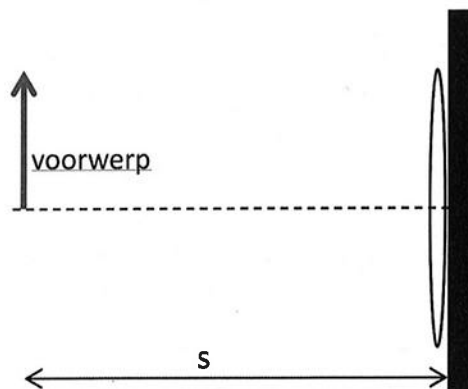


Toets optica 13 december 2016

1. Beeldvorming met holle spiegel lijkt op die van positieve lens (6 punten)

Een dunne lens met brandpuntsafstand f_0 staat tegen een vlakke spiegel aan. We gebruiken deze combinatie voor het maken van een afbeelding van het voorwerp (= pijl in de figuur), dat op een afstand s voor de spiegel staat. De combinatie vormt een beeld op een afstand s' van de spiegel.



- Construeer het beeld van de pijl voor het geval dat de vergroting $M = -s'/s = -1$. Teken ook enkele lichtstralen van de punt van de pijl van het voorwerp naar dit beeld. (2 punten)
 - Geef voor dit geval de relatie tussen de afstand $s = s'$ en f_0 . (2 punten)
 - De hierboven beschreven afbeelding lijkt op de afbeelding die je maakt met een holle spiegel. Welke kromtestraal R moet deze spiegel hebben om de vergelijking ook kwantitatief te maken? (2 punten)
2. Vergroting van 'eerste trap' in microscoop hangt af van tubuslengte (4 punten)
- Een microscoop is een soort tweetraps vergroter. In de 'eerste trap' wordt het voorwerp met een objectief (lens) afgebeeld in het brandpuntsvlak van een oculair (lens). In de 'tweede trap' bekijken we dit beeld met het oculair. De totale vergroting na deze 'twee trappen' is $M = M_{obj} \times M_{oc}$. De vergroting van het objectief $M_{obj} = -L/f_{obj}$ hangt af van de tubuslengte $L = L_{tot} - f_{obj} - f_{oc}$ van de microscoop, met L_{tot} de afstand tussen de twee lenzen en f_{obj} en f_{oc} de brandpuntsafstanden van het objectief en oculair. De vergroting van het oculair is $M_{oc} = 25 \text{ cm}/f_{oc}$.
- Bepaal de afstand s van het voorwerp tot het objectief, in termen van de genoemde parameters. (2 punten)
 - Toon aan dat de vergroting van het objectief inderdaad gelijk is aan $M_{obj} = -L/f_{obj}$. (2 punten)

3. Harmonische oscillator met beginvoorwaarden (9 punten)

De beweging van een gedempte harmonische oscillator wordt beschreven door de vergelijking

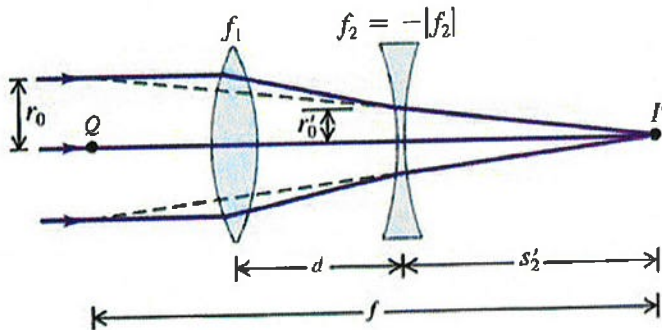
$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

met $x(t)$ de positie op tijdstip t , γ de dempingsfrequentie (EN: damping rate) en ω_0 de (hoek)frequentie van de ongedempte oscillator.

- Beschouw eerst de beweging van de *ongedempte harmonische oscillator* ($\gamma = 0$). Deze beweging kan geschreven worden als $x(t) = a \cos(\omega_0 t) + b \sin(\omega_0 t)$. Wat is het verband tussen a en b en de beginpositie $x(0) = x_0$ en de beginsnelheid $\dot{x}(0) = v_0$? (2 punten)
- Deze algemene oplossing kan ook geschreven worden als $x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi)$. Wat is het verband tussen A en ϕ en de hierboven genoemde a en b ? (2 punten)
- Beschouw nu een *oscillatie met zwakke demping* ($\gamma \ll \omega_0$). Toon aan dat $x(t) = A \exp(-\gamma t) \cos(\omega_d t)$ een oplossing is voor dit geval van zwakke demping en bepaal de trillingsfrequentie ω_d in de aanwezigheid van demping. *Hint: gebruik de complexe vorm van $x(t)$.* (3 punten)
- Door demping verliest de oscillator zijn energie in de loop van de tijd. Hoe lang duurt het ongeveer voordat de totale energie in de harmonische oscillator is gehalveerd? (2 punten)

4. Afbeelding met zoom lens (6 punten)

De onderstaande figuur toont een eenvoudig ontwerp voor een zoomlens. De figuur toont hoe de effectieve brandpuntsafstand f van deze zoomlens is gedefinieerd en hoe hij kan worden ingesteld door de afstand d tussen de positieve en negatieve lens te variëren. De positieve lens is sterker dan de negatieve lens ($f_1 < |f_2|$). Bij vraag (a) beschouwen we de extreme waarden van f . Bij vraag (b) leiden we een algemene formule af voor f .



- Over welk bereik kun je de effectieve brandpuntsafstand f variëren als je de afstand d varieert tussen de waarden $d = 0$ en $d = f_1$? (2 punten)
- Toon aan dat de effectieve brandpuntsafstand $f = f_1 |f_2| / (d - f_1 + |f_2|)$ voor het algemene geval $d \leq f_1$. (4 punten)
Doe je berekening in drie stappen:
 - Bepaal de beeldafstand s'_2 voor de afbeelding met de negatieve lens, als functie van d , f_1 , en $|f_2|$. (2 punten)
 - Bepaal de verhouding $r'_0/r_0 =$ verhouding tussen de bundeldiameter op de negatieve lens en die van de invallende bundel als functie van d en f_1 . (1 punt)
 - Combineer de resultaten uit (i) en (ii) voor je eindantwoord. (1 punt)