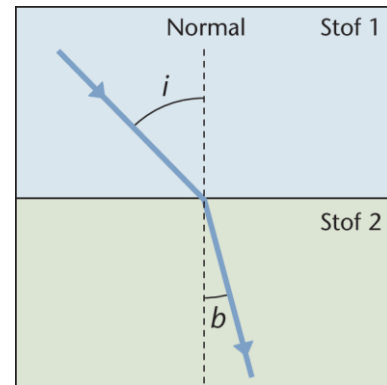


Brydningsloven og brydningsindeks

Fra fysikbogen kender vi brydningsloven:

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

Brydningsloven viser os sammenhængen mellem indfaldsvinklen (i) og brydningsvinklen (b), når lys bevæger sig fra ét stof til et andet. Det vil sige at lyset skal kunne bevæge sig i begge stoffer. Det kunne være fra luft til vand, fra luft til glas, men fx også fra vand til glas, hvis lyset fra et akvarium bevæger sig ud gennem glasset.



Vinklerne skal altid måles i forhold til normalen (vinkelret på stoffets overflade), som vist på figuren (fra FysikCbogen iBoG).

Det vi mener med at ”lyset brydes”, er at lysstrålerne ændrer retning. Dette sker fordi lysets fart er forskellig i de to stoffer. Jo lavere fart lyset har i stof 2, jo mere bøjer det ind mod normalen, og har altså en mindre brydningsvinkel.

I stedet for fart 1 og 2 i brydningsloven, bruger man ofte størrelsen *brydningsindeks* (n). Brydningsindekset for et stof er defineret som lysets fart i luft (eller i vakuum, hvor farten næsten er den samme), som er $c = 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, divideret med lysets fart i stoffet (v):

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

Af denne formel kan vi se at brydningsindekset bliver større, jo lavere fart lyset har i stoffet. Fordi brydningsindekset er et forhold mellem to farter, har det ikke nogen enhed.

Material	n
Vacuum	1
Gases at 0 °C and 1 atm	
Air	1.000 293
Helium	1.000 036
Hydrogen	1.000 132
Carbon dioxide	1.000 45
Liquids at 20 °C	
Water	1.333
Ethanol	1.36
Olive oil	1.47
Solids	
Ice	1.31
Fused silica (quartz)	1.46 ^[11]
PMMA (acrylic, plexiglas, lucite, perspex)	1.49
Window glass	1.52 ^[12]
Polycarbonate (Lexan™)	1.58 ^[13]
Flint glass (typical)	1.69
Sapphire	1.77 ^[14]
Cubic zirconia	2.15
Diamond	2.417
Moissanite	2.65

I tabellen ses brydningsindekser for forskellige stoffer (fra https://en.wikipedia.org/wiki/Refractive_index)

Det ses fx at $n_{vand} = 1,333$, så vi kan finde farten af lys i vand ved:

$$n_{vand} = \frac{c}{v_{vand}} \rightarrow v_{vand} = \frac{c}{n_{vand}} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,333} = 2,25 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vi kan også omskrive brydningsloven, så den er nemmere at bruge med brydningsindekser:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{c}{n_1} \cdot \frac{n_2}{c} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{n_2}{n_1}$$

Eksempel

Hvis en lysstråle bevæger sig fra luft til vand med en indfaldsvinkel på $i = 27,2^\circ$, kan vi beregne brydningsvinklen ved at isolere b i brydningsloven:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \sin(b) = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(i) \rightarrow b = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(i)\right)$$

$$b = \sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(i)\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1,000}{1,333} \cdot \sin(27,2^\circ)\right) = 20,1^\circ$$

Opgave

Lysstråler bevæger sig fra en klumpfisk i vandet i det store akvarium på Den Blå Planet, ud gennem glasset til luften, hvor gæsterne kan se fisken, fordi deres øjne rammes af lyset. Faktisk er glasset ikke glas, men akrylglas (også kaldet plexiglas) som er en form for plastic. Akrylglas er meget stærkere end almindeligt glas, og er op til 40 cm tykt i akvariet på Den Blå Planet.

En lysstråle fra fisken bevæger sig fra vandet i akvariet ind i akrylglasset med en indfaldsvinkel på $i = 23,4^\circ$. Find brydningsindekset for akrylglas (acrylic) i tabellen på side 1.

- Begynd med at lave en grovskitse af hvordan lysstrålens vej gennem de tre materialer kunne se ud (lav et tykt glas, så man kan se vinklerne).
- Beregn brydningsvinklen inde i akrylglasset.

Lystrålen bevæger sig gennem akrylglasset med en bestemt fart bestemt af brydningsindekset.

- Beregn lysets fart i akrylglasset.

Lyset bevæger sig nu fra akrylglasset ud i luften. Brydningsvinklen fra del a) er nu den nye indfaldsvinkel (forsøg at forklare dette ved at bruge din skitse).

- Beregn brydningsvinklen i luften.
- Forfin din skitse fra del a) så vinklerne nu er korrekte. Brug fx GeoGebra til at lave en præcis tegning, hvis der er tid.