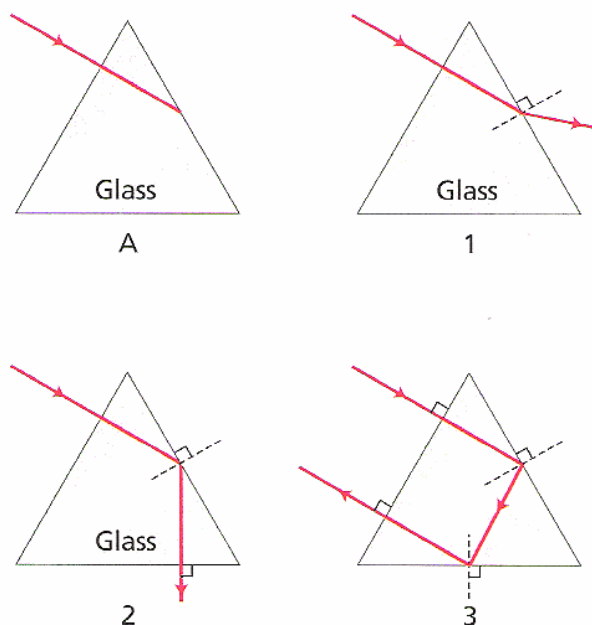


LØST OPPGAVE 9.341**9.341**

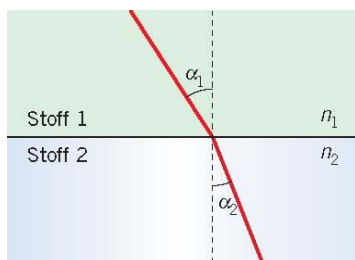
- a) Formuler Snells brytningslov for lys som går fra ett stoff til et annet. Tegn figur og før på de størrelsene som er med i loven.

En lyskilde gir lys som har bølgelengden $5,7 \cdot 10^{-7}$ m. Vi avgrenser en stråle av dette lyset og lar den falle vinkelrett inn på den ene sidekanten av et likesidet glassprisme som står i luft. Se figur A nedenfor. Brytningsindeksen for glasset er 1,50.

- b) Hvilken av tegningene 1, 2 og 3 nedenfor viser den videre strålegangen gjennom prismet?



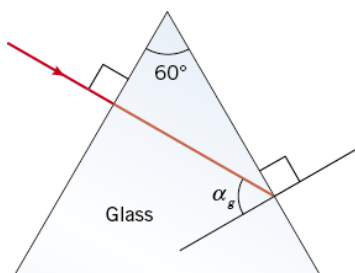
- c) Ville en av de to andre tegningene ha vist riktig strålegang hvis vi hadde et annet prismemateriale?
- d) Vi senker prismet helt ned i vann. Lysstrålen faller også nå vinkelrett inn på den ene sideflaten i prismet. Beregn den videre strålegangen gjennom prismet.
- e) Finn farten, frekvensen og bølgelengden til lyset i glasset.

Løsning:

- a) Snells lov sier: Når lys går fra et gjennomsiktig stoff, stoff 1 med brytningsindeks n_1 , til et annet, stoff 2 med brytningsindeks n_2 , gjelder

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

der α_1 er innfallsvinkelen og α_2 er brytningsvinkelen.



- b) Tegning 2 er riktig. Når lys går fra glass med brytningsindeksen 1,50 til luft med brytningsindeksen 1, er grensevinkelen for totalrefleksjon gitt ved

$$n_g \sin \alpha_{gr} = n_l \sin 90^\circ$$

$$\sin \alpha_{gr} = \frac{n_l \sin 90^\circ}{n_g}$$

$$= \frac{1 \sin 90^\circ}{1,50}$$

$$\alpha_{gr} = 41,8^\circ$$

I en likesidet trekant er alle vinklene like, og lik $180^\circ/3 = 60^\circ$. Innfallsvinkelen α_g i glass har vinkelbein som parvis står vinkelrett på beina i toppvinkelen i trekanten, se figuren i margen. Da er α_g lik toppvinkelen, altså lik 60° .

Vi får dermed totalrefleksjon og tegning 1 er gal. Tegning 3 er gal fordi refleksjonsvinkelen ikke er lik innfallsvinkelen.

På tegning 2 er det totalrefleksjon og refleksjonsvinkelen er 60° som er riktig. Strålen treffer da den nedre glassflaten vinkelrett på og går ut i luft uten å endre retning slik tegning 2 viser.

Svar: Tegning 2 viser den videre strålegangen.

- c) Tegning 3 kan ikke være riktig under noen omstendighet fordi refleksjonsvinkelen ikke er lik innfallsvinkelen. For at tegning 1 skal være riktig må prismematerialet ha en brytningsindeks n_p som er så liten at grensevinkelen for totalrefleksjon er mindre enn 60° . Vi finner den største mulige verdien av n_p som ikke gir totalrefleksjon:

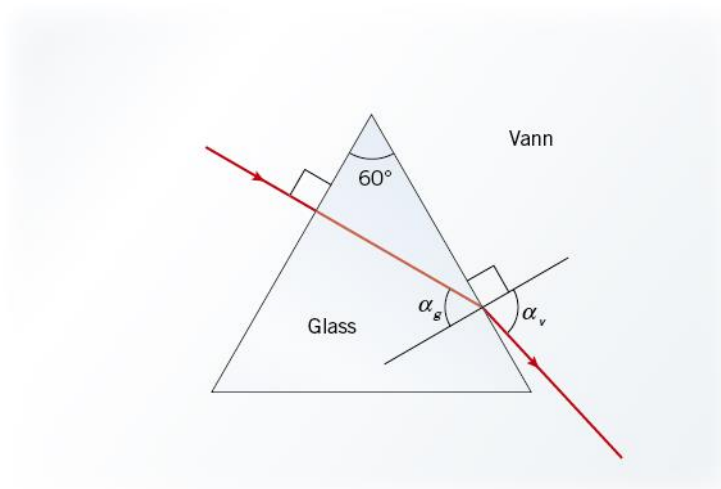
$$n_p \sin \alpha_{gr} = n_l \sin 90^\circ$$

$$n_p = \frac{n_l \sin 90^\circ}{\sin \alpha_{gr}}$$

$$= \frac{1 \cdot \sin 90^\circ}{\sin 60^\circ} = 1,15$$

Vi kjenner ikke noe materiale med en så liten brytningsindeks.

- d) Vi antar at lyset ikke blir totalreflektert, men brytes ut i vannet, se figuren nedenfor. Brytningsindeksen for vann finner vi i tabellen, $n_v = 1,33$.



Vi bruker Snells lov på generell form for brytningen fra glass til vann.

$$\begin{aligned}
 n_v \sin \alpha_v &= n_g \sin \alpha_g \\
 \sin \alpha_v &= \frac{n_g \sin \alpha_g}{n_v} \\
 &= \frac{1,50 \cdot \sin 60^\circ}{1,33} = 0,9767 \\
 \alpha_v &= 78^\circ
 \end{aligned}$$

Svar: Lyset går altså ut i vann med en brytningsvinkel på 78° (eller 12° med glassflaten). Noe av lyset blir fortsatt reflektert og går videre som i oppgavefigur 2.

- e) Vi bruker definisjonen av brytningsindeks til å bestemme farten til lys i glasset:

$$\begin{aligned}
 n_g &= \frac{c_0}{c_g} \\
 c_g &= \frac{c_0}{n_g} \\
 &= \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,50} = 2,0000 \cdot 10^8 \text{ m/s} = \underline{2,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}
 \end{aligned}$$

Frekvensen til lyset endrer seg ikke ved overgangen fra luft til glass. Vi finner da frekvensen av bølgeformelen slik:

$$v = f \lambda$$

Vi bruker indeks 0 for luft og setter $v_0 = c_0$:

$$c_0 = f_0 \lambda_0 \quad \text{der } f_0 = f_g$$

$$\begin{aligned} f_g &= \frac{c_0}{\lambda_0} \\ &= \frac{3,00 \cdot 10 \text{ m/s}}{5,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5,263 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = \underline{5,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} \end{aligned}$$

Vi bruker bølgeformelen for å bestemme bølgelengden til lyset i glasset:

$$\begin{aligned} c_g &= f_g \lambda_g \\ \lambda_g &= \frac{c_g}{f_g} \\ &= \frac{2,000 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,236 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = \underline{3,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \end{aligned}$$
