Tentamen Optica

dinsdag 17 februari 2009

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

Een satelliet wordt gebruikt om afbeeldingen te maken van het aardoppervlak. De satelliet bevindt zich in een baan op 450 km boven het aardoppervlak. De sateliet gebruik een camera met een lens met een diameter van 50.0 cm.

a) Hoe groot is het fijnste detail dat kan worden waargenomen met deze camera? Neem aan dat de golflengte van het licht gelijk is aan 500 nm.

De pixels in de CCD van de sateliet hebben een onderlinge afstand van 7.00 μm.

b) Wat is de minimaal benodigde brandpuntsafstand van de lens om de fijnste details vast te kunnen leggen met de CCD?

Opgave 2

De golfvergelijking voor transversale golven in een staaf wordt gegeven door

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{a}{k^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \tag{1}$$

waarbij y de uitwijking is, k het golfgetal en a een constante.

a) Leidt het verband tussen de hoekfrequentie ω en het golfgetal k af. Maak hierbij gebruik van een harmonische golf van de vorm $y = A\cos(kx - \omega t)$.

b) Wat is de dimensie van de grootheid a?

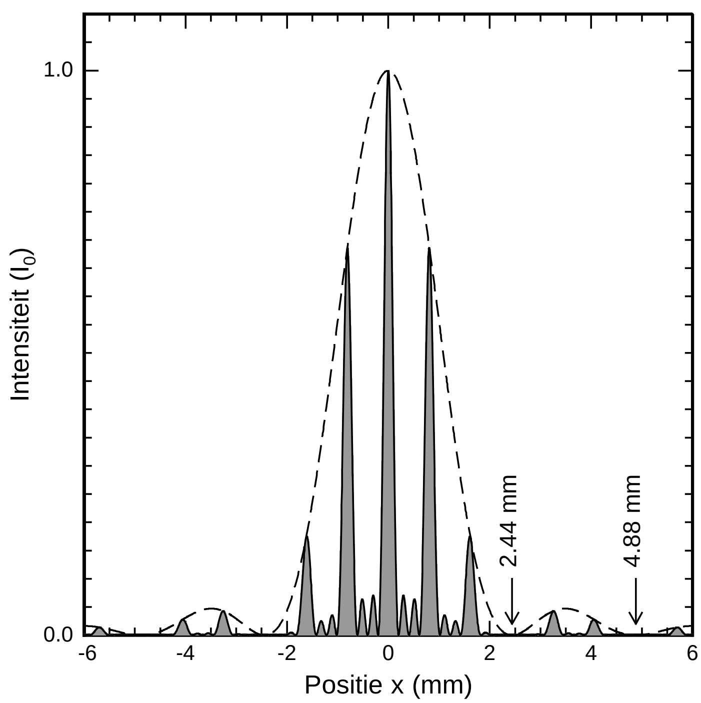
c) Geef een uitdrukking voor de fasesnelheid als functie van de golflengte.

d) Geef ook een uitdrukking voor de groepssnelheid als functie van de golflengte.

Opgave 3

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 uit een argonlaser met een golflengte van 488 nm. Het verre veld (Fraunhofer) diffractiepatroon wordt zichtbaar gemaakt in het brandvlak van een positieve lens met een brandpuntsafstand van 50.0 cm. Neem aan dat de lens direct achter de spleten staat en dat we de afstand tussen de lens en de spleten mogen verwaarlozen.

De gemeten intensiteit als functie van de positie x op het scherm ziet eruit zolas gegeven in de figuur. Het valt op dat de 3^e, orde ($m = 3$) maxima (en veelvouden daarvan) ontbreken in het interferentie patroon.



a) Wat is de oorzaak van de minima voor $x = \pm 2.44$ mm en $x = \pm\ 4.88$ mm?

b) Uit hoeveel spleten bestaat dit tralie?

c) Bereken de breedte b van de spleten.

d) Bereken ook de onderlinge afstand a tussen de spleten.

Opgave 4

We hebben een opstelling gebouwd met twee parallele polarisatoren. Op de eerste polarisator valt monochromatisch en ongepolariseerd licht ($\lambda = 550$ nm) met een intensiteit I_0. Tussen deze twee polarisatoren kan een derde element worden gemonteerd in een houder die ronddraait met een periode van 8 seconden. Het vlak waarin de houder ronddraait staat loodrecht op de voortplantingsrichting van het licht.

a) In de houder wordt een polarisator geplaatst. Op $t = 0$ staat de transmissieeas parallel aan de transmissieeas van de andere polarisatoren en is de totale transmissie maximaal. Op welke tijdstippen is de door het systeem doorgelaten intensiteit gelijk aan nul.

b) Bereken de doorgelaten intensiteit na een halve seconde.

c) We vervangen de middelste polarisator door een $\lambda/2$-plaatje. Op $t = 0$ staat de snelle as evenwijdig aan de transmissieeas van de twee polarisatoren. Op welke tijdstippen is de door het systeem doorgelaten intensiteit gelijk aan nul?

d) Bereken de doorgelaten intensiteit na een halve seconde.

e) We vervangen het $\lambda/2$-plaatje door een $\lambda/4$-plaatje. Op $t = 0$ staat de snelle as evenwijdig aan de transmissieeas van de twee polarisatoren. Op welke tijdstippen is nu de door het systeem doorgelaten intensiteit gelijk aan nul?

Opgave 5

We willen zelf een projector bouwen om het beeld van een televisie op een witte muur te projecteren. We gebruiken hiervoor een positieve lens met een brandpuntsafstand $f = 60$ cm. Het beeld op de muur is drie keer vergroot en is relatief lichtzwak, maar scherp.

a) Wat is de afstand tussen de voorkant van de TV-scherm en de muur?

b) Hoe moeten we de TV neerzetten, rechtop of op zijn kop? (Motiveer je antwoord).

Voor een lens met een hele kleine diamter D wordt de kwaliteit van het beeld begrenst door diffractie.

c) Noem nog een reden waarom het van belang is om een lens met een grote diameter te gebruiken.

Opgave 6

Een ronde olievlek ligt op een glasplaat met een brekingsindex van 1.51. De olie heeft een brekingsindex $n = 1.47$. De dikte d van de olie als functie van de radiële positie r t.o.v. het midden van de vlek wordt gegeven door:

$$d = d_0(1 - r^2/r_0^2) \qquad\qquad (r \leq r_0) \qquad (2)$$

waarbij $r_0 = 10.0$ mm en $d_0 = 2.00$ μm. We bekijken de vlek recht van boven en belichten deze ook recht van boven met monochromatisch licht uit een Natrium lamp (golflengte $\lambda = 589.3$ nm).

a) Hoeveel heldere ringen zijn er zichtbaar in het interferentie patroon?

b) Wat is de straal van de grootste donkere ring in het interferentie patroon?

We vervangen nu de Natrium lamp door een gloeilamp en kijken met ons oog naar de vlek. Neem aan dat het oog gevoelig is voor golflengten van 450 nm (blauw) tot 650 nm (rood). In het midden van de druppel verdwijnen de interferentieringen.

c) Geef een verklaring waarom de interferentie verdwijnt.

d) Bij welke dikte d vervaagt het interferentiepatroon?

Opgave 7

Het linker uiteinde van een lange glazen staaf met een diameter van 6.00 cm heeft een bolvormig uiteinde met een kromtestraal $R = 3.00$ cm. De brekingsindex van het glas is 1.60 en de brekingsindex van de omgeving is 1.00. Op de optische as van de staaf zit een luchtbelletje, 12.0 cm vanaf het uiteinde (gemeten vanaf het oppervlak van het bolle uiteinde).

a) Wat is de positie van het beeld?

b) Is dit een reëel of virtueel beeld? (motiveer je antwoord)

We dompelen de staaf nu in een vloeistof met onbekende brekingsindex. Een object in de vloeistof op 90.0 cm vanaf het bolle uiteinde wordt afgebeeld in een punt binnenin de staaf. Dit beeld ligt op de optische as, 1.60 m vanaf het uiteinde.

c) Wat is de brekingsindex van de vloeistof?