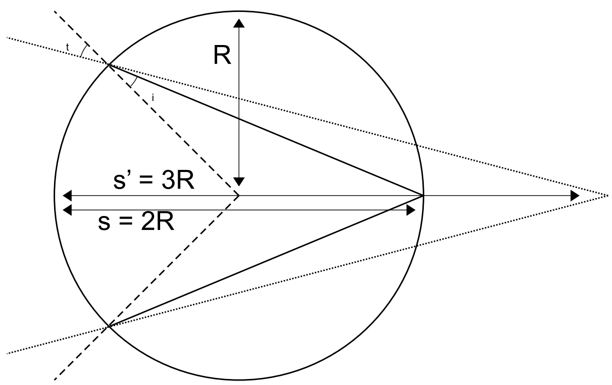
Uitwerking Tentamen Optica

21 februari 2006

Zet je naam, studentennummer en studierichting bovenaan elk vel dat je gebruikt. Lees de 7 opgaven eerst goed door en licht je antwoord altijd toe.

Opgave 1

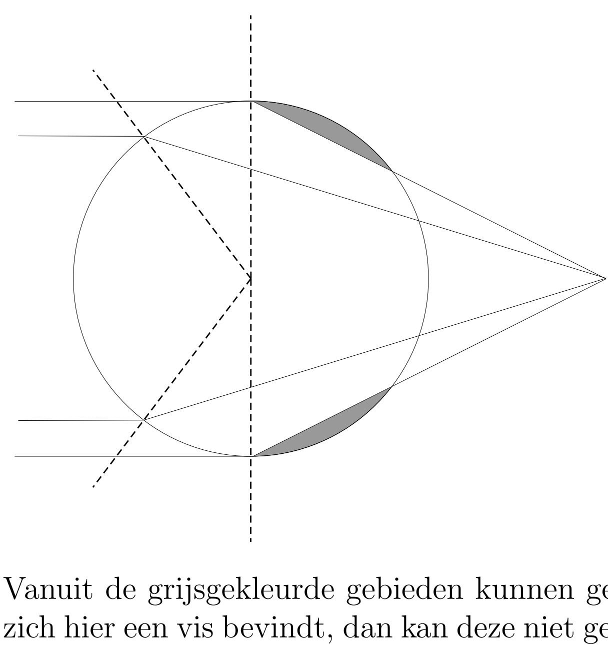


a)

b) Gebruik $n_1/s + n_2/s' = (n_2 - n_1)/R$ met $R < 0$, s=-2R, $n_1 = 1.33$ en $n_2 = 1$. Hieruit volgt $s' = 2Rn_2/(2n_2 - n_1) = 3R < 0$, want $R < 0$, dus virtueel beeld.

c) $m = -n_1 s'/(n_2 s') = +2$

d) Je weet $s << R$ en $n_1/s + n_2/s' = (n_2 - n_1)/R$, hieruit volgt $n_2/s' = (s(n_2 - n_2) - n_1 R)/(Rs) \approx -n_1/s$. Dus $m = -n_1 s'/(n_2 s') = +1$.



e)

Vanuit de grijsgekleurde gebieden kunnen geen stralen evenwijdig de vissenkom verlaten. Als zich hier een vis bevindt, dan kan deze niet gezien worden door een waarnemer op grote afstand.

Opgave 2

Het patroon wordt beschreven door $I \approx (\frac{sin\beta}{\beta})^2 \cos(\alpha)^2$

a) De interferentie maxima vind je als $\cos(\alpha)^2 = 1$, dus $\alpha = \frac{1}{2}ka\sin\theta = p\pi$. Verder weet je dat $\theta = y/f$ en dit gecombineerd geeft een spleetafstand van $a = \lambda f/(\Delta y) = 3.96 \times 10^{-4}$ m.

b) het ontbreken van orders betekent dat je moet zoeken naar de diffractie minima: $(\frac{sin\beta}{\beta})^2 = 0$, dus $\beta = \frac{1}{2}kb\sin\theta = m\pi$. Hieruit volgt de spleetbreedte van $b = \lambda f/(\Delta y) = 7.9 \times 10^{-5}$ m. De verhouding van spleetafstand over spleetbreedte $a/b = 5$, consistent met het gegeven dat elk vijfde interferentie maxima ontbreekt.

Opgave 3

a) $D = 1.22 f\lambda/x$, waarbij x de pixel-grootte is. Ingevuld geeft dit $D = 1$ mm.

b) i) Sferische abberatie ontstaat doordat de brekingswet van Snellius $\sin\theta \approx \theta - \theta^3/6$ bevat in plaats van enkel θ. Hierdoor hangt het brandpunt van de lens af van de hoogte h waarop de lens wordt geraakt door de invallende lichtstraal, dus in formulevorm $f = f(h)$ en wordt de afbeelding onscherp als teveel van de lens wordt belicht.

Opgave 4

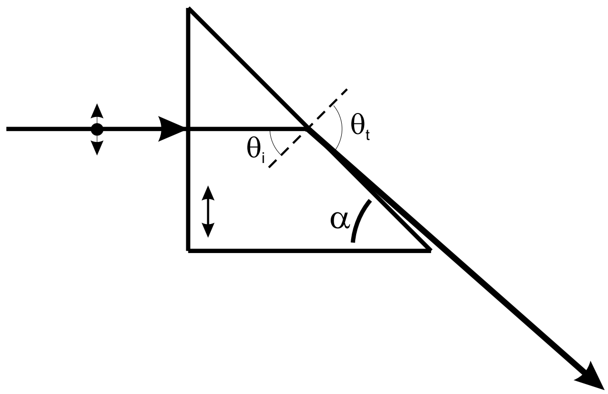
a) a=1.25 μm, verder geldt $a(\sin\theta_i + \sin\theta_m) = m\lambda$. Hieruit volgt $\sin\theta_m = m\lambda/a - \sin\theta_i$ en geeft $(\sin\theta_i - 1)a/\lambda < m < (\sin\theta_i + 1)a/\lambda$. Dit invullen laat zien dat de ordes [-1:3] bestaan.

b) $a\sin\theta_m = m\lambda$. Hieruit volgt dat $d\theta/d\lambda = m/(a\cos\theta_m)$. Om het spectraal oplossend vermogen te berekenen moet je deed vergelijken met de diffractie limiet $\Delta\theta = \lambda/D_{\text{project}}$, waar de geprojecteerde breedte van het tralie $D_{\text{project}} = D\cos\theta_m$ een zelfde factor $\cos\theta_m$ bevat. Deze factoren compenseren elkaar. Je had ook kunnen onthouden dat het spectraal oplossend vermogen enkel afhangt van N, het aantal lijnen van het tralie, dus een verandering van de hoeksdispersie heeft geen invloed op het spectraal oplossend vermogen.

c) De benodigde resolutie is $R = \lambda/\Delta\lambda = 982$. De haalbare resolutie wordt gegeven door $R = mN$, waarbij N=8000, dus m=R/N=982/8000=0.12. De lijnen zijn dus al in 1e orde eenvoudig te onderscheiden.

Opgave 5

a) Totale interne reflectie interne hoeken (TIR) vind je voor $\Theta_{TIR} = \arcsin(1/n_e) = 41.84°$ en $\Theta_{TIR} = \arcsin(1/n_o) = 41.78°$. Verder weet je dat $\alpha = 90° - \Theta$, dus voor $48.18° < \alpha < 48.22°$ wordt enkel de (extra-ordinaire) polarisatie in het vlak van tekening doorgelaten.



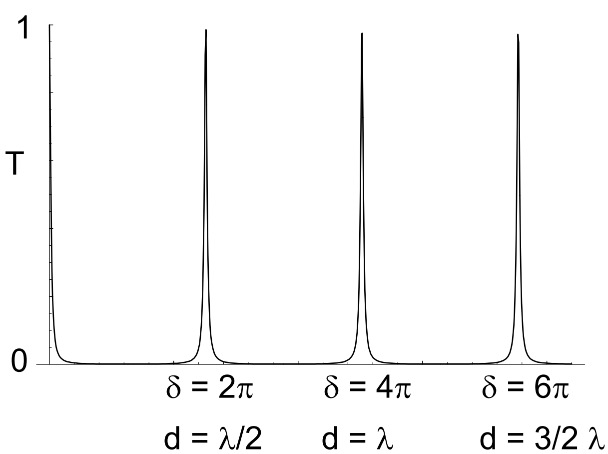
b) $L\Delta n = (m + 1/2)\lambda$. Dit geldt enkel voor 0.875 mm.

c) Na $\lambda/2$-plaat is het licht nog steeds lineair gepolariseerd maar nu in de verticale richting. Na het $\lambda/4$ is het licht dus circulair gepolariseerd.

Opgave 6

a) $\delta = 2\pi 2d/\lambda$

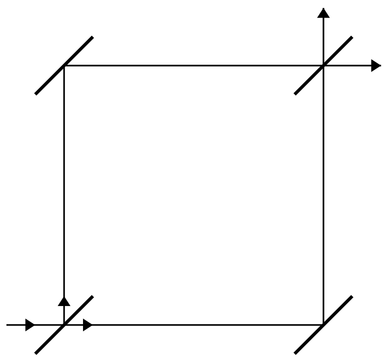
b) De periode is $\lambda/2$.



c) $T(\delta) = 1/2$, dit geeft $1 + F\sin(\delta/2)^2 = 2$ en hieruit volgt $\delta = 2\arcsin(1/\sqrt{F}) = 0.01$. De volle breedte is dus 0.02 t.o.v 2π.

d) Op grond van het Rayleigh criterium nemen we de volle breedte als resolutie maat. Invullen van $\delta = 0.02$ met de afgeleide $d\delta/d\lambda = 4\pi d/\lambda^2$, geeft $\Delta\lambda = \lambda^2 \Delta\delta/(4\pi d) = 5.7 \times 10^{-13}$ m. Dit correspondeert met een (niet gevraagde) spectrale resolutie van $\lambda/\Delta\lambda \approx 5 \times 10^5$.

Opgave 7

a) 

b) De bundels (1+2) zoals aangegeven in P&P hebben beide $I_{1,2} = RTI_0 = 0.16I_0$. De bundel die loodrecht hierop uittreden, genaamd (3+4), hebben een intensiteit van $I_3 = T^2 I_0 = 0.64 I_0$ en $I_3 = R^2 I_0 = 0.04 I_0$. Verder weten we dat voor twee bundels geldt: $I_{max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$ en $I_{min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$. Dit betekent voor bundels (1+2), dat $I_{max}/I_{min} = \infty$ en voor bundels (3+4) $I_{max}/I_{min} = 2.78$.