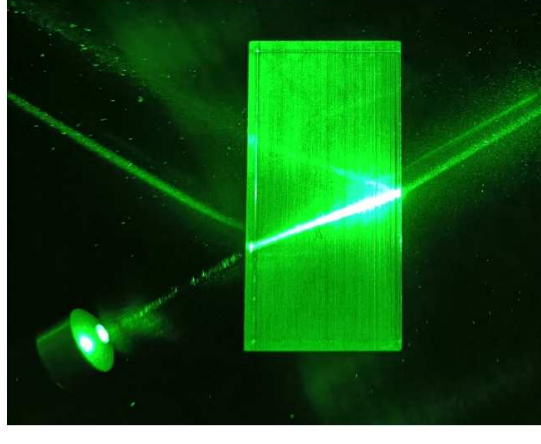


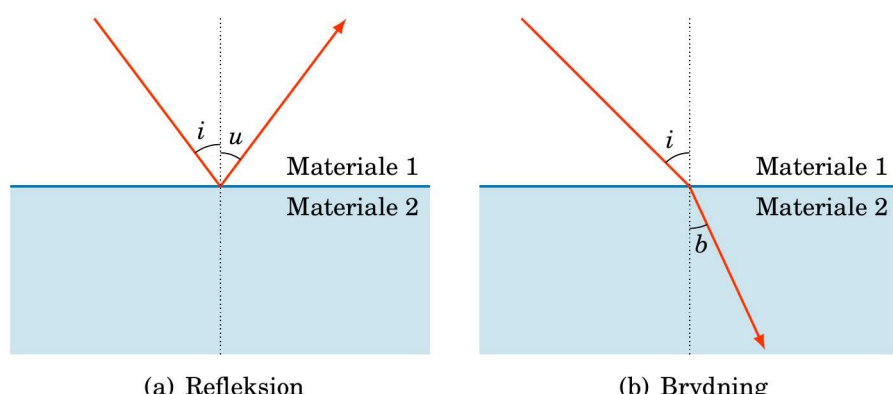
Refleksion og brydning

© Kredit: Mike Vandal Auerbach, *Bølger*, Version 1.0, 19. maj 2022

Bølger udbreder sig ikke med samme hastighed i alle materialer. F.eks. er lydens fart i luft og i vand ikke den samme. Når en bølge bevæger sig fra ét materiale ind i et andet, kan der derfor opstå både refleksion og brydning. Figuren nedenfor viser refleksion og brydning for en laser der bevæger sig fra luft ind i plexiglas. Noget af lyset reflekteres fra overfladen, mens den del af lyset der bevæger sig fra luften ind i klodsen skifter retning – det er dette fænomen der kaldes brydning.



Figuren nedenfor viser en skitse af de to fænomener. Indfaldsvinklen i er den vinkel bølgen danner med midtnormalen til overgangen mellem de to materialer.



(a) Refleksion

(b) Brydning

Ser man nærmere på billedet på figurerne kan man se at ved udfaldsvinklen for det reflekterede lys er den samme som indfaldsvinklen. Dette gælder generelt.

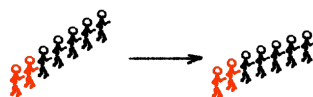
Refleksion

Når en bølge reflekteres, gælder der for indfaldsvinklen i at den er lige så stor som udfaldsvinklen u hvormed:

$$i = u$$

Bølgers brydning er lidt mere kompliceret at analysere. Årsagen til at bølger brydes, er at bølgens hastighed er forskellig i de to materialer. Hvorfor der er brydning i dette tilfælde, illustreres måske bedst med et eksempel.

En bølgefront kan simuleres med en kæde af mennesker der går hånd i hånd. Hvis nogle af menneskene i den ene ende af kæden pludselig begynder at gå langsommere, vil hele kæden ændre retning.



Når en bølge bevæger sig fra ét materiale ind i et andet, vil den ene ende af bølgefronten bevæge sig ind i det andet materiale før den anden. Den ene ende af bølgefronten begynder derfor at bevæge sig med en anden hastighed end den anden ende, hvilket får hele bølgen til at dreje. Sammenhængen mellem indfaldsvinklen i og brydningsvinklen b afhænger derfor af bølgens hastighed i de to materialer. Det viser sig at der gælder:

Brydningsloven for bølger

Når en bølge brydes ved at gå fra materiale 1 med en fart på v_1 til et materiale 2 med en fart på v_2 er sammenhængen mellem indfaldsvinklen i og brydningsvinklen b givet ved:

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

Brydningsloven skrives også somme tider som:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = n$$

hvor $n = \frac{v_1}{v_2}$ er det såkaldte *brydningsforhold* mellem de to materialer.

Lys bevæger sig med meget stor fart. Bl.a. derfor vil man sjældent kunne slå lysets fart i forskellige materialer op direkte. I stedet kan man finde det såkaldte *brydningsindeks*, for materialet; som er brydningsforholdet ift. lysets fart i vacuum:

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

Her er $c = 3.00 \cdot 10^8$ m/s er lysets fart i vacuum, og v er lysets fart i det pågældende materiale. Tabellen nedenfor viser brydningsindeks for nogle udvalgte materialer.

Brydningsindeks n for forsk. materialer			
Atm. luft	1.00	Glas	1.50
Vand	1.34	Plexiglas	1.49
Is	1.31	Diamant	2.42

Hvis man kender brydningsindeks for et materiale, kan man beregne lysets fart i materialet som

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

For brydningsforholdet mellem to materialer gælder der derfor

$$n = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Altså kan brydningsloven også skrives på denne måde:

Brydningsloven for lys

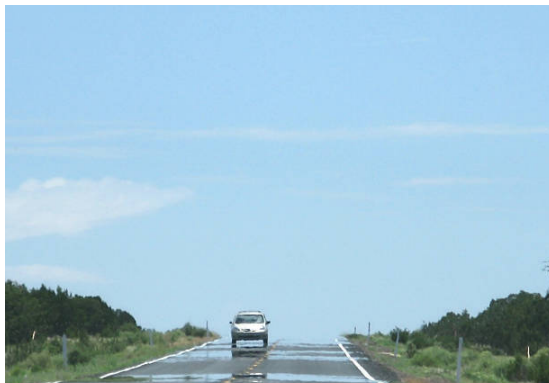
Når en lysbølge brydes ved at gå fra materiale 1 med et brydningsindeks på n_1 til et materiale 2 med et brydningsindeks på n_2 er sammenhængen mellem indfaldsvinklen i og brydningsvinklen b givet ved:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{n_2}{n_1}$$

Den resulterende brydningsvinkel b ved en givet indfaldsvinkel og brydningsindeks kan beregnes ved:

$$b = \text{asin}\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(i)\right)$$

To forskellige hverdageksempel på, at lysets brydning kan forårsage optiske illusioner kan på billederne nedenfor:



På billedet til venstre ses et sugerør i et glas med vand, hvor det i vandoverfladen ligner at sugerøret ikke hænger sammen. Denne illusion er forårsaget af lyset fra den del af sugerøret, der er i vandet, bliver brudt når lyset overgår til luften udenfor glasset.

På billedet til højre ses et eksempel på at når asfalten på en vej bliver rigtig varm kan det ligne, at der ligger vandpytter på vejen. Dette er en illusion, der kaldes fatamorgana eller luftspejling, som sker fordi varm luft har et lidt lavere brydningsindex end kold luft.