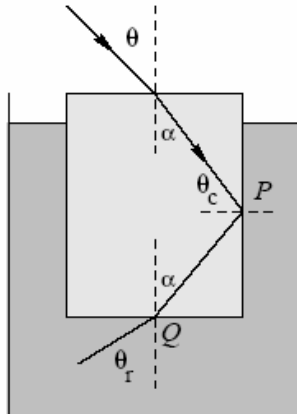


Oefenopgaven Optica

Bij het tentamen wordt een formuleblad uitgereikt. Het gebruik van boeken en aantekeningen is NIET toegestaan! Vermeld bij berekeningen altijd de eenheden en vergeet het plus- of minteken niet!

Opgave 1

Een lichtstraal valt op een rechthoekig glazen blok dat bijna geheel ondergedompeld is in water, zoals aangegeven in de onderstaande figuur. De brekingsindex van het glas bedraagt 1,52 en die van het water 1,33. De brekingsindex van lucht is 1,00.



- Bereken de maximale invalshoek θ waarbij in het punt P totale reflectie optreedt.
- Stel dat de lichtstraal binnenkomt onder de in a) berekende maximale invalshoek, treedt er nu in Q ook totale reflectie op? Zo niet, bereken dan de hoek θ_r waaronder de lichtstraal het blok bij punt Q verlaat.
- Als het water nu wordt verwijderd maar de invalshoek hetzelfde blijft, treedt dan in punt P nog steeds totale reflectie op? Leg uit.

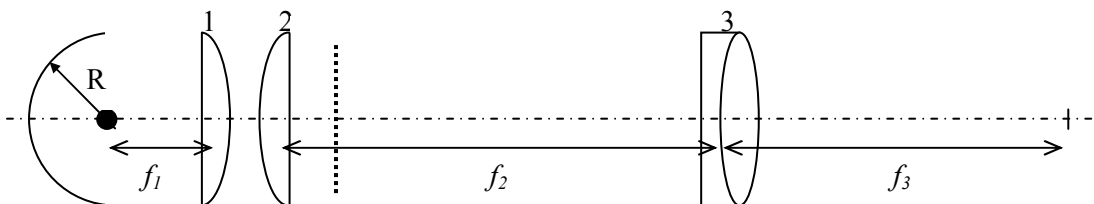
Opgave 2

Op de muur van een kamer hangt een lichtgevend voorwerp. Met behulp van een lens met een brandpuntsafstand van 50 cm wil je een vergrote afbeelding van dit voorwerp maken op de tegenoverliggende muur. De afstand tussen de twee muren bedraagt 8 meter.

- Waar moet de lens geplaatst worden zodat het lichtgevende voorwerp vergroot en scherp wordt geprojecteerd op de muur?
- Wat is de lineaire vergroting in dat geval?
- Teken een stralendiagram (hoeft niet op schaal, mag wel).

Opgave 3

Een lichtbron wordt gebruikt in een door een technicus zelf ontworpen projector met een opbouw als aangegeven in figuur 1.



Figuur :1 Schematische weergave van de opbouw van de projector

De lichtbron staat in het middelpunt van een sferische reflector met straal R , en in het brandpunt van condensorlens 1. De projectielens (3) - die de gobo (gestippeld weergegeven) afbeeldt - staat nabij het brandpunt van condensorlens 2. De projectielens heeft een brandpuntsafstand f_3 .

- Wat is het doel van de reflector? En van condensorlens 1? En van condensorlens 2?
- Teken de stralengang van de lichtbron door het *condensorsysteem* (gebruik hiervoor het bijgevoegde tekenblad). Waar wordt het licht uit de lamp gefocusseerd of met andere woorden: waar bevindt het beeld van de lamp zich?
- Construeer met behulp van constructiestralen de afbeelding die de projectielens maakt van de gobo en teken deze eveneens op het tekenblad.

De gobo bestaat uit plaatje met een gat van 12 cm diameter, het beeld moet een cirkel zijn met een diameter van 3,60 m. De brandpuntsafstand van de projectielens (f_3) bedraagt +30 cm.

- Bereken de vergroting (M) en de voor deze vergroting benodigde projectieafstand (b) van projector tot scherm (let op: de tekening is niet op schaal).

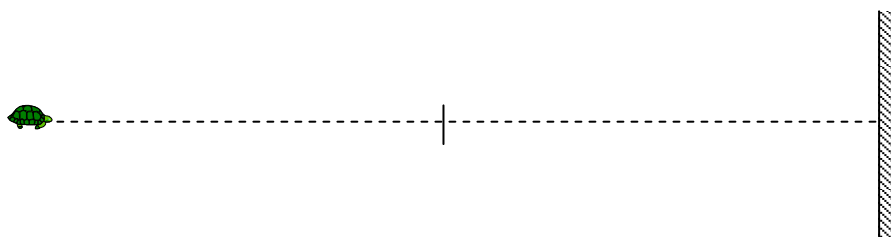
In de praktijk wordt bij projecties vaak een vuistregel gebruikt, te weten:

$\frac{\text{Projectieafstand}}{\text{Brandpuntsafstand projectielens}} = \text{Vergroting}$
--

- Onder welke voorwaarde(n) geldt deze vuistregel? Leg dit uit door eerst te bepalen wat de juiste formule voor de vergroting is en deze te vergelijken met de vuistregel, en vervolgens met de lenzenformule te beredeneren onder welke voorwaarde(n) de gevonden benadering/vereenvoudiging geldt.
- Hoe groot is het verschil tussen de werkelijke voorwerpsafstand (de werkelijke afstand tussen de gobo en de projectielens) en de voorwerpsafstand volgens de vuistregel?

Opgave 4

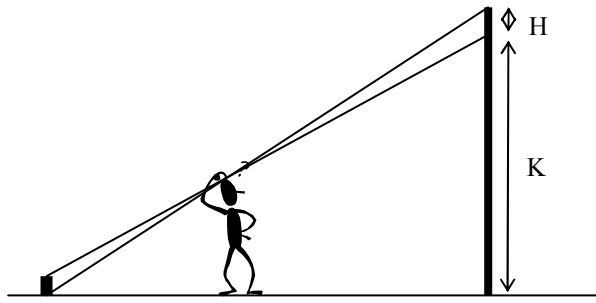
Een kleine dunne lens met een brandpuntafstand van +50 cm staat op 250 cm voor een vlakke spiegel. Op 250 cm voor de lens zit een schildpadje.



- Verklaar dat er *drie* beelden van de mier ontstaan.
- Bereken de posities van de drie beelden van de mier t.o.v. de lens.

Opgave 5

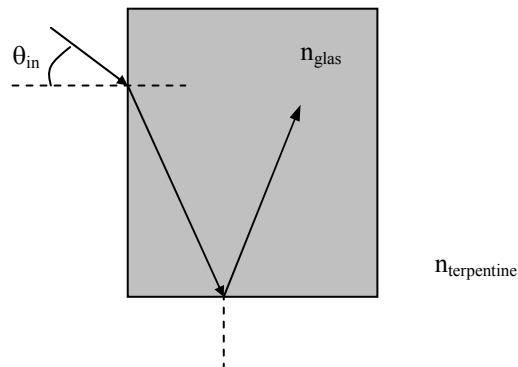
Van een acteur met een lengte van 1,80 meter wil men met een lamp met een gloeidraad van 10 cm hoogte een schaduw projecteren. De onderkant van de lamp bevindt zich op dezelfde hoogte als de toneelvloer. De lamp staat op 5 meter van het doek, de acteur op 3 meter.



- Hoe groot is de halfschaduw H.
- Hoe groot is de kernschaduw K.
- De acteur loopt naar de doek toe. Wat gebeurt er met de halfschaduw: wordt deze groter of kleiner? En wat gebeurt er met de kernschaduw?
- Tot welke afstand van de doek moet de acteur lopen opdat de halfschaduw 10 cm bedraagt? Hoe groot is dan zijn kernschaduw?

Opgave 6

Licht valt onder een hoek op een glazen blok dat zich in terpentine bevindt (brekingsindex terpentine = 1,47). Wat is de brekingsindex van het glas als bij een invalshoek θ_{in} van 45° precies totale reflectie aan de onderzijde van het blok optreedt? (Bedenk dat $\sin(90-\alpha) = \cos \alpha$)



Opgave 7

Een dunne lens met een brandpuntsafstand van +20cm staat op 70cm afstand van een tweede dunne lens met een brandpuntsafstand van -10cm. Een voorwerp wordt 30 cm voor de eerste lens geplaatst.

- Bepaal de plaats van het beeld dat door deze lenzen gemaakt wordt.
- Geef aan of het beeld reëel of virtueel is.
- Bepaal de vergroting.
- Staat het beeld rechtop of op zijn kop?
- Teken een stralendiagram.

Uitwerking Oefenopgaven Optica

Opgave 1

- a) $1,52\sin\theta_c = 1,33\sin 90^\circ \Rightarrow \theta_c = 61,05^\circ$
 $= 90^\circ - \theta_c \Rightarrow \alpha = 28,95^\circ$
 $1,00\sin\theta_{\max} = 1,52\sin\alpha \Rightarrow \theta_{\max} = \arcsin(1,52\sin 28,95^\circ) = 47,37^\circ$
- b) Bij Q is de hoek van inval gelijk aan α , dus $28,95^\circ$. Dit is kleiner dan de kritische hoek dus geen totale reflectie.
 $1,52\sin\alpha = 1,33\sin\theta_r \Rightarrow \theta_r = \arcsin(1,52\sin 28,95^\circ / 1,33) = 39,59^\circ$
- c) Ja, er treedt nog steeds totale reflectie op.
Andere kritische hoek: $1,52\sin\theta_{c2} = 1,00\sin 90^\circ \Rightarrow \theta_{c2} = 41,14^\circ$
De hoek van inval bij P blijft hetzelfde ($= \theta_c = 61,05^\circ$) en dus groter dan $\theta_{c2} \Rightarrow$ totale reflectie.

Opgave 2

- a) $b + v = 800 \text{ cm} \Rightarrow b = 800 - v$. Invullen in lenzenformule: $1/50 = 1/(800-v) + 1/v \Leftrightarrow$
 $1/50 = v/v(800-v) + (800-v)/v(800-v) = 800/v(800-v) \Leftrightarrow 50 \cdot 800 = 800v - v^2 \Leftrightarrow$
 $v^2 - 800v + 40000 = 0 \Rightarrow v = 746,41 \text{ cm}$ of $v = 53,59 \text{ cm}$. Aangezien beeld vergroot moet worden geldt de kleinste v . Goede antwoord $v = 53,59 \text{ cm}$.
- b) Als $v = 53,59 \text{ cm}$ dan is $b = 746,41 \text{ cm} \Rightarrow |M| = 746,41/53,59 = 13,93$. Echter beeld staat op de kop dus $M < 0$. Goede antwoord $M = -13,93$
- c) Zie bijvoorbeeld Les 3, sheet 21. Voorwerp tegen ene muur, beeld op andere muur.

Opgave 3

- a) Reflector: zorgt dat licht dat anders naar achteren verdwijnt, toch ingevangen kan worden (meer licht gebruiken).
Condensorlens 1: vangt zoveel mogelijk van het licht in.
Condensorlens 2: zorgt er voor dat zoveel mogelijk van het ingevangen licht door (het midden) van de projectielens gaat.
- b) Zie tekenblad. Het licht wordt gefocuseerd in de projectielens. (Minder lensfouten en meer licht (vaak is de effectieve diameter van de projectielens kleiner dan de diameter van de condensor).
- c) Zie tekenblad.
- d) $|M| = |B/V|$
 $B = 3,60 \text{ m} = 360 \text{ cm}$
 $V = 12 \text{ cm}$
 $|M| = 360 / 12 = 30$.
Omdat beeld omgekeerd is, is M per definitie negatief, dus $M = -30$

$$\left. \begin{array}{l} 1/f = 1/b + 1/v \text{ (b en v beiden positief)} \\ |M| = b/v \implies v = b/|M| \end{array} \right| \implies 1/f = 1/b + |M|/b \implies$$

$$b = (1 + |M|) \cdot f$$

Invullen levert: $b = 31 \times 30 = 930 \text{ cm}$.

- e) Onder de voorwaarde dat de projectieafstand (= beeldafstand b) veel groter is dan de brandpuntsafstand van de lens. De goede formule is $b/v = |M|$. Blijkbaar is aangenomen dat $v = f$. Uit de lenzenformule blijkt: $1/v = 1/f - 1/b$. In de vuistregel is $1/b$ blijkbaar verwaarloosd t.o.v. $1/f$. Dat mag als b veel groter is dan f en dat is bij projecties bijna altijd het geval.
- f) In de vuistregel is de voorwerpsafstand gelijk aan de brandpuntsafstand, dus 30 cm .
In werkelijkheid geldt $1/v = 1/f - 1/b = 1/30 - 1/930 \implies v = 31 \text{ cm}$.
Het verschil bedraagt dus $31 - 30 = 1 \text{ cm}$.

Opgave 4

- a) Spiegelbeeld van schildpad; beeld door lens; spiegelbeeld van dit lensbeeld.

- b) Spiegelbeeld: 500 cm achter spiegel dus 750 cm rechts van lens.
 Lensbeeld: $1/f - 1/v = 1/b \Leftrightarrow 1/50 - 1/250 = 4/250 = 1/b \Leftrightarrow b = 250/4 = 62,5 \text{ cm}$ rechts van de lens.
 Spiegelbeeld van lens beeld ligt $250 - 62,5 = 187,5$ voor de spiegel. Het beeld ligt dus 187,5 achter de spiegel en dus $187,5 + 250 = 437,5 \text{ cm}$ rechts van lens.

Opgave 5

Stel de afstand: lamp-acteur = x
 acteur-doek = y = 3 m.
 lamp-doek = z = 5m.
 hoogte lamp = L = 0,1 m.
 hoogte persoon = P = 1,8 m.
 Er geldt: x = z-y = 2 m.

- a) Gelijkvormige driehoeken. Er geldt: $H/y = L/x, \Rightarrow H=y.L/x = 3.0,1/2 = 0,15 \text{ m}$.
 b) Gelijkvormige driehoeken. Er geldt: $P/x = (H+K)/z \Rightarrow K = z.P/x - H = 4,35 \text{ m}$.
 c) Acteur naar scherm betekent x wordt groter \Rightarrow (zie formules) H en K worden kleiner.
 d) In de vergelijking voor H staan y en x. Beiden veranderen als de acteur van positie verandert. Echter $(x+y) = z$ blijft constant. Er zijn dus 2 vergelijkingen met 2 onbekenden te weten: $x = y.L/H = y.0,1/0,1 = y$ én $x+y = 5 \Rightarrow 2x=5 \Rightarrow x=y=2,5 \text{ m}$.

Opgave 6

Er geldt: $n_{\text{terpentine}} \cdot \sin \theta_{\text{in}} = n_{\text{glas}} \cdot \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = n_{\text{terpentine}} \cdot \sin \theta_{\text{in}} / n_{\text{glas}}$ (1)

Ook geldt: $n_{\text{glas}} \cdot \sin (90-\alpha) = n_{\text{terpentine}} \cdot \sin 90^\circ$ (kritische hoek), bedenk $\sin (90-\alpha) = \cos \alpha$
 $\Rightarrow \cos \alpha = n_{\text{terpentine}} \cdot \sin 90^\circ / n_{\text{glas}}$ (2)

Deel (1) door (2) dan krijg je:

$\sin \alpha / \cos \alpha = \tan \alpha = \sin \theta_{\text{in}} / \sin 90^\circ = \sin \theta_{\text{in}}$, aangezien $\theta_{\text{in}} = 45^\circ$ volgt daaruit $\tan \alpha = 0,707$
 $\Rightarrow \alpha = 35,26^\circ$

Vul deze α in (1) dan volgt:

$\sin 35,26^\circ = 1,47 \cdot \sin 45^\circ / n_{\text{glas}} \Rightarrow n_{\text{glas}} = 1,47 \cdot \sin 45^\circ / \sin 35,26^\circ = 1,8$

Opgave 7

- a) Plaats beeld van eerste lens:
 $f_1=20, v_1=30$ in lenzenformule $\Rightarrow b_1= + 60 \text{ cm}$
 Dit beeld is voorwerp voor tweede lens
 $f_2=-10, v_2=\text{afstand tussen lenzen} - b_1 = 10$, in lenzenformule $\Rightarrow b_2 = - 5 \text{ cm}$
 Kortom, het beeld bevindt zich tussen de lenzen op 65 cm rechts van de eerste en 5 cm links van de tweede lens
- b) Het beeld is virtueel, want de stralen *lijken* uit één punt te komen.
- c) $|M_1| = |b_1/v_1| = 60/30 = 2$, maar beeld op de kop, dus $M_1 = -2$
 $|M_2| = |b_2/v_2| = |-5/10| = 0,5$, beeld invertteert niet dus $M_2 = 0,5 \Rightarrow M = -2 \times 0,5 = -1$
- d) Op de kop dus.
- e)

