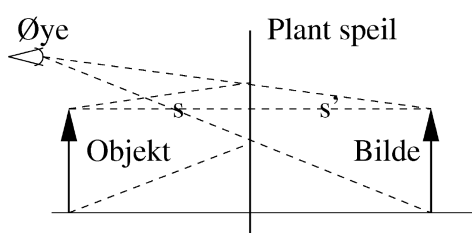


# FASIT

## Ukeoppgave FYS 1000 uke 15 vår 2010

### Oppgave 1

- a) Uansett hvor en betrakter plasserer øyet sitt vil han eller hun alltid få inntrykk av at bildet befinner seg på samme sted, se figuren.
- b) Avstanden mellom objektet og speilet,  $s$ , er positiv siden speilet er på samme side som den innkommende lysstrålen. Avstanden  $s'$  mellom speilet og bildet er negativt, siden bildet ikke er på samme side av speilet som utgående lysstråler.



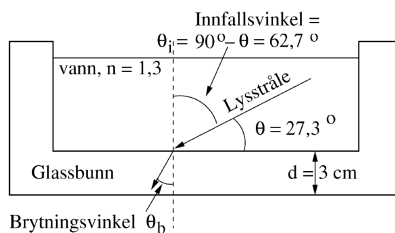
- c) Bildet er virtuelt.
- d) Den lineære forstørrelsen er  $m = \frac{h'}{h} = +1$  siden objekt og bilde er like høye og bildet er riktig vei (ikke opp-ned).

### Oppgave 2

- a) Innfallsvinkelen er vinkelen mellom normalen og lysstrålen, altså:

$$\theta_i = 90^\circ - \theta = 62,7^\circ. \quad (1)$$

- b) Vi kaller brytningsvinkelen  $\theta_b$ :



Brytningsvinkelen  $\theta_b$  i glasset beregnes fra Snells lov:

$$n_{vann} \cdot \sin \theta_i = n_{glass} \cdot \sin \theta_b \quad (2)$$

$$n_{glass} = n_{vann} \cdot \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_b} = 1,3 \cdot \frac{\sin 62,7^\circ}{\sin 50,5^\circ} = 1,50. \quad (3)$$

Lyshastigheten i glasset blir da:

$$v_{glass} = \frac{c}{n_{glass}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}. \quad (4)$$

- c) I en overflate mellom to medier der  $n_1 > n_2$  vil utfallsvinkelen  $\theta_2$  bli lik  $90^\circ$  for en gitt innfallsvinkel  $\theta_1 < 90^\circ$ . Denne innfallsvinkelen finner vi fra Snells lov:

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \quad (5)$$

For  $\sin \theta_1$  større enn denne verdien får vi totalrefleksjon.

- d) Igjen kan man bruke Snells lov. For at det ikke skal skje totalrefleksjon ut av glasset må innfallsvinkelen på glassflaten i bunnen være mindre enn den kritiske vinkelen  $\theta_{kritisk}$ :

$$n_{glass} \cdot \sin \theta_{kritisk} = n_{luft} \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_{kritisk} = \frac{1}{1,50} \Rightarrow \theta_{kritisk} = 41,8^\circ \quad (6)$$

Siden brytningsvinkelen inn i glasset (se skissen) er den samme som innfallsvinkelen ut av glasset er denne  $50,4^\circ$ . Dermed er den altså større enn den kritiske vinkelen. Det må følgelig bli totalrefleksjon fra den underste glassflaten.

- e) Igjen brukes Snells lov. For at det ikke skal skje totalrefleksjon ut av vannet må innfallsvinkelen på vei opp mot vannflaten være mindre enn den kritiske vinkelen:

$$n_{vann} \cdot \sin \theta_{kritisk} = n_{luft} \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_{kritisk} = \frac{1}{1,30} \Rightarrow \theta_{kritisk} = 50,3^\circ. \quad (7)$$

På grunn av symmetrien i systemet vet vi imidlertid at innfallsvinkelen er den samme som innfallsvinkelen mot glassbunnen (spørsmål a). Innfallsvinkelen er altså  $62,7^\circ$  og følgelig langt over kritisk vinkel. Lyset blir totalreflektert også ved vannoverflaten.

- f) Den ønskede grenseverdi for innfallsvinkelen vann/glass ( $\theta_{vg}$ ) blir den samme kritiske vinkelen som vi fant under oppgave c, altså  $41,8^\circ$ . Denne tilsvarer en vinkel på overgangen vann/glass som følger:

$$n_{glass} \cdot \sin \theta_{kritisk} = n_{vann} \sin \theta_{vg} \Rightarrow \sin \theta_{vg} = \frac{n_{glass}}{n_{vann}} \cdot \sin 41,8^\circ = 0.769. \quad (8)$$

$$\theta_{vg} = 50,3^\circ \quad (9)$$

$$\theta = 90^\circ - 50,3^\circ = 39,7^\circ \quad (10)$$

### Oppgave 3

- a) For at en stråle skal treffe flaten BC direkte må tangens til den maksimale  $\theta_2$  ved flaten AD være gitt ved:

$$\tan \theta_2 < \frac{\frac{1}{2}BC}{AB} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_2 < 26,6^\circ. \quad (11)$$

Innsatt i Snells formel gir dette ( $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 1,3$ ):

$$\sin \theta_1 < n_2 \sin \theta_2 = 1,3 \cdot \sin 26,6^\circ = 0,581 \Rightarrow \theta_1 < 35,5^\circ. \quad (12)$$

- b) Når lysstrålen treffer platen BC direkte vil den brytes på flaten. Innfallsvinkelen er da lik utfallsvinkelen fra flate AD. Snells lov anvendt på flaten BC gir derfor at utfallsvinkelen fra BC blir lik  $\theta_1$ . Strålen fortsetter altså ut av prismet i samme retning som den kom inn, men parallellforskjøvet.

- c) Fra a) forstår vi at for at en stråle skal treffe flaten CD direkte må  $\theta_1 > 35,5^\circ$ .

- d) Finner først kritisk vinkel for flaten CD:  $n_1 \sin \theta_k = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow \theta_k = 50,3^\circ$ . For innfallsvinkler  $\theta'$  mot flaten CD som er større enn den kritiske vinkelen, dvs. for  $\theta \geq 50,3^\circ$  er strålen totalreflektert fra flaten CD. Av geometrien ser vi at dette tilsvarer en utfallsvinkel fra flaten AD på  $\theta_2 \leq 90^\circ - 50,3^\circ = 39,7^\circ$ . Snells lov gir den tilsvarende innfallsvinkelen  $\theta_1$  mot flaten AD:

$$\sin \theta_1 \leq n_2 \sin 39,7^\circ = 0,830 \Rightarrow \theta_1 \leq 56,1^\circ \quad (13)$$

Sammen med resultatet i oppgave c har vi altså:

$$35,5^\circ \leq \theta_1 \leq 56,1^\circ. \quad (14)$$

- e) Dette spørsmålet besvares enklest ved å følge lysstrålen inn og ut av prismet. Figuren viser at utfallsvinkelen fra flaten BC blir lik innfallsvinkelen  $\theta_1$  når vi har totalrefleksjon fra flaten CD.

