

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

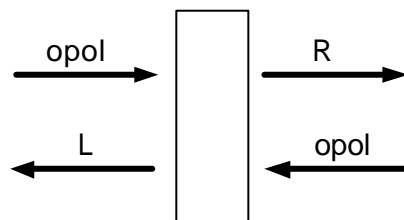
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2004-03-31 kl. 12.00.

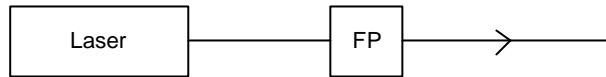
Granskning kan ske 2004-03-31 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

1. Om man låter opolariserat ljus falla in mot ena sidan av en viss optisk anordning kommer högercirkulärpolariserat ljus ut på andra sidan. Om man istället låter opolariserat ljus falla in i motsatt riktning (mot samma anordning) kommer det ut vänstercirkulärpolariserat ljus. Förklara i detalj funktion och konstruktion hos anordningen. (4p)



2. En planpolariserad ljusstråle infaller från luft mot ett medium med brytningsindex n . Infallsvinkeln är lika med polarisationsvinkeln, E-vektorn hos det infallande ljuset ligger i infallsplanet och dess amplitud är E_0 . Jämför intensiteten hos den infallande och den transmitterade vågen och visa att resultatet stämmer med energiprincipen. (4p)
3. Två identiska tunna plankonvexa linser har vardera **en** yta som är försedd med ett reflekterande skikt, den ena har det reflekterande skiktet på den plana sidan, den andra har det reflekterande skiktet på den konvexa sidan. Glaset har brytningsindex 1,5. Beräkna förhållandet mellan ”spegellinsernas” fokallängder om ljuset faller in mot den icke-reflekterande ytan. (4 p)

4. En gaslaser har en 0,40 m lång laserkavitet och den spontana emissionen sker inom ett $3,0 \cdot 10^9$ Hz brett frekvensområde. Man låter laserstrålen passera en Fabry-Perot-interferometer eftersom man vill göra ljuset ”mer monokromatiskt”.
- a) Hur många frekvensmoder sänder lasern ut? (1p)
- b) Hur stort skall avståndet mellan plattorna i interferometern vara om ljusets koherenslängd skall vara större än 1,0 m? (3 p)

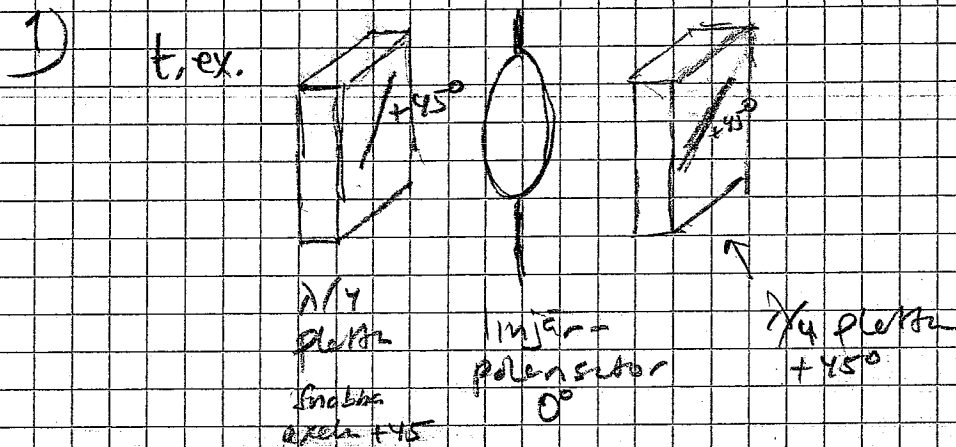


5. En Michelsoninterferometer är initialt inställd så att den har lika långa ”armar”. Om ljuskällan sänder ut ljus med lång koherenslängd kan ena spegeln flyttas ganska långt från utgångsläget utan att fransvisibiliteten ändras i större grad. Vid ett försök med en sådan interferometer upptäckte man emellertid att fransvisibiliteten fluktuerade. När spegeln flyttades från utgångsläget (lika långa armar) minskade visibiliteten för att nå ett minsta värde, 88% av det förväntade värdet, när spegeln flyttats 12 mm från utgångsläget. Om spegeln flyttades ännu längre bort ökade visibiliteten igen för sedan åter falla etc. Detta beror på att ljuskällan istället för att vara helt monokromatisk sänder ut två distinkta frekvenser. Bestäm frekvensskillnaden mellan dessa och den relativa intensiteten för de två utsända frekvenserna. (4p)

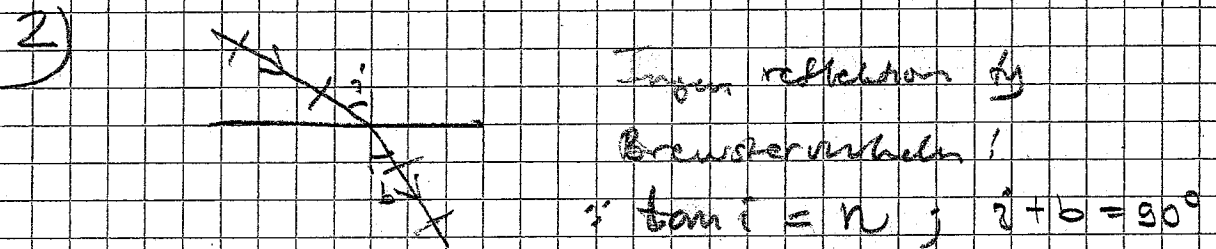
Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
att samtliga införda symboler definieras
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

Förslag till lösningar:



Motiventy krävs



$$t_{\parallel} = \frac{2 \cos i}{\cos b + n \cos r} = \frac{2}{\frac{\cos b}{\sin i} + n \frac{1}{\tan i}} =$$

↑
delar med $\sin i$

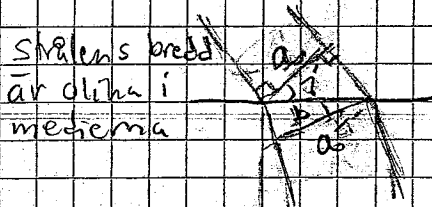
$$= \frac{2/n}{\frac{\cos b}{\sin i} + 1} = \frac{2/n}{\frac{\cos(90^\circ - i)}{\sin i} + 1} =$$

$$= \frac{2/n}{\frac{\sin i}{\sin i} + 1} = \frac{1}{n}$$

$$I_i = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2$$

$$I_t = \frac{1}{2} n c \epsilon_0 \frac{1}{n^2} E_0^2 = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2 \cdot \frac{1}{n}$$

Stämmer med energiprincipen? Ja!

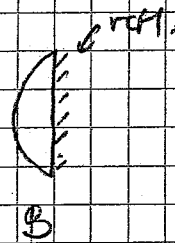
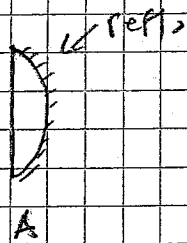


Svar: Se ovan

$$\therefore I_t \cdot a' = I_i \cdot A \cdot n = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2 \frac{1}{n} \cdot A \cdot n = I_i \cdot a$$

OK!

3)



Junna luser
 $n = 1,5$

A) Strålar// axeln passera först genom objektivet.

Reflektion i spegelytan:

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{b_1} = \frac{2}{R} \Rightarrow b_1 = \frac{R}{2}$$

Brytning i glas \rightarrow luft

$$\frac{n}{-R/2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1-n}{\infty} \quad \text{Descartes formel}$$

$$\Rightarrow b_2 = \frac{R}{2n} \left(\frac{R}{3} \right) \Rightarrow \text{glas ligger } \frac{R}{2n} \text{ från linsen}$$

(kom här - tunn lins)

B) Strålar// axeln bryts i glas \rightarrow luft

$$\frac{1}{\infty} + \frac{n}{b_1} = \frac{n-1}{-R} \Rightarrow b_1 = \frac{R \cdot n}{(n-1)} \quad \text{(Descartes formel)}$$

Reflektion i plan spegel: $b_2 = b_1$

Brytning i glas \rightarrow luft:

$$\frac{n}{-b_1} + \frac{1}{b_3} = \frac{1-n}{-R} \quad \text{Descartes formel}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b_3} = \frac{1-n}{-R} + \frac{n}{b_1} = \frac{1-n}{-R} + \frac{n(n-1)}{R \cdot n} = \frac{(n-1)(1+1)}{R} = \frac{2(n-1)}{R} \left(= \frac{1}{R} \right)$$

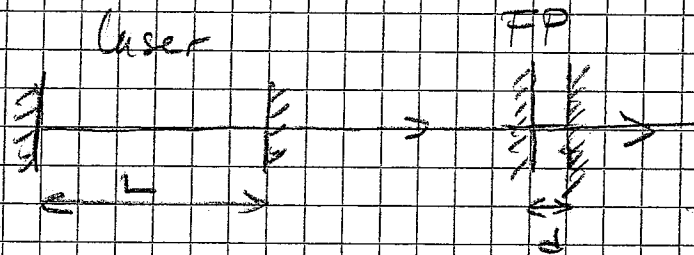
(alltså 1/dubbelavståndet i samma fall)

Förhållandet $\frac{f_A}{f_B} = \frac{R \cdot 2(n-1)}{2n \cdot R} = \frac{n-1}{n}$

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{1,5-1}{1,5} = \frac{1}{3,0}$$

Svar $f_A/f_B = 1/3,0$

4)



Laser: Spontan emission: $\Delta\nu_s = 3 \text{ GHz}$

Laserkavitetsens modus: $n \approx 1$ (gas)

$$2L = m\lambda = \frac{m \cdot c}{\nu} \Rightarrow \nu_L = \frac{m c}{2L}$$

Modusstånd: $\Delta\nu_{FSR} = \frac{c}{2L} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,4} = 3,75 \cdot 10^8 \text{ Hz}$

Alltän för ν : $\frac{3 \cdot 10^9}{3,75 \cdot 10^8} = 8 \text{ modus}$

Fabry-Pérot-interferometern:

$$\Delta\nu_{FP} = \frac{c}{2d} \quad \text{Om } \Delta\nu_{FP} > 3 \cdot 10^9 \text{ Hz kan vi ha singlens}$$

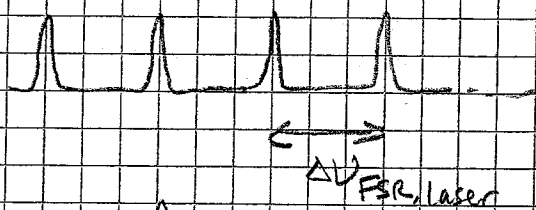
$$\Rightarrow d < \frac{c}{2 \cdot \Delta\nu_{FP}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 3 \cdot 10^9} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ m}$$

Ger single-mode

Uppskattning av kohärenslängden:

$$\Delta L_k = \frac{c}{\Delta\nu} \quad \text{får modus: } \Delta L_k = \frac{c}{\Delta\nu_{FSR, laser}} =$$

Output:



$$= \frac{3 \cdot 10^8}{3,75 \cdot 10^8} = 0,8 \text{ m}$$

Single mode:

$$\Delta L_k > 0,8 \text{ m}$$

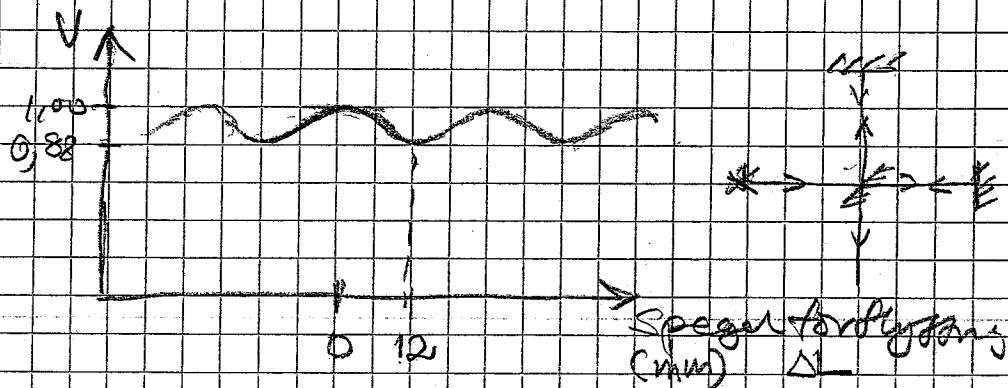
ty toppbredden $\ll \Delta\nu_{FSR}$

$$\Delta\nu_{FSR, FP}$$

(Om R är rimligt stort)

Svar: ≈ 8 modus, plattorstånd t.ex. 4,0 cm

5



två våglängder λ_1, λ_2

Vid max konstruktivitet möter interfransmax på samma ställe för

beda våglängderna, vid minima har t.ex. ena våglängden max och den andra min vid samma ställe.

$$\begin{cases} 2\Delta L = m \lambda_1 & (i) \\ 2\Delta L = (m + \frac{1}{2}) \lambda_2 & \text{vid första min} \end{cases} \quad (\Delta L = 12 \text{ mm})$$

$$m \lambda_1 = m \lambda_2 + \frac{\lambda_2}{2} \quad \text{och } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{m c}{\nu_1} = \frac{m c}{\nu_2} + \frac{c}{2\nu_2} \Rightarrow 2m\nu_2 = 2m\nu_1 + \nu_1$$

$$\nu_2 - \nu_1 = \frac{\nu_1}{2m} = \frac{c}{\underbrace{2\Delta L \cdot 2}_{\nu_1/m}} = \frac{c}{4 \cdot \Delta L}$$

$$\Delta \nu = \frac{c}{4 \cdot \Delta L} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 6,2 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

$$\text{Visibiliteten: } V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = 0,88$$

$$0,12 I_{\max} = 1,88 I_{\min} \Rightarrow I_{\max} = 15,7 I_{\min}$$

"Inkoherenta källor" $\Rightarrow I_1 = 15,7 \cdot I_2$

$$\text{Svar: } \Delta \nu = 6,2 \text{ GHz, } I_1/I_2 = 16$$