# Hertentamen Optica

## Uitwerkingen - 3 april 2013

**Opgave 1**

De waarden in deze opgave zijn gebaseerd op Quickbird, een van de satelieten gebruikt voor google maps.

a) (4p) De resolutie wordt beperkt door diffractie aan de lens. Volgens het Rayleigh criterium zijn twee punten nog onderscheidbaar als ze de grootte van de diffractiespot uit elkaar liggen. De grootte van de spot $\Delta\theta = 1.22\lambda/D$, met $D$ de diameter van de lens. De afstand $x$ op het aardoppervlak wordt gegeven door $\Delta\theta \approx \tan\Delta\theta = x/s$, waarbij $s$ de hoogte t.o.v. het aardoppervlak. $x \approx s\Delta\theta = 450 \cdot 10^3 1.22 \cdot 10^{-6} = 0.549$ m.

b) (4p) Gebruik dezelfde formule: $x' = s'\Delta\theta \Rightarrow s' = x'/\Delta\theta = x'D/(1.22\lambda) = 7 \cdot 10^{-6} \cdot 0.5/(1.22 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6}) = 5.74$ m.

Enigzins dubieus is: $1/s + 1/s' = 1/f$ met een vergroting $s'/s = 7 \cdot 10^{-6}/0.549 \Rightarrow s' = 1.275 \cdot 10^{-5}s = 5.74$ m. $s' \approx f$ is een goede benadering.

**Opgave 2**

a) (4 p) Voor het m-de orde maximum van een tralie geldt:

$$\sin(\theta_i) - \sin(\theta_m) = \frac{m\lambda}{a}$$

Gebruik dat $\theta_i \approx \pi/2$

$$\cos(\theta') \approx \sin(\theta_m) = (1 - \frac{m\lambda}{a}) \Leftrightarrow$$

$$\theta' \approx \arccos(1 - \frac{m\lambda}{a})$$

b) (4 p) Invullen geeft een hoekverschil tussen de 0e en 1e orde bundel van 0.036 rad. Dit komt overeen met een afstand van 0.36 m op de muur. (Dit kun je ook direct uitrekenen met de tralievergelijking zonder het antwoord bij a)!)

**Opgave 3**

a) (2p) De kritische hoek $\alpha = \sin^{-1}(1/n) = 42°$. Deze hoek is kleiner dan de hoek van inval (45°) en er treedt dus totale interne reflectie op.

b) (3p) Het prisma geeft een verschuiving van het voorwerp

$$\Delta L = 6\text{cm}\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 2\text{cm}$$

De effectieve voorwerps afstand is dus gelijk aan 10+6+(6-2) = 20 cm. Het voorwerp staat dus in het brandpunt van de positieve lens. Dit geeft uiteindelijk een virtueel beeld, 10 cm links van de negatieve lens.

c) (3p) De vergroting is gelijk aan $f_2/f_1 = -0.5\times$. Het beeld is omgekeerd en de lengte van het beeld is 0.5 cm.

**Opgave 4**

a) (3p) Je kunt de golf schrijven als

$$E(z,t) = \cos(k(z - vt) = \cos\left(\frac{2\pi}{5.00 \times 10^{-7}}\left(z + 15.0 \times 10^{7} t\right)\right)$$

Door gebruik te maken van $k = 2\pi/\lambda$, volgt $\lambda = 500$ nm.

b) (2p) Uit het antwoord bij vraag a volgt ook dat $v = 1.50 \times 10^{8}$ m/s, dus $n = c/v = 2$

c) (3p) Op $z = 0$ zijn de ruimtelijke delen in fase. We willen weten wanneer dit weer gebeurt. M.a.w. we zoeken naar de afstand waarbij het faseverschil gelijk is aan een geheel aantal keren $2\pi$. We gebruiken $\Delta\varphi = (k_1 - k_2)z = 2\pi$. Hieruit volgt

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{5.00 \times 10^{-7}} - \frac{1}{5.25 \times 10^{-7}} \quad ; \quad z = 10.5\ \mu\text{m}$$

**Opgave 5**

a) (3p) Het gaat hier om een $\lambda/4$ plaatje. De minimale dikte wordt gegeven door

$$\Delta n \cdot d = \lambda/4$$

$$\Delta n = 1.669 - 1.638 = 0.031$$

$$d = 4.7\mu\text{m}$$

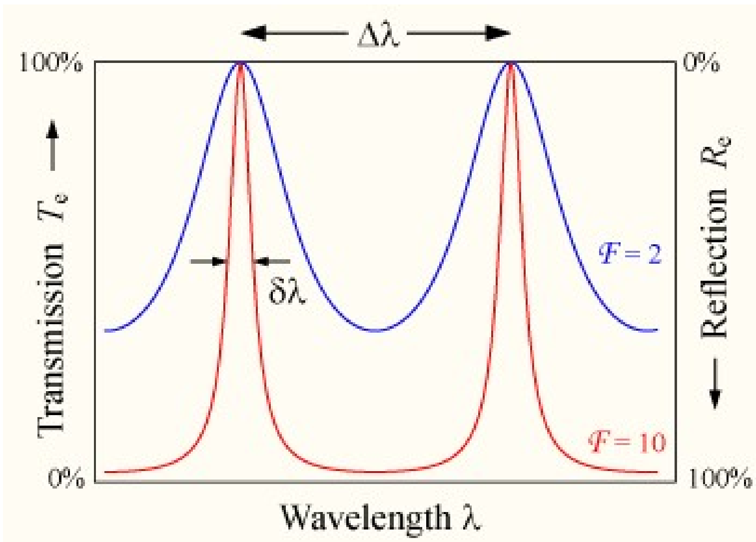
b) (3p) De handigheid draait om (linkshandig wordt rechtshandig en vice versa).

c) (2p) Voor andere golflengtes dan 589.3 nm is dit plaatje geen $\lambda/4$ plaatje. Deze golfengtes zullen na transmissie door het plaatje dan ook niet circulair gepolariseerd zijn.

**Opgave 6**

a) (2p) $\delta$ is het faseverschil dat optreedt tussen iedere refelctie na rondgang tussen de spiegels. $\delta = 2knd\cos\theta$. Voor $n = 1$ en loodrechte inval geldt: $\delta = 4\pi d/\lambda$.

b) (2p)




De periode is $\Delta\lambda = \lambda/2$

c) (2p) Invullen van R geeft de finesse $F = 39600$. Om de FWHM te vinden lossen we op $T(\delta) = 1/2$. Dit geeft $\delta = 2\arcsin(1/\sqrt{F})$=0.01. De FWHM is dus 0.02 rad.

d) (2p) De free spectral range van $\lambda/2$ komt overeen met een faseverschil van $\pi$. Het meetbare golflengteverschil is gelijk aan $(0.02/\pi) \cdot \lambda = 3.82$ nm.