

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

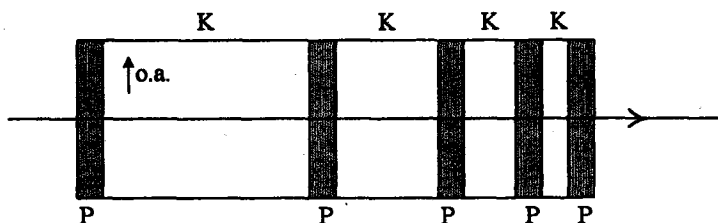
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 01-09-14 kl. 12.00.

Granskning kan ske 01-09-14 kl. 12.00-12.30 i sal FL11.

1. Beskriv de avbildningar man kan få av ett reellt föremål med hjälp av en konkav sfärisk spegel. Tydliga figurer som visar strålgången och beskrivningar av bilden (förstoring etc.) erfordras. (4p)
2. Figuren nedan visar ett filter som endast släpper igenom vissa våglängder. Det består av en polarisator (P i figuren) följt av en kvartsplatta (K) vars optiska axel (som är vinkelrät mot strålen) bildar 45° vinkel med polarisatorns genomsläppsriktning. Efter kvartsplattan följer ytterligare en polarisator med samma genomsläppsriktning som den första polarisatorn. Den andra polarisatorn följs av en andra kvartsplatta orienterad på samma sätt som den första kvartsplattan och så vidare. Varje kvartsplatta har halva tjockleken jämfört med den närmast föregående plattan. Filtret är konstruerat med fyra kvartsplattor som har tjockleken 2,00, 1,00, 0,500 och 0,250 mm. Det är avsett att släppa igenom våglängden 568,75 nm med maximal intensitet (bortse från både reflexions- och absorptionsförluster i polarisatorer och kvartsplattor och från den optiska aktiviteten i kvarts). Vilka andra våglängder släpps igenom med maximal intensitet? Det räcker att svara med de våglängder som är närmast över respektive under 568,75 nm. Använd $n_o = 1,5442$ och $n_{e0} = 1,5533$ för kvarts. (4p)



3. Opolariserat ljus infaller med infallsvinkeln $40,0^\circ$ från luft mot en plan glasyta. Det reflekterade ljusets polarisationsgrad är 0,60. Beräkna brytningsindex för glaset. (4p)

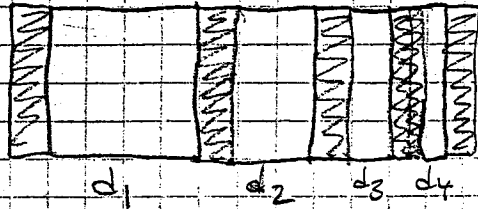
4. Ett interferensfilter är uppbyggt av två glasplattor som vardera har en försilvrad sida. De försilvrade ytorna är parallella och riktade mot varandra och mellanrummet mellan plattorna är luftfyllt. Filtret är utformat så att det skall endast släppa igenom ljus med våglängden 550 nm då det belyses med vitt ljus (400 - 800 nm).
- a) Vilken är den högsta interferensordning som kan utnyttjas? (1p)
- b) Bestäm det transmitterade ljusets bandbredd (bredden vid halva höjden uttryckt i nm). (3p)
- Antag att varje ytas reflektans är 0,90 och att absorptionen är försumbar.
5. Hos en katt är pupillen vid nattseende en cirkulär öppning med en diameter på 10 mm. I dagsljus dras pupillen ihop till en smal spalt med bredden 1,5 mm. Beräkna på hur stort avstånd katten kan upplösa två små ljuskällor på inbördes avstånd 5,0 cm vid natt- respektive dagseende om upplösningsförmågan bestäms endast av pupillens storlek. Antag för enkelhets skull att våglängden är 589 nm och att brytningsindex är 1,0 överallt (även i kattögat). (4p)

Formler: Airy-funktionen

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

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

2



$$n_o = 1,5442$$

$$n_{e0} = 1,5533$$

$$\lambda = 568,75 \text{ nm}$$

Kvartsp Plattorna måste fungera som " λ -plattor"
(helvåg längdsplattor) om ljuset skall passera
med max intensitet.

$$d = \lambda \frac{m}{|n_o - n_{e0}|}$$

$$\text{Platta 1: } m = \frac{|n_o - n_{e0}| d}{\lambda} = \frac{|1,5442 - 1,5533| \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{568,75 \cdot 10^{-9}} = 32$$

$$\text{Platta 2: } m = 16$$

$$\text{Platta 3: } m = 8$$

$$\text{Platta 4: } m = 4$$

Andra våglängder som passerar platta 4:

$$m_1 \lambda_1 = |n_o - n_{e0}| \cdot d_4 = m_2 \lambda_2$$

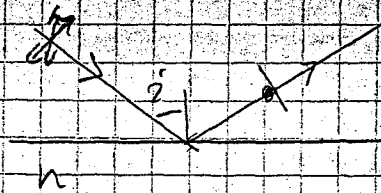
$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{m_1 \lambda_1}{m_2} = \frac{4 \cdot 568,75 \cdot 10^{-9}}{m_2}$$

$$\text{Om } m_2 = 3 \Rightarrow 758 \text{ nm}$$

$$m_2 = 5 \Rightarrow 455 \text{ nm}$$

Står

3



$$i = 40^\circ$$

Polensverhouding 0,6
has reflectans 4,0

$$n = ?$$

Polensverhouding:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = 0,6 \Rightarrow \frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{1,6}{0,4} = 4,0$$

Fresnel's formules:

$$r_{\perp} = -\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)} \quad (r_{\perp} > r_{\parallel})$$

$$r_{\parallel} = \frac{\tan(i-b)}{\tan(i+b)}$$

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{I_{r_{\perp}}}{I_{r_{\parallel}}} = \frac{\sin^2(i-b) \tan^2(i+b)}{\sin^2(i+b) \tan^2(i-b)} = 4,0$$

$$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

$$\Rightarrow \frac{\cos^2(i-b)}{\cos^2(i+b)} = 4$$

$$\Rightarrow \frac{\cos(i-b)}{\cos(i+b)} = \pm 2$$

$$2 \cos(i+b) = \cos(i-b)$$

$$2(\cos i \cos b - \sin i \sin b) = (\cos i \cos b + \sin i \sin b)$$

$$\cos i \cos b = 3 \sin i \sin b$$

$$1 = 3 \tan i \tan b$$

$$\Rightarrow \tan b = \frac{1}{3 \tan i} = \frac{1}{3 \tan 40^\circ}$$

$$\Rightarrow b = -21,67^\circ$$

Brydningslagen:

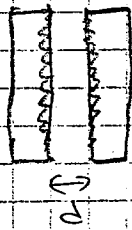
$$\sin i = n \sin b$$

$$n = \frac{\sin i}{\sin b} = 1,74$$

$$\underline{\underline{Svar: 1,74}}$$

4

Interferensfilter



$$\lambda = 550 \text{ nm}$$

$$R = 0,90$$

I_{in} : vitt ljus 400 - 800 nm

Konstruktiv interferens, vilket väntar i fall

$$2d = m\lambda \quad 400 < \lambda < 800 \text{ nm}$$

"Rätt" $\lambda = 550 \text{ nm}$

Andra λ som stäpps igenom: (värnaste)

$$\lambda_{\text{läg}} = \frac{2d}{m+1} < 400 \text{ nm} \quad \lambda_{\text{hög}} = \frac{2d}{m-1} > 800 \text{ nm}$$

Kolla för olika värden på m :

$m=1$: $\lambda_{\text{läg}} = \frac{2d}{2} = \frac{\lambda}{2} = 275 \text{ nm}$ (ok)

$\lambda_{\text{hög}}$ finns ej (ok)

$m=2$: $\lambda_{\text{läg}} = \frac{2}{3}\lambda = 367 \text{ nm}$ (ok)

$\lambda_{\text{hög}} = 2\lambda = 1100 \text{ nm}$ (ok)

$m=3$: $\lambda_{\text{läg}} = \frac{3}{4}\lambda = 412 \text{ nm}$ (går inte)

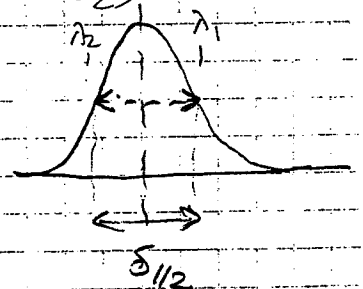
D.v.s. högsta interferensordning = 2

Avsnittsfunktionen: $\frac{I_t}{I_i} = \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2(\frac{\delta}{2})} = A$

$$R + T = 1$$

$$A = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin^2\left(\frac{\delta_{1/2}}{2}\right) = \frac{(1-R)^2}{4R}$$

$$\Rightarrow \delta_{1/2} = 0,105 \text{ rad}$$



$$\delta_{\text{max}} = \frac{4\pi d}{\lambda} + \text{konst.} \Rightarrow \lambda = \frac{4\pi d}{\delta_{\text{max}} - \text{konst.}} = 550 \text{ nm}$$

$$\lambda_1 = \frac{4\pi d}{\delta_{\text{max}} - \text{konst.} + 0,105} = 545,4 \text{ nm} \quad \lambda_2 = \dots = 554,6 \text{ nm}$$

$\frac{4\pi d}{\lambda} \approx \frac{4\pi}{\lambda} d$ ty $d = m\frac{\lambda}{2}$

Svar: a) 2
b) 9,2 nm

5

Kattögn

Natt:



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

Cirkulär öppning

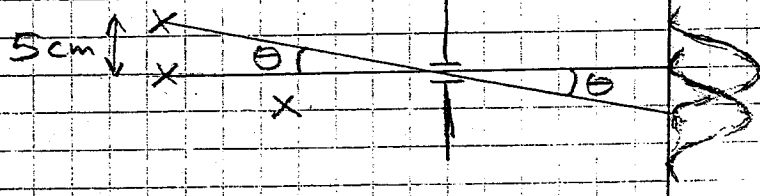
Day



$$b = 1,5 \text{ mm}$$



Smal spalt



$$\lambda = 589 \text{ nm}$$

$$n = 1$$

$$\text{Natt: } \theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\text{Day: } \theta \approx \frac{\lambda}{b}$$

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{0,05}{x}$$

$$\text{Natt: } \frac{0,05}{x} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$x = \frac{0,05 \cdot D}{1,22 \cdot \lambda} = \frac{0,05 \cdot 0,010}{1,22 \cdot 589 \cdot 10^{-9}} = 696 \text{ m}$$

$$\text{Day: } \frac{0,05}{x} = \frac{\lambda}{b}$$

$$x = \frac{b \cdot 0,05}{\lambda} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{589 \cdot 10^{-9}} = 127 \text{ m}$$

Svar: Day: 0,13 km

Natt: 0,70 km