

# Uitwerkingen toets optica

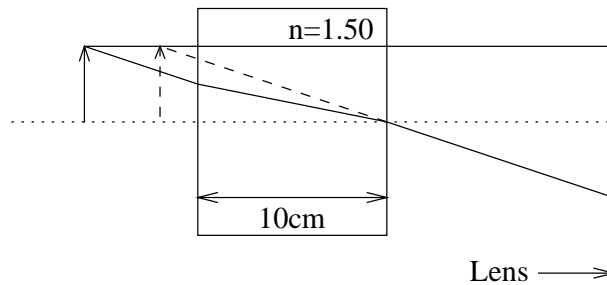
23 december 2002

## Opgave 1

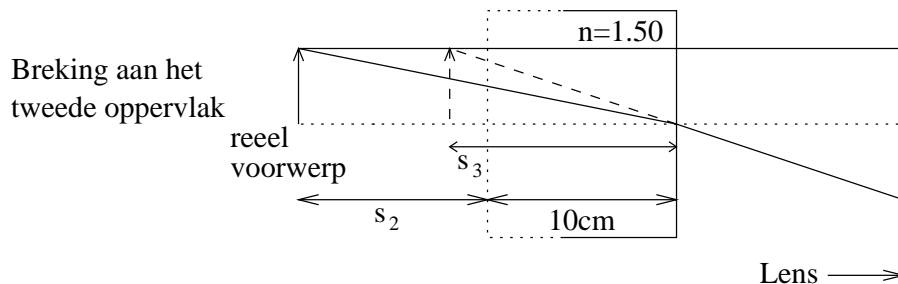
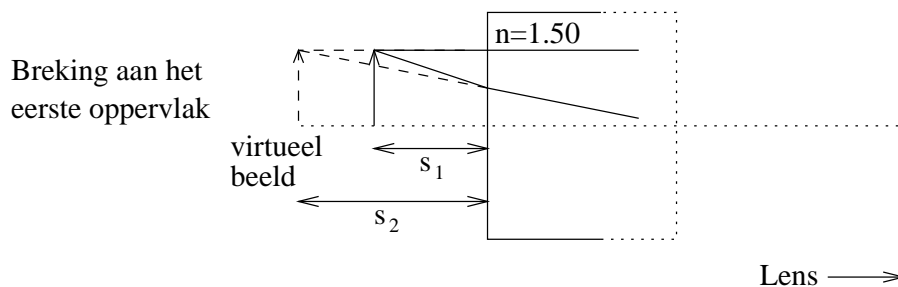
- a) De functie beschrijft een lopende golf, want: hij is van de vorm  $f(x \pm vt)$ , en dus voldoet hij aan de golfvergelijking.
- b) De golf is van de vorm  $A \sin(kx - \omega t)$ . Hierin is de amplitude  $A = 15$  cm, de golflengte  $\lambda = 2\pi/k = 8$  cm en de snelheid  $v = \omega/k = \frac{200\pi}{\pi/4}$  m/s = 8 m/s.

## Opgave 2

- a) Lenzenformule toepassen geeft een beeldafstand van 20 cm en een vergroting van  $1 \times$ .



- b) Het voorwerp lijkt dus dichterbij te liggen (zie figuur). Het beeld komt dus verder van de lens af te liggen.



- c) Er treedt hier 2 maal breking aan een vlak oppervlak op. De schijnbare voorwerpafstand  $s'$  kunnen we als volgt uitrekenen ( $s = 20$  cm). Als we de afstand tussen het voorwerp en het

eerste glasoppervlak  $s_1$  noemen, dan kunnen we  $s_2$ , de beeldafstand tgv. breking aan het eerste oppervlak, uitrekenen:

$$\begin{aligned}\frac{1}{s_1} + \frac{n}{s_2} &= 0 \\ s_2 &= -ns_1\end{aligned}$$

We hebben nu een virtueel voorwerp, waarvan we het beeld dat gemaakt wordt door het tweede oppervlak vervolgens kunnen localiseren. Als we de afstand van dit beeld tot aan dit oppervlak  $s_3$  noemen, dan vinden we:

$$\begin{aligned}\frac{n}{ns_1 + 10 \text{ cm}} &= \frac{1}{s_3} \\ s_3 &= s_1 + 10/n \text{ cm}\end{aligned}$$

Tot het eerste grensvlak gemeten is de afstand van het virtuele beeld gevormd door het blok glas precies

$$s_3 - 10 \text{ cm} = s_1 - \frac{10}{3} \text{ cm}.$$

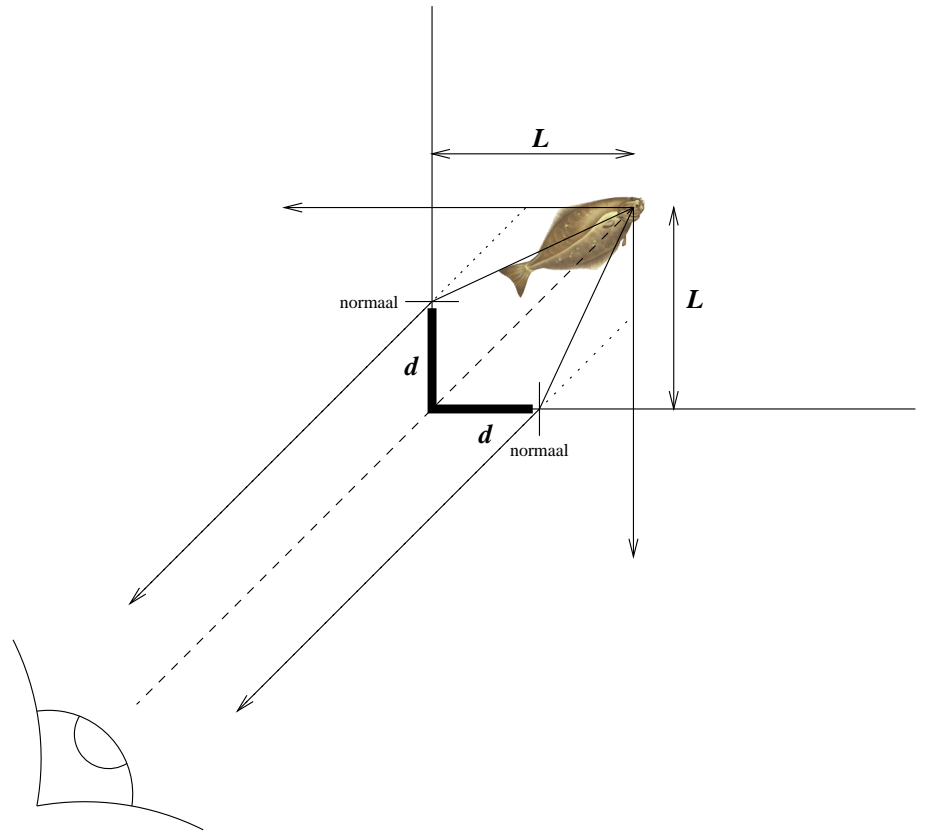
Dus voor het virtuele beeld  $s'$  geldt dan ook

$$\begin{aligned}s' &= s - \frac{10}{3} \text{ cm}. \\ s' &= 16.7 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}\end{aligned}$$

en geeft een reëel voorwerp voor de lens.

- d) Simpelweg de lenzenformule invullen met de in c) gevonden voorwerpsafstand  $s'$  en dezelfde  $f$  geeft  $s'' = 25 \text{ cm}$ . De vergroting wordt dan  $-1.25\times$  (want we gebruiken  $M = -s''/s$ ), dus het beeld is 1.25 cm groot en staat op z'n kop.

### Opgave 3

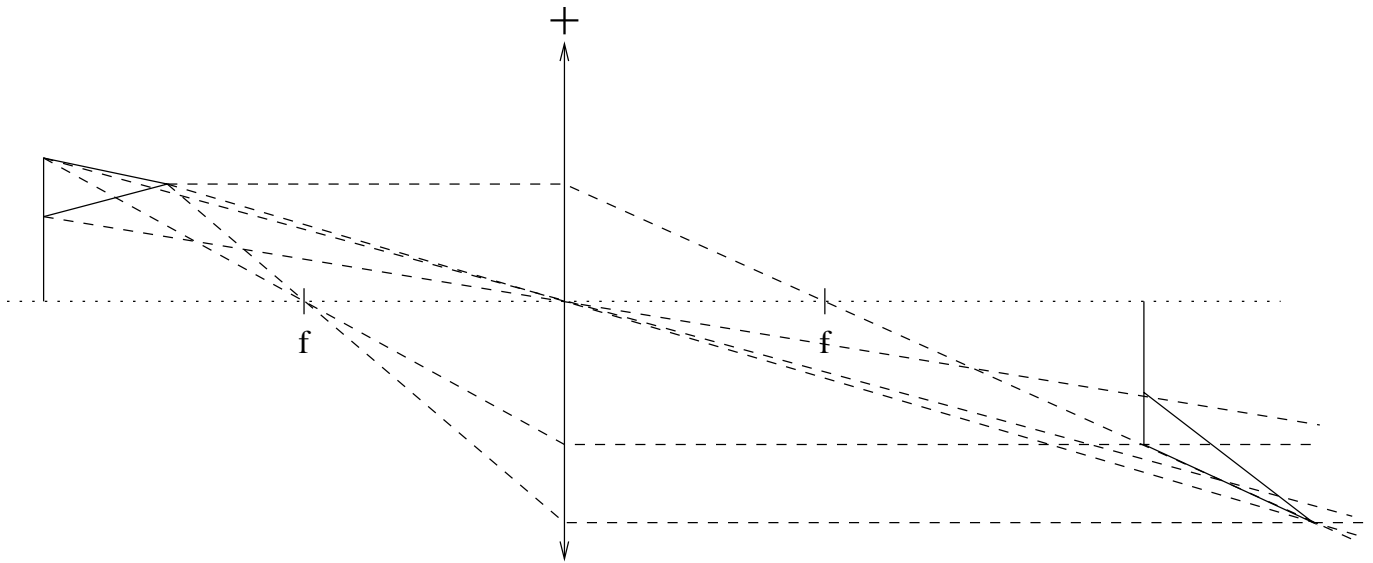


- a) Zie figuur.
- b) Voor breking aan een vlak oppervlak geldt (in de paraxiale benadering):  $s' = \frac{n_2}{n_1}s$ . Hier is  $n_1 = 1.33$ ,  $n_2 = 1$  en  $s = L$ , dus  $s' = \frac{1}{1.33} \times 10 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$  voor beide beelden.
- c) In de limiet dat  $d \rightarrow 0$  verandert er niets aan de constructie, dus de beelden blijven gelijk. (Eigenlijk worden de beelden waziger omdat voor de stralen dicht bij het hoekpunt de paraxiale benadering niet meer geldig is.)

### Opgave 4

- a) De irradiantie van een lichtbron is gedefiniëerd als  $I = P/A$ , met  $P$  het vermogen van de lichtbron en  $A$  het oppervlak waarover het uitgezonden licht verdeeld wordt. Gegeven is dat het effectieve vermogen moet zijn  $P_{eff} = 56 \text{ kJ}/5 \text{ s}$ . Dit betekent dat het vermogen van de laser moet zijn  $P_{laser} = P_{eff}/0.40$ , en dus  $I = \frac{56 \text{ kJ}/5 \text{ s}}{0.40 \times \pi \times (25 \text{ cm})^2} = 143 \text{ kW/m}^2$
- b) De lichtdruk op een absorberend materiaal wordt gegeven door  $p_{rad}^{abs} = \frac{I}{c}$  en voor een reflecterend materiaal door  $p_{rad}^{refl} = \frac{2I}{c}$ . Aangezien het materiaal in ons geval 40% absorberend en 60% reflecterend is, is de totale lichtdruk  $p_{rad}^{tot} = 0.40p_{rad}^{abs} + 0.60p_{rad}^{refl} = \frac{1.6I}{c}$ . Aangezien druk gelijk is aan kracht per oppervlakte-eenheid, is de door het licht op het schip uitgeoefende kracht  $F_{rad} = p_{rad}A = \frac{1.6I}{c} \times \pi r_{gat}^2 = \frac{1.6 \times 142 \text{ kW/m}^2}{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}} \times \pi \times (0.25 \text{ m})^2 = 1.49 \times 10^{-4} \text{ N}$ .

## Opgave 5



a) Gebruik:

1. stralen door het hart van de lens gaan ongebroken rechtdoor,
2. stralen uit “ $\infty$ ” (evenwijdig aan de hoofdas) gaan door  $f$  achter de (positieve) lens,
3. stralen door  $f$  komen evenwijdig aan de hoofdas uit de (positieve) lens.

De opvallende kenmerken zijn:

1. het beeld is omgekeerd, want de lens is positief,
2. niet gespiegeld (de vlag van het beeld wijst dezelfde kant op als het origineel) en vervormd, want:
  - (a)  $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$  dus  $s_1 > s_2 \rightarrow s'_1 < s'_2$ ,
  - (b) verschillende punten van het voorwerp hebben verschillende  $s$ , dus ook verschillende vergroting via de lenzenformule.
  - (c) Extra: de vlag zal ook lichtelijk verbogen zijn omdat de lenzenformule niet lineair is.

b) De optische elementen moeten een (astronomische) telescoop vormen.

