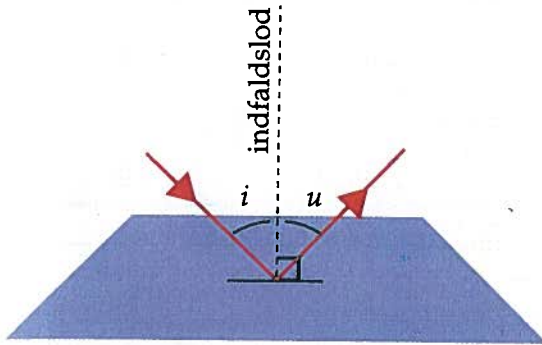


2 Refleksion og brydning

Refleksionsloven

Når lyset reflekteres fra en glat overflade som f.eks et spejl eller en stille vandoverflade, viser det sig, at den indkommende og den reflekterede lysstråle altid ligger symmetrisk omkring en linie (indfaldsloddet) vinkelret på spejlfladen.



Lyset reflekteres fra en glat flade på en sådan måde, at indfaldsvinkel og udfaldsvinkel er lige store.

Kalder vi vinklerne i og u på tegningen for hhv. indfaldsvinklen og udfaldsvinklen, gælder der

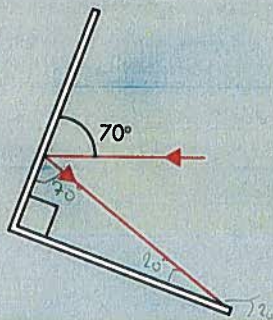
$$i = u \quad \text{indfaldsvinkel lig udfaldsvinkel.}$$

Denne lov kaldes *refleksionsloven*.



Ø2 En lysstråle reflekteres i to spejle vinkelret på hinanden, som vist på tegningen. Den viste vinkel er 70° .

Hvilken retning har lysstrålen efter refleksion i de to spejle?



Find ud af, hvordan en refleksbrik og katteøjlet på en cykel virker.



Ø3

Brydningsloven

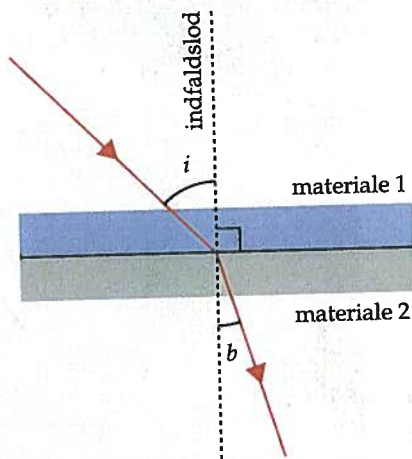
Når en lysstråle passerer fra et materiale til et andet, brydes den i grænsefladen mellem de to materialer. Nedenstående tegning viser de to vinkler *indfaldsvinkel* i og *brydningsvinkel* b . Man kan vise (se side 95), at brydningen opstår, fordi lyset ikke har samme fart i de to materialer. Når lyset brydes fra et materiale, hvor farten er v_1 , til et andet, hvor farten er v_2 , gælder der:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{v_1}{v_2}$$

Forholdet

$$n_{1,2} = \frac{v_1}{v_2}$$

kaldes *brydningsforholdet* fra materiale 1 til materiale 2.



2e Lysets fart i luft er $3,00 \cdot 10^8$ m/s, og i vand er den $2,26 \cdot 10^8$ m/s.

Når en lysstråle brydes ved overgang fra luft til vand, gælder der derfor altid

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 1,33$$

Brydningsforholdet fra luft til vand er derfor 1,33.

Hvis indfaldsvinklen f.eks. er 45° , får vi

$$\frac{\sin(45^\circ)}{\sin(b)} = 1,33$$

Heraf kan vi beregne brydningsvinklen til $b = 32,1^\circ$.

Er brydningsvinklen $44,2^\circ$, får vi at

$$\frac{\sin(i)}{\sin(44,2^\circ)} = 1,33$$

I dette tilfælde beregnes indfaldsvinklen til 68° .

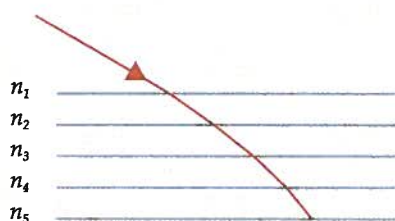
Da lysets fart i alle materialer er mindre end farten c i vakuum, udtrykker vi ofte farten v i et materiale således:

$$v = \frac{c}{n}$$

hvor n kaldes materialets *brydningsindeks*.

Materiale	Lysets fart	Brydningsindeks
luft	$3,00 \cdot 10^8$ m/s	1,00
rudeglas	$1,99 \cdot 10^8$ m/s	1,51
laboratorieglass	$2,04 \cdot 10^8$ m/s	1,47
plexiglas	$2,01 \cdot 10^8$ m/s	1,49
vand	$2,26 \cdot 10^8$ m/s	1,33
sprit	$2,21 \cdot 10^8$ m/s	1,36
glycerol	$2,04 \cdot 10^8$ m/s	1,47

En lysstråle, som sendes gennem flere lag af materialer med voksende brydningsindeks, vil gradvist brydes mere og mere. Dette betyder f.eks., at når Solen ses nær horisonten, vil den synes højere på himlen, end den faktisk er. Det skyldes, at atmosfærens brydningsindeks er større ved jordoverfladen end højere oppe. Derfor vil Solens stråler brydes ned mod Jorden, og det vil se ud, som om de kommer fra et sted højere på himlen.



Varierende brydningsindeks.



CD259
EKSPERIMENT



3e Det er sjældent, at lysets fart i et materiale anføres i tabelsamlinger. Derimod kan vi finde materialets brydningsindeks. Brydningsforholdet fra et materiale med brydningsindeks n_1 til et andet med brydningsindeks n_2 kan da bestemmes således:

$$n_{1,2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

En lysstråle sendes ind i plexiglas med en indfaldsvinkel på $i = 52^\circ$.

Brydningsindeks for luft er $n_1 = 1,00$ og for plexiglas er det $n_2 = 1,49$.

Brydningsforholdet fra luft til plexiglas er derfor

$$n_{1,2} = \frac{1,49}{1,00} = 1,49$$

Vi kan så finde brydningsvinklen b ved hjælp af

$$\frac{\sin(52^\circ)}{\sin(b)} = 1,49$$

Dette giver:

$$b = 31,9^\circ.$$

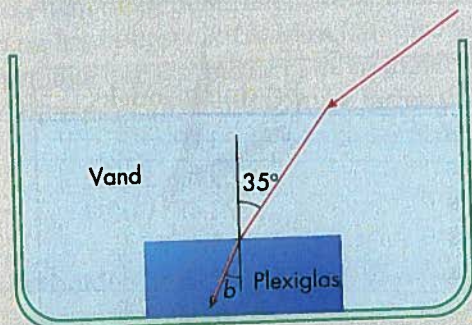
e4

vinklen til

at

vinklen til

- 5e En plexiglasplade ligger i et kar med vand. En laserstråle sendes gennem vandet videre ind i plexiglaspladen, så indfaldsvinklen ved overgang fra vand til plexiglas er 35° .



Brydningsforholdet fra vand til plexiglas er

$$n_{1,2} = \frac{1,49}{1,33} = 1,12$$

Brydningsvinklen kan da bestemmes af brydningsloven:

$$\frac{\sin(35^\circ)}{\sin(b)} = 1,12$$

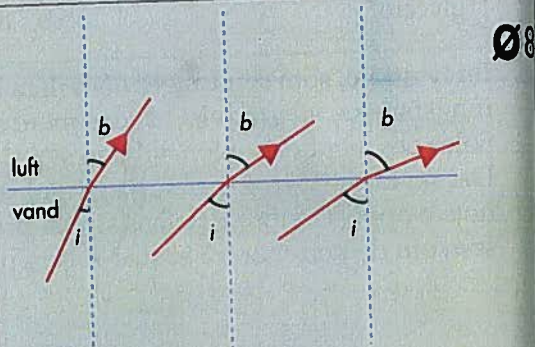
Heraf: $b = 30,8^\circ$.

- 4ø En lysstråle sendes med indfaldsvinklen $i = 32^\circ$ fra luft ind i et stykke rudeglas. Beregn brydningsvinklen b i glasset.

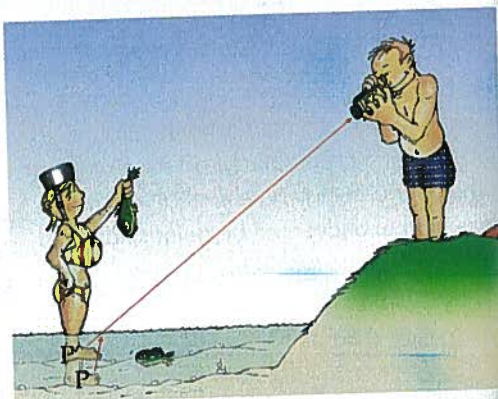
- Ø5 En lysstråle sendes med en indfaldsvinkel på $74,9^\circ$ ned gennem en væskeoverflade. Brydningsvinklen er $45,3^\circ$. Bestem væskens brydningsindeks.

- Ø6 En lysstråle sendes fra laboratorieglass ind i vand. Brydningsvinklen i vandet er $26,3^\circ$. Bestem indfaldsvinklen i glasset.

- Ø7 En lysstråle sendes fra vand op i luften. Indfaldsvinklen i vandet er 38° . Beregn brydningsvinklen.



- Ø8 Lys sendes med forskellige indfaldsvinkler fra vand til luft. Beregn brydningsvinklerne for følgende indfaldsvinkler: a) 26° , b) 47° og c) 52° (Hovsa! Det var overraskende. Forklaring gives i afsnittet om totalrefleksion.)



Når f.eks. en person, der står i vand, synes at have forkortede ben, skyldes det, at lyset brydes fra vand til luft. For en iagttager vil en lysstråle, der udgår fra en punkt P på personens fod, efter brydning i vandoverfladen se ud, som om den kommer fra et punkt P' højere oppe. Benene vil derfor synes kortere.

Eksperimenter
Måling
Sender vi lyset
gennem et
et stykke plexiglas
papiret kat
og brydningsvinklen
kan beregnes

Optik

Lysets brydning
nytte brydningsloven
linse, de
øvrigt i
at fokus
dan lys

Tegning
gennem
lerne. S
med linse
som kan
vi brænde
Jo mere
styrke.

Ø5
nkel på
le. Bryd-
ns bryd-

Ø6
s ind i
6,3°.

Ø7
en. Ind-
bryd-

Ø8

Ø9
vinkler
vinklerne
b) 47°
ende.
refleksion.)

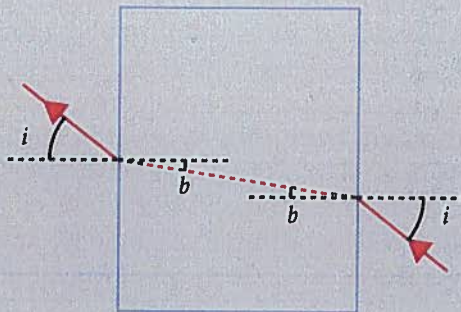


Ø10
des fra vand
brydning i
synes kortere.

Ekspertiment:

Måling af brydningsindeks

Sender vi en lysstråle, f.eks. en laserstråle, ind gennem et kasseformet glasprisme beliggende på et stykke papir, kan vi aftegne strålegangen. På papiret kan vi derefter måle både indfaldsvinkel og brydningsvinkel med en vinkelmåler, og vi kan beregne glassets brydningsindeks.

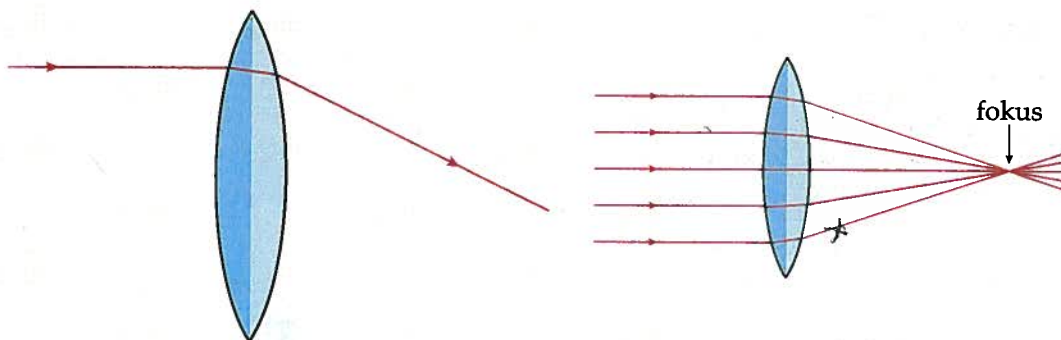


CD286
EKSPERIMENT

CD288
EKSPERIMENT

Optik

Lysets brydning kan blandt andet forklare, at vi kan benytte briller til at forbedre vores syn. Et brilleglas er en *linse*, der bryder lyset, inden det fortsætter ind i øjet. I øvrigt indeholder øjet også en linse, hvis formål det er at fokusere lyset på nethinden. Lad os derfor se på, hvordan lyset ændrer retning, når det passerer en linse.



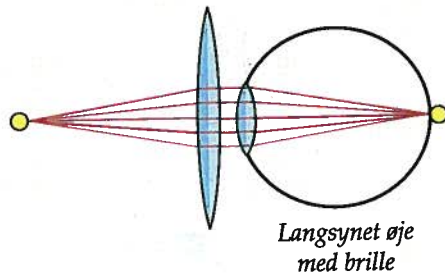
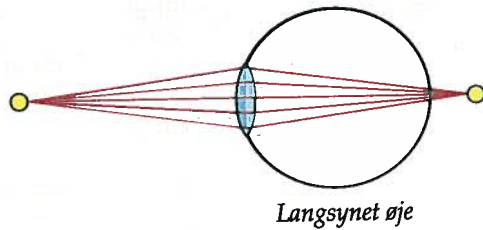
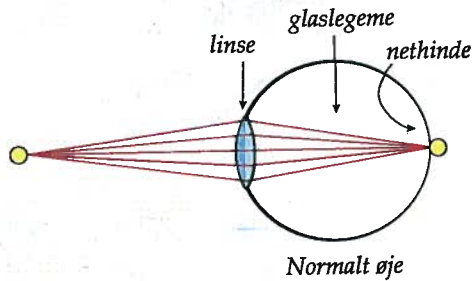
Tegningen herover viser, hvordan en lysstråle brydes to gange ved passage gennem linsen. Den viste linse kaldes en *samlelinse*, fordi den samler lysstrålerne. Sender vi lysstråler ind mod en samlelinse, sådan at strålerne er parallelle med linsens midterakse, vil de på den anden side af linsen samles i et punkt, som kaldes for linsens *fokus* eller *brændpunkt*. Punktets afstand fra linsen kalder vi *brændvidden* f .

Jo mere linsen krummer, jo kortere er brændvidden, og jo større er linsens styrke. Vi definerer nemlig *linsstyrken* D således:

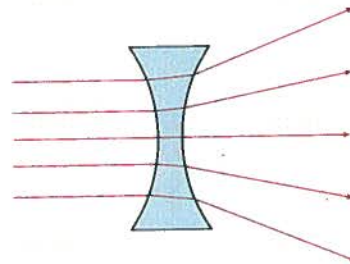
$$D = \frac{1}{f}$$

Linsestyrken måles i *dioptrier*. Når en optiker f.eks. angiver en brillestyrke til +2, betyder det, at linsestyrken er $D = 2$ dioptrier. Af ovenstående formel får vi da, at brændvidden er $f = 0,50$ m.

I vores øje sidder en samlelinse med variabel krumning, så vi kan fokusere på nethinden, hvor der dannes et billede af det, vi betragter. Med alderen bliver øjets linse slap, så fokus ligger lidt bag ved nethinden, når noget betragtes på kort afstand. Det billede, der dannes på nethinden, bliver derfor uskarpt. Et par briller med samlelinser vil samle lysstrålerne lidt, inden de går ind i øjet. Derved bliver det nemmere for øjet at fokusere på nethinden.



En samlelinse foran øjet kan hjælpe en langsynet person med at fokusere lyset, så der dannes et skarpt billedpunkt på nethinden.



En spredelinse virker modsat en samlelinse. Den har ikke noget egentligt brændpunkt, men man kan alligevel angive en linsestyrke, som viser sig at være negativ. Briller med spredelinser anvendes af personer, som er nærsynede.

6e Når vi betragter et fjernt motiv, er linserne i vores øjne afslappede. I denne situation er øjelinsernes brændvidde normalt $f = 1,8$ cm. Linsestyrken er da

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,018 \text{ m}} = 56 \text{ dioptrier}$$

Under læsning akkomoderer vores øjne. Det betyder, at linserne krummer ekstra, så der kan dannes et billede på nethinderne. Med en læseafstand på 25 cm vil brændvidden typisk være 1,7 cm.

Ø Beregn styrke
brændvidde
Beregn bræ
65 dioptrier.

Ø Anbringer vi
samlet linses
af de to lins
D =

En person si
linsestyrke er

Eksp
Billedan
Vi kan under
forhold, der
fyldt for at få
billeder med
er det feks.,
stiller skarpt
headprojekto

Totalre

Når lys på
reflekteres
len altid st
en bestem
kel i_c kald
vinkel vil
refleksion.