

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

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

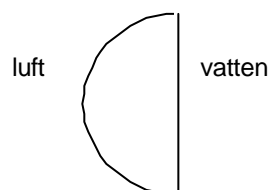
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

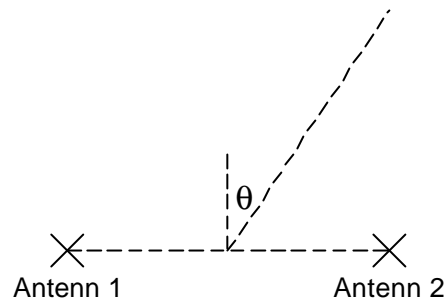
Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2004-09-15 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2004-09-15 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

-
1. Beskriv funktion, vad som lämpligen kan mätas samt fördelar och nackdelar med följande interferometrar:
 - a) Michelsoninterferometern (2p)
 - b) Fabry-Perotinterferometern (2p)
 2. Linjärpolariserat ljus infaller med infallsvinkeln 45° från luft mot en vattenyta ($n=1,33$). Vilken vinkel skall det infallande ljusets polarisationsplan bilda mot infallsplanet om det reflekterade ljuset skall bli linjärpolariserat med 45° vinkel mellan infallsplanet och polarisationsplanet? (4p)
 3. Beskriv hur man med hjälp av en optiskt aktiv ”skiva” och två linjärpolarisatorer kan konstruera ett filter som har max transmission för ljus med våglängden 656,3 nm men som inte släpper igenom våglängden 486,1 nm. Välj ett lämpligt optiskt aktivt material med hjälp av data ur Physics Handbook och beräkna ”skivans” tjocklek. (4p)
 4. En homogen halvsfär i glas ($n=1,5$) används som lins. Den sfäriska ytan är omgiven av luft och mediet utanför den plana ytan är vatten ($n= 1,33$). Beräkna brännpunkternas läge på symmetriaxeln om halvsfärens radie är 10 cm. (4p)



5. En radiostation har två identiska rundstrålande antenner, placerade 150 m från varandra. Båda antennerna sänder ut samma signal men signalen från ena antennen är fasförskjuten $\pi/2$ i förhållande till den som sänds ut från den andra antennen. Beräkna den utstrålade intensitetens riktningberoende (θ -beroendet) på långt avstånd från antennerna. Visa också i en figur (skiss) intensitetens θ -beroende. Radiostationen sänder med frekvensen 500 kHz. (4p)

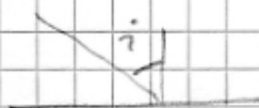


Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
att samtliga införda symboler definieras
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

Förslag till lösningar =

②

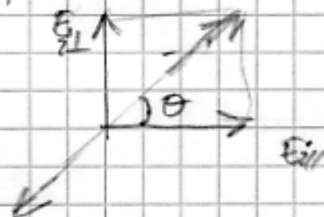


$$i = 45^\circ$$

Brytningslagen:

$$\sin i = n \sin b \Rightarrow b = 32,1^\circ \quad n = 1,33 \text{ enl. P.H.}$$

Infallande ljus:

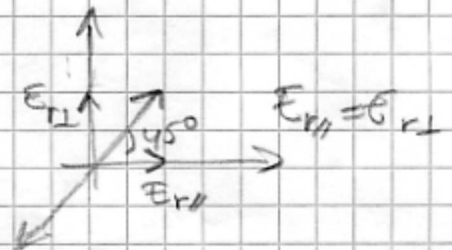
 $E_{i\parallel}, E_{i\perp}$


$$\tan \theta = \frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}}$$

Reflekterat ljus:

$$r_{\perp} = -\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)} = \frac{E_{r\perp}}{E_{i\perp}}$$

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



$$\Rightarrow \frac{E_{r\perp}}{E_{r\parallel}} = -\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)} \frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}} \frac{\tan(i+b)}{\tan(i-b)} =$$

$$= \frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}} \frac{\cos(i-b)}{\cos(i+b)}$$

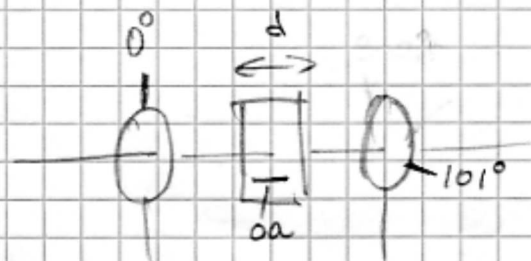
$$\text{Man } \tan \theta = \frac{E_{r\perp}}{E_{r\parallel}} = -\frac{\cos(i+b)}{\cos(i-b)} \cdot \frac{E_{r\perp}}{E_{r\parallel}} =$$

$$= -1$$

$$= -\frac{\cos 77,1^\circ}{\cos 12,9^\circ} \Rightarrow \theta = 12,9^\circ$$

Svar $12,9^\circ$

3



kvarts $\lambda_{oa} =$

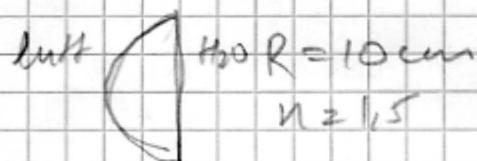
max transmission för 656,3 nm $\text{PH: } \theta = 17,313^\circ / \text{mm}$
 noll ———— 486,1 nm $\theta = 32,764^\circ / \text{mm}$

Skivan bör alltid vrida polarisationsplanet
 (ett antal vinklar) så att de två våglängderna
 kommer ut med polarisationsplanet
 vridna 90° i förhållande till varandra

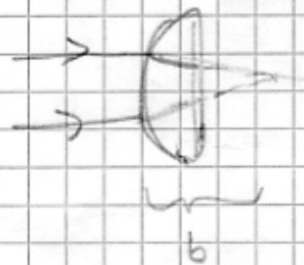
t.ex. $d \cdot 17,313 - d \cdot 32,764 = 90 + m \cdot 180 \Rightarrow d = 5,8 \text{ mm}$
 om $m = 0$

Svar: 5,8 mm

4



Parallela strålar in från vänster



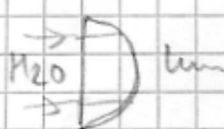
Descartes formel

$$\frac{1}{\infty} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - 1}{R}$$

$$\Rightarrow b = \frac{R \cdot n_2}{n_2 - 1} = \frac{0,1 \cdot 1,5}{0,5} = 0,3 \text{ m}$$

Brytning i plana ytan: $\frac{n_2}{-0,2} + \frac{n_1}{b_2} = \frac{n_1 - n_2}{\infty} \Rightarrow b_2 = \frac{0,2}{n_2} n_1 = 0,177 \text{ m}$

Brännpunkt 1: 0,177 m till höger om plana ytan



Descartes: $\frac{n_2}{\infty} + \frac{1}{b} = \frac{1 - n_2}{-R} \Rightarrow b = \frac{R}{n_2 - 1} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ m}$

Svar: Brännpunkt 1: 0,18 m från (utanför) plana ytan
 Brännpunkt 2: 0,20 m ———— buktig yta

3

Utförlysare:

Välj kvarts enligt ρ : $\Theta = 17,313^\circ/\text{mm}$ för $656,3 \text{ nm}$

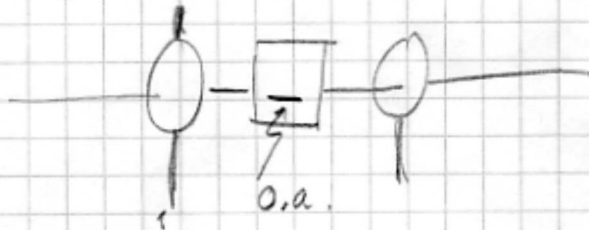
$\Theta = 32,764^\circ/\text{mm}$ för $486,1 \text{ nm}$

Efter kvartsblenden skall polarisationsplanen vara vridna 90° i förhållande till varandra.

$$d \cdot 17,313 - d \cdot 32,764 = 90 + m \cdot 180$$

$$\text{Välj } m=0 \Rightarrow d = 5,82 \text{ mm}$$

Uppställning: 0°



alltså: polarisator 1 = 0°

polarisator 2 = $100,8^\circ$

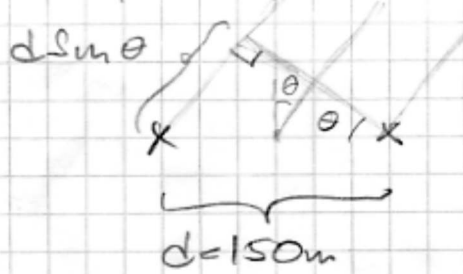
$$\text{ty } 5,8 \cdot 17,313 = 100,8^\circ$$

$$\lambda = 486,1 \text{ nm} \Rightarrow 5,8 \cdot 32,764^\circ = 190,8^\circ \text{ släpps}$$

ej igenom.

Svar t.ex. 5,8 mm tjock kvartsbit
med optiska axeln // strålen

5



$f = 500 \text{ kHz}$

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^3} = 600 \text{ m}$

$d = 150 \text{ m} = \lambda/4$

Fr längst avstånd:

Signalens Färförhållning: $\pi/2$

Jmf. Youngs dubbelspalt:

$d \sin \theta + \frac{\lambda}{4} = m \lambda$ ger max
 ↑
 $\lambda/4$ $\underbrace{\hspace{2cm}}_{\text{väg-} \\ \text{skillnad } \pi/2}$

$\frac{\lambda}{4} (\sin \theta + 1) = m \lambda \Rightarrow \sin \theta = m \cdot 4 - 1$

ger som enda max ($m=0$) $\theta = 270^\circ$

Sätt upp interferensen:

$E_1 = E_0 \sin \omega t$

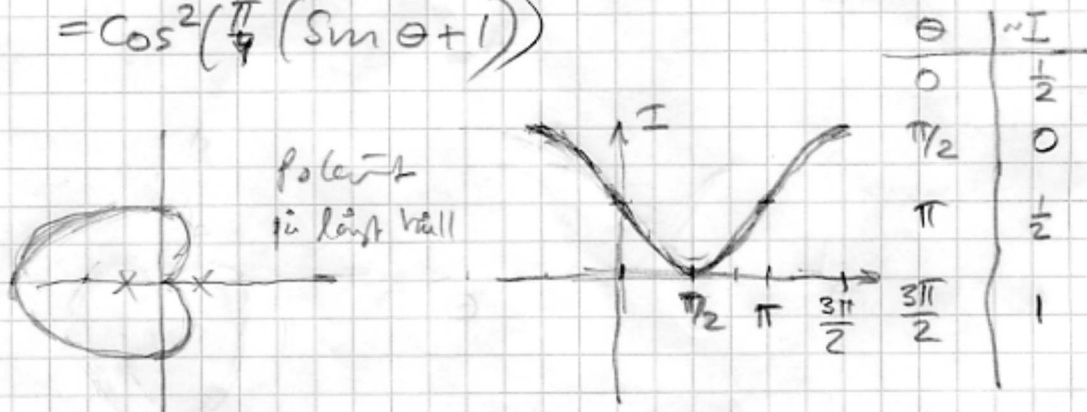
$E_2 = E_0 \sin (\omega t + \phi)$ där $\phi = 2\pi \frac{d \sin \theta}{\lambda} + \frac{\pi}{2}$

eftersom $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ och $k \cdot \text{vägskillnad} = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$, $\lambda = 4d$

$E = E_1 + E_2 = E_0 (\sin \omega t + \sin (\omega t + \phi)) =$
 $= E_0 \cdot 2 \cdot \cos(\phi/2) \sin(\omega t + \phi/2)$

$I \sim (\text{amplituden})^2$

$I \sim \cos^2(\phi/2) = \cos^2\left(\frac{\pi}{4} \sin \theta + \frac{\pi}{4}\right) =$
 $= \cos^2\left(\frac{\pi}{4} (\sin \theta + 1)\right)$



Svar: $I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} (\sin \theta + 1)\right)$