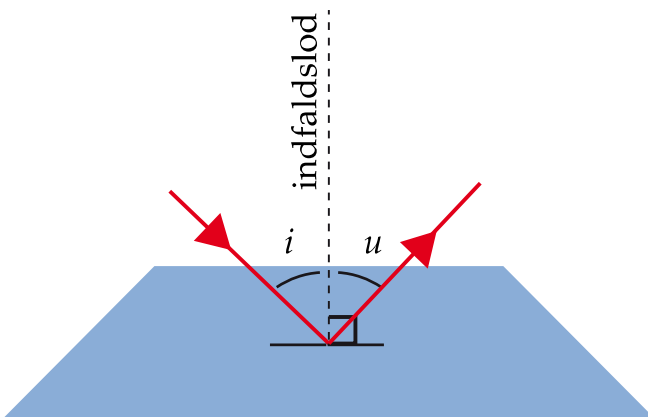


2 Refleksion og brydning

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 (indfaldslødet) 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

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

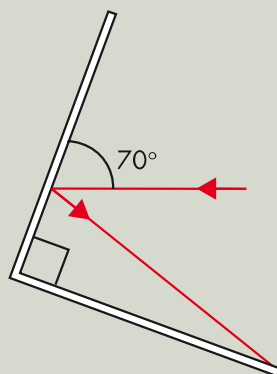
Denne lov kaldes *refleksionsloven*.



Spejling i vandoverflade.

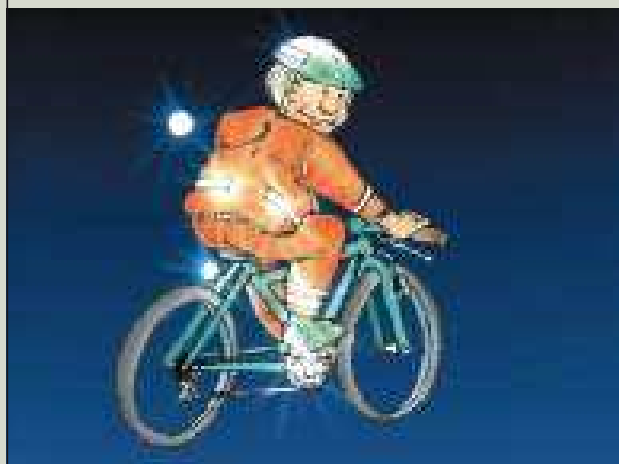
Ø8.2 En lysstråle reflekteres i to spejle vinkelret på hinanden, som vist på tegningen. Den viste vinkel er 70° .

Hvilken retning har lysstrålen efter refleksion i de to spejle?



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

Ø8.3



Brydningsloven

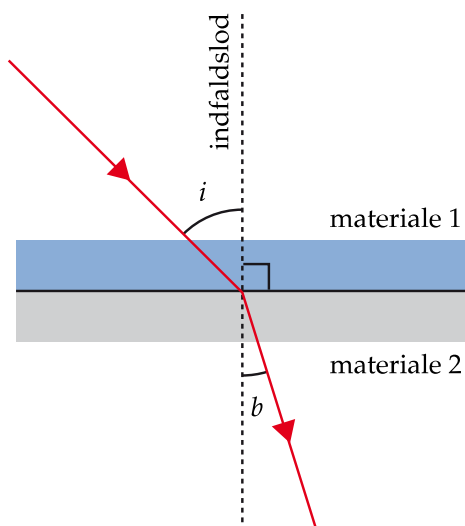
Når en lysstråle passerer fra et materiale til et andet, brydes den i grænsefladen mellem de to materialer. Nedenstående tegning viser de to vinkler *indfaldsvinkel i* og *brydningsvinkel b*. Man kan vise, at brydningen opstår, fordi lyset ikke har samme hastighed i de to materialer. Når lyset brydes fra et materiale, hvor hastigheden er v_1 , til et andet, hvor hastigheden 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.



E8.2 Lysets hastighed 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

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

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° .

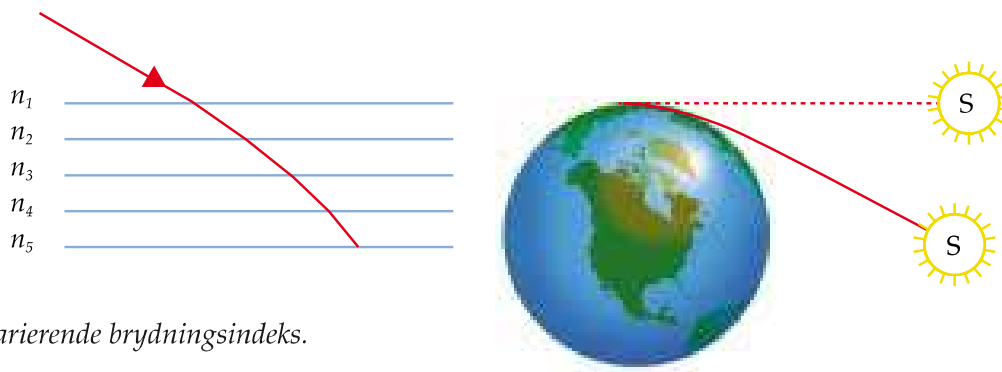
Da lysets hastighed i alle materialer er mindre end hastigheden c i vakuum, udtrykker vi ofte hastigheden v i et materiale således:

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

hvor n kaldes materialets *brydningsindeks*.

Materiale	Lysets hastighed	Brydningsindeks
luft	$3,00 \cdot 10^8$ m/s	1,00
rudelglas	$1,99 \cdot 10^8$ 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.

E8.3 Det er sjældent, at lysets hastighed 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:

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

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

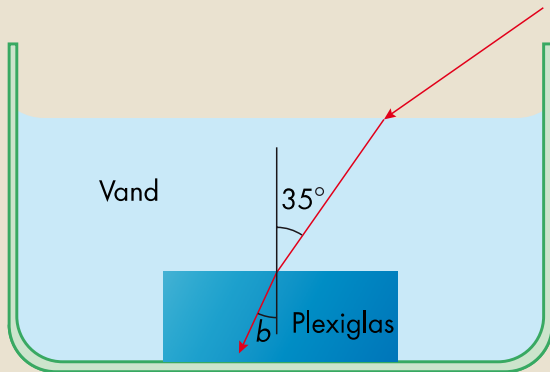
$$\frac{\sin(52^\circ)}{\sin(b)} = 1,49$$

Dette giver:

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

E8.4 En lysstråle sendes ind i plexiglas med en indfaldsvinkel på $i = 52$. ↗

E8.5 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: $b = 30,8^\circ$.

Ø8.4 En lysstråle sendes med indfaldsvinklen $i = 32^\circ$ fra luft ind i et stykke rudeglas. Beregn brydningsvinklen b i glasset.

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

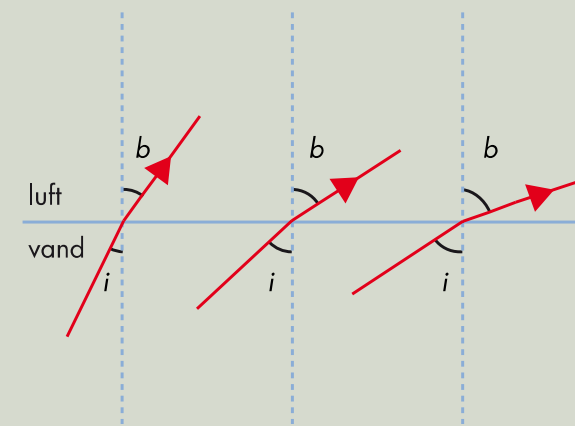
Ø8.5

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

Ø8.6

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

Ø8.7



Ø8.8

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.)

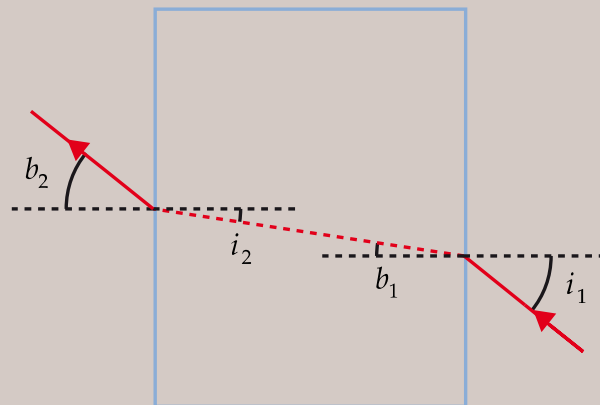


Når f.eks. en person, der står i vand, synes at have forkortede ben, skyldes det, at lyset brydes fra vand til luft. For en iagttager vil en lysstråle, der udgår fra en punkt P på personens fod, efter brydning i vandoverfladen se ud, som om den kommer fra et punkt P' højere oppe. Benene vil derfor synes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

Eksperiment

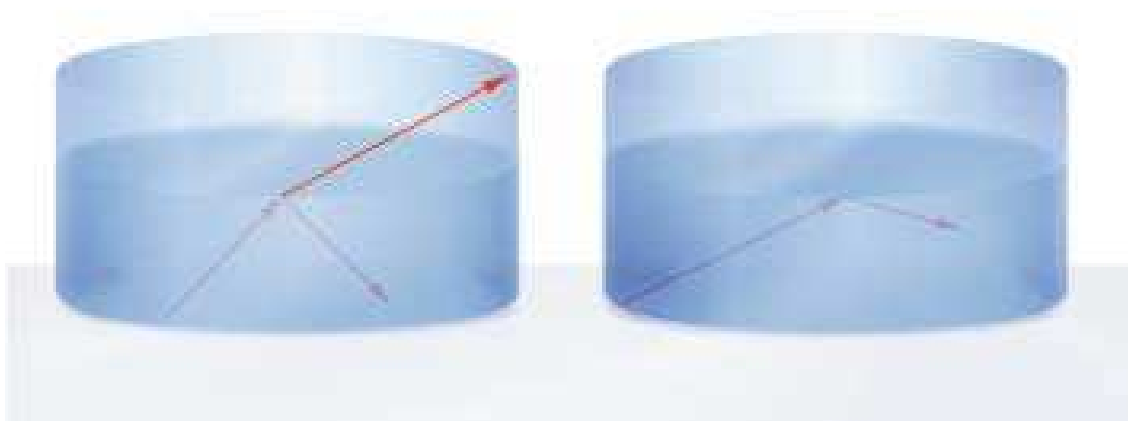
Måling af brydningsindeks

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.



Totalrefleksion

Når lys passerer fra et materiale til et andet, vil noget af lyset brydes og noget reflekteres. I det tilfælde, hvor lyset passerer fra vand til luft, er brydningsvinklen altid større end indfaldsvinklen, og her kan så ske det interessante, at ved en bestemt indfaldsvinkel vil brydningsvinklen blive 90° . Denne indfaldsvinkel i_c kalder vi den *kritiske vinkel*. Ved indfaldsvinkler større end den kritiske vinkel vil alt lyset blive reflekteret tilbage i vandet, og vi siger, at der er *totalrefleksion*.



Når lys går fra et stof med stort brydningsindeks til et stof med mindre brydningsindeks, sker der totalrefleksion ved indfaldsvinkler større end den kritiske vinkel i_c .

Totalrefleksion kan forekomme, når lyset kommer fra et stof med stort brydningsindeks til et stof med lille brydningsindeks. Vi kan beregne den kritiske vinkel ved hjælp af brydningsloven, når vi sætter brydningsvinklen til 90° :

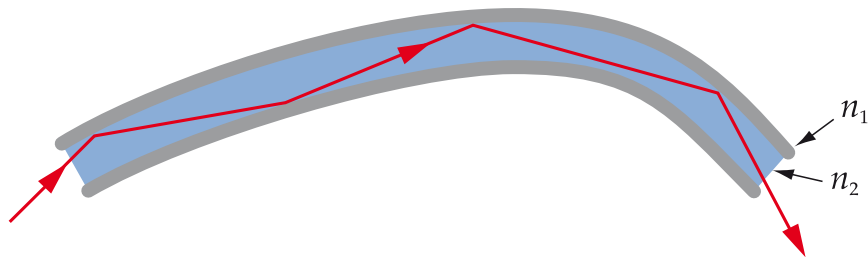
$$\frac{\sin(i_c)}{\sin(90^\circ)} = \frac{n_2}{n_1}$$

Fra vand til luft får vi:

$$\frac{\sin(i_c)}{\sin(90^\circ)} = \frac{1}{1,33}$$

$$i_c = 48,75^\circ$$

Totalrefleksion udnyttes i optiske fibre eller *lysledere*, som vi også kalder dem.



En lysleder er en tynd fiber bestående af tre lag, inderst en glaskerne med stort brydningsindeks, uden om denne et glaslag med lille brydningsindeks, og yderst en plastkappe for at beskytte den tynde glasfiber. Sender vi en lysstråle ind i kernen af en sådan fiber, vil der ske totalrefleksion, hver gang lyset rammer det ydre lag glas, og lysstrålen bliver i fiberen, selv om fiberen er bøjet.

Lysledere anvendes blandt andet til medicinske undersøgelser og ikke mindst til tele- og datakommunikation.

Ø8.9 Totalrefleksion i glasprismer udnyttes i optiske instrumenter som f.eks. prismekikkerten og spejlreflekskameraet. Tegningerne viser strålegangen i to prismers af en glas-sort med brydningsindeks 1,54. Beregn den kritiske vinkel i denne glas-sort.

Gør rede for, at der i begge de viste tilfælde vil være totalrefleksion i prismerne.

