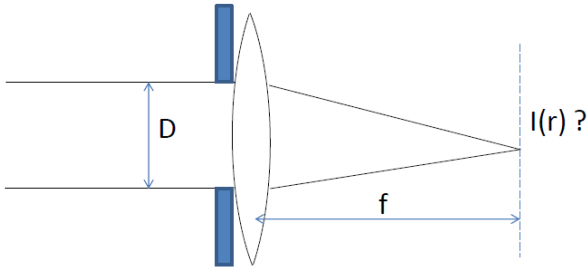


# Hertentamen Optica, 13 april 2015

## 1. Hoe scherp is het focus?

We belichten een ideale lens (brandspuntsafstand  $f$ ) met een ronde bundel licht met vlak golffront, diameter  $D$  en golflengte  $\lambda$ . Het focus dat op een afstand  $f$  achter de lens ontstaat is niet oneindig scherp.



- (a) Schets (de centrale doorsnede van) het intensiteitsprofiel  $I(r)$  in het focusvlak van de lens. Geef hierbij duidelijk aan wat de grootte van de verschillende structuren is, in termen van de gegeven parameters. (4 punten)

## 2. Eenvoudige anti-reflectie coating

De reflectie aan de grenslaag tussen lucht ( $n_1 \approx 1$ ) en een materiaal met brekingsindex  $n_3$  is te onderdrukken door dit materiaal te bedekken met een dunne coating/laag van een ander materiaal met een brekingsindex  $n_2 \approx \sqrt{n_3}$ .

- (a) Leg uit waarom de brekingsindex  $n_2 \approx \sqrt{n_3}$  ideaal is om de reflectie te onderdrukken. (2 punten)
- (b) Welke dikte  $d$  moet de tussenlaag hebben om goed te werken als anti-reflectie coating voor licht met een golflengte  $\lambda$ ? Geef het meest algemene antwoord. (2 punten)

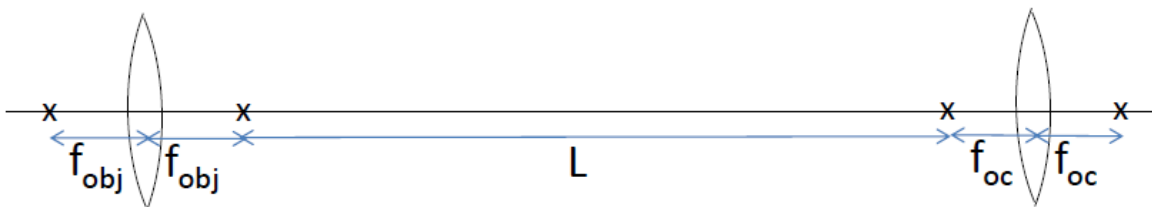
## 3. Twee polarisatoren en $\lambda/4$ plaatje

Een bundel on gepolariseerd licht met intensiteit  $I_0$  valt achtereenvolgens op een polarisator, een  $\lambda/4$  plaatje en een tweede polarisator waarvan de transmissie as  $90^\circ$  gedraaid is ten opzichte van de as van de eerste polarisator.

- (a) Hoeveel licht komt er door deze serie van drie elementen als de snelle as van het  $\lambda/4$  plaatje evenwijdig staat aan de transmissie as van de eerste polarisator? (1 punt)
- (b) Hoeveel licht komt er door deze serie van drie elementen als de snelle as van het  $\lambda/4$  plaatje onder  $45^\circ$  staat ten opzichte van de transmissie as van de eerste polarisator? (1 punt)
- (c) Hoe dik is het  $\lambda/4$  plaatje als het gemaakt is van kwarts ( $n_o = 1.5428$  en  $n_e = 1.5519$ ) voor een golflengte  $\lambda = 628$  nm en werkt als een zogenoemd nulde-orde ( $m = 0$ ) plaatje, wat een  $\lambda/4$  plaatje van minimale dikte is? (2 punten)

#### 4. Microscop als twee-traps vergroter

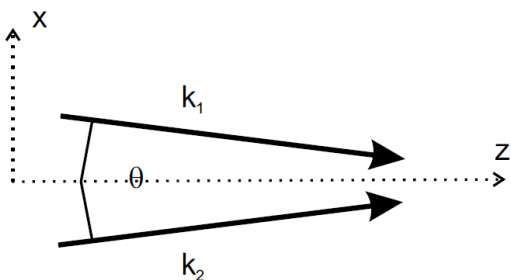
Een microscoop bestaat uit twee positieve lenzen die op een onderlinge afstand  $L + f_{obj} + f_{oc}$  staan, met  $f_{obj}$  en  $f_{oc}$  de brandpuntsafstanden van, respectievelijk, het objectief en het oculair, en  $L$  de zogenoemde tubuslengte (zie figuur). Dat een microscoop werkt als een twee-traps vergroter blijkt onder andere uit de formule voor de vergroting  $M = M_{obj} \times M_{oc}$ , met  $M_{obj}$  de vergroting van het objectief en  $M_{oc}$  de vergroting van het oculair.



- Schets de stralengang door de microscoop voor een puntvormig object op de optische as. Geef hierbij duidelijk aan waar het object zich moet bevinden om een scherpe afbeelding te zien met een ontspannen (= ongeaccomodeerd) oog en hoe de stralenbundels in de verschillende delen van de microscoop lopen (convergent, divergent, of evenwijdig). (3 punten)
- Leg uit waarom de vergroting van het objectief gelijk is aan  $M_{obj} = L/f_{obj}$  (2 punten)
- Leg uit waarom de vergroting van het oculair gelijk is aan  $M_{oc} = 25[\text{cm}]/f_{oc}$  (1 punt)

#### 5. Interferentiestrepen voor twee gekruiste bundels

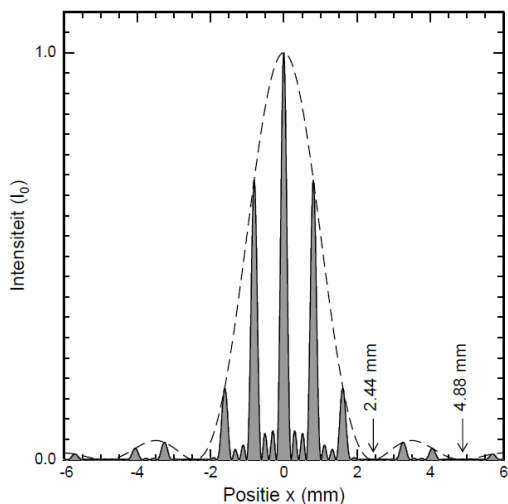
Twee monochromatische vlakke golven met gelijke optische golfenlge  $\lambda$  (dus ook gelijke golfvector  $|\vec{k}|$ ) en gelijke intensiteit  $I_0$  (dus ook gelijke veldsterkte  $E_0$ ) snijden elkaar onder een zeer kleine hoek  $\theta = 0.001$  rad (zie figuur), waardoor we de paraxiale benadering kunnen toepassen.



- Laat zien dat de intensiteit van het resulterende interferentiepatroon gelijk is aan  $I(x, z) = 4I_0 \cos^2(\pi x/\Lambda)$ . (3 punten)
- Laat zien dat de periode  $\Lambda$  tussen opeenvolgende maxima in het interferentiepatroon gelijk is aan  $\Lambda \approx \lambda/\theta$ . (1 punt)

## 6. Diffractiepatroon achter N spleten

We voeren een diffractie-experiment uit met een tralie met  $N$  spleten van gelijke breedte  $b$  op onderlinge afstand  $a$ . We belichten de spleten met een ruimtelijk coherente laserbundel met een golflengte  $\lambda = 488$  nm. Het verre veld (Fraunhofer) diffractiepatroon wordt zichtbaar gemaakt in het brandvlak van een positieve lens met een brandpuntsafstand van 50.0 cm. De gemeten intensiteit als functie van de positie  $x$  op het scherm ziet eruit zoals in de figuur. Het valt op dat de 3-de orde ( $m = 3$ ) maxima (en veelvouden daarvan) ontbreken in het diffractiepatroon.



- Leg uit dat de minima voor  $x = \pm 2.44$  mm en  $x = \pm 4.88$  mm worden veroorzaakt door de eindige breedte van de spleten. (1 punt)
- Bereken de breedte  $b$  van de spleten. (2 punten)
- Uit hoeveel spleten bestaat dit tralie? *Hint: antwoord niet te snel, maar vergelijk bijvoorbeeld ook met het bekende  $N=2$  geval.* (1 punt)
- Bereken de onderlinge afstand  $a$  tussen de spleten. (2 punten)

## 7. Scheiding van twee Natrium-lijnen met tralie

We proberen de twee spectraallijnen van Natrium ( $\lambda = 589.592$  en  $589.995$  nm) gescheiden van elkaar waar te nemen door dit licht, in eerste instantie loodrecht, op een reflectietralie met 1000 lijnen per mm te schijnen en in een diffractie orde waar te nemen.

- Hoe groot is de afstand tussen de twee spectraallijnen van Natrium in het eerste-orde diffractiepatroon op een scherm op 10 meter afstand van het tralie? Het scherm staat natuurlijk vrijwel loodrecht op het invallende licht. (2 punten)
- Hoe breed moet de belichtende bundel minimaal zijn om de twee genoemde spectraallijnen ook echt gescheiden te zien, dus zonder dat diffractie de verschillen uitwist? (2 punten)
- Hoe zouden we het spectraal oplossend vermogen  $R \equiv \lambda/\Delta\lambda$  van onze opstelling kunnen vergroten zonder de grootte van de belichtende bundel of het tralie aan te passen? Leg uit. (1 punt)