

# Hertentamen Optica

woensdag 3 april 2013

Zet je naam en studierichting bovenaan elk vel dat je gebruikt. Lees de 6 opgaven eerst eens door. De opgaven kunnen in willekeurige volgorde gemaakt worden.

## Opgave 1

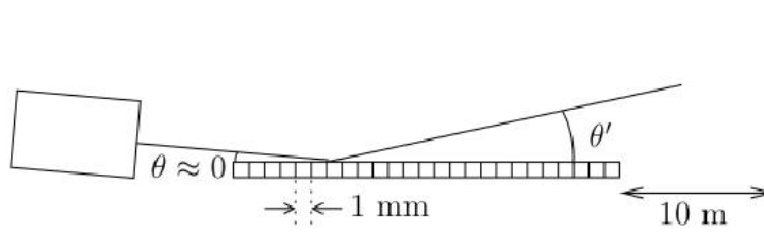
Een satelliet wordt gebruikt om afbeeldingen te maken van het aardoppervlak. De satelliet bevindt zich in een baan op 450 km boven het aardoppervlak. De satelliet gebruikt een camera met een lens met een diameter van 50.0 cm.

- 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 satelliet hebben een onderlinge afstand van  $7.00 \mu\text{m}$ .

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

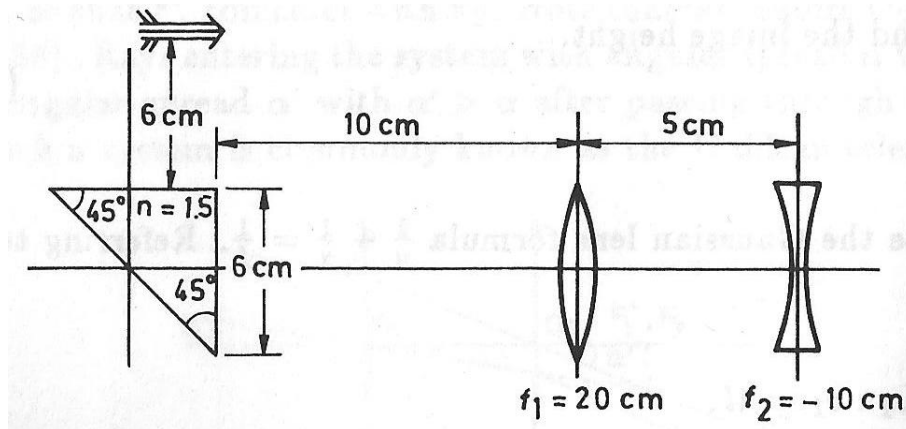
## Opgave 2



Een laserbundel, met een golflengte van 633 nm, wordt onder scherpende inval op een reflectietralie gestuurd. De afstand tussen de lijnen van het tralie is 1.00 mm. Het gereflecteerde licht wordt op een verticale muur op een afstand van 10.0 m geprojecteerd. Zie figuur.

- a) Gebruik de tralieformule en leid een formule af voor de diffractiehoeken  $\theta'$  van de interferentiemaxima die te zien zijn op de muur, als functie van de golflengte  $\lambda$ , de afstand tussen de lijnen  $a$  en het orde nummer  $m$ . Neem voor het gemak aan dat de hoek  $\theta \approx 0$ .
- b) Hoe groot is de verticale afstand op de muur tussen het  $0^{\text{de}}$  en de  $1^{\text{ste}}$  orde maximum?

### Opgave 3



We beschouwen een combinatie van een prisma en een lensstelsel dat bestaat uit een positieve lens en een negatieve lens, zoals aangegeven in de figuur. Het rechthoekig prisma heeft zijdes van 6.0 cm lengte en een brekingsindex  $n = 1.5$ . Het voorwerp (horizontale pijl in de figuur) staat op 6.0 cm van het prisma en heeft een lengte van 1.0 cm. De positieve lens staat op een afstand van 10 cm van het prisma en heeft een brandpuntsafstand  $f_1 = +20$  cm. De negatieve lens staat 5.0 cm achter de positieve lens, dus op 15 cm van het prisma en heeft een brandpuntsafstand  $f_2 = -10$  cm.

- Bereken de hoek voor totale interne reflectie in het prisma. Treedt er totale interne reflectie op bij de reflectie aan de schuine kant van het prisma?
- Waar bevindt zich de afbeelding van het voorwerp? Geef duidelijk aan of het hier om een reëel of virtueel beeld gaat.
- Bereken de grootte van de afbeelding.

### Opgave 4

Gegeven is de interferentie tussen twee lopende golven in een transparant medium, waarbij  $z$  de afstand in meters en  $t$  de tijd in seconden. Gegeven is de lichtsnelheid  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

$$E(z, t) = \cos\left(2\pi\left(\frac{z}{5.00 \times 10^{-7}} + 3.00 \times 10^{14}t\right)\right) + \cos\left(2\pi\left(\frac{z}{5.25 \times 10^{-7}} + 2.86 \times 10^{14}t\right)\right)$$

- Wat is (vacuum) golflengte van de eerste golf?
- Wat is brekingsindex van het medium?
- Wat is de periode van zweving (beat) in de ruimte tussen beide golven?

### Opgave 5

In een experiment willen we graag circulair gepolariseerd licht gebruiken. Onze laser zendt echter verticaal gepolariseerd licht uit bij een golflengte van 589.3 nm. We beschikken over een plaatje tourmalijn ( $n_{\parallel} = 1.638$ ;  $n_{\perp} = 1.669$ ). Als we het plaatje met een bepaalde oriëntatie in de bundel zetten, verkrijgen we precies de juiste polarisatie.

- a) Wat is blijkbaar de (minimale) dikte van het plaatje?

We draaien het plaatje  $90^\circ$  om de as die parallel is aan de voortplantingsrichting van het licht.

- b) Wat is er veranderd aan de polarisatie van het licht achter dit plaatje ten opzichte van de situatie voor de draaiing?
- c) Als we verticaal gepolariseerd wit licht gebruiken en de oriëntatie van het plaatje hetzelfde laten, waarom krijgen we dan niet netjes circulair gepolariseerd wit licht eruit?

### Opgave 6

De transmissie van een Fabry-Perot interferometer die bestaat uit twee spiegels met reflectiviteit  $R$  die zich op een afstand  $d$  van elkaar bevinden kan worden berekend door een optelsom van alle interfererende bijdragen. Het resultaat van deze optelsom geeft een transmissie

$$T(\delta) = \frac{1}{1 + F \sin^2(\delta/2)} \quad ; \quad F = \frac{4R}{(1 - R)^2}$$

waarbij  $\delta$  een functie is van de afstand  $d$  tussen de spiegels. We beschouwen nu een Fabry-Perot met spiegels met  $R = 0.99$  die zich op een afstand  $d \approx 1.00$  mm van elkaar bevinden, en belichten het geheel met licht met een golflengte  $\lambda = 600$  nm.

- a) Geef een uitdrukking voor  $\delta$  in de bovenstaande formule.
- b) Schets de transmissie als functie van de spiegelafstand  $d$  en geef daarin de maat van de periodiciteit, uitgedrukt in  $\lambda$ , voor de horizontale as duidelijk aan. Deze periodiciteit heet ook wel "free spectral range".
- c) Bereken de volle breedte op halve hoogte (FWHM) van de transmissie t.o.v. de "free spectral range".
- d) Deze breedte is een maat voor het golflengteverschil, dat nog net oplosbaar is met de beschreven Fabry-Perot interferometer. Hoe groot is dit golflengteverschil onder de beschreven condities?