

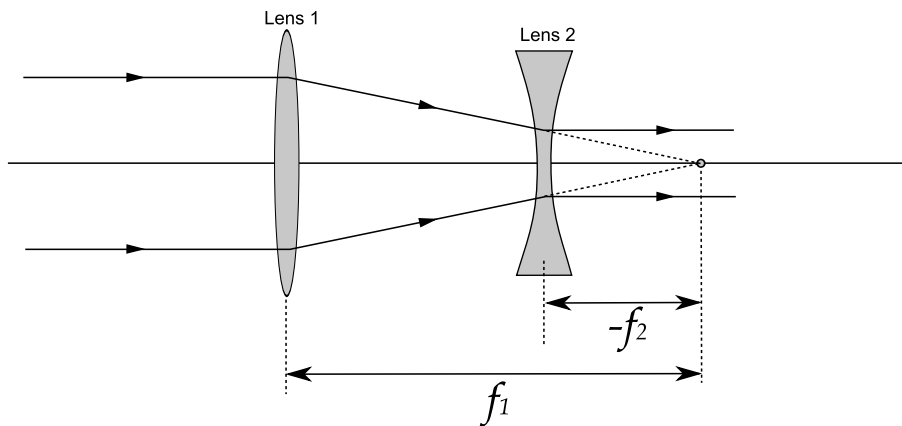
# Toets Optica

Uitwerkingen - 11 december 2007

Zet je naam en studierichting bovenaan elk vel dat je gebruikt. Lees de 6 opgaven eerst eens door. De opgaven kunnen in willekeurige volgorde gemaakt worden.

## Opgave 1

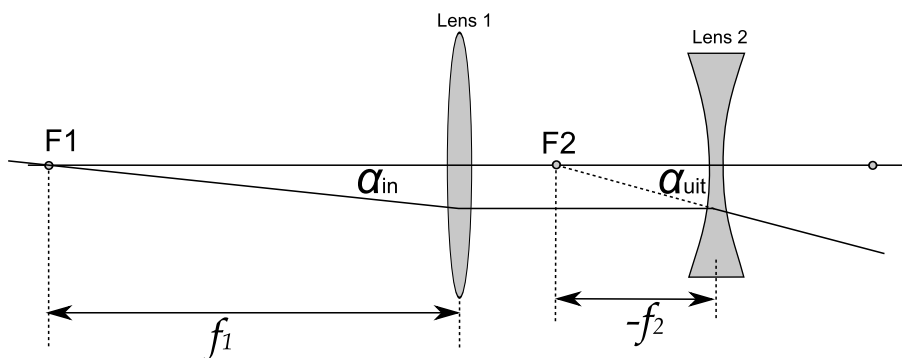
- a) Zie figuur. Het 'tweede' brandpunt van de eerste lens valt samen met het 'eerste' brandpunt van de tweede lens (wat bij een negatieve lens dus aan de rechterkant ligt).



- b) In principe is deze telescoop niet anders dan een normale telescoop en kun je de standaard formule gebruiken voor de hoekvergroting van een gewone telescoop. Deze uitdrukking is

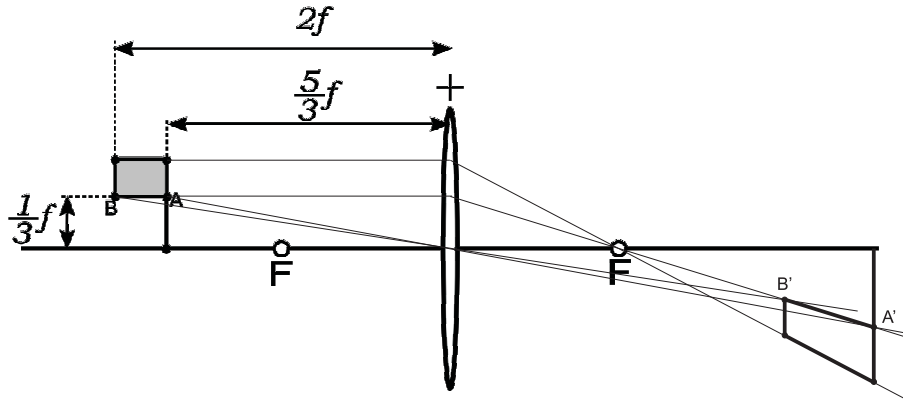
$$M = -\frac{f_1}{f_2}. \quad (1)$$

Deze formule volgt direct uit het verloop van een hulpstraal zoals getekend in de volgende figuur.



## Opgave 2

a) Zie figuur.



b) Deze vraag draait om twee vergelijkingen. Allereerst de lenzenformule, waarmee we de  $x$ -coördinaat van het beeld uitrekenen:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}. \quad (2)$$

Ten tweede de vergroting, waarmee de  $y$ -coördinaten kunnen vinden.

$$M = -\frac{s'}{s}. \quad (3)$$

Voor punt  $A'$  vinden we  $s'_{A'} = 5f/2$  en  $M = 3/2$ . Er volgt:  $(x_{A'}, y_{A'}) = (\frac{5f}{2}, -\frac{3}{2}x_A) = (\frac{5}{2}, -\frac{1}{2})f$ .

Voor punt  $B'$  doen we hetzelfde en vinden  $s'_{B'} = 2f$  en  $M = 1$ , en dus  $(x_{B'}, y_{B'}) = (2, -\frac{1}{3})f$ .

## Opgave 3

a) De lichtsnelheid  $v_{\text{licht}}$  in een medium wordt gegeven door  $v_{\text{licht}} = c/n$ .

b) Noem de geluidssnelheden in lucht en koolstofdioxide gas respectievelijk  $v_{\text{lucht}}$  en  $v_{\text{CO}_2}$ . Substitueer  $1/v_{\text{lucht}}$  voor  $n_1$  en  $1/v_{\text{CO}_2}$  voor  $n_2$  in formule (1) uit het tentamen. Aan het eerste gekromde oppervlak van de bol wordt de geluidsbundel gecollimeerd wat betekent dat  $s' = \infty$ . Nu stellen we  $s = 2f$  en we vinden

$$\frac{1}{2fv_{\text{lucht}}} + \frac{1}{v_{\text{CO}_2} \times \infty} = \frac{\frac{1}{v_{\text{CO}_2}} - \frac{1}{v_{\text{lucht}}}}{R}, \quad (4)$$

wat omgevormd kan worden tot

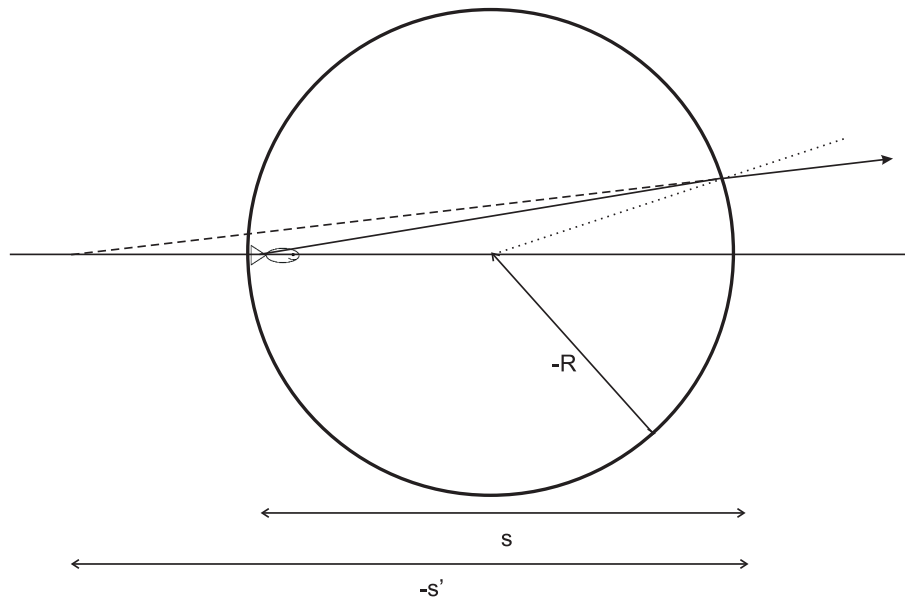
$$f = \frac{Rv_{\text{CO}_2}}{2(v_{\text{lucht}} - v_{\text{CO}_2})}. \quad (5)$$

c) Invullen levert

$$f = \frac{1 \text{ m} \times 259 \text{ m/s}}{2[343 \text{ m/s} - 259 \text{ m/s}]} = 1,54 \text{ m}. \quad (6)$$

#### Opgave 4

a) De figuur geeft de stralengang van het probleem. We zien nu al dat de vis *achter* de kom lijkt te staan.



We gebruiken de wet van Snel voor breking aan een bolvormig oppervlak met straal  $R$ :

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}. \quad (7)$$

Bij het invullen moeten we wel rekening houden met het teken van  $R$  dat negatief is omdat het centrum van de kromming links ligt. Invullen van  $s = 2|R|$  geeft daarom als antwoord  $s' = 2|R|/(n - 2)$ , met  $n \equiv n_1/n_2$ , wat voor  $n_1 > n_2$  overeenkomt met de eerdere observatie dat de vis achter de kom lijkt te staan. Verder invullen van  $n_1 = 1.33$  en  $n_2 = 1$  geeft  $s' \approx -3|R|$ .

b) De vergroting is gegeven door:

$$M = -\frac{n_1 s'}{n_2 s}, \quad (8)$$

en dus  $M = \frac{n}{2-n}$ , wat voor ons geval van  $n \equiv n_1/n_2 = 1.33$  overeenkomt met  $M \approx 2$ .

- c) We mogen de dikte van het glas verwaarlozen. Transparante media, al dan niet gekromd, laten geen lenzende werking zien als het voorwerp zich vlak bij de grenslaag bevindt, omdat de kromming dan 'relatief klein' is. In wiskundige taal is dit omdat  $n_1/s \approx -n_2/s'$  als  $s \rightarrow 0$ , waardoor de vergroting  $M \rightarrow 1$ .

### Opgave 5

- a)  $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{3}$  meter.
- b)  $v = \frac{\omega}{k} = -\frac{15}{3}$  m/s = -5 m/s.
- c) Op  $z = 0$  zijn de twee ruimtelijke delen in fase. We willen weten op welke plaats dit weer optreedt, d.w.z. wanneer het faseverschil gelijk is aan een geheel aantal maal  $2\pi$ . Dit gebeurt bij  $z = 20\pi, 40\pi, \dots$ . De periode is dus  $20\pi$  meter.

### Opgave 6

- a) De golflengte van de staande golf in de grondfrequentie is  $\lambda_0 = 2L_0$ . De periode is  $T = 1/\nu_0$ . De snelheid die hieruit volgt is

$$v = \frac{\lambda_0}{T} = 2L_0\nu_0 = 2 \times 64 \text{ cm} \times 82.5 \text{ Hz} = 105,6 \text{ m/s} \quad (9)$$

- b) De trilfrequentie wordt bekend uit de golfsnelheid en de golflengte volgens

$$\nu = \frac{v}{\lambda}. \quad (10)$$

We nemen voor het gemak aan dat de golfsnelheid onveranderd blijft bij het inkorten van de snaar. Om de frequentie met een factor  $2^{1/12}$  te verhogen moeten we  $\lambda$  met een factor  $2^{1/12}$  inkorten. Dit komt overeen met het inkorten van  $L_0$  met een factor  $2^{1/12}$ . De afstand waarmee we de snaar moeten inkorten wordt dan

$$\Delta L = \left(1 - 2^{-\frac{1}{12}}\right) L_0 = 0,0561 \times 64 \text{ cm} = 3,59 \text{ cm}. \quad (11)$$