

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, 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 vid Kansli Fysik 2007-04-02 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2007-04-02 kl. 12.00-12.30 i Kansli Fysik (Lärarservice bredvid

Fysikbiblioteket) och därefter under lärarservice ordinarie öppettider.

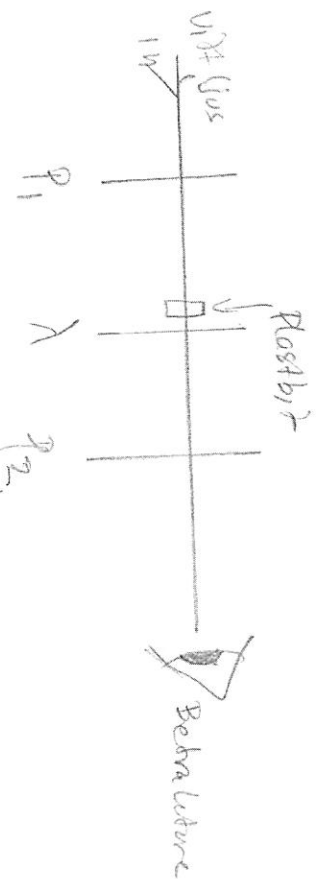
1. a) Man misstänker att infallande ljus är en blandning av opolariserat och planpolariserat ljus. Beskriv i detalj hur man praktiskt gör för att fastställa att det är så. (2p)

b) Efter det att man fastställt att det infallande ljuset är just en blandning av opolariserat och planpolariserat ljus gör man följande mätning: Ljuset får passera en planpolarisator och man mäter sedan intensiteten efter denna polarisator för olika vridningsvinklar av transmissionsplanet, resultatet visas i tabellen nedan.

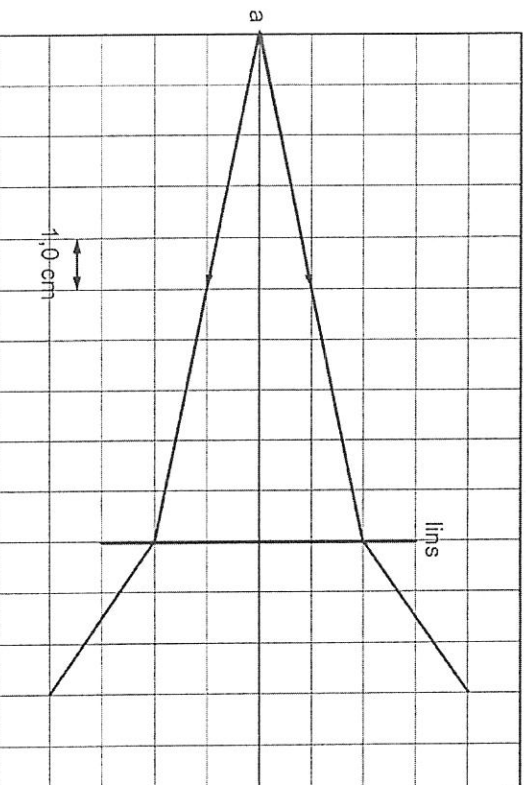
Vridning	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
I mW/m ²	5,0	4,5	5,0	6,0	6,5	6,0	5,0

Bestäm intensiteterna hos det opolariserade och det planpolariserade ljuset samt ange polarisationsplanetets vinkel i förhållande till polarisatorns transmissionsplan när polarisatorn står i läget 0°. (2p)

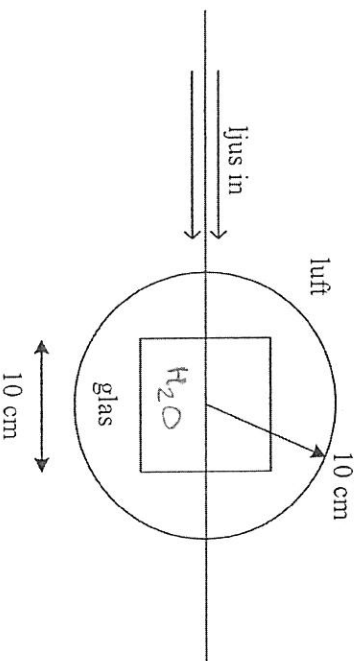
2. En halv våglängdsplatta (λ -platta) placeras mellan två korsade polarisatorer. Plattans optiska axel är orienterad i 45° relativt transmissionsriktningarna hos polarisatorerna. Plattan är designad för våglängden 550 nm och har en sådan tjocklek att fasskillnaden mellan o och eo stråle motsvarar en våglängd. Mellan polarisatorerna har vi också en liten (täcker inte hela λ -plattan) genomskinlig plastbit som är svagt dubbelbrytande (förskjuter 1/6 våglängd för 550 nm). Hur ser bakgrunden och plastbiten ut om anordningen belyses med vitt ljus? (Flera fall beroende på riktning) (4 p).



3. a) Ett optiskt system består av en tunn glaslinns ($n = 1,5$) vars ena sida är plan. Strålängsriktningen nedan visar strålar från ett föremål vid "a". Beräkna krökningradien hos linsens (sfäriskt slippade) buktiga yta, ange tydligt åt vilket håll linsen buktar. (2p)



- b) En glassfär med radien 10 cm har ett kubiskt hål (som är fyllt med vatten, $n=1,33$) i mitten, kubsidan är 10 cm lång. Glaset har brytningsindex 1,50. En smal parallell ljusstråle faller in utefter den utritade axeln (som alltså är vinkelrät mot två av kubsidorna). Beräkna om och i så fall var strålen bryts ihop till ett fokus. (4p)



4. I en av armarna på en Michelsoninterferometer finns en lufttom glasscell med längden 20 cm. Ljuskällan har våglängden 589 nm. När glassellen fylls med en gas upp till normalt atmosfärstryck räknar man att antalet interferensfransar blir 306. Vilket brytningsindex har gasen vid atmosfärstryck? (2p)

5. En dubbelspalt belyses med parallellt ljus som infaller vinkelrätt mot dubbelspalten. Spalterna är $50 \mu\text{m}$ breda och avståndet mellan de två spalterna är $0,50 \text{ mm}$. Direkt efter dubbelspalten finns en lins med fokallavståndet $1,5 \text{ m}$ så att man kan betrakta Fraunhoferdiffractionen på en skärm. Det infallande ljuset kommer antingen från i) en Hg-lampa ($\lambda = 578 \pm 1 \text{ nm}$) eller ii) en He-Ne laser ($\nu = 4,738 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \pm 3 \text{ kHz}$). Hur ändras mönstret på skärmen om en $1,0 \text{ mm}$ tjock glasplatta ($n = 1,5$) placeras framför en av spalterna i dessa två fall? Beskriv i detalj hur mönstret ser ut och hur det förändras. (4p)

Formler:

Jonesvektorer/matriser:

Horisontell \mathcal{R} $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

Vertikal \mathcal{R}

$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Vänstercirkulärpolarisation \mathcal{L}

$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}$

Högercirkulärpolarisation \mathcal{R}

$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix}$

Planpolarisator horisontell

$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

Planpolarisator vertikal

$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

$\lambda/4$ -platta, snabba axeln vertikal

$e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -i \end{bmatrix}$

$\lambda/4$ -platta, snabba axeln horisontell

$e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$

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

att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas att samtliga införda symboler definieras att rätt svar med rätt enhet avges.

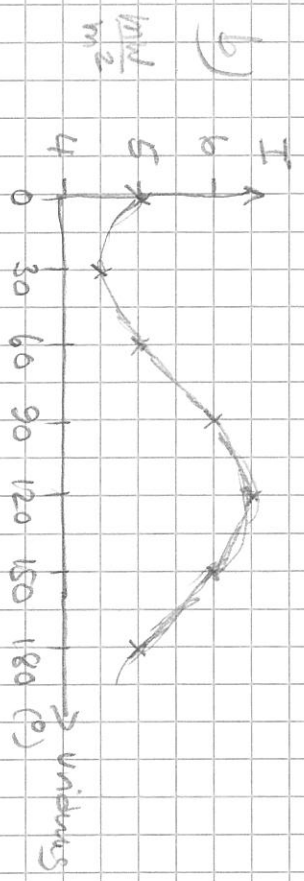
Avsluta alla beräkningsproblem med ett tydligt, inramat **Svar**

Förslag till lösningar

1

a) Testa med analysator skall ge intensitet - variation och $I \neq 0$ alltid.

Term sedan med $1/4$ platta + analysator att gret inte är cirkulär polariserat / elliptiskt polariserat. (SETT in $1/4$ plattan med OA // riktningen för max intensitet vnl. ovan. När analysator vrids runt är $I \neq 0$ alltid och samma inställning på analysator som tidigare ger max intensitet!)



$$I_{\text{max}} = \frac{I_{\text{opol}}}{2} + I_{\text{pol}} = 6.5$$

$$I_{\text{min}} = \frac{I_{\text{opol}}}{2} = 4.5$$

$$\Rightarrow I_{\text{opol}} = 9 \text{ mW/m}^2$$

$$I_{\text{pol}} = 2 \text{ mW/m}^2$$

Vridning: 60° (eller 120°)

Svar $I_{\text{pol}} = 2 \text{ mW/m}^2$, $I_{\text{opol}} = 9 \text{ mW/m}^2$
vinkel = 60°

(2)

λ -plattan fungerar som λ -platta
bara för "vätt" våglängd dvs 550 nm.
Denna våglängd släcks utifrån ut helt
men andra våglängder bara delvis
speciellt blått och vitt ljus
kan delvis passera, bakgrunden
ser svart så ut att vara lila.

Om plastbiten har sin optiska axel
parallell med snöbilen eller vinkelrät mot
snöbilen men parallell med eller
vinkelrät mot polarisatorns
transmissionsriktning händer inget
allt ser fortfarande ut att vara lila.

Om plastbitens optiska axel
är parallell (eller \perp) λ -plattans optiska
axel försvinner vi $\frac{7}{6}$ eller $\frac{5}{6}$
av designvåg längs sin (550 nm)

Dvs.
 $\frac{7}{6} \cdot 550 = 642 \text{ nm}$ (rött)

$\frac{5}{6} \cdot 550 = 458 \text{ nm}$ (blått)

'' dessa våglängder kan blockeras

I det första fallet ser alltså plastbiten
blågrön ut mot lila bakgrund i det
andra ser den gul ut mot lila
bakgrund. För andra vinklar andra färgkombiner,
(För färg se, t.ex. PH tabell 4.3)

3

a) Ur snällgången:

föremålsavstånd $a = 10 \text{ cm}$

bildavstånd $b = -3 \text{ cm}$

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{-3} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -4,29 \text{ cm}$$

linsväder beräkna

] eller [

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\Rightarrow R_1 = f(n-1) = -4,29 \cdot 0,5 = -2,14 \text{ cm}$$

b) Descartes formel $R = 10 \text{ cm}$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{b_1} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow b_1 = \frac{nR}{n-1} = 30 \text{ cm}$$

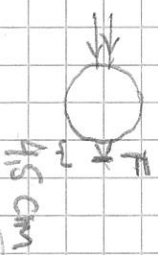
$$2 \cdot a : \frac{1}{-25} + \frac{1}{b_2} = 0 \Rightarrow b_2 = 22,17 \text{ cm}$$

$$3 \cdot a : \frac{1}{-12,17} + \frac{1}{b_3} = 0 \Rightarrow b_3 = 13,73 \text{ cm}$$

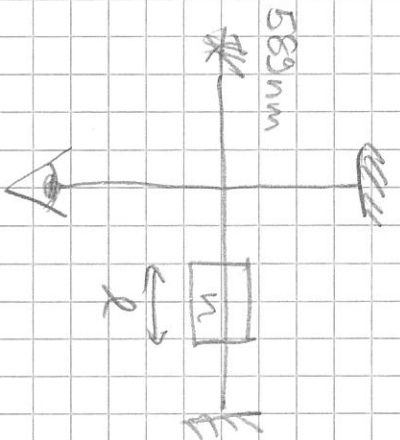
$$4 \cdot a : \frac{1}{-8,73} + \frac{1}{b_4} = \frac{1-1,5}{-10} \Rightarrow b_4 = 4,51 \text{ cm}$$

Skor a) Kristningsraden är $-2,1 \text{ cm}$
använda] eller [

b) Fokuss diameter $4,5 \text{ cm}$ till höger
om den högra sfäriska ytan



4



$\Delta m = 306$ Anzahl Franssen

$d = 20 \text{ nm}$

$\lambda = 589 \text{ nm}$

$n = ?$

Strahlens : optische Weglänge : $2d \cdot n$

$$\begin{cases} 2d \cdot n = m_1 \lambda \\ 2d \cdot 1 = m_2 \lambda \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2d \cdot n - 2d = (m_1 - m_2) \lambda = \Delta m \lambda$$

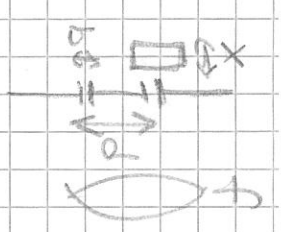
$$\begin{aligned} n - 1 &= \frac{\Delta m \lambda}{2d} = \frac{306 \cdot 589 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,20} = \\ &= 4,51 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$n = 1,00045$$

(Brechzahl für CO_2)

$$\boxed{\text{Glor } 1,00045}$$

5



$b = 5 \mu\text{m}$ $x \approx 1 \text{ mm}$
 $d = 0,50 \text{ mm}$ $n = 1,5$
 $f = 1,5 \text{ m}$

i) Hg lamp. $\lambda = 578 \pm 1 \text{ nm}$

utan glasskärta:

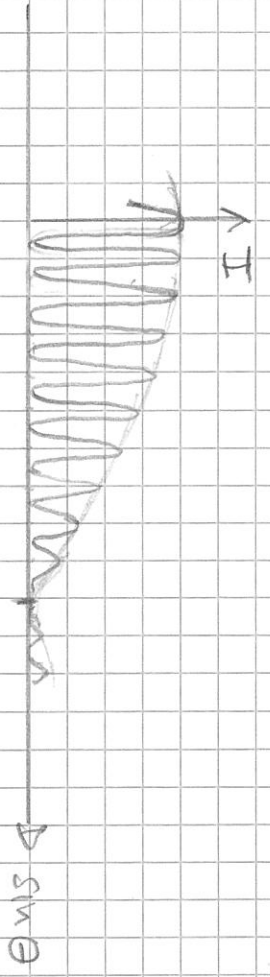
"Vanligt" interferensmönster

$d \sin \theta_I = m \lambda$ max interferens

$$\sin \theta_I = \frac{m \lambda}{d} = m \frac{578 \cdot 10^{-9}}{0,50 \cdot 10^{-3}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$b \sin \theta_D = m \lambda$ min diffraktion

$$\sin \theta_D = \frac{m \lambda}{b} = m \frac{578 \cdot 10^{-9}}{50 \cdot 10^{-6}} = 11,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$



eller på skärmen:

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{f}$$

$$\Delta y = 1,5 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Grannseparatur

Kohärenst ett problem? $\Delta \lambda_c = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

alltså $\gg \lambda$ så inget problem, allt syns.

Med glasskärta:

Optisk vägledning för längs

$$\text{med } (n-1) \cdot x = 0,5 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

alltså mer än kohärenslängden, inter-

ferensmönstret syns inte, bara diffraktionsprofilen.

5 forts

2) med He-Ne laser

$$\nu = 4,738 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \pm 3 \text{ kHz}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2,9979 \cdot 10^8}{4,738 \cdot 10^{14}} = 630,7 \text{ nm}$$

utan glasplatta:

$$\text{Interferensmax } \sin \theta_I \approx n \frac{\lambda}{D} = 1,27 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Diffraktionsmin } \sin \theta_D = \frac{m \lambda}{b} = 0,022 \cdot m'$$

Samma vinklar men större vinklar

Franssep. på skärmen:

$$\Delta y = 15 \cdot 127 \cdot 10^{-3} = 1,90 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Konvergenslängd: } \Delta L_c = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} = \frac{c^2 \nu^2}{\nu^2 \Delta \nu} = \frac{c}{\Delta \nu}$$

$$\Delta \lambda = \left(\frac{c}{\nu^2} \right) \Delta \nu$$

$$\therefore \Delta L_c = \frac{c}{\Delta \nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^3} = 50 \cdot 10^3 \text{ m} \Rightarrow (n-1) \cdot x$$

Inga problem med glasplatta,

inlärrens vinklar syns!

Förskjutning med glasplatta:

Öppna vägskans stor med $(n-1) \cdot x$

$$\therefore \text{Förskjutning: } \frac{(n-1) \cdot x}{\lambda} = 790,22$$

vinklar förskjuts 790,22 våglängder men

alltså synbart bara 0,22 våglängder

dvs 0,22 · 1,9 mm = 0,4 mm på skärmen

(Vadje ordning skillnad ~ 1500 mm)

Svar se disk. ovan