

Toets Optica

Uitwerkingen - 8 december 2008

Opgave 1

- a) De propagatie van de golf in het tijddomein wordt verkregen door x te vervangen door $x - vt$, waarbij we in dit geval een snelheid hebben van $v = 1.2$ m/s. We vinden

$$\Psi(x, t) = (0.02 \text{ m}) \times \sin \left[(157 \text{ m}^{-1}) \times \left(x - 1.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} t \right) \right]. \quad (1)$$

- b) Een harmonische golf kan geschreven worden als $\Psi(x, t) = A \sin[k(x - vt) + \phi_0]$ waarbij A de amplitude is, k het golfgetal, v de snelheid en ϕ_0 de fase op $t = x = 0$. Met deze definities vinden we

$$\text{Amplitude} = 0.02 \text{ m}, \quad (2)$$

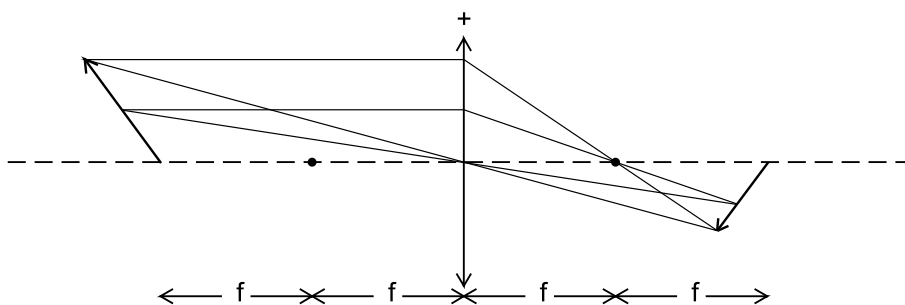
$$\text{Golflengte} = \lambda \equiv \frac{2\pi}{k} = 4.00 \text{ cm}, \quad (3)$$

$$\text{Frequentie} = \nu \equiv \left| \frac{v}{\lambda} \right| = 30 \text{ Hz}, \quad (4)$$

$$\text{Periode} = T \equiv \frac{1}{\nu} = 33 \text{ ms}. \quad (5)$$

Opgave 2

Het beeld van de onderkant van de pijl ligt exact op $2f$ afstand van de lens. Construeer nu het beeld van het uiteinde van de pijl. Construeer ook het beeld van een punt ergens halverwege de pijl. Deze liggen op één rechte lijn. Het beeld van de pijl is dus weer een rechte pijl.



Opgave 3

- a) De brekingsindex wordt gevonden door

$$n \equiv \frac{c}{v_p} = \frac{\lambda_{\text{vacuum}}}{\lambda_{\text{GaP}}} = \frac{700 \text{ nm}}{340 \mu\text{m}/1580} = 3.25, \quad (6)$$

waarbij v_p de fasesnelheid is en c de lichtsnelheid in vacuum. De golflengte in GaP (λ_{GaP}) wordt gevonden door de dikte van het plaatje te delen door het aantal golflengtes dat erin past. De fasesnelheid wordt nu gevonden door

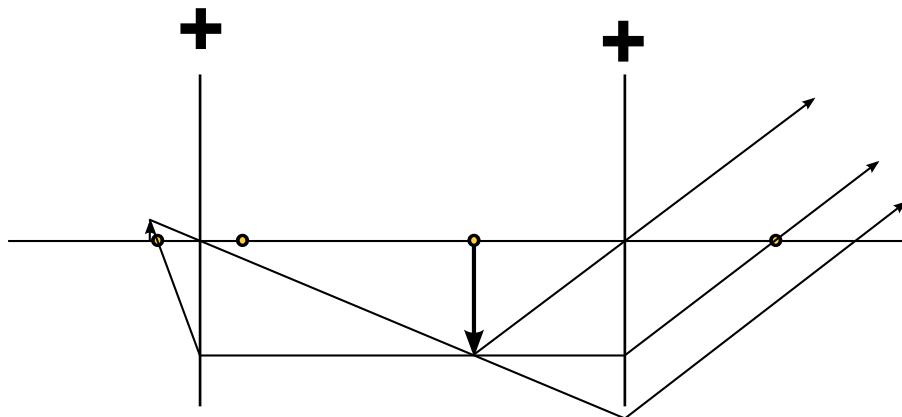
$$v_p = \frac{c}{n} = 92.2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (7)$$

- b) De groepssnelheid v_g is de snelheid van de puls in het medium. Deze vinden we door de afgelegde weg te delen door de verlopen tijd dus

$$v_g = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2 \times 340 \mu\text{m}}{8.5 \text{ ps}} = 80 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (8)$$

Opgave 4

- a) De stralen achter het oculair dienen een parallelle bundel te vormen zodat het oog ongeaccomodeerd kan kijken. Er is dus een intermediair beeld in het primaire focus van het oculair. Het voorwerp kan nu gevonden worden door vanuit het intermediaire beeld het oorspronkelijke voorwerp te construeren. Zie onderstaande figuur.



- b) Neem alleen het objectief in beschouwing. De afstand tussen het intermediaire beeld en het objectief is $b_{\text{obj}} = 16 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 11 \text{ cm}$. De brandpuntsafstand is $f_{\text{obj}} = 1 \text{ cm}$. Met de lenzenformule vinden we de afstand tussen het voorwerp en het objectief

$$v_{\text{obj}} = \frac{b_{\text{obj}} f_{\text{obj}}}{b_{\text{obj}} - f_{\text{obj}}} = 1.1 \text{ cm}. \quad (9)$$

- c) De totale vergroting is $M = M_{\text{obj}} \times M_{\text{oc}}$, waarbij M_{obj} de beeldvergroting van het objectief is en M_{oc} de hoekvergroting van het oculair waarbij een nabijheidspunt van $d_0 = 25$ cm is aangenomen. De beeldvergroting van het objectief is

$$M_{\text{obj}} = \frac{b_{\text{obj}}}{v_{\text{obj}}} = 10. \quad (10)$$

De hoekvergroting van het oculair kan berekend worden met

$$M_{\text{oc}} = \frac{d_0}{f_{\text{oc}}} = 5. \quad (11)$$

De vergroting van de microscoop wordt dus $M = 5 \times 10 = 50$.

- d) Als de afstand tussen de lenzen wordt vergroot wordt ook de totale vergroting van de microscoop groter. De hoekvergroting van het oculair blijft gelijk en de beeldvergroting van het objectief neemt toe. Als we x definiëren als de afstand tussen het objectief en het oculair vinden we

$$M_{\text{oc}} = \frac{x - f_{\text{oc}} - f_{\text{obj}}}{f_{\text{obj}}}. \quad (12)$$

Deze formule maakt duidelijk dat de beeldvergroting van het objectief toeneemt als de afstand tussen de lenzen toeneemt.

- e) Het object moet op een grotere afstand van het objectief geplaatst worden. De lens wordt effectief gezien minder sterk omdat er als het ware maar één gekromd oppervlak overblijft om de lichtstralen af te buigen. De brandpunts afstand van één enkel gekromd oppervlak is twee maal zo groot als dat van een dubbel gekromd oppervlak (tegengestelde maar in absolute zin gelijke krommingen aangenomen). Tevens krijg je een factor $n_{\text{oil}} = n_l$ voor je kiezen omdat het object zich nu in olie bevindt.