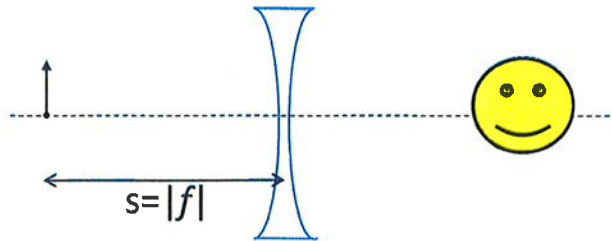


Tentamen Optica, 14 maart 2018

π -dag ☺

1. Negatieve lens verkleint voorwerp (5 punten)

Als je door een negatieve lens naar een voorwerp kijkt dan lijkt dit voorwerp kleiner dan het in werkelijkheid is. Wij analyseren deze situatie voor een negatieve lens met brandpuntsafstand $f = -|f| < 0$.



- Bepaal de beeldafstand s' als functie van de voorwerpaafstand s en de absolute waarde van de brandpuntsafstand $|f|$. (1 punt)
- Leg uit waaraan je ziet dat het beeld virtueel is en wat dat betekent. (1 punt)
- Leidt een formule af voor de vergroting M en laat zien dat $M = \frac{1}{2}$ voor $s = |f|$. (1 punt)
- Schets de stralengang door de lens voor een stralenbundel afkomstig van de punt van de pijl in de figuur en schets hierbij ook de rol van het virtuele beeld. (2 punten)

2. Meniscuslens gevuld met vloeistof (4 punten)

Een positieve (= convergerende) meniscuslens heeft een brekingsindex $n = 1.5$ en kromtestralen van 5 en 10 cm.

- Bereken de brandpuntsafstand en de lenssterkte in dioptrie. (2 punten)
- We plaatsen de lens nu horizontaal met het holle oppervlak naar boven en vullen hem met een vloeistof met een brekingsindex $n_l = 1.4$. Bereken weer de brandpuntsafstand en de lenssterkte in dioptrie. *Hint: beschouw het systeem als combinatie van twee dunne lenzen die tegen elkaar liggen en tel de bijbehorende lenssterktes bij elkaar als $1/f = 1/f_1 + 1/f_2$.* (2 punten)

3. Interferentie achter N spleten (6 punten)

Een brede lichtbundel met een vlak golffront en een vaste golflengte λ belicht een ondoorzichtige plaat met een aantal lichtdoorlatende spleten. We bekijken het doorgelaten licht in het Fraunhofer regime en zijn geïnteresseerd in de intensiteitverdeling $I(\theta)$. Bij deze opgave maak je drie duidelijke schetsen onder elkaar.

- Schets het verre-veld patroon $I(\theta)$ achter één spleet met spleetbreedte $a \gg \lambda$ en geef daarin duidelijk de relevante θ -hoekmaten aan. (2 punten)
N.B. Zorg dat je onder dit plaatje ruimte houdt voor twee vergelijkbare plaatjes.
- Schets het verre-veld patroon $I(\theta)$ achter twee spleten, met dezelfde spleetbreedte a en spleetafstand $d = 4a$, recht onder het eerste plaatje en geef de relevante θ -hoekmaten weer duidelijk aan. Wat is de piekintensiteit van dit patroon, als de piekintensiteit achter één spleet I_0 is? (2 punten)
- Schets tot slot ook het verre-veld patroon $I(\theta)$ achter drie spleten, weer met dezelfde spleetbreedte en spleetafstand als hierboven, onder de eerdere plaatjes en geef de relevante θ -hoekmaten weer duidelijk aan. Wat is de piekintensiteit van dit patroon, als de piekintensiteit achter één spleet I_0 is? (2 punten)

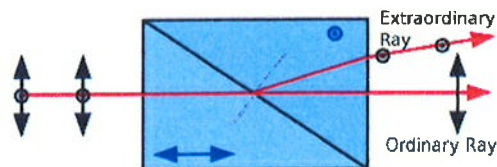
4. Dunne laag ethylalcohol op glas (4 punten)

Een dunne laag ethylalcohol ($n_1 = 1.36$) op BK7 glas ($n_2 = 1.51$) ziet er in reflectie kleurrijk uit door de optredende interferentie.

- Hoe dik is de laag ethylalcohol op de plaatsen waar groen licht ($\lambda = 500$ nm) onder loodrechte inval optimaal reflecteert? Geef (zoals gebruikelijk) de algemene uitdrukking met integer m . De formule is voldoende, invullen hoeft niet! (2 punten)
- De waargenomen kleuren hebben minder contrast dan de kleuren van een zeepbel ($n = 1.33$). Leg uit waar dit door komt. (2 punten)

5. Prisma van dubbelbrekend materiaal (5 punten)

Een Rochon prisma bestaat uit twee driehoeksvormige stukken dubbelbrekend materiaal die als een kubus tegen elkaar geplakt zijn. In de figuur tonen de pijltjes op de lichtstralen de polarisatie van het licht, terwijl de pijltjes in het kristal de oriëntatie van de c -as van het uniaxiale kristal aangeven. De brekingsindex is extra-ordinary n_e voor polarisaties langs deze c -as en ordinary n_o voor de twee richtingen daar loodrecht op.



- Verklaar waarom één bundel rechtdoor gaat en de andere bundel wordt afgebogen. (2 punten)
- Is de dubbele breking van het kristal positief ($n_e > n_o$) of negatief ($n_e < n_o$) als je uitgaat van de stralengang zoals geschetst in de figuur? Leg uit en geef de formule waarop je deze uitspraak baseerd. (2 punten)
- Als je goed kijkt zie je dat dit plaatje eigenlijk niet klopt. Leg uit wat er niet klopt. (1 punt)

6. Optica tussen twee gekruiste polarisatoren (5 punten)

Horizontaal gepolariseerd licht met intensiteit I_0 valt op een polarisator die dit licht volledig doorlaat en wordt vervolgens geblokkeerd door een tweede polarisator die enkel vertikaal gepolariseerd licht doorlaat. Wij plaatsen nu verschillende optische componenten tussen deze twee gekruiste polarisatoren en willen weten hoeveel licht door deze keten wordt doorgelaten.

- (a) We plaatsen eerst een derde polarisator tussen de twee eerder genoemde polarisatoren. De transmissie-as van deze polarisator is $\theta = 45^\circ$ verdraaid ten opzichte van de eerste polarisator. Bereken de intensiteit achter het systeem van drie polarisatoren. (2 punten)
- (b) Voer deze berekening ook uit voor een willekeurige hoek θ tussen de eerste en tweede polarisator. (1 punt)
- (c) We verwijderen nu de middelste polarisator en vervangen deze door een $\lambda/2$ plaatje, waarvan de as een hoek θ maakt ten opzichte van de eerste polarisator. Bereken wederom de transmissie achter de laatste verticale polarisator als functie van de hoek θ van het $\lambda/2$ plaatje. (2 punten)

7. Traliewerking van CD (5 punten)

Op een CD is de informatie opgeslagen in een spiraalvormig spoor waarbij de afstand tussen naburige sporen $d = 1.6 \mu\text{m}$ is. We balanceren een CD op onze vinger en richten deze naar een kleine witte LED in het plafond. Het licht dat spiegelt aan de CD is op het plafond zichtbaar als een centrale zilverkleurig/witte reflectie van de CD met kleurrijke ringen daaromheen (linker figuur). Als we de helft van de CD afdekken dan zien we dat de ringen zijn opgebouwd uit twee regenbogen (rechter figuur).



- (a) Geef een formule die een verband legt tussen de hoek van inval θ_{in} , de hoek van uitree θ_{uit} , de lijnafstand d en de optische golflengte λ van het optische tralie dat gevormd wordt door het spoor op de CD. (2 punten)
- (b) Beschrijf hierbij hoe je in deze formule de tekens van de twee hoeken hebt gedefiniëerd of maak een schets. (1 punt)
- (c) Beredeneer, op basis van je antwoord op vragen (a) en (b), waarom de blauwe ring een kleinere diameter heeft dan de rode ring. (1 punt)
- (d) Leg uit waarom je twee regenbogen ziet, een kleine en een grote. *Hint: De hoek van inval op het spoor van de CD is typisch ongelijk aan nul, zelfs als de oppervlaken normaal van de CD recht naar de bron wijst.* (1 punt)