

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340, 772 3209

Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Tefyma, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysiks entré efter skrivningstidens slut.

Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2006-01-27 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2006-01-27 kl. 12.00-12.30 vid Kansli Fysik.

- Ange två metoder för att bestämma polarisationsriktningen (genomsläppsriktningen) i en omärkt planpolarisator. Du har inte tillgång till någon ytterligare polarisator eller annan avancerad optisk utrustning. Motivera tydligt. (2p)
 - Bilderna 1 och 2 nedan visar intensiteten för Fraunhoferdiffraction vid olika aperturer. Beskriv aperturerna som ger upphov till intensiteterna. Förklara ditt resonemang i detalj. (2p)

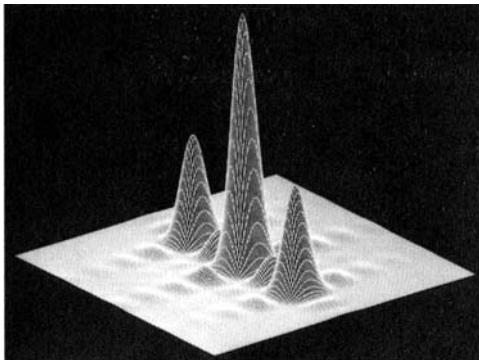


Bild 1

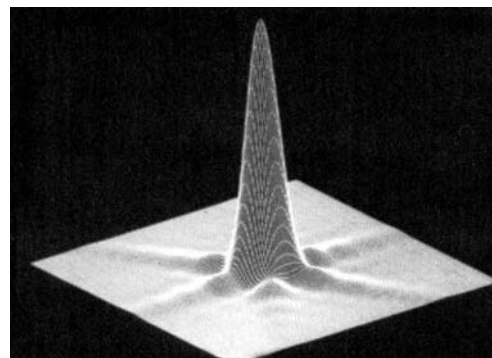
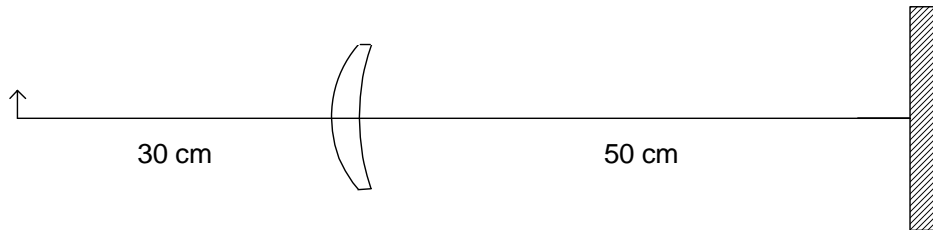


Bild 2

- Utred (beskriv med ord och ekvationer) vilket optiskt element som beskrivs av följande Jonesmatris: (4p)

$$\begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \sin \theta \cos \theta \\ \sin \theta \cos \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix}$$

3. En plan spegel är placerad 50 cm till höger om en tunn lins ($n=1,5$). Linsytornas kröknings-radier är 5,0 respektive 10 cm, se (den ej skalenliga) figuren nedan. Ett föremål, 10 cm högt, är placerat 30 cm till vänster om linsen. Beräkna läget för den slutliga bilden, bildens höjd och orientering (upprätt eller uppochner). För full poäng krävs också en skalenlig konstruktion av strålgången. (4p)

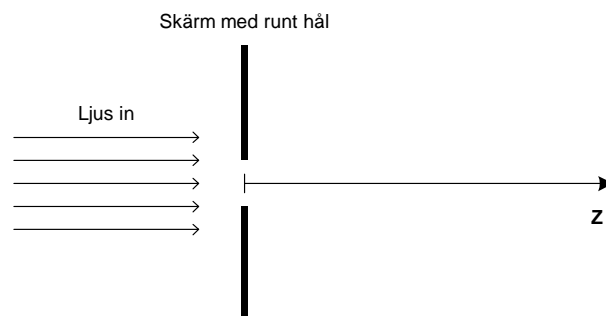


4. En planparallell glasplatta ($n=1,5$) fungerar som en (ganska dålig) Fabry-Perot interferometer. Plattans tjocklek är avpassad så att ljus med våglängden 442 nm transmitteras maximalt vid vinkelrätt infall. I vanliga Fabry-Perotinterferometrar brukar man ändra avståndet mellan de reflekterande ytorna om man vill ändra transmissions-våglängden. Det kan man ju inte göra i det här fallet men man kan istället luta glasplattan.

a) Hur mycket kan man ändra transmissionsvåglängden genom att luta plattan? Ange våglängdsområdet. (4p)

b) För Fabry-Perot interferometrar bestäms upplösningen ofta genom att utgå från att två våglängder är upplösta om den ena toppens max faller där den andra toppen har 50% av sitt maxvärde. Kan denna metod användas i det här fallet eller kan du föreslå en alternativ metod att bestämma upplösningen? Beskriv med ord och beräkningar. (2p)

5. Ljus från en laser med våglängden 667 nm och intensiteten $1,0 \text{ W/m}^2$ infaller vinkelrätt (i z-riktningen) mot en skärm med ett runt hål, 2,0 mm i diameter. Skissa intensiteten på z-axeln för $z = 0,15$ till $z = 0,30$ m. ($z = 0$ mitt i hålet.) (2p)



Formler: Airy-funktionen

$$\frac{I_t}{I_o} = \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \frac{\delta}{2}}$$

Jonesvektorer/matriser:

$$\text{Horisontell } \mathcal{P} \quad \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Vertikal } \mathcal{P} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Vänstercirkulärpolarisation } \mathcal{L} \quad \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}$$

$$\text{Högercirkulärpolarisation } \mathcal{R} \quad \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix}$$

$$\text{Planpolarisator horisontell} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Planpolarisator vertikal} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda/4\text{-platta, snabba axeln vertikal} \quad e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -i \end{bmatrix}$$

$$\lambda/4\text{-platta, snabba axeln horisontell} \quad e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$$

Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:

att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas

att samtliga införda symboler definieras

att rätt svar med rätt enhet avges.

Avsluta alla beräkningsproblem med ett tydligt, inramat **Svar**

Första all lösningar

- 1) a) tre reflektioner vid Brewstervinkeln med lind gk, och polarisation av spritt ljus (förhållena återkommer om m)
 b) Bild 1: En "tripelspekt" där "spalten" är rektangulära
 Bild 2: Triangelar aperture (linsidig triangel)

2) Teor. t.ex. med $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \Leftrightarrow$

$$\begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \sin \theta \cos \theta \\ \sin \theta \cos \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos^2 \theta \\ \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix}$$

om $\theta = 0 \Rightarrow \begin{pmatrix} \cos^2 \theta \\ \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ infallande ljus passerar

om $\theta = 90^\circ \Rightarrow \begin{pmatrix} \cos^2 \theta \\ \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ infallande ljus blockerats

Föreligger vara en plan polarisator där polarisationsriktningen (genomfallspolarisationer) bildar vinkeln θ mot horisontalplanet

Teor. t.ex. med två korrekte polarisatorer

$$\begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \sin \theta \cos \theta \\ \sin \theta \cos \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos^2 \varphi & \sin \varphi \cos \varphi \\ \sin \varphi \cos \varphi & \sin^2 \varphi \end{pmatrix}$$

der $\varphi = \theta + 90^\circ$

$$\left. \begin{matrix} \cos \varphi = -\sin \theta \\ \sin \varphi = \cos \theta \end{matrix} \right\} \Rightarrow \begin{pmatrix} & \\ & \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Svar En plan polarisator där polarisationsriktningen bildar vinkeln θ med horisontalplanet

3

Beräkna Arter linsens Abbildning:

Linseformeln:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 0,5 \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10} \right) = \frac{1}{20}$$

$$\Rightarrow f = 20 \text{ cm}$$

Linseformeln:

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} \Rightarrow b_1 = 60 \text{ cm}$$

alltså kommer bilden 10 cm till höger om spegelytan.

Reflexion i spegel ger en reell bild 10 cm till vänster om spegelytan.

Se den linseformeln igen:

$$\frac{1}{40} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{20} \Rightarrow b_2 = 40 \text{ cm}$$

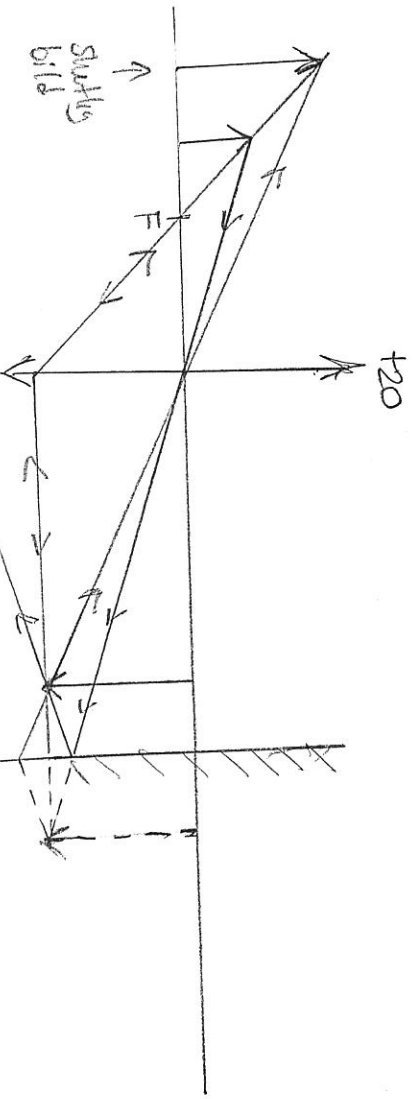
alltså slutlig bild (reell) 40 cm till vänster om linsen.

$$\text{Förstoring: } M_1 = \frac{60}{30} = 2$$

$$M_2 = 1 \quad \text{spegeln}$$

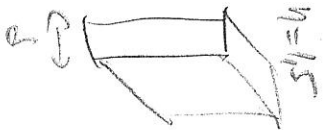
$$M_3 = \frac{40}{40} = 1$$

$$\text{Totalt: } M = M_1 M_2 M_3 = 2 \quad \therefore \text{Förstorat blir}$$



Svar: Slutlig bild 40 cm till vänster om linsen, rättvänd och 20 cm hög

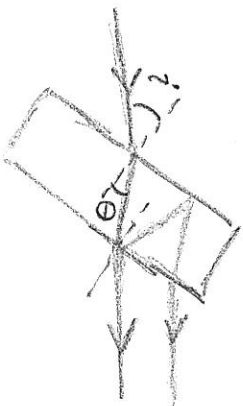
(4)



Färg Föret

$\lambda_0 = 442 \text{ nm}$

När diameteren blir $2nd = n\lambda_0$ (Undervärta)



Väggskallvuden blir nu $2d \cos \theta$ (Se her, Hecht)

det θ är under "innes" gränsvuden

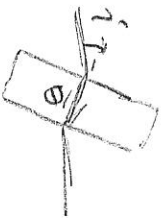
Brytningslagen: $\sin i = n \sin \theta$

När diameteren är $2n \cos \theta = n\lambda$

$$\text{eller } \lambda = \lambda_0 \cos \theta = \lambda_0 (1 - \sin^2 \theta)^{1/2} = \lambda_0 \left(1 - \left(\frac{\sin i}{n}\right)^2\right)^{1/2}$$

Hur stort blir i (och θ) vara?

Pråk för totalreflektion?



Gränsvuden: $\sin \theta = \frac{1}{n} \Rightarrow \theta = 41,8^\circ$

$\Rightarrow \sin i = n \cdot \sin \theta = 1 \Rightarrow i = 90^\circ$

detta reflektion är vid 90°

$$\text{Om } i = 90^\circ; \lambda = \lambda_0 \left(1 - \left(\frac{1}{n}\right)^2\right)^{1/2} = 329 \text{ nm}$$

$$329 \text{ nm} < \lambda \leq 442 \text{ nm}$$

Upplösning: "Normalt" när en dopp ligger på sin andra toppar 50% förde
In te möjligt för eftersom

$I_{\text{min}} = 0,86$ av I_{max}

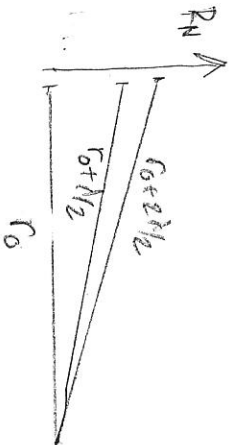
$$\text{fy } R = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 = 0,04 \text{ (kollä i Any-Ambitionen)}$$

$$\text{Svar: } 329 < \lambda \leq 442 \text{ nm}$$

In te möjligt med 50% vetaen - lägg något mer för en toppen vid min för andra - berne gör knappt

5

Resultzoner



$$R_D = \sqrt{\left(r_0 + N \frac{\lambda}{2}\right)^2 - r_0^2} = \sqrt{N r_0 \lambda + N^2 \frac{\lambda^2}{4}}$$

approximeras ortz: $R_D \approx \sqrt{N r_0 \lambda}$

Fremdzone rader:

$$\lambda = 667 \text{ mm}$$

R_0 (m)	N	R_D (mm)	
0,15	6	0,77	
	7	0,84	
	8	0,89	
	9	0,95	
	10	1,00	
			Vi 1 0,15 m hur vi 10 zoner \Rightarrow vorkt
0,30	4	0,9	
	5	1,00	Vi 2 0,30 m hur vi 5 zoner \Rightarrow just

Emellan dessa vorkle vi ha 6,7,8,9 zoner, dur just, vorkt, just, vorkt

Intensitet: $I_0 = 1,0 \text{ W/m}^2$

Maxintensitet $4I_0 = 4,0 \text{ W/m}^2$

Var ar platen med 6,7,8,9 zoner?

$$R_0 = \frac{R_D^2}{N \lambda} \Rightarrow \begin{aligned} R_{66} &= 0,250 \text{ m} \\ R_{67} &= 0,214 \text{ m} \\ R_{68} &= 0,187 \text{ m} \\ R_{69} &= 0,167 \text{ m} \end{aligned}$$

