

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

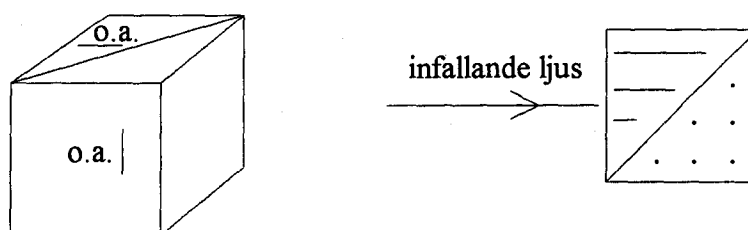
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 02-09-13 kl. 12.00.

Granskning kan ske 02-09-13 kl. 12.00-12.20 i sal FL11.

1. Figuren nedan visar en kubisk Rochonpolarisator. Kuben är sammansatt av två kvartsprismor där den optiska axeln har olika orientering i de två delarna (optiska axelns orientering markeras av streck och punkter i figuren, i den högra figuren ses dubbelprismat ovanifrån). Opolariserat ljus infaller vinkelrätt mot en av kubens ytor, se figuren. Beskriv kvalitativt men utförligt (inga beräkningar krävs) med hjälp av en figur hur en infallande ljusstråle bryts i dubbelprismat och polarisationen för strålarna. För kvarts gäller att  $n_o=1,54424$  och  $n_{e0}=1,55335$ . (4 p)



2. Om opolariserat ljus infaller vinkelrätt från luft mot ytan av en glasplatta reflekteras 5,0% av den infallande intensiteten vid den första glasytan. Hur mycket av den infallande intensiteten reflekteras vid den första glasytan om ljuset istället får infalla under polarisationsvinkeln? (4 p)
3. I en damm finns en rundstrålande glödlampa 1,0 m under vattenytan. Nattetid syns en lysande "cirkelskiva" på vattenytan rakt över glödlampan. Hur stor är diametern på denna cirkelskiva? Brytningsindex för vatten är 1,33. (4 p)
4. En person betraktar sitt ena öga, först i en plan spegel, sedan i en konkav spegel (krökningsradie 80 cm). I båda fallen placeras ögat 30 cm framför spegeln. Ögat ser sin egen pupilldiameter uppta en viss synvinkel i den betraktade spegelbilden. Hur många

gånge större synvinkel ger den konkava spegeln i jämförelse med den plana spegeln?  
(4 p)

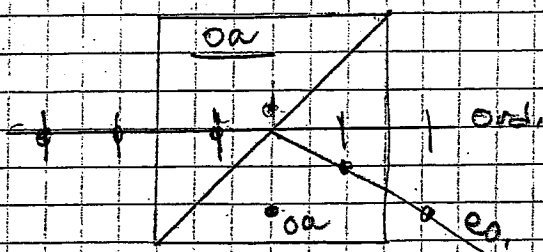
5. Monokromatiskt ljus från en punktformad ljuskälla infaller mot en skärm med ett litet hål. På en film strax bakom skärmen syns ett diffraktionsfenomen. Avståndet mellan punktkällan och skärmen är 2,0 mm och avståndet mellan skärmen och filmen är 1,0 mm. Hålets diameter är 0,10 mm och ljusets våglängd är 470 nm. Hur många gånger blir det ljust i mitten på diffraktionsbilden på filmen om hålets storlek långsamt minskar tills det helt försvinner? (4 p)

---

**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

Förslag till lösningar:

1



I första prismet:

Båda strålningsriktningarna är  $\perp$  mot o.a. Ingen brytning.

I andra prismet:

Ordinarie stråle  $\perp$  o.a. -

- Samma brytningsindex som i första prismet - Ingen brytning

extraordinär stråle  $\parallel$  o.a.

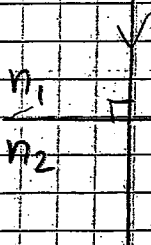
Brytningsindex är alltså

högre i andra prismet ( $n_{ea}$ ) -

Brytning mot normalen

(Brytningen är kraftigt överdriven i figuren)

2



Vinkelrät infall;  $R = 5\%$

$$\text{Fresnel: } \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 = 0.05 \quad n_1 = 1$$

$$\text{lös ut } n_2 \Rightarrow n_2 = 1,576$$

Brytningsvinkel:  $i = \arctan n_2 = 1,005 \text{ rad}$



Brytningslagen:  $\sin i = n_2 \sin b$

$$\Rightarrow \sin b = \frac{\sin i}{n_2} \Rightarrow b = 0,565 \text{ rad}$$

$$\text{Fresnel: } r_{\perp}^2 = \left( \frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)} \right)^2 = 0,181 = R_{\perp}$$

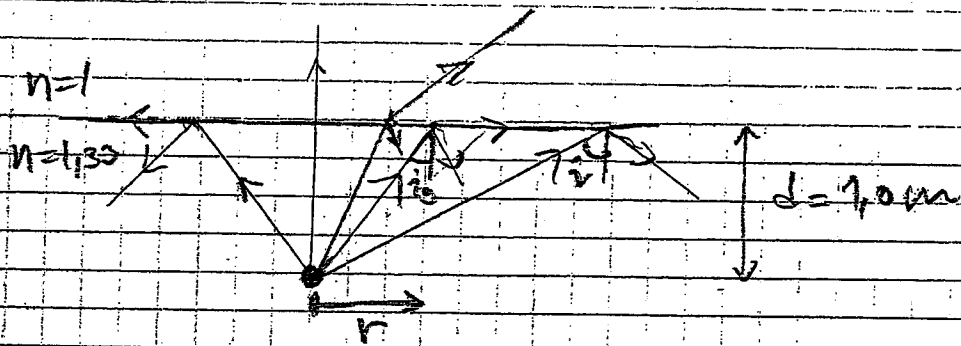
Infallande ljus är opol:  $I_i = I_{i\perp} + I_{i\parallel}$

$$\text{och } I_{i\perp} = I_{i\parallel} \Rightarrow I_{r\perp} = R_{\perp} I_{i\perp} = \frac{R_{\perp}}{2} I_i$$

Svar 9,1% reflekteras

(Inget av  $I_{i\parallel}$  reflekteras)

3



Ljuset från lampen totalreflekteras

om  $i > i_g$  - gränsvinkeln för totalreflektion

Vid gränsen blir  $\theta = 90^\circ$

Brytningslagen:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin 90^\circ = n_2$$

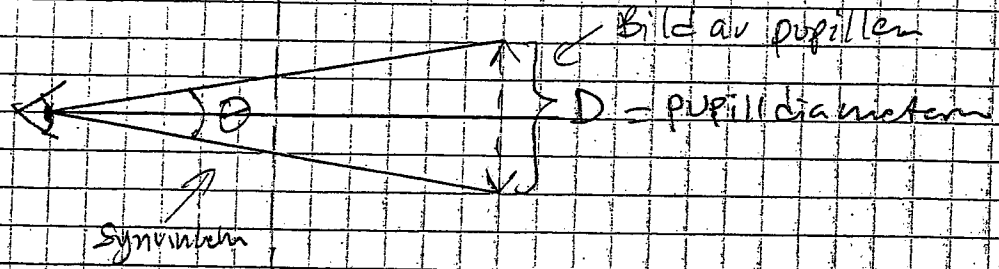
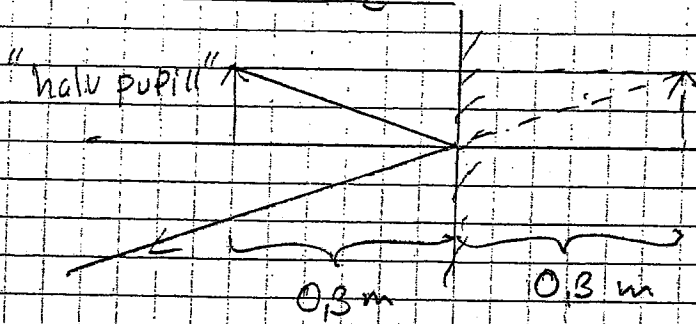
$$\Rightarrow \sin i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1.33} \Rightarrow i = 48.7^\circ$$

$$\therefore r = \frac{d}{2} \tan 48.7^\circ = 1.14 \text{ m (radie)}$$

Sum: diametern är 2.3 m

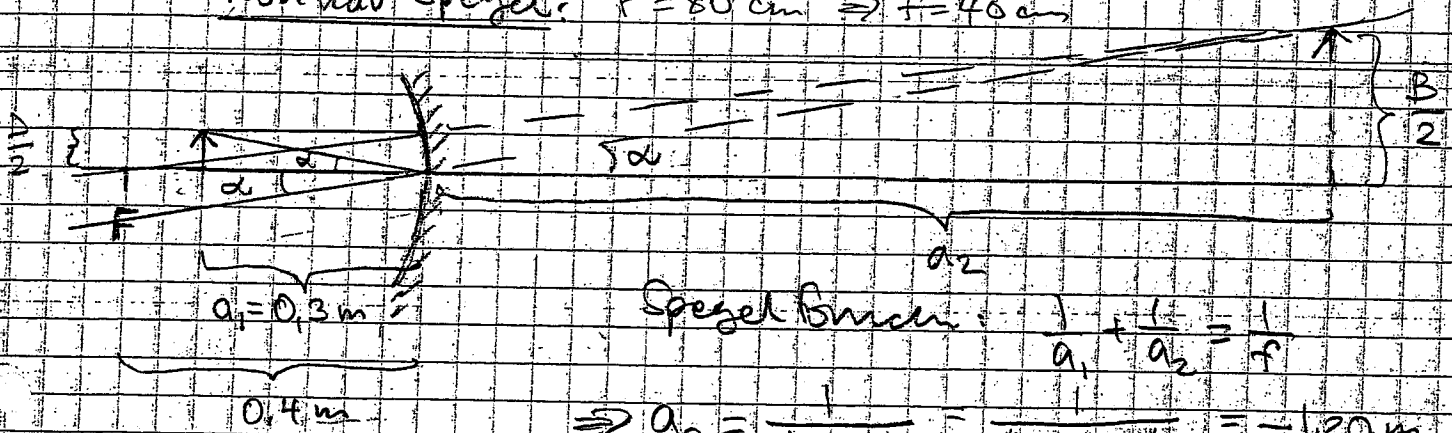
4

Plan spegel:



$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D}{2 \cdot 0,6} = \frac{D}{1,2}$$

Konkav spegel:  $r = 80 \text{ cm} \Rightarrow f = 40 \text{ cm}$

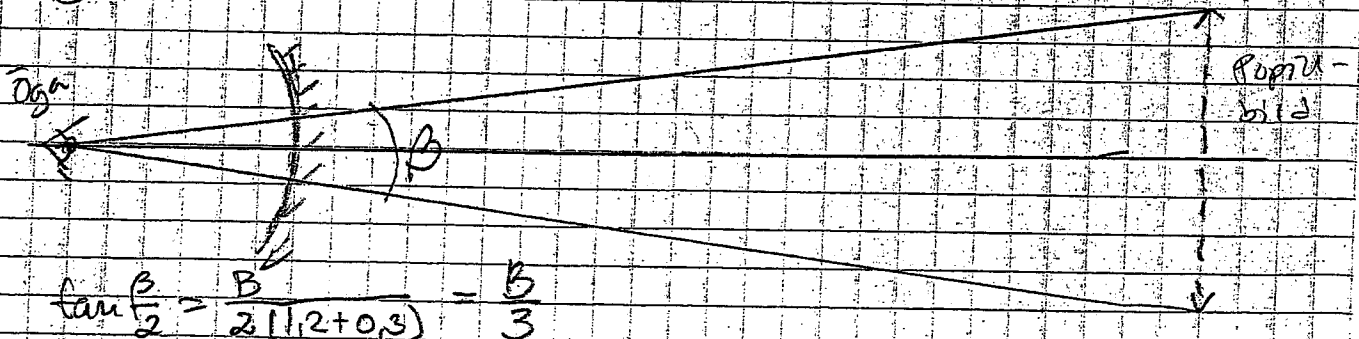


Spegel formel:  $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f}$

$$\Rightarrow a_2 = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{a_1}} = \frac{1}{\frac{1}{0,40} - \frac{1}{0,30}} = -1,20 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{B}{2 a_2} = \frac{D}{2 \cdot a_1} \Rightarrow B = \frac{a_2}{a_1} D = \frac{1,2}{0,3} D = 4 D$$

Symmetri:

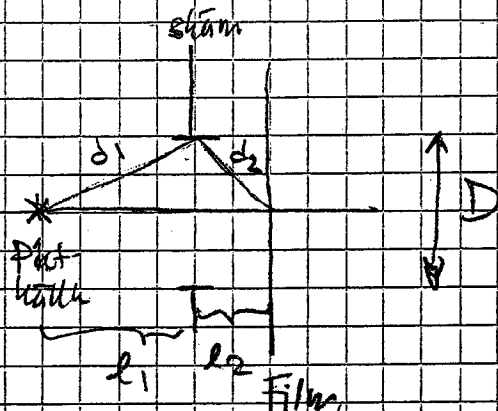


$$\tan \frac{\beta}{2} = \frac{B}{2(1,2+0,3)} = \frac{B}{3}$$

$$\tan \theta \text{ nu: } \frac{B}{D} = \frac{\tan \beta/2}{\tan \theta/2} = \frac{B}{3} \cdot \frac{1,2}{D} = \frac{4D \cdot 1,2}{3 \cdot D} = 1,6$$

Svar: 1,6 ggr

(5)



$$\lambda = 470 \text{ nm}$$

$$D = 0,10 \text{ mm}$$

$$l_1 = 2,0 \text{ mm}$$

$$l_2 = 1,0 \text{ mm}$$

Var vana Fresnel diffraktion (kollas enkelt med "barnregeln")

Bestäm ut vägen för Fresnelzonerna

(både källa och mål är på ändligt avstånd)

$$(d_1 + d_2) - (l_1 + l_2) = m \frac{\lambda}{2}$$

Vänstra delen:

$$d_1 = \sqrt{l_1^2 + R_m^2} \approx l_1 \left( 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{R_m}{l_1} \right)^2 \right)$$

↑  
serierutveckling

$$\text{Så: } f(x) = f(0) + f'(0) \cdot x + \dots$$

$$\therefore \sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2\sqrt{1+x}} \approx 1 + \frac{x}{2}$$

↑  
<math>x \ll 1</math> försummas

$$\text{Här är } x = \frac{R_m^2}{l_1^2}$$

där  $R_m$  är Fresnelzonens yttervärd

$$\text{Högra delen: (PSS)} \quad d_2 = \sqrt{l_2^2 + R_m^2} \approx l_2 \left( 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{R_m}{l_2} \right)^2 \right)$$

$$\therefore (d_1 + d_2) - (l_1 + l_2) = \frac{1}{2} R_m^2 \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right)$$

5 Guds)

$$\Rightarrow m = \frac{2}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} \cdot R_m^2 \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) = [\text{ms}] = 7,98 \approx 8$$

$m = \text{jämnt} \Rightarrow \text{mörkt}$

$m = \text{udda} \Rightarrow \text{ljus}$

1,3,5,7 zoner  $\Rightarrow$  ljus 4 ggr

Gäller fortfarande Fresnel diffraction

då  $m \neq 1$ ?

$$R_m = \sqrt{\frac{m \lambda}{\left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right)}} = [\text{ms}] = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ meter}$$

"minsta öppning":  $R_1 = 18 \mu\text{m}$

Ullkor Fraunhoferom  $D < 22 \mu\text{m}$  -

- men då är det ju ljus också!!

När hålet är helt stängt är

det mörkt. - alltså 4 ggr!

Svar: 4 ggr