Tentamen Optica

Uitwerkingen - 8 februari 2011

Cijfer = 1+(totaal aantal punten)*9/51 (Er zijn totaal 51 punten te verdienen)

Opgave 1

N.B. tussentijds afronden geeft bij deze opgave het foute antwoord!

a) (3 p) $\sin\theta \approx \theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{4.20} = 1.60 \cdot 10^{-7}$ rad.

b) (3 p) $d = L_{aarde-maan} \tan\theta \approx L_{aarde-maan}\theta = 3.844 \cdot 10^8 \cdot 1.60 \cdot 10^{-7} = 61.6$ m.

c) (2 p) Hoekresolutie θ is nu $1.68 \cdot 10^{-4}$ en de afstand d is dan $6.45 \cdot 10^4$ m = 64.5 km.

Opgave 2

a) (3 p) De tweede lens moet 10× sterker zijn, dus de brandpuntsaftsand is 10× kleiner. $f_2 = 15.0/10 = 1.5cm$ De totale lengte is dan 15.0+1.5=16.5 cm

b) (3 p) De openingshoek wordt bepaalt door het diafragma. $\tan\theta = 1.5/f_{obj} = 0.1$. Voor een 20 m hoge toren is de hoek gelijk aan 0.1 rad voor een afstand van 200 m (parixiale benadering). Exacte berekening geeft 200.6 m = 201 m, maar dit neemt wel aan dat de verrekijker staat ingesteld op oneindig verweg.

   Beter is de vergroting $M = s1/s2 = 10$ en $1/s1 + 1/s2 = 1/f = 1/0.15$. Dus $1 + s1/s2 = s1/0.15$ Hieruit volgt de afstand $s1$=200.15 m =200 cm.

c) (3 p) 50 cm. Het beeld staat in het brandpunt van de lens. De bundel uit de verrekijker is evenwijdig voor een ongeaccomodeerd oog.

Opgave 3

a) (3 p) Invullen van $\Phi(x,t) = Ae^{i(kx-\omega t)}$ geeft

$$-Ak^2 \exp(i(kx - \omega t) = -A\omega^2 \frac{a}{k^2} \exp(i(kx - \omega t) \Leftrightarrow$$

$$\omega^2 = \frac{k^4}{a}$$

De oplossing met negatieve ω heeft geen fysische betekenis, dus

$$\omega = \frac{k^2}{\sqrt{a}}$$

b) (3 p)

$$v_p = \omega/k = \frac{k}{\sqrt{a}} = \frac{2\pi}{\lambda\sqrt{a}}$$

c) (3 p)

$$v_g = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k} = \frac{2k}{\sqrt{a}} = \frac{4\pi}{\lambda\sqrt{a}}$$

Opgave 4

a) (3 p) Voor constructieve interferentie moet de dikte van de film gelijk zijn aan $(2m+1)\lambda/4n$. Voor de vijfde streep geldt $m = 4$ ($m = 0$ is ook een maximum!) en de dikte is dan 0.996 μm.

b) (3 p) Het is voldoende om alleen naar de onderkant van de film te kijken. Er zijn dan 3 maxima zichtbaar; $m = 2$

c) (3 p) Het licht valt in onder de Brewster hoek. $\tan^{-1} 1.330 = 53°$. Het gereflecteerde licht is dus linear gepolariseerd, met de polarisatierichting in het vlak van de tekening. (E-veld parallel aan het oppervlak van het zeepvlies, s gepolariseerd)

Opgave 5

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 6

a) (4 p) De microscoop stelt in het eerste geval direct scherp op de kras, dus op de bovenkant van de glasplaat. In het tweede geval wordt de kras scherp gesteld via de reflectie van de onderkant van de glasplaat.

b) (4 p) Het beeld wordt in twee stappen gevormd: 1) reflectie van de onderkant geeft een punt dat 1.50 mm onder de glasplaat lijkt te liggen. 2) De breking aan het opppervlak zorgt ervoor dat dit punt dichter bij de achterkant ligt. De schijnbare diepte $s' = 2t/n$, waarbij $t = 1.50$ mm de dikte van de glasplaat. $n = 2t/s' = 3.00/1.87 = 1.60$.