

Hertentamen Optica

18 maart 2008

Zet je naam en studierichting bovenaan elk vel dat je gebruikt. Lees de 7 opgaven eerst eens door. De opgaven kunnen in willekeurige volgorde gemaakt worden.

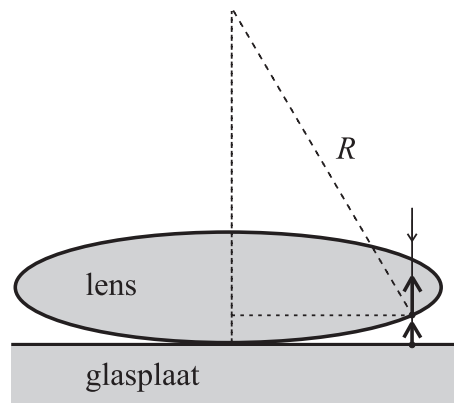
Opgave 1

Mensen die een sterke bril dragen, lijken soms kleine of juist grote ogen te hebben, vanwege de lenswerking van het brillenglas. Een extreem voorbeeld hiervan zijn de ‘jampotglazen’; sterke negatieve lenzen waardoor de ogen heel klein lijken. Op basis van de schijnbare verkleining van een oog achter zo’n lens proberen we de lenssterkte van de bril te schatten.

- a) We kijken op ruime afstand (> 1 m) naar de ogen van iemand met een sterke negatieve bril. De ogen lijken door de lens gezien $2/3$ kleiner dan zonder bril. De echte afstand tussen de ogen en de lens schatten wij op 3 cm. Hoe sterk is de bril?

Opgave 2

Wanneer we een glazen lens op een vlakke glasplaat leggen zijn er Newtonringen zichtbaar in het reflectiepatroon. Deze ringen ontstaan door interferentie tussen licht dat reflecteert aan het onderste grensvlak tussen de lens en lucht, en licht dat reflecteert aan het grensvlak tussen de lucht en de vlakke glasplaat (zie vette pijlen in de figuur).

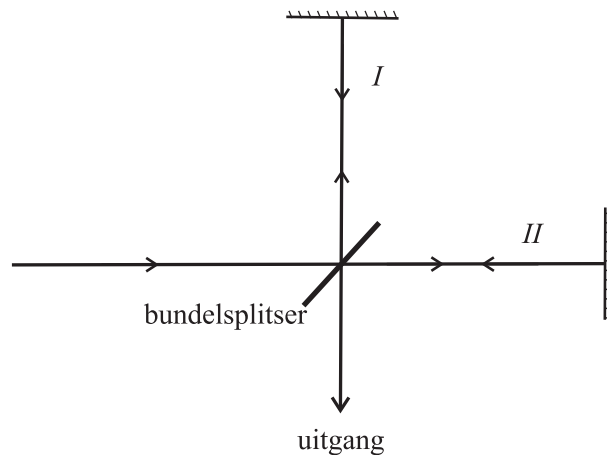


- a) We gebruiken een lens met een kromtestraal van $R = 1$ m en een brekingsindex van $n = 1,5$. De lens is biconvex, dus aan beide zijden evenzeer gekromd. Wat is de brandpuntsafstand f van de lens?
- b) Leg uit waarom het centrum van een patroon van Newtonringen altijd ‘donker’ is en dus geen gereflecteerd licht bevat.

- c) Wat is de straal van de eerste en tweede donkere Newtonring voor de gegeven geometrie bij belichting met een golflengte van 500 nm? Suggestie: maak een Taylor expansie van de vorm van het sferische lensoppervlak.

Opgave 3

We beschouwen een Michelson interferometer, waarin het invallende licht gesplitst wordt op een bundelsplitter, waarna beide bundels na reflectie aan ideale spiegels weer samenkomen op de bundelsplitser om daar met elkaar te interfereren (zie figuur). De bundelsplitser verdeelt het inkomende licht ongelijk over pad I en II : de intensiteitstransmissie $T = 1 - R$ wijkt af van de ideale waarde van 50%.



- a) Leg uit dat de zichtbaarheid van de optredende interferentie op de geschetste uitgang toch maximaal is, dat wil zeggen dat er toch volledig destructieve interferentie kan optreden. Hint: dit kan met behulp van de Stokes vergelijkingen.
- b) Wat verandert er aan de zichtbaarheid van de interferentie als het invallende licht verticaal gepolariseerd is en we in één van de armen van de Michelson interferometer een kwart-lambda plaatje zetten waarvan de snelle as verticaal staat? Beredeneer je antwoord.
- c) Wat verandert er aan de zichtbaarheid van de interferentie als het invallende licht verticaal gepolariseerd is en we in één van de armen van de Michelson interferometer een kwart-lambda plaatje zetten waarvan de snelle as een hoek van 45° met de verticaal maakt? Beredeneer wederom je antwoord.

Opgave 4

We proberen het sterke gele licht uit een Natrium lamp, dat volgens de literatuur bestaat uit een doublet met golflengten $\lambda = 588,99$ nm en $589,59$ nm, te scheiden in zijn twee spectrale componenten. Hiervoor richten we een 1 cm brede gecollimeerde bundel licht uit een Natrium lamp loodrecht op een 2,5 cm breed tralie met 600 lijnen per cm. We bestuderen de hoekverdeling van het gereflecteerde licht in het brandvlak van een lens.

- Bereken de eerste-orde afbuighoeken van beide spectraallijnen in de beschreven geometrie.
- Bereken ook het hoekoplossend vermogen en laat zien dat de twee spectraallijnen niet individueel zijn waar te nemen in het eerste-orde interferentiepatroon.
- In welke orde zijn de twee spectraallijnen wel te onderscheiden?

Opgave 5

We beschouwen een vaste Fabry-Perot interferometer die uit niets anders bestaat dan een planparallele plaat met een dikte van precies 1,000 mm en een brekingsindex van $n = 3,000$. De totale transmissie van de beschreven Fabry-Perot interferometer hangt voor loodrecht invallend licht af van de golflengte.

- Laat zien dat de transmissie van de Fabry-Perot interferometer geschreven kan worden als een meetkundige reeks van de vorm: $E_t \propto 1 + Re^{i\phi} + R^2e^{2i\phi} + \dots$, met ϕ het faseverschil per rondgang.
- Toon aan dat het contrast tussen het maximaal en minimaal doorgelaten veld gegeven wordt door

$$\frac{E_{t,max}}{E_{t,min}} = \frac{1 + R}{1 - R}. \quad (1)$$

Hint: De uitkomst van de reeks is te vinden door haar te vermenigvuldigen met $1 - Re^{i\phi}$.

- Maximale transmissie treedt op wanneer licht resonant is met de Fabry-Perot interferometer. We beschouwen licht dat loodrecht op de beschreven plaat invalt. Noem drie opeenvolgende golflengten in de buurt van $\lambda = 500$ nm die door de Fabry-Perot interferometer worden doorgelaten.

Opgave 6

Een bundel onpolariseerd licht passeert twee opeenvolgende polarisatoren. De transmissie-as van de eerste polarisator maakt een hoek α met de verticaal, terwijl de transmissie-as van de tweede polarisator een hoek β met de verticaal maakt. De intensiteit van het invallende licht is I_0 .

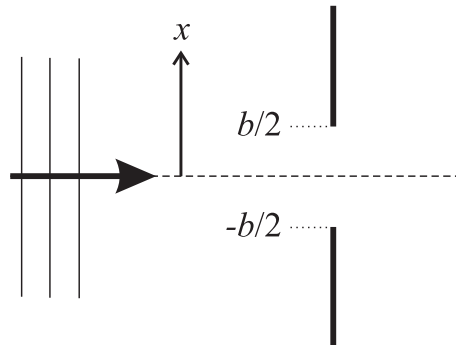
- Geef een formule voor de intensiteit achter de tweede polarisator in termen van α , β , and I_0 .
- Door een extra optisch element tussen beide polarisatoren te plaatsen, is het mogelijk om de intensiteit achter de tweede polarisator te maximaliseren op $I_0/2$, zelfs als $\alpha \neq \beta$. Welk optisch element heb je hiervoor nodig en onder welke orientatie moet je dit in de bundel zetten?

Opgave 7

Het Fraunhofer diffractiepatroon achter een uniform belichte spleet heeft de vorm

$$I(\theta) \propto \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2, \quad (2)$$

waarbij β een functie is van de diffractiehoek θ , de spleetbreedte b en de optische golflengte λ . Deze functie heeft een eerste minimum bij $\beta = \pi$.



- Het patroon ontstaat door interferentie tussen mogelijke paden van het licht. Laat aan de hand van een schets zien waar het cruciale padweglengteverschil zit. Laat eveneens zien dat het eerste minimum inderdaad samenvalt met $\beta = \pi$ als β gedefinieerd is volgens $\beta = \frac{1}{2}kb \sin \theta$.
- Leid op basis van je schets het genoemde verband voor $I(\theta)$ af. Doe dit door het veld te integreren over (de Huygens bronnen) in de spleet, d.w.z. over coördinaat x .