstand, i hvilken det ser en Genstand tydeligst. Denne Afstand, den tydelige Synsvidde, er for et normalt Øje c. 24.<sup>cm</sup>  
= c. 9".

Et Øje kaldes langsynet, naar det kun kan akkomodere sig for store Afstande. For at se nære Genstande, maa det bevobnes med Brillen med Samlensser.

Et Øje kaldes nærsynet, naar det kun kan akkomodere sig for mindre Afstande. Saadanne Øjne kunne hjælpes ved Brillen med Spredelenser.

I den ældre Alder blive Menneskene saadvantlig mere langsynede.

33. Synet med 2 Øjne. Naar vi se en Ting med begge Øjne, rette vi begge Aar lige mod Genstanden. Den Vinkel, Aærne derved komme til at danne, lærer Erfa-

ringen os at benytte til at faa en Forestilling om Afstanden til Genstande, der ikke ere for langt borte. Ved en Afstands Bedømmelse benytte vi dog ogsaa stadig vor Erfaring i andre Retninger som Genstandenes tilsyneladende Størrelse, indbyrdes Stilling o. s. fr.

Ved Hjælp af begge Gjærene kunne vi betragte nogenlunde nære Genstande samtidigt fra lidt forskellige Sider og saaledes tydeligere se, at Genstandene have Udstrækning i Rummet. En ret firsidet Pyramide vil saaledes, naar Ansigtet holdes lige over den, af de to Gjæne ses saaledes, som Figur 29 viser.



Fig. 29.

For ved Billeder at skaffe Sansningen, saa de vise sig for os som rumlige Genstande.

benyttes Stereoskopet, i hvilket to Billeder som i Fig. 29 af den samme Genstand betragtes hvert med sit Gje gennem Linser.

### H. Mikroskoper.

34. Naar det gælder om at se Enkelt- heder paa en Ting, maa denne rykkes nær til Øjet, for at alle dens enkelte Dele kunne ses under saa store Synsvinkler som muligt. Der er imidlertid, som tidligere anført, en Grænse, for hvor smaa Afstande Øjet kan akkommodere sig, og for at kunne iagttage meget smaa Genstande, maa man derfor anvende optiske Hjælpeapparater.

35. Forstørrelsesglasset eller Lupen bestaar

kun af en Samlelinse. Den betragtede Genstand holdes noget indensfor Linsens Brænd-Brændpunkt  $F$  (Fig. 30), saaledes at det indbildte Billede, der dannes, kommer i en saadan Afstand fra Ojet, at det ses tydeligt.

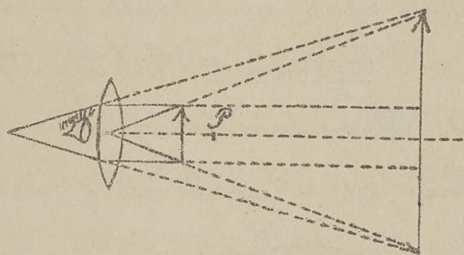


Fig. 30.

Tages Lupen bort, maa Genstanden for at ses tydeligt, føres ned til samme Afstand, hvor for Billedet var; Genstanden ses da under en mindre Synsvinkel, og Enkelthederne paa Genstanden kunne ikke saa godt skelnes fra hverandre.

Jo mindre Lupens Brændvidde er, des



nærmere kommer Genstanden til Linsen, og des større bliver det tagte Billede. Smaa Linser have som Regel smaa Brændvidder og give derfor stærk Forstørring.

36. Mikroskopet bestaar af to Samlelinser, der lukke hver sin Ende af et Rør. Den ene Linse, Objektivet  $A$  (Fig. 31), har en meget lille Brændvidde og er derfor selv meget lille. Den lille Genstand  $g$ , der skal

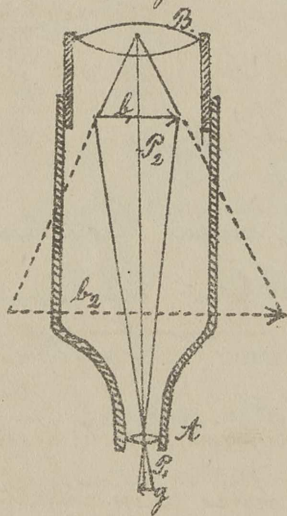


Fig. 31.

betrages, anbringes tot udenfor Objektivets Brændpunkt  $P_1$ . Derved dannes inde i Røret et stærkt forstørret, omvendt og virkeligt Billede  $b_1$ . Dette Billede ses gennem den anden Linse, Okularet  $B_2$ , der tjener som Forstørrelsesglas og danner det indbildte Billede  $b_2$ , idet  $b_1$  ligger lidt indenfor  $B_2$ 's Brændpunkt  $P_2$ .

At Billedet  $b_2$  til Næls ligger udenfor Røret, har intet at sige, da det er et indbildt Billede, til hvilket Straalerne slet ikke komme. Derimod maa det virkelige Billede  $b_1$ , for at kunne ses, ligge helt inde i Røret.

## I. Kikkerten.

37. Nædens Mikroskopet tjener til at iagttage Genstande, hvis sande Størrelse er saa lille, at de ikke kunne ses i den tydelige

Synsviddes Afstand, bruger man Kikkerten til at iagttage saadanne Genstande, hvis tilsyneladende Størrelse paa Grund af deres store Afstand er saa lille, at Enkelt- hederne ikke kunne ses med blotte Øjne.

Enhver Kikkert bestaar ligesom Mikroskopet af et Objektiv og et Okular, men Objektivet er her altid en akromatisk Samlelinse med stor Brøndvidde, hvorimod Brøndvidden af Okularet er lille. Ved Hjælp af disse to Linser dannes der da et Billede, som man betragter under en Synsvinkel, der er større end Genstandens, set med blotte Øjne.

38. Den astronomiske Kikkert. Baafe Objektivet og Okularet ere Samlelinser. Af en fjern Genstand dannes ved Objektivet  $H$  (Fig. 32) omtrent i Brøndviddens Afstand et virkeligt og omvendt Billede  $b_1$ ,

der betragtes gennem Okularet  $B$  som gennem et Forstørrelsesglas, hvorved der i  $b_2$  kommer til at vise sig et indbildt, omvendt og forstørret Billede af Genstanden.

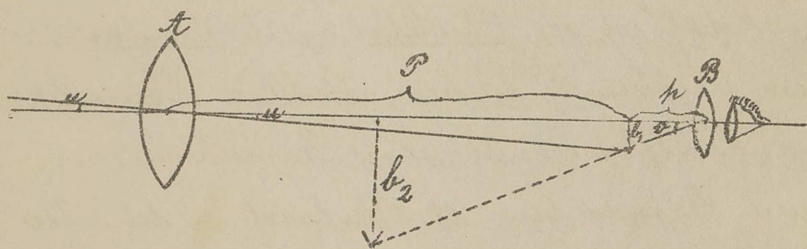


Fig. 32.

En Genstand, der uden Kikkerten ses under Synsvinklen  $u$ , betragtes i Kikkerten under Synsvinklen  $v$ . Kikkertens Forstørning  $f$  maales ved Forholdet mellem disse to Synsvinkler. Da  $b$ , omtrent ligger i Brandviddernes Afstande P og  $p$  fra henholdsvis Objektivet og Okularet, bliver Forstørningen, naar man i Gledet

for Vinklerne selv regner med deres Tan-  
genser,

$$f = \frac{\operatorname{tg} v}{\operatorname{tg} u} = \frac{\left(\frac{b_1}{f}\right)}{\left(\frac{b_2}{f}\right)} = \frac{f}{f}$$

Forstørrelsen bliver altsaa lig Forholdet mel-  
lem Objektivets og Okularet's Brændvidder.

For at faa meget Lys ind i Kik-  
kerten gøres Objektivet stort.

Paa tværs i Kikkertroret er der ofte  
anbragt et Traadkor, bestaaende af to  
paa hinanden vinkelrette fine Traade. Traad-  
korset anbringes der, hvor Billedet  $b_1$  dan-  
nes; gennem Okularet ser man da paa  
en Gang baade Traadkorset og Billedet  $b_2$ .  
Ved Traadkorset kan Kikkerten rettes nøj-  
agtigt mod et Punkt, idet dens Ase vil  
være rettet mod det Punkt, der i Bille-  
det falder sammen med Traadens Over-  
skæringspunkt.

At Kikkerten giver omvendte Bille-

der medfører ingen Ulempe ved Betragtning af Himmellegerne, dette vilde derimod være Tilfellet, hvis man vilde anvende Kikkerten til at betragte Genstande paa Jorden med.

39. Den terrestriske Kikkert er indrettet som den astronomiske, blot at der mellem Objektiv og Okular er indskudt en tredje Linse. Derved opnaas, at Kikkerten giver opretstaaende Billeder. Den nærmere Ordning ses af Figur 33.

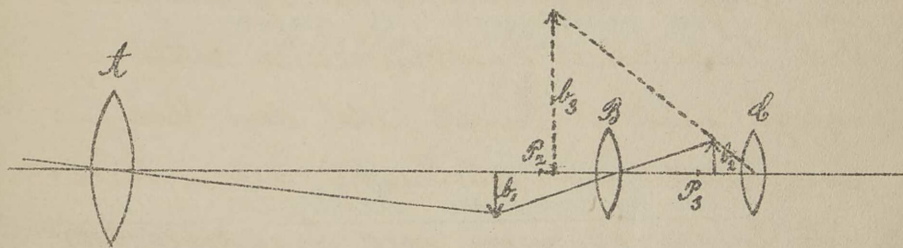


Fig. 33.

Det ved Objektivet  $A$  dannede virkelige og omvendte Billede  $b_1$ , falder udenfor Linsen  $B$ 's Brændpunkt  $P_2$ , hvorfor der ved denne Linse dannes et virkeligt og i Forhold til Genstanden opretstående Billede  $b_2$ . Dette betragtes gennem Linsen  $C$  som gennem et Forstørrelsesglas, idet  $b_2$  falder indenfor  $C$ 's Brændpunkt  $P_3$ . Et Øje til højre for  $C$  vil derfor se det indbildte, opretstående og forstørrede Billede  $b_3$ .

Den her anførte Beskrivelse af den astronomiske og terrestriske Kikkert er kun skematisk; i Virkeligheden indeholde Kikkerterne flere Linser, der dog hovedsagentlig virke som her anført.

40. Den hollandske Kikkert, Theaterkikkerten. Objektivet er som ved de andre Kikkerter en akromatisk Sammelinse, Okularet derimod en Spredelinse. Her skal

ikke nærmere gaas ind paa Billedets Kon-  
struktion, men kun anføres, at forinden  
Straalene ved at gaa gennem Objekti-  
vet  $K$  (Fig. 34) kommer til at danne

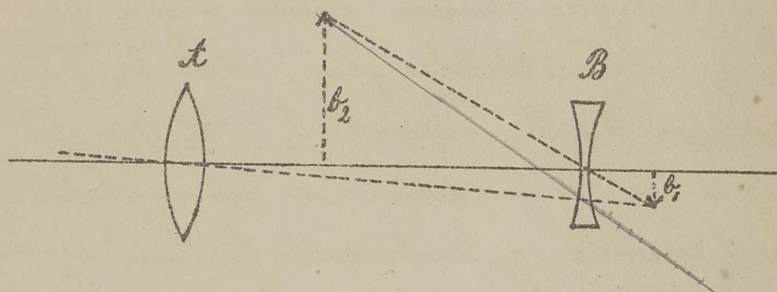


Fig. 34.

Billedet  $b_1$ , træffe de Okularet  $B$ ,  
som spreder dem, hvorved et Gje-  
der holdes tæt bag Okularet, i  
 $b_2$  vil se et indbildt, opretstaa-  
ende og forstørret Billede af Gen-  
standen.

Denne Kikkert giver ikke stærk  
Forstørring, men den er køligere  
end de to andre Kikkertes, og an-



vendes derfor meget til Theater- og  
Feltbrug. En almindelig Theaterkik-  
kert giver en Forstørring af 2-3  
Gange.

---

6/4/99

