Optik, F2

FFY091

TENTAKIT

Datum	Tenta	Lösning	Svar
2005-01-11	X	X	
2004-08-27	X	X	
2004-03-11	X	X	
2004-01-13	X		
2003-08-29	X		
2003-03-14	X		
2003-01-14	X	X	
2002-08-30	X	X	
2002-03-15	X	X	
2002-01-15	X	X	
2001-08-31	X	X	
2001-03-05	X	X	
2001-01-10	X	X	
2000-08-25	X	X	
2000-05-26	X	X	

24 februari 2006

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA 2005-01-11
Fysik och Teknisk Fysik 08.30-12.30
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

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

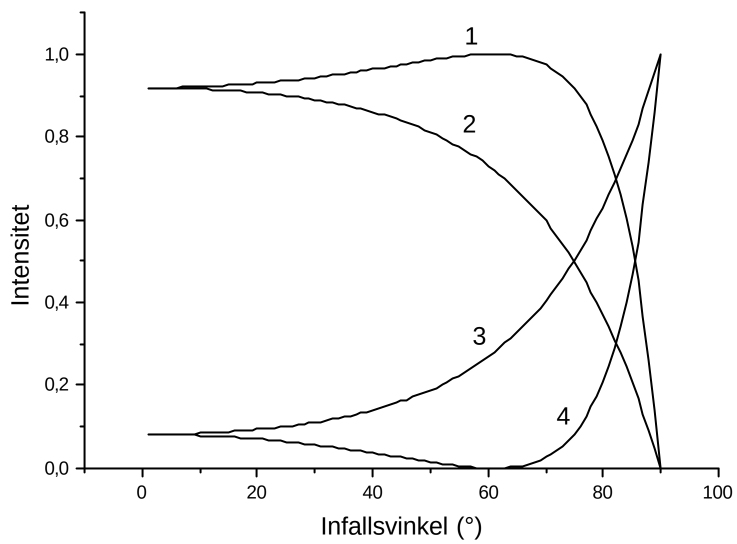
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysiks entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2005-01-31 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2005-01-31 kl. 12.00-12.30 vid Studieexpeditionen Fysik.

---

1. a) Beskriv hur man kan bestämma om ljuset från en laserpekare är planpolariserat eller inte om man bara har tillgång till ett antal glasplattor (n=1,5) och ett vitt papper. (2p)

   b) En optisk anordning består av en $\lambda/2$-platta placerad mellan två linjärpolarisatorer med parallella genomsläppsriktningar. Plattans optiska axel bildar vinkeln θ med polarisatorernas genomsläppsriktning. Opolariserat ljus med intensiteten I_0 infaller mot anordningen. Beräkna intensiteten efter anordningen som funktion av θ. (3p)

2. En planpolariserad ljusstråle infaller från luft mot en glasyta, figuren nedan visar intensiteten hos reflekterat och transmitterat ljus om infallande ljusets polarisationsplan är vinkelrätt eller parallellt med infallsplanet.
   a) Ange för varje kurva (1-4) om den svarar mot transmitterat eller reflekterat ljus samt vilken polarisationsriktning infallande ljus har relativt infallsplanet. Motivera svaren. (2p)
   b) Beräkna glasets brytningsindex. (2p)

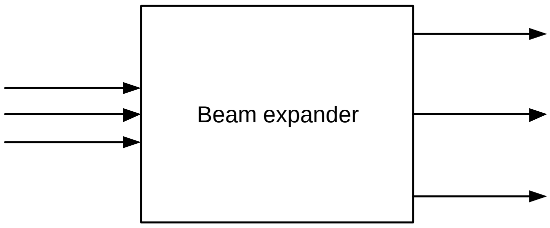


3. Brytningsindex för ett visst glas som funktion av vinkelfrekvensen är

$$n(w) = 1{,}40 + 7{,}00 \cdot 10^{-33} \cdot w^2$$

uttryckt i SI-enheter. Beräkna fas- och grupphastighet för ljus med vakuumvåglängden 600 nm som utbreder sig i detta glasmaterial. (3p)

4. En beam expander används då man vill förstora en ljusstråle från t.ex. en laser. Designa en beam expander som konverterar en parallell ljusstråle med 3,0 mm diameter till 9,0 mm diameter. Du har till förfogande en negativ lins med brännvidden -10 cm samt ett stort antal positiva linser. Ange brännvidder, krökningsradier för linsytorna, linslägen etc för din konstruktion. För full poäng krävs också en tydlig strålgångsritning. (4p)



5. Ljus med medelvåglängden 550 nm och linjebredden $\Delta\lambda$ = 10 nm används vid ett försök med Youngs dubbelspalt. Avståndet mellan spalterna är 2,0 mm. En skärm är placerad 0,80 m från spalterna. Uppskatta hur många ljusa interferensfransar man högst kan se på skärmen om man antar att spaltbredden är liten? (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**

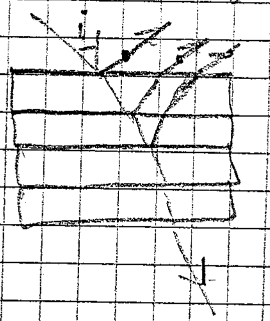
OPTIK för FQ 2005-01-11

Förslag till lösningar:

1 a)

Brewstervinkeln för $n=1.5$ är $\arctan 1.5 = 56°$

Stack med glasplattor (eller en platta)

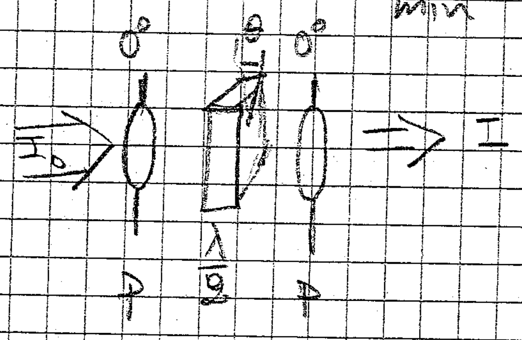


Reflekterat ljus är plan pol $\perp$ infallsplanet.

Håll papperet och studera intensiteten hos det reflekterande ljuset när polarisatorn roteras ($\theta = 56°$)

I skall variera från max till min för $90°$ rotation

b)



$\frac{\lambda}{2}$ plattan "speglar" polarisationsplanet i O.A.

Efter polarisator 1: $\frac{I_0}{2}$

Efter $\lambda/2$ plattan: $\frac{I_0}{2}$ pol-planet vridet 2θ

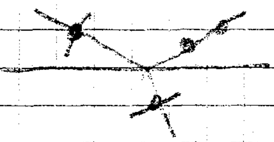
Efter 2:a polarisatorn: (Malus lag):

$$I = \frac{I_0}{2}\cos^2(2\theta)$$

Kontroll $\theta = 0 \Rightarrow I = \frac{I_0}{2}$ } stämmer
$\theta = 45° \Rightarrow I = 0$

Svar: $\boxed{I = \frac{I_0}{2}\cos^2(2\theta)}$

2) a) kurva 1: Transmitterat ljus, parallellt med infallsplanet (ses t.ex. genom att maximet vid Brewstervinkeln då allt //-ljus transmitteras



kurva 2: Transmitterat ljus vinkelrätt mot infallsplanet (ses t.ex. på att det inte har max vid Brewster-vinkeln, däremot $I \to 0$ då $i \to 90°$, typiskt för transmitterat ljus.

kurva 3: Reflekterat ljus vinkelrätt mot infallsplanet ($I \to 1$ då $i \to 90°$), inget min vid Brewstervinkeln

kurva 4: Reflekterat ljus, parallellt med infallsplanet (min vid Brewstervinkeln)

b) Ur diagrammet fås min för $I_{r//}$ vid ca $61°$

Brewster $i_B \Rightarrow \tan 61° = 1,80$

$\Rightarrow n = 1,80$

$\boxed{\text{Svar: } n = 1,80}$

(3)

$$n = 1{,}40 + 7{,}00 \cdot 10^{-33}\,\omega^2$$

$\lambda = 600\,nm$ i vakuum

$$\Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9}} = 5{,}0 \cdot 10^{14}\,Hz$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi\nu = 3{,}14 \cdot 10^{15}\,rad/s$$

(Frekvensen är samma i mediet)

$$\Rightarrow n = 1{,}40 + 7{,}00 \cdot 10^{-33} \cdot (3{,}14 \cdot 10^{15})^2 = 1{,}469$$

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}469} = 2{,}04 \cdot 10^8\,m/s \quad \text{fashastighet}$$

Grupphastighet:

$$v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{\frac{dk}{d\omega}} = \frac{1}{\frac{d}{d\omega}\left(\frac{\omega n}{c}\right)} = \frac{1}{\frac{n}{c} + \frac{\omega}{c}\frac{dn}{d\omega}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{\omega}{v} = \frac{\omega \cdot n}{c}$$

$$\frac{dn}{d\omega} = 2\omega \cdot 7{,}00 \cdot 10^{-33}$$

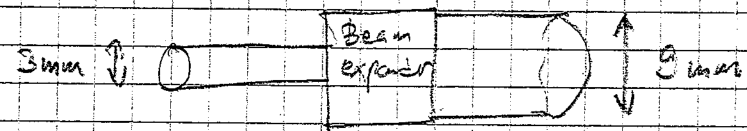
$$v_g = \frac{1}{\frac{1}{c}\left(n + 2\omega^2 \cdot 7{,}00 \cdot 10^{-33}\right)} =$$

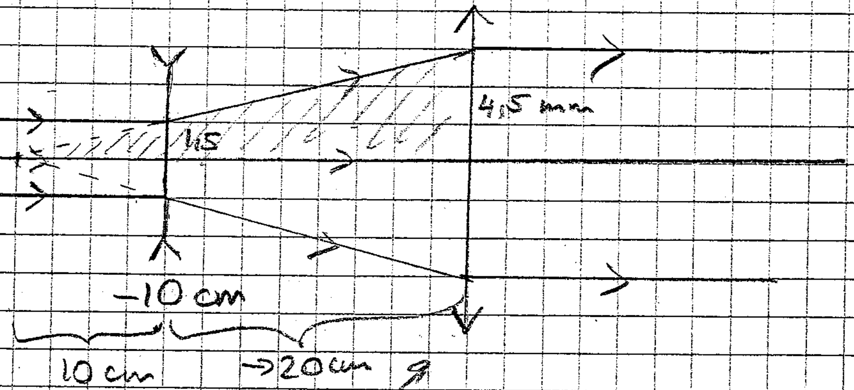
$$= \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}469 + 2 \cdot (3{,}14 \cdot 10^{15})^2 \cdot 7{,}00 \cdot 10^{-33}} =$$

$$= 1{,}867 \cdot 10^8\,m/s$$

$$\boxed{\text{Svar} \quad v = 2{,}04 \cdot 10^8\,m/s \qquad v_g = 1{,}87 \cdot 10^8\,m/s}$$

(4)





likformiga trianglar

$$\frac{1,5}{4,5} = \frac{10}{x}$$

$\Rightarrow x = 30$ cm

Välj positiv lins med $f = +30$ cm ty då tycks strålarna komma från bortre fokus och går ut parallellt.

Val av krökningsradie på den positiva linsen:

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

antag $R_1 = R_2$ (ekvikonvex lins) och $n = 1,5$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{f(n-1)} \Rightarrow R = 2f(n-1) = f = 30 \text{ cm}$$

Krökningsradier för den negativa linsen

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(-\frac{1}{R} - \frac{1}{R}\right) \Rightarrow R = -2(n-1)f = -f = 10 \text{ cm}$$

Svar

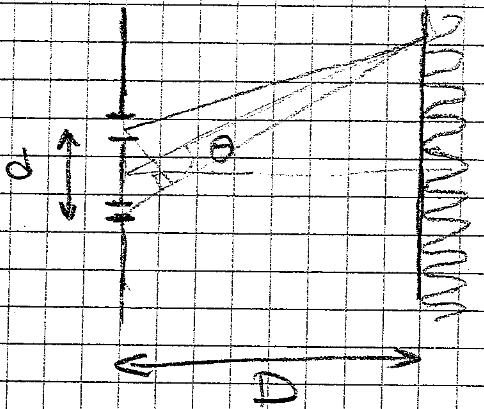
Lins 1: -10 cm ekvikonkav $R = 10$ cm
Lins 2: $+30$ cm ekvikonvex $R = 30$ cm

Avstånd mellan linserna: 20 cm

(5) $\lambda = 550\ \text{nm}$

$\Delta\lambda = 10\ \text{nm}$

Youngs dubbelspalt



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

$D = 0{,}80\ \text{m}$

Ljusets koherenslängd

$\Delta l_c = c\Delta t_c = c/\Delta\nu$

$\nu = c/\lambda \Rightarrow \Delta\nu = \dfrac{c\,\Delta\lambda}{\lambda^2}$

Om koherenslängden < vägskillnaden kan interferensen inte ses.

Vägskillnaden är $m\cdot\lambda$ för ljusa fransar

$\therefore \dfrac{c\cdot\lambda^2}{c\cdot\Delta\lambda} \geq m\lambda$

$m \leq \dfrac{\lambda}{\Delta\lambda}$ för interferens

$\therefore m \leq \dfrac{550}{10} = 55$ fransar

Alltså totalt $55 + 1 + 55 = 111$ fransar

centralfransen

Realistiskt? $d\sin\theta = m\lambda \Rightarrow \sin\theta = \dfrac{111\cdot 550\cdot 10^{-9}}{2\cdot 10^{-3}}$

$\Rightarrow \theta \simeq 2^\circ$ OK

Diffraktionskoll: $b\sin\theta = 1\cdot\lambda$ 1:a min

$b = 18\ \mu\text{m}$

Smalt men möjligt...

$\boxed{\text{Svar } 111 \text{ fransar}}$

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2004-08-27
14.15-18.15
Sal: V

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.

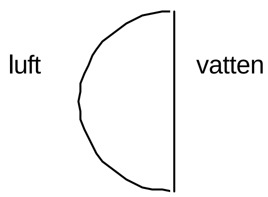
---

1. Beskriv funktion, vad som lämpligen kan mätas samt fördelar och nackdelar med följande interferometrar:
   a) Michelsoninterferometern (2p)
   b) Fabry-Perotinterferometern (2p)

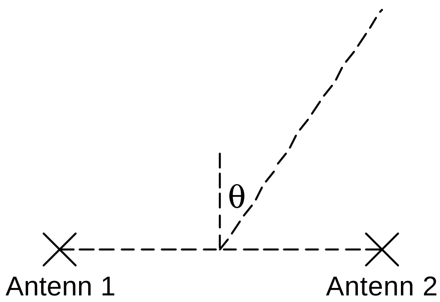
2. Linjärpolariserat ljus infaller med infallsvinkeln 45° från luft mot en vattenyta (n=1,33). Vilken vinkel skall det infallande ljusets polarisationsplan bilda mot infallsplanet om det reflekterade ljuset skall bli linjärpolariserat med 45° vinkel mellan infallsplanet och polarisationsplanet? (4p)

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 riktningsberoende (θ-beroendet) på långt avstånd från antennerna. Visa också i en figur (skiss) intensitetens θ-beroende. Radiostationen sänder med frekvensen 500 kHz. (4p)



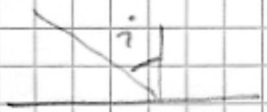
Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
- att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
- att samtliga införda symboler definieras
- att rätt svar med rätt enhet avges.

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

OPTIK FÖR F2 2004-08-27

Förslag till lösningar:

(2)



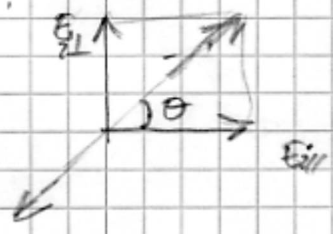
$i = 45^\circ$

Brytningslagen:

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

Infallande ljus:

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

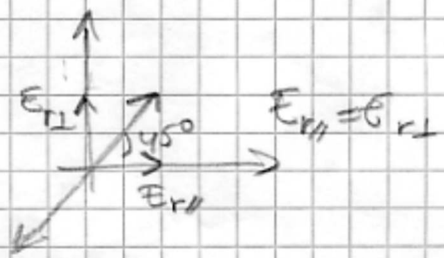


$$\tan\theta = \frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}}$$

Reflekterat ljus:

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

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



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

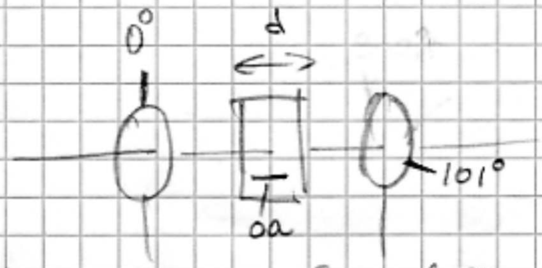
$$= -\frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}} \cdot \frac{\cos(i-b)}{\cos(i+b)}$$

$$\text{men } \tan\theta = \frac{E_{i\perp}}{E_{i\parallel}} = -\frac{\cos(i+b)}{\cos(i-b)} \cdot \underbrace{\frac{E_{r\perp}}{E_{r\parallel}}}_{=1} =$$

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

$\boxed{\text{Svar } 12{,}9^\circ}$

(3)



kvarts ∥ oa:

max transmission för 656,3 nm PH: $\theta = 17{,}313°/mm$

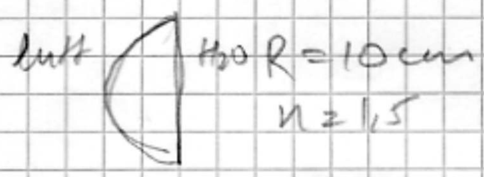
noll —"— 486,1 nm $\theta = 32{,}764°/mm$

Skivan bör alltså vrida polarisationsplanet (ett antal multipler) så att de två våglängderna kommer ut med polarisationsplanen vridna 90° i förhållande till varandra.

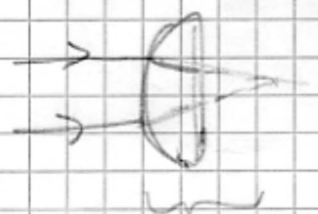
t.ex. $d \cdot 17{,}313 - d \cdot 32{,}764 = 90 + m \cdot 180 \Rightarrow d = 5{,}8$ mm om $m=0$

$\boxed{\text{Svar: } 5{,}8 \text{ mm}}$

(4)



Parallella strålar in från vänster



Descartes formel

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

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

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

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

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

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

③ Uthförligare:

Välj kvarts enl PH: $\Theta = 17{,}313°/mm$ för 656,3 nm

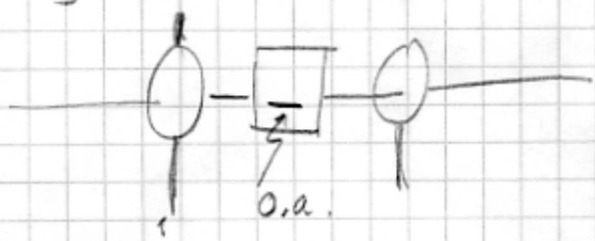
$\Theta = 32{,}764°/mm$ för 486,1 nm

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

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

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

Uppställning: 0°



alltså: polarisator 1 : 0°

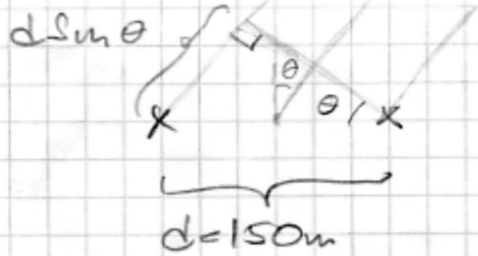
polarisator 2 : 100,8°

ty $5{,}8 \cdot 17{,}313 = 100{,}8°$

$\lambda = 486{,}1\ nm \Rightarrow 5{,}8 \cdot 32{,}764° = 190{,}8°$ släpps ej igenom.

$\boxed{\text{Svar f.ex. 5,8 mm tjock kvartsbit med optiska axeln // strålen}}$

(5)



$f = 500$ kHz

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

$d = 150$ m $= \lambda/4$

På långt avstånd: Signalernas Fasförskjutning: $\pi/2$

Jmf. Youngs dubbelspalt

$d\sin\theta + \frac{\lambda}{4} = m\lambda$ ger max

$\uparrow$ $\lambda/4$ — inbördes fasförskj. $\pi/2$

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

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

Sätt upp interferensen:

$E_1 = E_0 \sin\omega t$

$E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi)$ där $\phi = 2\pi \frac{\sin\theta}{4} + \frac{\pi}{2}$

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

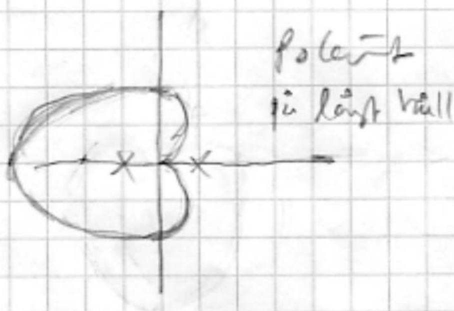
$E = E_1 + E_2 = E_0(\sin\omega t + \sin(\omega t + \phi)) =$

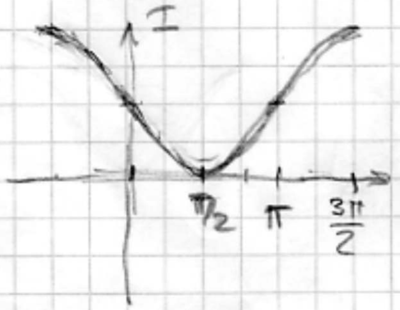
$= E_0 \cdot 2\cdot\cos(\phi/2)\sin(\omega t + \phi/2)$

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

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

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





θ	$\sim I$
0	$\frac{1}{2}$
$\pi/2$	0
π	$\frac{1}{2}$
$\frac{3\pi}{2}$	1

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA 2004-03-11
Fysik och Teknisk Fysik 08.45-12.45
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

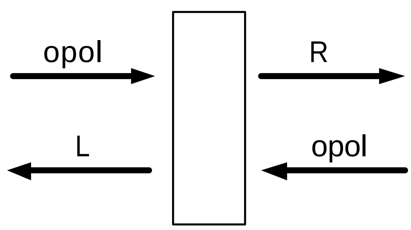
Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Tefyma, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

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.

---

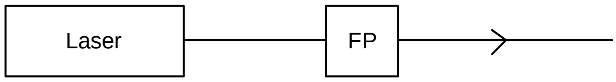
1. Om man låter opolariserat ljus falla in mot ena sidan av en viss optisk anordning kommer högercirkulärpolariserat ljus ut på andra sidan. Om man istället låter opolariserat ljus falla in i motsatt riktning (mot samma anordning) kommer det ut vänstercirkulärpolariserat ljus. Förklara i detalj funktion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

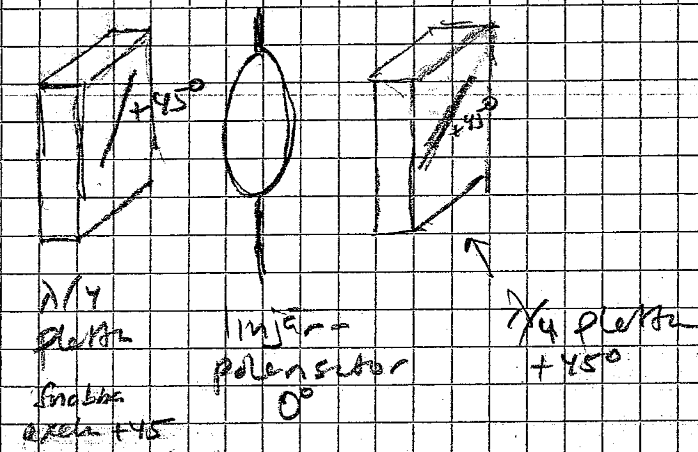
Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
att samtliga införda symboler definieras
att rätt svar med rätt enhet avges.
Avsluta alla beräkningsproblem med ett tydligt, inramat **Svar**

OPTIK FÖR F2

2004-03-11

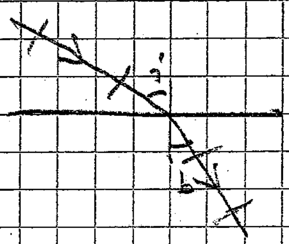
Förslag till lösningar:

1) t.ex.



Motivering krävs

2)



Ingen reflektion vid Brewstervinkeln!

$\therefore \tan i = n \; ; \; i + b = 90^\circ$

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

dela med $\sin i$

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

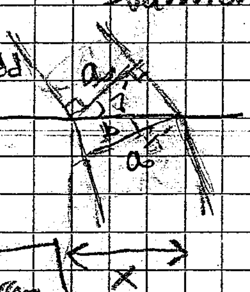
$$= \frac{2/n}{\frac{\sin i}{\sin i} + 1} = \boxed{\frac{1}{n}}$$

$$I_i = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2$$

$$I_t = \frac{1}{2} n c \varepsilon_0 \frac{1}{n^2} E_0^2 = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2 \cdot \frac{1}{n}$$

Stämmer med energiprincipen? Ja!

Strålens bredd är olika i medierna



$a = X\cos i$

$a' = X\cos b = X\sin i$

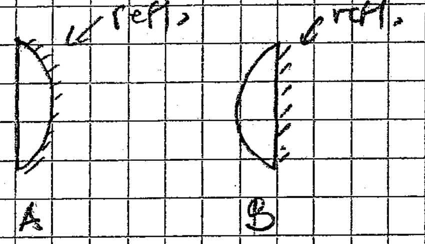
$\frac{a'}{a} = \tan i = n \Rightarrow a' = n \cdot a$

$\boxed{\text{Svar! Se ovan}}$

$\therefore I_t \cdot a' = I_t \cdot A \cdot n = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c E_0^2 \frac{1}{n} \cdot A \cdot n = I_i \cdot a$

OK!

3)



tunna linser

$n = 1{,}5$

A) Strålar // axeln passerar första ytan obrutna.

Reflekteras i spegelytan:

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

Brytning i ytan glas → luft

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

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

(kom ihåg - tunn lins)

B) Strålar // axeln bryts i ytan luft → glas

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

Reflektion i plan spegel: $b_2=b_1$

Brytning i ytan glas → luft:

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

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

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

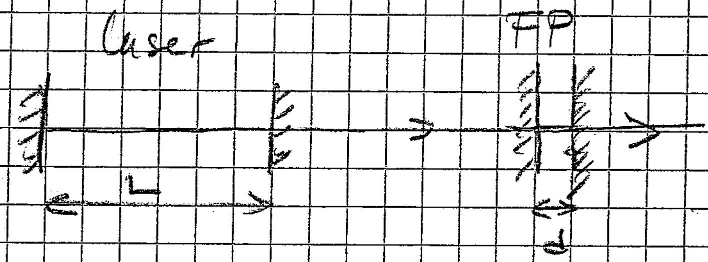
(alltså 1/fokalavståndet i detta fall)

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

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

$$\boxed{\text{Svar} \quad f_A/f_B = 1/3{,}0}$$

4)



Lasern: Spontan emission: $\Delta\nu_s = 3$ GHz

Laserkavitetens moder: $n \approx 1$ (Gas)

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

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

Alltså får vi $\frac{3\cdot 10^9}{3{,}75\cdot 10^8} = 8$ moder

Fabry-Perot-interferometern:

$\Delta\nu_{FP} = \frac{c}{2d}$ Om $\Delta\nu_{FP} > 3\cdot 10^9$ Hz kan vi få single m

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

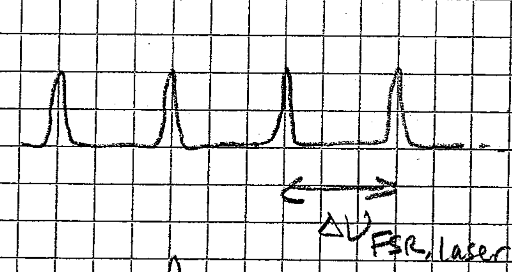
ger single-mode

Uppskattning av koherenslängden:

$\Delta l_k = \frac{c}{\Delta\nu}$ två moder: $\Delta l_k = \frac{c}{\Delta\nu_{FSR\,laser}} =$

Output:

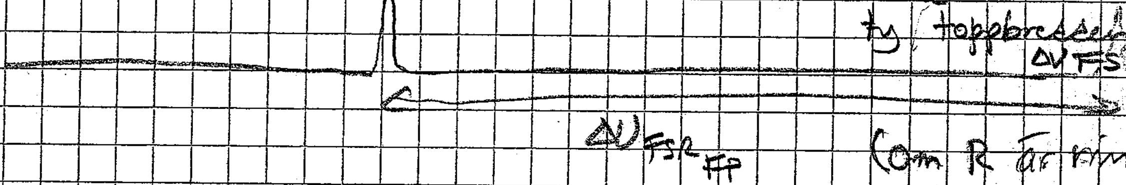
$= \frac{3\cdot 10^8}{3{,}75\cdot 10^8} = 0{,}8$ m



Single mode:

$\Delta l_k \gg 0{,}8$

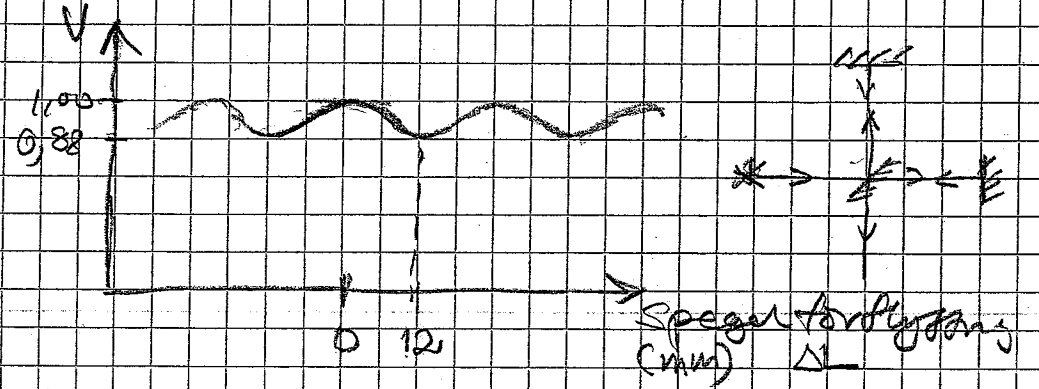
ty toppbredden $\ll \Delta\nu_{FSR}$



(Om R är rimligt stort)

Svar: ~8 moder, plattavstånd t.ex. 4,0 cm

(5)



Två våglängder λ_1, λ_2

Vid max fransynlighet inträffar interferensmax på samma ställe för båda våglängderna, vid minima har t.ex. ena våglängden max och den andra min vid samma ställe.

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

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

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

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

enl. (i) ty $2\Delta L = m\frac{c}{\nu_1}$

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

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 $\Rightarrow I_1 = 15,7 \cdot I_2$

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2004-01-13
08.45-12.45
Sal: V

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

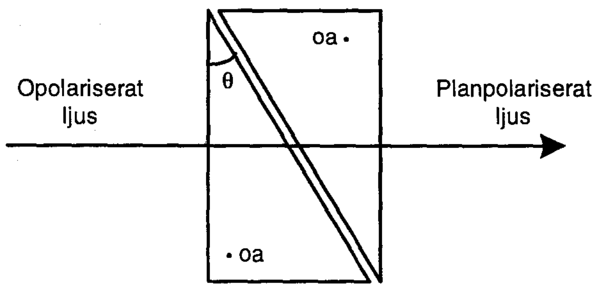
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysiks entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2004-02-02 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2004-02-02 kl. 12.00-12.20 i sal FL11.

---

1. En enkel kikare har två positiva linser, objektiv och okular. Normalt har man kikaren inställd så att man betraktar parallella strålar eftersom detta är bekvämt för ögat. Om man lägger ett föremål med känd storlek på objektivlinsen och riktar kikaren mot någon ljuskälla kan man se den reella bilden av föremålet på t.ex. ett millimeterrutat papper bakom okularet. Denna procedur kan användas för att enkelt bestämma kikarens förstoring. Förklara hur, ge ekvationer, utred strålgång etc. (4p)

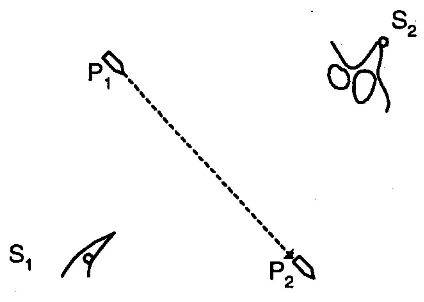
2. Opolariserat ljus passerar igenom en planparallell glasplatta (omgivande medium är luft). Glaset har brytningsindex 1,50 och infallsvinkeln är sådan att det reflekterade ljuset från den första glasytan är planpolariserat. Beräkna det transmitterade ljusets polarisationsgrad. (4p)

3. En Glan-Foucault-polarisator består av två kalkspatprismor separerade av ett smalt luftgap, se figuren nedan. Båda prismorna har optiska axeln orienterad vinkelrät mot papperets plan. Beräkna ett lämpligt värde på vinkeln θ och ange polarisationsplanets orientering för det planpolariserade ljuset. För kalkspat är n_o=1,6584 och n_{eo}=1,4864 i det aktuella våglängdsområdet. (4p)



4. Deccas navigationssystem för fartyg använde sig av radiosändare som sände i fas. För att kunna bestämma positionen måste man kunna ta emot signalerna från tre sändare. I denna uppgift görs beräkningen på ett något förenklat fall där vi endast har två sändare,

S_1 och S_2. Ett fartyg rör sig rätlinjigt från position P_1 till P_2, se figuren nedan (figuren är ej skalenlig). Fartygets radiomottagare är inställd på sändarnas frekvens, 150 kHz. Från position P_1 är avståndet 19,5 km till S_1 och 111,5 km till S_2. Från position P_2 är avståndet 110,0 km till S_1 och 32,0 km till S_2. Avståndet mellan de två sändarna är 120 km. Hur många intensitetsminima registrerar fartygets radiomottagare när det seglar från P_1 till P_2? (4p)



5. Monokromatiskt synligt ljus infaller vinkelrätt mot en plåt som har en cirkulär öppning med diametern 2,60 mm. På en skärm placerad 101 cm från den cirkulära öppningen studeras diffraktionsmönstret. Om man flyttar skärmen längs hålets axel upptäcker man att intensiteten i centrum på diffraktionsmönstret har max på flera ställen, just vid avståndet 1,01 m från den cirkulära öppningen kan man observera ett sådant maximum, ett annat kan observeras vid avståndet 3,02 m från öppningen. Bestäm det minsta avstånd som skärmen skall flyttas från läget 1,01 m från öppningen om man skall observera ett maximum i intensitet i centrum på diffraktionsmönstret. (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**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2003-08-29
14.15-18.15
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

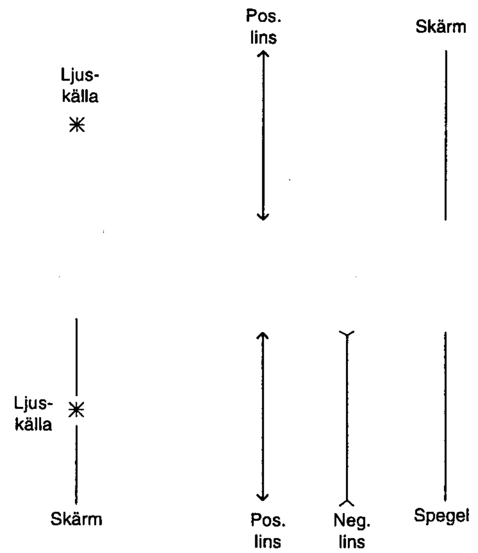
Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Tefyma, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

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 2003-09-17 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2003-09-17 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

---

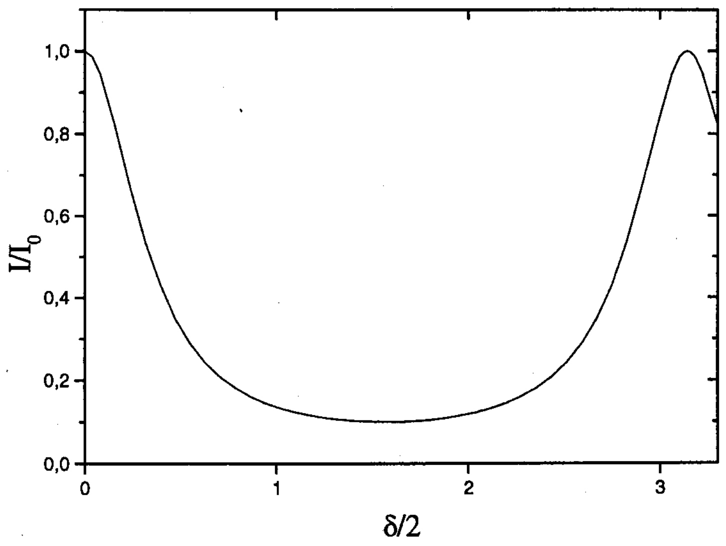
1. Ett sätt att bestämma fokalavståndet för en negativ lins kallas autokollimation. Det går till så här: Först ser man till att få en skarp bild av en ljuskälla på en skärm med hjälp av en positiv lins, se den övre figuren nedan. Sedan ersätter man skärmen med en spegel (på exakt samma ställe som skärmen var) och placerar den negativa linsen som skall undersökas mellan den positiva linsen och skärmen. Skärmen placeras nu istället nära ljuskällan och man justerar läget för den negativa linsen till dess att man får en skarp avbildning av ljuskällan på skärmen, se den undre figuren. Förklara hur man med hjälp av denna metod bestämmer fokaldistansen, utred strålgång etc. (4p)



2. Två linjärpolarisatorer ställs in så att inget ljus transmitteras. Mellan dessa placeras ytterligare en linjärpolarisator vars genomsläppsriktning roterar med 10 varv/minut. Hur stor blir frekvensen för intensiteten hos det ljus som passerar de tre polarisatorerna? (4p)

3. Med hjälp av två linjärpolarisatorer och en platta av kalkspat med lämplig tjocklek, skuren parallellt med optiska axeln, kan man konstruera en enkel monokromator som kan separera Na-ljusets två våglängder, 589,0 nm och 589,6 nm. Bestäm kalkspatskivans minsta tjocklek. För full poäng krävs en klar beskrivning av monokromatorns konstruktion och funktion. För kalkspat är n_o=1,6584 och n_{eo}=1,4864 i det aktuella våglängdsområdet. (4p)

4. Intensiteten från en Fabry-Perot interferometer beror av fasskillnaden, δ, enligt figuren nedan. Beräkna det minsta avståndet mellan spegelytorna om interferometern skall kunna upplösa våglängderna 500,4 och 600,0 nm. (4p)



5. Ett transmissionsgitter har 3N+1 smala spalter men var tredje spalt i gittret är blockerad (inklusive den första och den sista). Gittret belyses av parallellt monokromatiskt ljus som infaller vinkelrätt och man betraktar diffraktionsmönstret på stort avstånd från gittret. Bestäm för vilka vinklar man får principalmax och relativa intensiteten jämfört med om alla spalterna varit öppna. (4 p)

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**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2003-03-14
08.45-12.45
Sal: V

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 2003-04-03 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2003-04-03 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

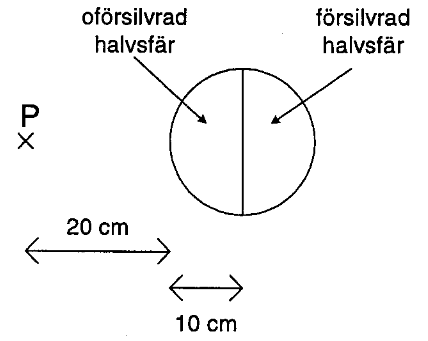
---

1. Beskriv hur man kan bestämma brytningsindex hos en gas med hjälp av en Michelsoninterferometer. Uppskatta hur stor noggrannhet man kan få. (4p)

2. Studier av solsystemets ursprung visar att partiklar som är tillräckligt små "blåses ut" ur solsystemet på grund av att strålningstrycket från solen ger en större kraft på partiklarna än gravitationskraften från solen. Beräkna den minsta storlek som en partikel kan ha om den inte skall "blåsas ut". Antag att partiklarna är sfäriska, absorberande och att de har en densitet på 2,0 g/cm^3. Solens massa är $1{,}99 \cdot 10^{30}$ kg och dess totalt utstrålade effekt är $3{,}9 \cdot 10^{26}$ W. (4p)

3. Naturligt (sol)ljus infaller vinkelrätt från luft mot en 2 mm tjock planparallell glasplatta (n=1,5). När man beräknar hur stor intensiteten är för det ljus som gått igenom glasplattan och alltså kommit ut i luft igen brukar man ofta antaga att man kan försumma bidrag från ljus som reflekterats mer än en gång. Hur stort fel ger detta antagande i det här fallet? (4p)

4. En massiv glassfär, med radien 10 cm och brytningsindex 1,50, är försilvrad över den ena halvsfären. Ett litet föremål befinner sig vid punkten P på avståndet 20 cm från glassfären. Bestäm den slutliga bildens läge efter alla brytningar och reflektioner. (4p)



5. I Australien byggdes 1951 en radiointerferometer med 32 lika riktade parabolantenner, vardera med en diameter av 2,0 m, uppställda längs en rät linje med 7,0 m avstånd mellan varje antenn. Antennerna användes för att ta emot svaga signaler från rymden med våglängden 21 cm. Hur mycket bättre blir upplösningen jämfört med om bara en sådan antenn används? (Man har lika långa ledningar från varje antenn till mottagarstationen där signalerna superponeras.) (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**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2003-01-14
08.45-12.45
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

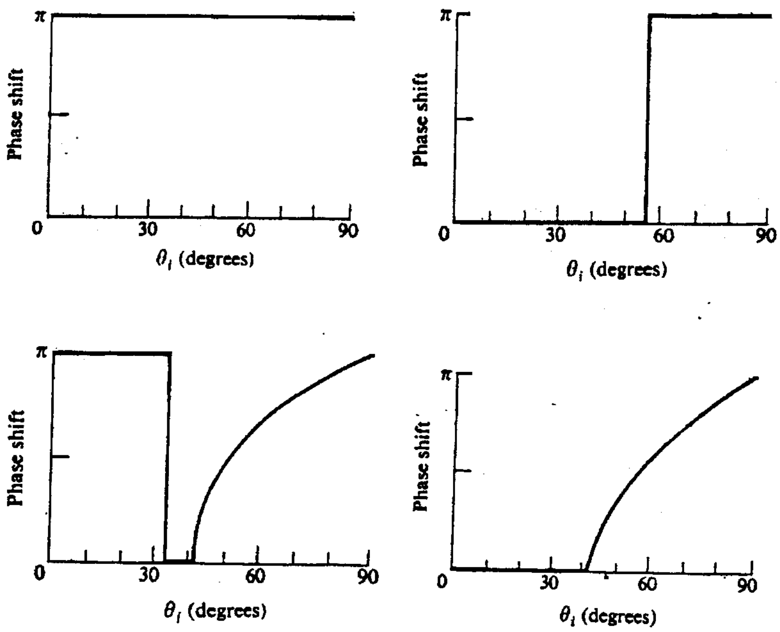
Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Tefyma, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

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 2003-02-03 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2003-02-03 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

---

1. Nedanstående figurer beskriver fasskiftet som funktion av infallsvinkeln för det elektriska fältet vid reflektion i olika fall. Förklara vad det är som visas i de fyra diagrammen och vilken information som kan utläsas. (4 p)

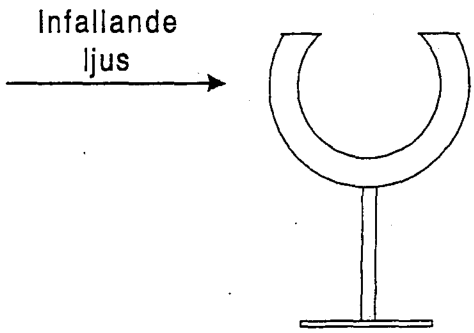


2. Ett antal ideala planpolarisatorer står uppställda på en optisk bänk så att en infallande ljusstråle passerar igenom samtliga polarisatorer. Varje polarisator har sin genomsläppsriktning vriden 14° jämfört med den närmast föregående polarisatorn. Om opolariserat ljus infaller mot polarisatorerna kommer ljusintensiteten efter passage av alla

polarisatorerna att vara 37% av den ursprungliga ljusintensiteten. Hur många polarisatorer finns i uppställningen? (4 p)

3. En ljusstråle passerar en 0,1026 mm tjock kalkspatplatta, som är placerad mellan två korsade polarisatorer. Plattans optiska axel är parallell med dess ytor och riktad i 45° vinkel relativt polarisatorernas transmissionsplan. Ljuset passerar därefter ett gitter med 500 spalter per mm och spektra observeras på en skärm 1,0 m bakom gittret. Den infallande ljusstrålen är orange-röd, den består med andra ord av ljus kontinuerligt fördelat över våglängdsområdet 600 till 700 nm. Hur många mörka band kan maximalt observeras i spektra på skärmen? För kalkspat kan man antaga att n_o=1,658 och n_{eo}=1,486 i det aktuella våglängdsområdet. (4 p)

4. Ett tjockväggigt vinglas belyses med ett smalt knippe parallella horisontella ljusstrålar som infaller mot glasets centrum. Var hamnar den slutliga bilden om glaset är fyllt med vitt vin (n=1,37)? Vinglaset kan betraktas som sfäriskt med innerradien 3,0 cm och ytterradien 4,0 cm. Glaset har brytningsindex 1,50. (4 p)



5. Under andra världskriget förlorade ibland de engelska flygarna radiokontakten med basen då de flög över engelska kanalen. Radiosändningarna skedde från en antenn på Dovers klippor 200 m över havsytan. Orsaken var att radiovågor som nådde flygplanet kunde gå två vägar, antingen direkt från sändaren till flygplanet eller från sändaren via en reflexion mot vattenytan till flygplanet. Om de två strålarna interfererade destruktivt fick man ingen kontakt via radion, interferensfenomenet liknar alltså det i Lloyds spegelförsök. Antag att ett flygplan befann sig 12 km från Doversändaren mätt längs vattenytan och att radiovågornas frekvens var 50 MHz. Vilken var den lägsta höjd över havet där flygplanet kunde ta emot *starka* radiovågor? Bortse från jordytans krökning. (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**

OPTIK FOR F2

2003-01-14

Förslag till lösningar:

1) Övre figurerna, reflektion mot tätare medium

Undre figurerna, reflektion mot tunnare medium

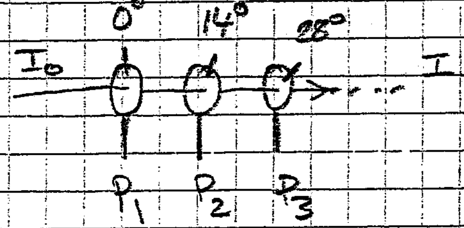
Övre vänstra $E_{r\perp}$, övre högra $E_{r\parallel}$

Nedre vänstra $E_{r\parallel}$, nedre högra $E_{r\perp}$

Polarisationsvinkel och totalreflektion kan ses

Se Hecht s. 118 för förklaring

2)



$I = 0{,}37 \cdot I_0$

N st polarisatorer

Efter 1:a polarisatorn: $I = \frac{I_0}{2}$

— " — 2:a — " — $I = \frac{I_0}{2}\cos^2 14°$ enl. Malus lag

— " — 3:e — " — $I = \frac{I_0}{2}(\cos^2 14°)^2$

Totalt:

$$0{,}37\, I_0 = \frac{I_0}{2}(\cos^2 14°)^{N-1}$$

$$(\cos^2 14°)^{N-1} = 0{,}74$$

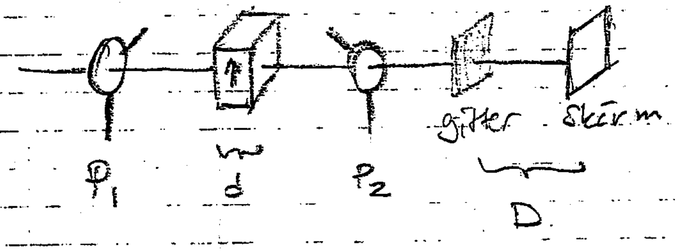
$$(N-1)\lg(\cos^2 14°) = \lg 0{,}74$$

$$N-1 = \frac{\lg 0{,}74}{\lg(\cos^2 14°)} = 4{,}99$$

$$\Rightarrow N = 6$$

$\boxed{\text{Svar: 6 st polarisatorer}}$

3)



$d = 0{,}1026$ mm $\quad D = 1{,}0$ m

$n_o = 1{,}658 \quad 600 < \lambda < 700$ nm

$n_{eo} = 1.486$

Om plattan fungerar som en "λ-platta"
kan ljuset ej passera P_2

$$d = m\lambda \frac{1}{|n_o - n_{eo}|} \Rightarrow \lambda = \frac{d|n_o - n_{eo}|}{m} =$$

$$= \frac{0.1026 \cdot 10^{-3}(1.658 - 1.486)}{m} = \frac{1{,}765}{m} \ \mu m$$

Gittret: $d' \sin\theta = m'\lambda$

där $d' = 1/500 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^{-6}$ m

m' ger ordningen.

Testa m-värden:

$\lambda = 600$ nm $\Rightarrow m = 29.4$
$\lambda = 700$ nm $\Rightarrow m = 25.2$

Följande våglängder "finns inte" i ljuset

$m = 26 \rightarrow \lambda = 678{,}7$ nm
27 653,6 nm
28 630,2 nm
29 608,5 nm

Gittret ger följande $\sin\theta$-värden för dessa:

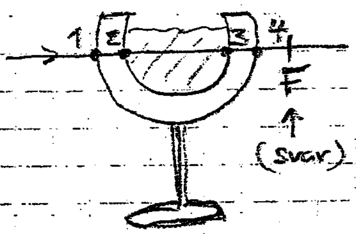
1:a ordningen: 0,30, 0,315, 0,327, 0,339

2:a — " — 0,60, 0,630, 0,654, 0,679

3:e — " — 0,90, 0,95, 0,98, >1 (finns inte) (nästan omöjlig men teoretiskt möjlig)

Svar: Max 11 st på var sida centrum, totalt max 22 st, i praktiken färre

4) Strålen bryts 4 ggr. $n_{vin} = 1{,}37$ $n_{glas} = 1{,}50$



$R_1 = 3{,}0$ cm

$R_2 = 4{,}0$ cm

Glasets tjocklek är alltid 1,0 cm

Descartes formel för brytning i sfärisk yta: (4 ggr)

1) $\frac{n_e}{a_1} + \frac{n_g}{b_1} = \frac{n_g - n_e}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1.5}{b_1} = \frac{0{,}5}{0{,}04}$

$\Rightarrow b_1 = 0{,}12$ m

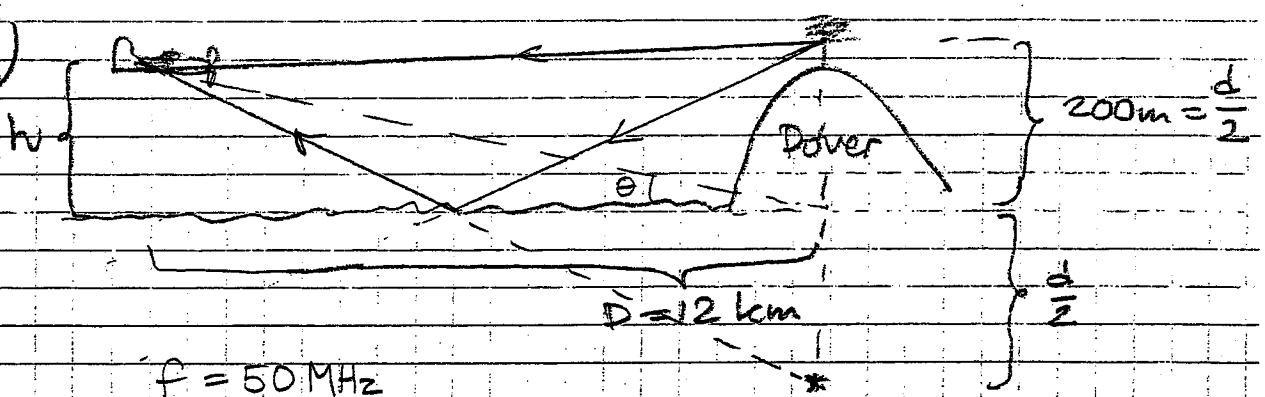
2) $\frac{1{,}5}{\underbrace{-0{,}11}_{-(b_1 - 1{,}0\text{ cm})}} + \frac{1{,}37}{b_2} = \frac{1{,}37 - 1{,}50}{0{,}03} \Rightarrow b_2 = 0{,}1473$ m

3) $\frac{1{,}37}{\underbrace{-0{,}0873}_{-(0.1473 - 0{,}06)}} + \frac{1{,}5}{b_3} = \frac{1{,}50 - 1{,}37}{-0.03} \Rightarrow b_3 = 0{,}1320$

4) $\frac{1{,}5}{\underbrace{-0.1220}_{-(0.1320 - 0{,}01)}} + \frac{1}{b_4} = \frac{1 - 1{,}5}{-0.04} \Rightarrow b_4 = 0{,}0403$ m

$\boxed{\text{Svar: } 4{,}0 \text{ cm "på andra sidan glaset"}}$

5)



$f = 50\,MHz$

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{50\cdot 10^6} = 6{,}0\,m$

Som för Lloyds spegel – använd sedvanlig approximation för dubbelspalt (samma geometri) doch tillkommer en reflektion mot tätare medium (vatten).

Max: $d\sin\theta = m\lambda$ för dubbelspalt

Små vinklar: $d\sin\theta \simeq d\tan\theta = d\frac{h}{D}$

I vårt fall:

$$\underbrace{d\sin\theta}_{d\frac{h}{D}} + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

↑ en reflektion mot tätare medium

$$\Rightarrow h = \frac{(m-\frac{1}{2})\lambda D}{d} = \frac{\frac{1}{2}\cdot 6\cdot 12\cdot 10^3}{400} = 90\,m$$

Svar: 90 m

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2002-08-30
14.15-18.15
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

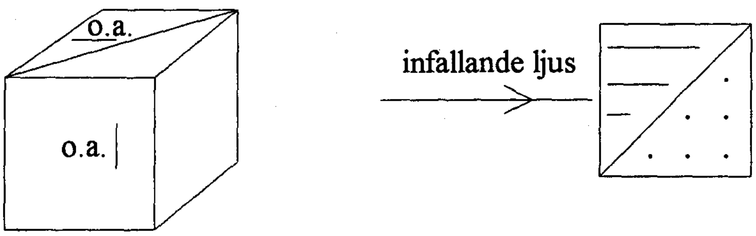
Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Tefyma, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

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_{eo}=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

gånger 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

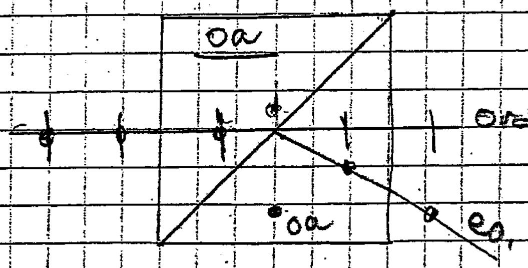
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

OPTIK FÖR F2 2002-08-30

Förslag till lösningar:

(1)



I första prismat:

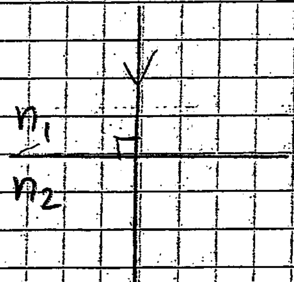
Båda svängningsriktningarna är ⊥ mot o.a. Ingen brytning.

I andra prismat:

Ordinär stråle ⊥ o.a. – Samma brytningsindex som i första prismat – Ingen brytning

extraordinära strålen :// o.a. Brytningsindex är alltsi högre i andra prismat (n_{eo}) – Brytning mot normalen (Brytningen är kraftigt överdriven i figuren)

(2)



Vinkelrätt infall, $R = 5\%$

Fresnel: $\left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 = 0{,}05$ $n_1 = 1$

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

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

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

(Inget av $I_{i//}$ reflekteras)

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

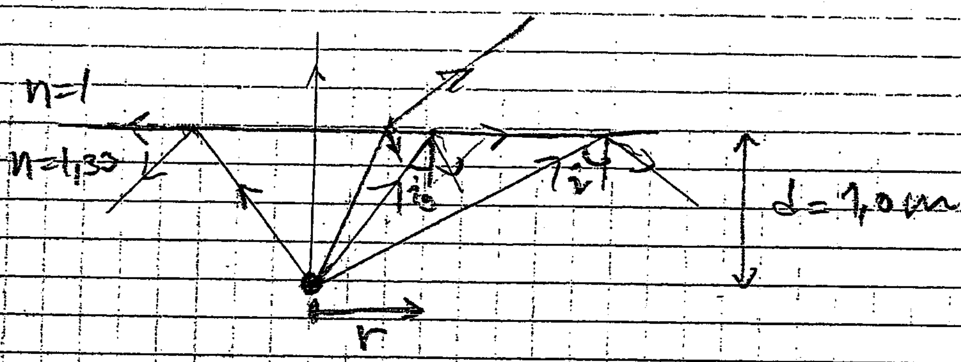
Fresnel: $r_\perp^2 = \left(\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)}\right)^2 = 0{,}181 = R_\perp$

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

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

$\boxed{\text{Svar } 9{,}1\% \text{ reflekteras}}$

3



Ljuset från lampan totalreflekteras

om $i > i_g$ - gränsvinkeln för totalreflektion

Vid gränsen blir $b = 90^\circ$

Brytningslagen:

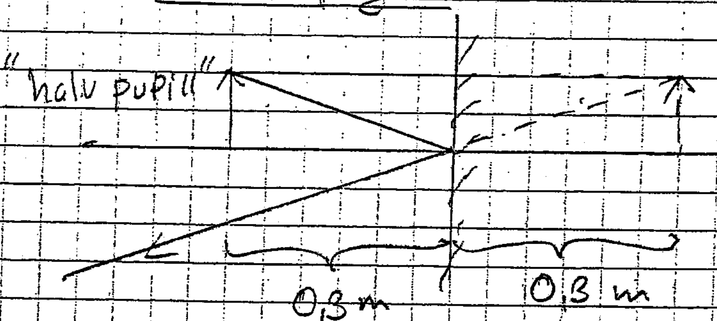
$$n_1 \sin i = n_2 \sin 90^\circ = n_2$$

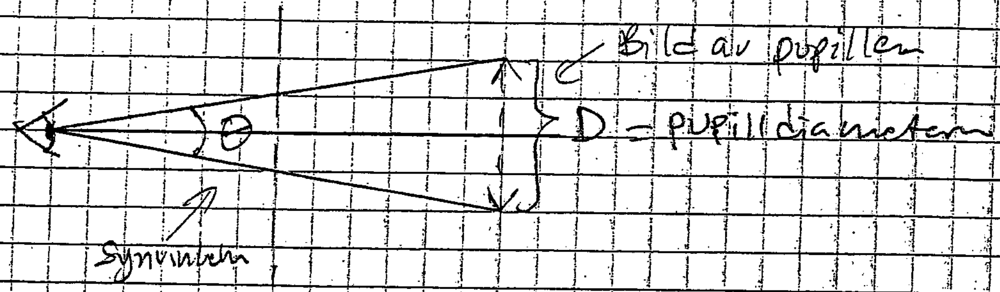
$$\Rightarrow \quad \sin i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1{,}33} \Rightarrow i = 48{,}7^\circ$$

$$\therefore \quad r = \underset{1{,}0}{\underset{\parallel}{d}} \tan 48{,}7^\circ = 1{,}14 \text{ m} \quad \text{(radien)}$$

$\boxed{\text{Svar: diametern är } 2{,}3 \text{ m}}$

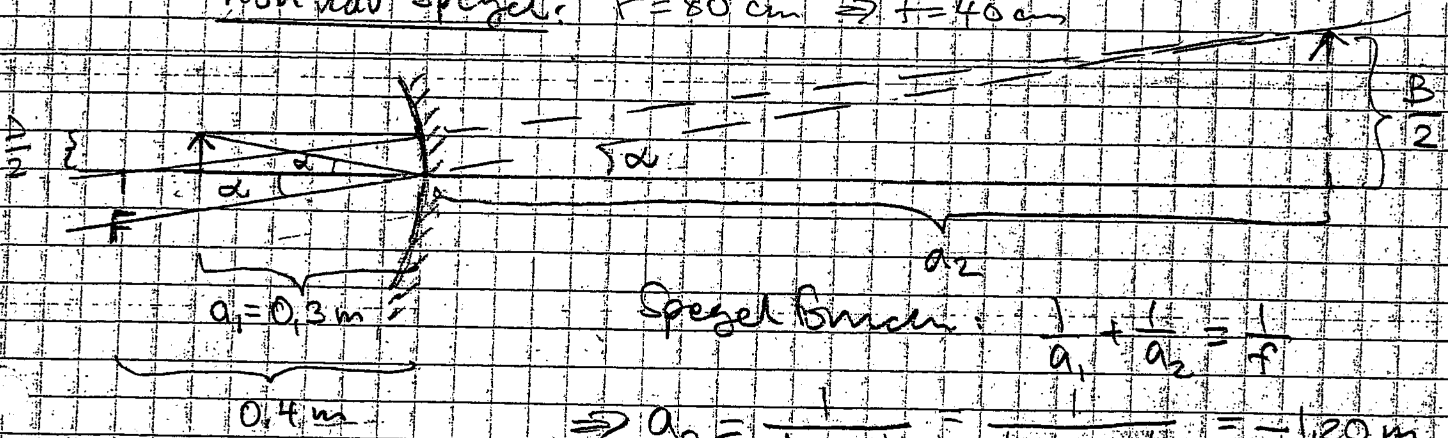
④ Plan spegel:





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

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



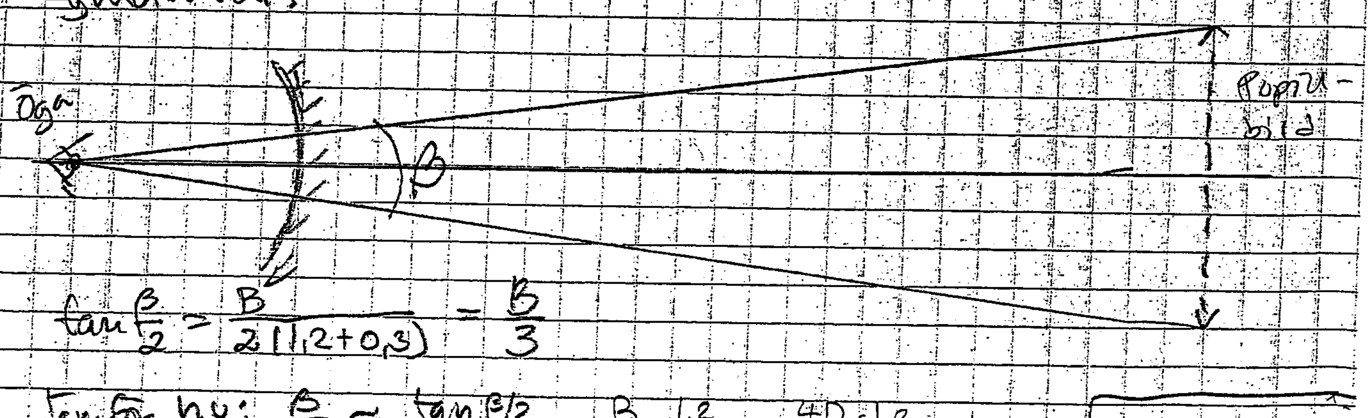
Spegelformeln: $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f}$

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

virtuell bild

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

Synvinklar:

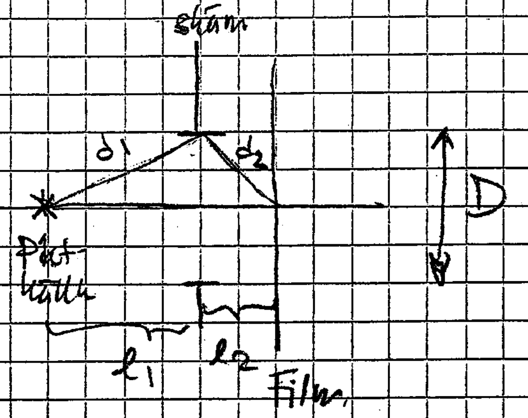


$$\tan\frac{\beta}{2} = \frac{B}{2(1{,}2+0{,}3)} = \frac{B}{3}$$

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

$\boxed{\text{Svar: } 1{,}6 \text{ ggr}}$

(5)



$\lambda = 470$ nm

$D = 0{,}10$ mm

$l_1 = 2{,}0$ mm

$l_2 = 1{,}0$ mm

Bör vara Fresnel diffraktion (kolla enkelt med "tumregeln")
Räkna ut läget för Fresnelzonerna (både källa och mål är på ändligt avstånd)

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

Vänstra delen:

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

serieutveckling

ty: $f(x) = f(0) + f'(0)\cdot x + \ldots$

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

$\ll 1$ försummas

Här är $x = \frac{R_m^2}{l_1^2}$

där R_m är Fresnelzonens ytterradie

Högra delen: (p.s.s.) $d_2 = \sqrt{l_2^2+R_m^2} \approx l_2\left(1+\frac{1}{2}\left(\frac{R_m}{l_2}\right)^2\right)$

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

5 forts)

$$\Rightarrow m = \frac{2}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} \cdot R_m^2 \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right) = [ins] = 7{,}98 \approx 8$$

m = jämnt $\Rightarrow$ mörkt

m = udda $\Rightarrow$ ljust

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

Gäller fortfarande Fresneldiffraktion
då $m = 1$?

$$R_m = \sqrt{\frac{m\lambda}{\left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2}\right)}} = [ins] = 1{,}8 \cdot 10^{-5} \sqrt{m} \text{ meter}$$

"minsta öppning": $R_1 = 18\,\mu m$

Vilket Fraunhofer om $D < 22\,\mu m$ –
– men då är det ju ljust också !!
När hålet är helt stängt är
det mörkt. – alltså 4 ggr !

$\boxed{\text{Svar: 4 ggr}}$

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2002-03-15
08.45-12.45
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

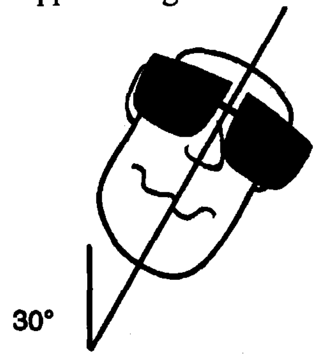
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysiks entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2002-04-04 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2002-04-08 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

---

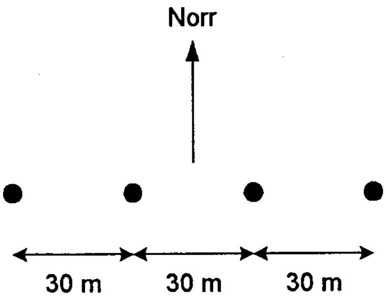
1. Beskriv kortfattat:
   a) Hur skall man optimera hålets storlek i en hålkamera? Ange även lämpliga formler om man vill beräkna detta. (2 p)
   b) Vad är astigmatism och hur kan man korrigera för den? (2 p)

2. En person sitter vid stranden av en sjö och tittar rakt mot solljuset som reflekteras av den spegelblanka vattenytan (n = 1,33). Solljusets infallsvinkel mot vattenytan är 70°. Personen, som använder solglasögon med polarisationsfilter, lutar huvudet 30° i förhållande till ljusets infallsplan. Hur många procent av den reflekterade intensiteten absorberas av glasögonen? Antag att absorbtionen för ljus som är polariserat parallellt med solglasögonens genomsläppsriktning är försumbar. (4 p)



3. En elliptiskt polariserad ljusstråle passerar först genom en $\lambda/4$-platta och sedan genom en linjärpolarisator. Om $\lambda/4$-plattan roteras kan man konstatera att för två lägen blir strålen efter $\lambda/4$-plattan planpolariserad. (Det är för att konstatera detta som polarisatorn finns med i strålgången.) Polarisationsplanet har vinkeln 24 respektive 80° mot vertikalplanet i de två fallen. Beskriv den ursprungliga elliptiska polarisationen genom att ange storaxelns läge och förhållandet mellan storaxelns och lillaxelns längd. (4 p)

4. En radiostation som sänder med frekvensen 5,0 MHz använder fyra identiska rundstrålande antenner som sänder i fas. Antennerna är placerade utefter en rät linje i öst-västlig riktning där avståndet mellan antennerna är 30 m, se figuren nedan. I vilka riktningar är intensiteten för den utsända radiosignalen noll? I vilka riktningar har sändningen störst intensitet? Hur stor vinkel upptar huvudmaximum? Ange riktningar i grader där norr = 0°. (4 p)

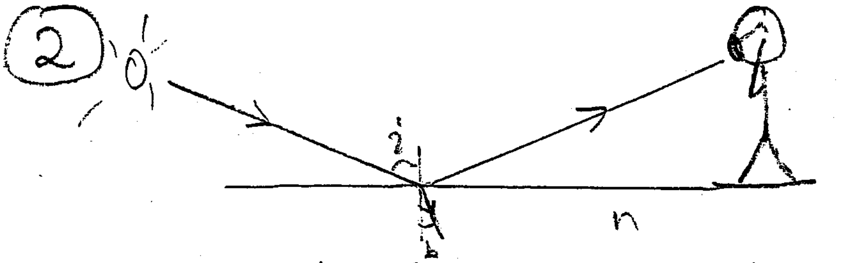


5. En laserstråle från en argonjonlaser med våglängden 488 nm infaller vinkelrätt mot en skärm med ett litet hål. Om hålets storlek minskar kommer man att se omväxlande ljus och mörker i en punkt P som befinner sig på hålets axel, 2,00 mm från skärmen. Hur många gånger blir det ljust (max) om hålets diameter minskas successivt från 0,196 mm till 0,000 mm? (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 OPTIK F2 020315

(2)



$n = 1{,}33$

$i = 70^\circ$

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

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

Opol. ljus in: $I_i = I_{i\parallel} + I_{i\perp}$
där $I_{i\parallel} = I_{i\perp}$

(Alla solglasögon har vertikal genomsläppsriktning för att undvika reflexer.)

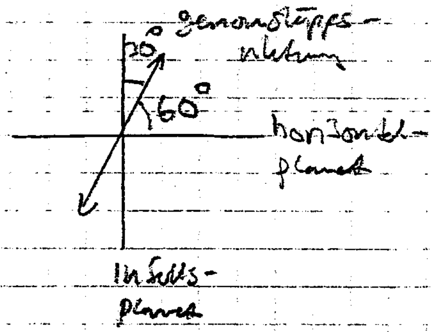
Brytningslagen: $\sin i = n \sin b \Rightarrow b = 44{,}9^\circ$

Sätt in:

$$R_{\parallel} = r_{\parallel}^2 = 0{,}2174^2 = 0{,}04726 = \frac{I_{r\parallel}}{I_{i\parallel}}$$

$$R_{\perp} = r_{\perp}^2 = 0{,}4665^2 = 0{,}2180 = \frac{I_{r\perp}}{I_{i\perp}}$$

Alltså får vi delvis polariserat ljus som faller in mot solglasögonen (polarisatorn)



Malus lag: $I = I_0 \cos^2\theta$

$$I_{\parallel} = I_{r\parallel}\cos^2 30^\circ = R_{\parallel}\underbrace{I_{i\parallel}}_{I_i/2}\cos^2 30^\circ$$

$$I_{\perp} = I_{r\perp}\cos^2 60^\circ = R_{\perp}\overbrace{I_{i\perp}}\cdot\cos^2 60^\circ$$

Sätt in:

$$\Rightarrow I_{\parallel} = 0{,}04726 \cdot \tfrac{1}{2} I_i \cdot \cos^2 30^\circ = 0{,}0177\, I_i$$

$$I_{\perp} = 0{,}2180 \cdot \tfrac{1}{2} I_i \cdot \cos^2 60^\circ = 0{,}02725\, I_i$$

Intensitet före solglasögon: $I_{r\parallel} + I_{r\perp} = (0{,}04726 + 0{,}2180)\frac{I_i}{2} =$

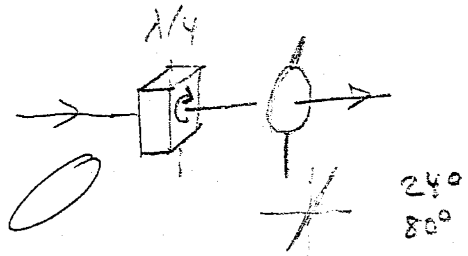
$= 0{,}1326\, I_i$

Intensitet efter solglasögon: $(0{,}0177 + 0{,}02725) I_i = 0{,}0450\, I_i$

Absorberas: $0{,}1326\, I_i - 0{,}0450\, I_i = 0{,}0876\, I_i$

Förhållandet: $\frac{0{,}0876}{0{,}1326} = 0{,}66$ $\boxed{\text{Svar } 66\%}$

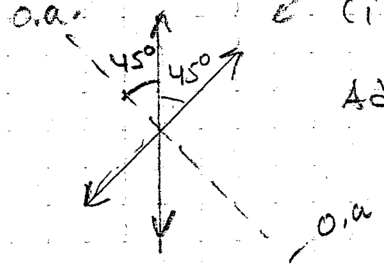
③



Elliptisk polarisation kan beskrivas som
1 plan pol och 1 cirkulär pol. våg.
(Den cirkulär pol kan bli plan pol efter λ/4 plattan)
För att få plan polariserat ljus ut ur
λ/4 plattan måste den vara orienterad
så här: resulterande linjärpol. komponent (cirkulärpol → linj.pol)

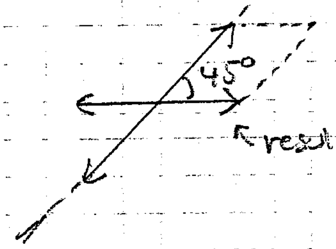
linjärpol. komponent
(i storaxelns riktning)

1)



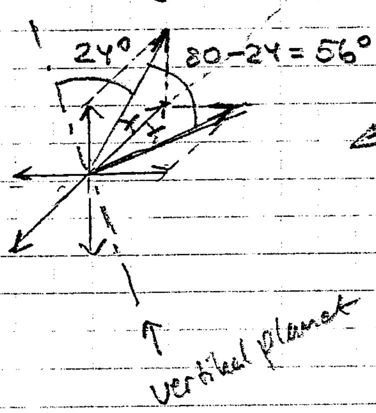
Addera komponenterna – ger linjärpol. ljus

2)



↖resulterande linjärpol. komponent efter λ/4 plattan

Allt i en figur



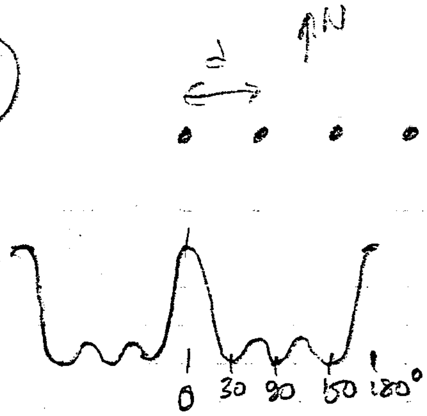
⟵ båda vinklarna = $\frac{56}{2}$ = 28°
p.g.a. symmetri

Storaxelns riktning mot
vertikal planet: 24 + 28 = 52°

Förhållandet storaxel : lilleaxel   Cot 28° = 1,88

$\boxed{\text{Svar } 52°, \text{ Förhållandet} = 1{,}88}$

(4)



$d = 30\,m$

$\nu = 5{,}0\,MHz \rightarrow \lambda = 60\,m$

Interferens - flera källor

Huvudmax: $d \sin\theta = m\lambda$

$$\sin\theta = m\frac{\lambda}{d}$$

$$m = 0 \Rightarrow \theta = 0°, 180°$$

Norr Söder

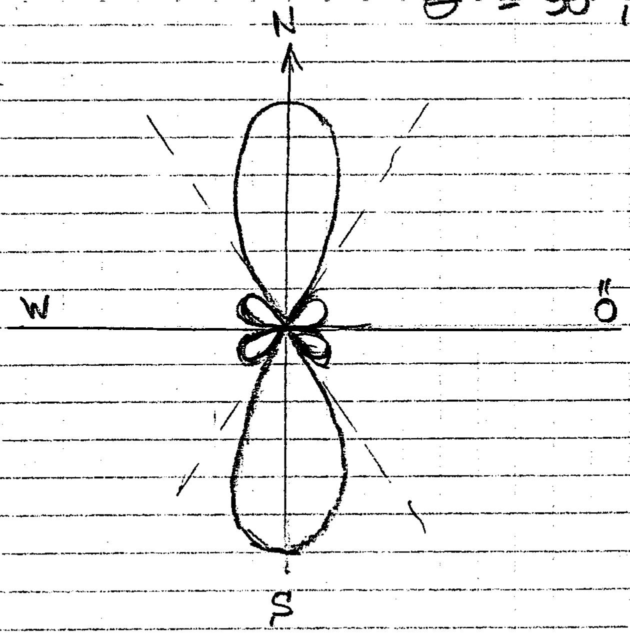
Minima: $Nd \sin\theta = m'\lambda$ m' = heltal $\neq 0, \pm N, \ldots$

$N = 4$

$$\sin\theta = \frac{m'\lambda}{Nd} = m' \cdot \frac{60}{4 \cdot 30} = m' \cdot \frac{1}{2}$$

$\Rightarrow \theta = \pm 30°, \pm 150°$ för $m' = \pm 1$

$\theta = 90°, 270°$ för $m' = \pm 2$



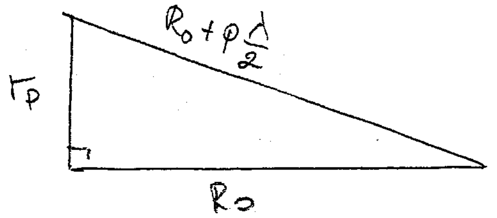
Svar:

Huvudmax: 0° NORR
180° SÖDER

Minima: 30°
90°
150°
210°
270°
330°

Bredd huvudmax: 60°

(5) Fresnel diffraktion



$\lambda = 488$ nm

$R_0 = 2{,}0$ mm

$$r_p^2 + R_0^2 = \left(R_0 + p\frac{\lambda}{2}\right)^2$$

$$\Rightarrow r_p^2 = \frac{p^2\lambda^2}{4} + p\lambda R_0$$

(formeln i PH är en ganska grov approximation

Sätt in:

$p=1 \Rightarrow r_1 = 3{,}1\cdot 10^{-5}$ m ljust

$p=2 \Rightarrow r_2 = 4{,}1\cdot 10^{-5}$ m mörkt

$p=3 \Rightarrow r_3 = 5{,}4\cdot 10^{-5}$ m ljust

$p=4 \Rightarrow r_4 = 6{,}2\cdot 10^{-5}$ m mörkt

$p=5 \Rightarrow r_5 = 7{,}0\cdot 10^{-5}$ m ljust

$p=6 \Rightarrow r_6 = 7{,}7\cdot 10^{-5}$ m mörkt

$p=7 \Rightarrow r_7 = 8{,}3\cdot 10^{-5}$ m ljust

$p=8 \Rightarrow r_8 = 8{,}8\cdot 10^{-5}$ m mörkt

$p=9 \Rightarrow r_9 = 9{,}4\cdot 10^{-5}$ m ljust

$p=10 \Rightarrow r_{10} = 9{,}88\cdot 10^{-5}$ m mörkt

$p=11 \Rightarrow r_{11} = 1{,}04\cdot 10^{-4}$ m ljust

I vårt fall är diametern $\leq 0{,}198$ mm $\Rightarrow r = 0{,}099$ mm

d.v.s. nära minimum för $p=10$.

Om håldiametern minskas blir det ljust 5 ggr.

Gäller Fresnel diffraktion? Ja, utom för mycket små håldiametrar – men då är det ju ljust alltid.

$\boxed{\text{Svar: 5 ggr}}$

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2002-01-15
08.45-12.45
Sal: V

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 2002-02-01 kl. 12.00.
Granskning kan ske 2002-02-01 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

---

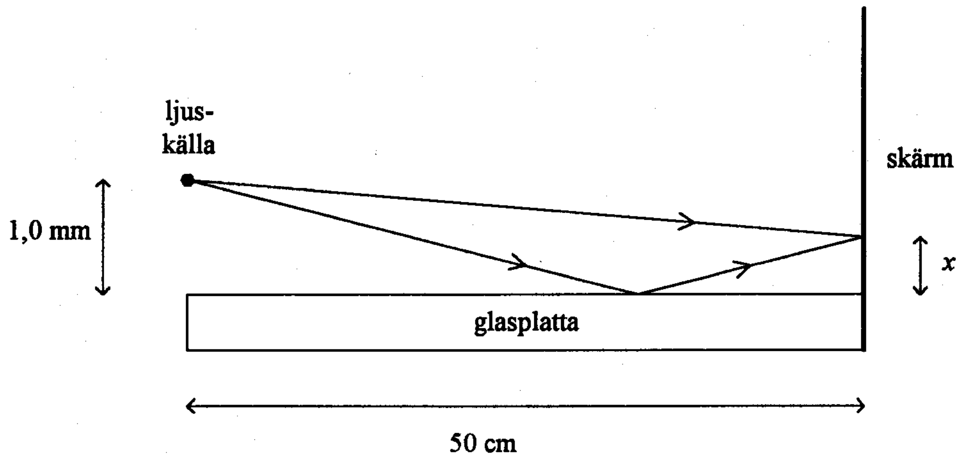
1. Infallande ljus misstänks vara en blandning av planpolariserat och opolariserat ljus. Hur gör man för att bekräfta detta? Beskriv i detalj. (4 p)

2. En planpolariserad ljusstråle med polarisationsplanet parallellt med infallsplanet infaller med infallsvinkeln 30° från luft mot en vattenyta. Bestäm förhållandet mellan den transmitterade och infallande strålens intensitet. Brytningsindex för vatten är 1,33. (4 p)

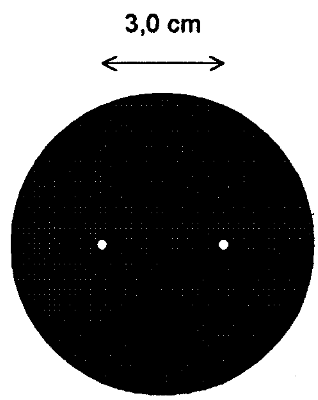
3. Om man fotograferar ett avlägset föremål vill man ofta använda ett kameraobjektiv med lång fokaldistans (f). Ett sådant objektiv kan i allra enklaste fall bestå av en positiv lins med fokaldistansen f placerad på avståndet f från filmen. Ett sådant objektiv är emellertid opraktiskt eftersom det är mycket långt om fokaldistansen är stor. I praktiken använder man istället ett teleobjektiv, det vill säga ett objektiv som trots att det är relativt kort ger samma strålgång alldeles intill filmen som om man bara använde en enda positiv lins på avståndet f från filmen.

   Föreslå hur ett teleobjektiv på enklast möjliga sätt kan konstrueras med två tunna linser. Objektivet skall ha en effektiv fokaldistans f = 400 mm, det skall med andra ord bli samma strålgång nära filmen som om man använde en enda positiv lins med denna fokaldistans. Ange fokaldistanser och läge hos linserna samt strålgången då ett avlägset föremål fotograferas. (Objektivets fysiska längd skall vara klart mindre än 400 mm!) (4 p)

4. Strålar som kommer direkt från den punktformiga ljuskällan i figuren på nästa sida kan interferera med strålar som har reflekterats mot glasplattan. Beräkna avståndet (x) på skärmen från glasytan till första ljusa interferensmaximum om våglängden är 500 nm. (4 p)



5. Ett bakljus till ett militärt fordon består av två små lysande punkter, 30 mm isär, se nedan. På hur långt avstånd syns de två punkterna upplösta av en förare i ett efterföljande fordon om upplösningsförmågan bestäms endast av pupillens storlek (diameter 5,0 mm). Antag att våglängden är 500 nm och att brytningsindex är 1,0 överallt. (4p).



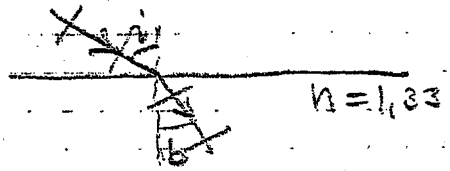
Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
att samtliga införda symboler definieras
att rätt svar med rätt enhet avges.
Avsluta alla beräkningsproblem med ett tydligt, inramat **Svar**

Förslag till lösningar OPTIK för F2 2002-01-15

(1) a) Testa med analysator → I varierar men $I \neq 0$ b) $\lambda/4$ platta (oa // max int.) + analysator → $I \neq 0$ men samma analysatorläge som förut → max I

(2)

$i = 30^\circ$



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

$$\sin b = \frac{\sin i}{n} \Rightarrow b = 22{,}1^\circ$$

Fresnels formler:

$$\frac{E_{b\parallel}}{E_{i\parallel}} = \frac{2 \cos i \sin b}{\sin(i+b)\cos(i-b)} = 0{,}833$$

Allmänt gäller $I = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 n E_0^2$

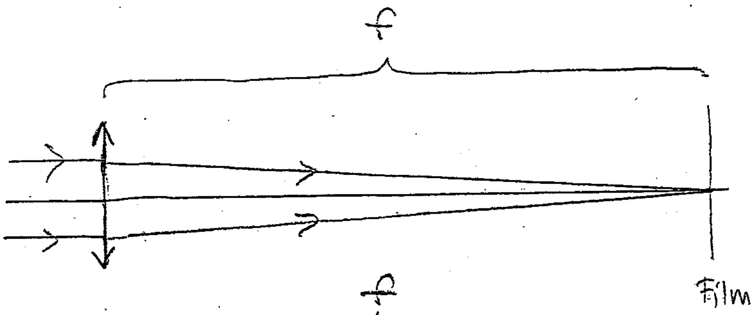
amplitud^2

$$\Rightarrow \frac{I_b}{I_i} = n \frac{E_{b\parallel}^2}{E_{i\parallel}^2} = 1{,}33 \cdot 0{,}833^2 = 0{,}924$$

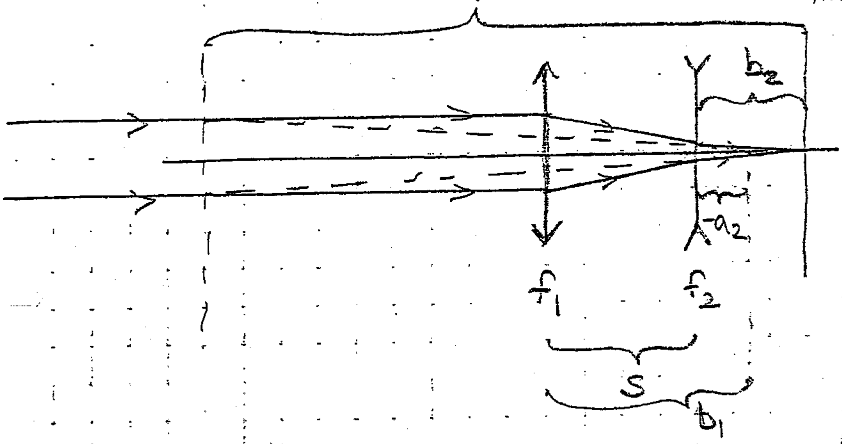
Svar: 92%

(3)

$f = 400\text{ mm}$



1 lins

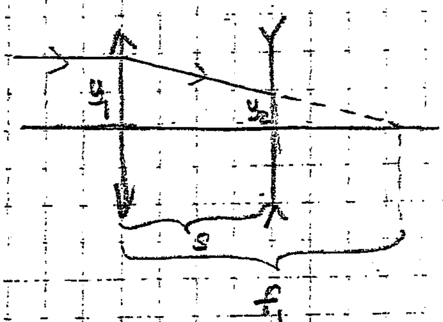


teleobjektiv
$f = 400\text{ mm}$

Linsformeln för lins 1: $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{b_1}$ (parallella strålar in)

Linsformeln för lins 2: $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{\underbrace{-a_2}_{-(f_1-s)}} + \frac{1}{b_2}$

Likformighet:



$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{f_1}{f_1 - s} = \frac{f}{b_2}$$

(↑ ur stora figuren)

$$\Rightarrow b_2 = \frac{f(f_1 - s)}{f_1}$$

Vi kan nu välja lämpliga värden på f_1 och s:

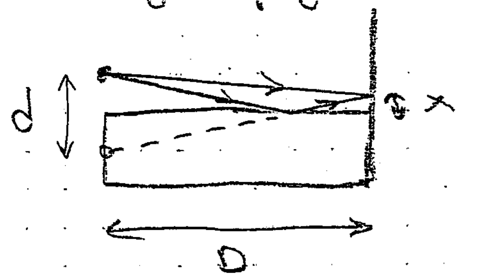
Välj t.ex. $f_1 = 100\text{ mm}$ och $s = 50\text{ mm}$ $\Rightarrow b_2 = 200\text{ mm}$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{-f_1 + s} + \frac{1}{b_2} \Rightarrow f_2 = -66{,}7\text{ mm}$$

Ett möjligt svar: $f_1 = 100\text{ mm}$, $f_2 = -66{,}7\text{ mm}$

Lägen: lins 1: 250 mm & lins 2: 200 mm från filmen

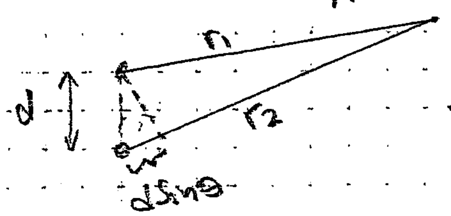
4 "Lloyds spegel"



$d = 2\,\text{mm}$
$D = 50\,\text{cm}$
$\lambda = 500\,\text{nm}$

Som för dubbelspalt men det tillkommer en reflektion mot tätare medium för ena strålen (stor infalls-vinkel)

Samma approximationer som för dubbelspalt:



Fasskillnad δ: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) + \pi \approx$

$$\approx \frac{2\pi}{\lambda} d\sin\theta + \pi \approx$$

$$\approx \frac{2\pi}{\lambda}\frac{dx}{D} + \pi$$

Konstruktiv interferens:

$\delta = m \cdot 2\pi \qquad m = 0, 1, 2 \ldots$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}\frac{dx}{D} + \pi = 2\pi m$$

$$\Rightarrow x = \frac{\lambda D}{d}\left(m - \frac{1}{2}\right)$$

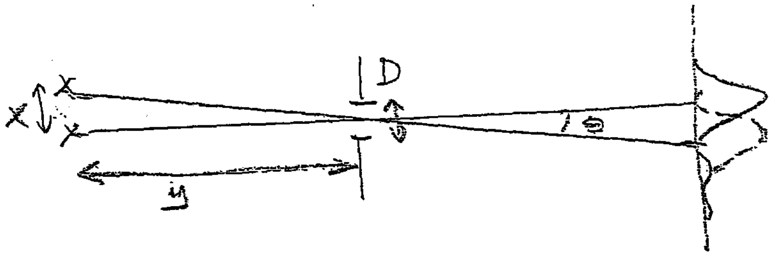
1:a max för $m = 1 \Rightarrow x = \frac{\lambda D}{d} \cdot \frac{1}{2} =$

$$= \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}50}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 6{,}25 \cdot 10^{-5}\,\text{m}$$

$\boxed{\text{Svar: } 63\,\mu\text{m}}$

(5)



$D = 5\ mm$

$x = 30\ mm$

$\lambda = 500\ nm$

Rayleighs upplösningsgräns

$$\theta = 1{,}22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\theta \simeq \tan\theta = \frac{x}{y}$$

$$\Rightarrow y = \frac{x \cdot D}{1{,}22 \cdot \lambda} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1{,}22 \cdot 500 \cdot 10^{-9}} = 246\ m$$

$\boxed{\text{Svar: } 0{,}25\ km}$

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2001-08-31
14.15-18.15
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

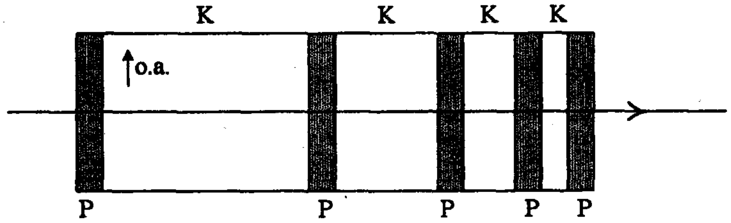
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

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) följd 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 $n_{eo} = 1,5533$ för kvarts. (4p)



3. Opolariserat ljus infaller med infallsvinkeln 40,0° 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 absorbtionen 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)

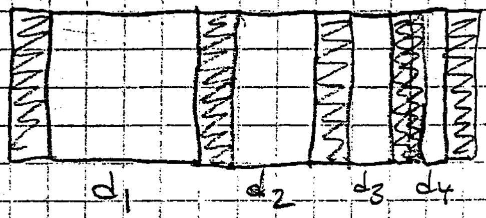
Formler: Airy-funktionen

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

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**

Förslag till lösningar OPTIK för F2 010831

(2)



$n_o = 1{,}5442$

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

$\lambda = 568{,}75$ nm

Kvartsplattorna måste fungera som "λ-plattor" (helvåglängdsplattor) om ljuset skall passera med max intensitet.

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

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

platta 2: $m = 16$

platta 3: $m = 8$

platta 4: $m = 4$

Andra våglängder som passerar platta 4:

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

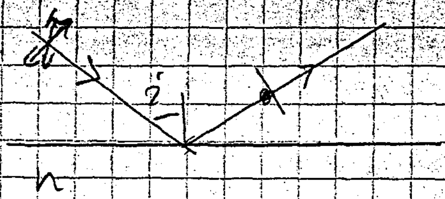
$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{m_1 \lambda_1}{m_2} = \frac{4 \cdot 568{,}75 \cdot 10^{-9}}{m_2}$$

Om $m_2 = 3 \Rightarrow$ 758 nm

$m_2 = 5 \Rightarrow$ 455 nm

Svar

(3)



$i = 40°$

Polarisasjonsgrad 0,6 hos reflektert lys

$n = ?$

Polarisasjonsgrad:

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

Fresnels formler:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow b = 21{,}67°$$

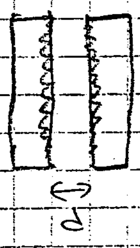
Brytningsloven:

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

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

$\boxed{\text{Svar: } 1{,}74}$

4 Interferensfilter



$\lambda = 550$ nm

$R = 0{,}90$

In: vitt ljus 400 – 800 nm

Konstruktiv interferens, vinkelrätt infall

$2d = m\lambda \qquad 400 < \lambda < 800$ nm

"Rätt" $\lambda = 550$ nm

Andra λ som släpps igenom: (närmaste)

$\lambda_{låg} = \frac{2d}{m+1} < 400$ nm $\qquad \lambda_{hög} = \frac{2d}{m-1} > 800$ nm

Kolla för olika värden på m:

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

$\lambda_{hög}$ finns ej (ok)

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

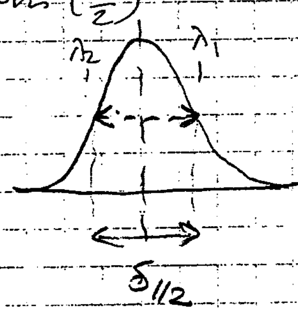
$\lambda_{hög} = 2\lambda = 1100$ nm (ok)

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

D.v.s. högsta interferensordning $= 2$

Airy funktionen: $\frac{I_t}{I_i} = \underbrace{\frac{T^2}{(1-R)^2}}_{=1} \frac{1}{1+\frac{4R}{(1-R)^2}\sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)} = \mathcal{A}$

$R + T = 1$



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

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

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

$\lambda_1 = \frac{4\pi d}{\underbrace{\delta_{max} - konst}_{\frac{4\pi d}{\lambda} = 4\pi} + 0{,}105} = 545{,}4$ nm $\qquad \lambda_2 = \ldots = 554{,}6$ nm

ty $d = m\frac{\lambda}{2}$

$\boxed{\text{Svar: a) 2} \quad \text{b) 9,2 nm}}$

(5) Kattøyne

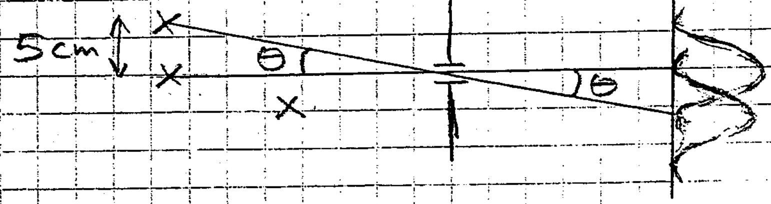
Natt: $D = 10\,mm$

Cirkulær apertur

Dag

$b = 1{,}5\ mm$

b Smal spalt



$\lambda = 585\ nm$

$n = 1$

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

Dag: $\theta \approx \dfrac{\lambda}{b}$

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

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

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

Dag: $\dfrac{0{,}05}{x} = \dfrac{\lambda}{b}$

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

Svar: Dag: 0,13 km
Natt: 0,70 km

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA 2001-03-05
Fysik och Teknisk Fysik 14.15-18.15
Sal: V

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

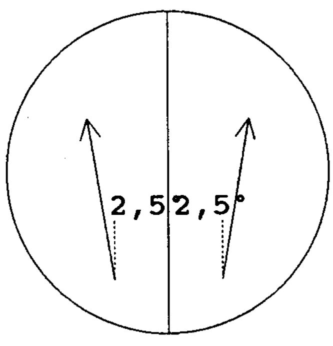
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 01-03-23.
Granskning kan ske 01-03-23 kl. 11.45-12.15 i sal FL11.

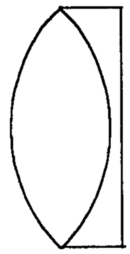
---

1. Förklara:
   a) Varför den extraordinära strålen i ett dubbelbrytande material ibland inte tycks följa brytningslagen. Visa och förklara fall då den följer respektive inte följer brytningslagen. (Använd Fresnels s.k. hastighetsytor).(2 p)
   b) Hur en gaslaser är uppbyggd och beskriv kortfattat hur den fungerar. (2 p)

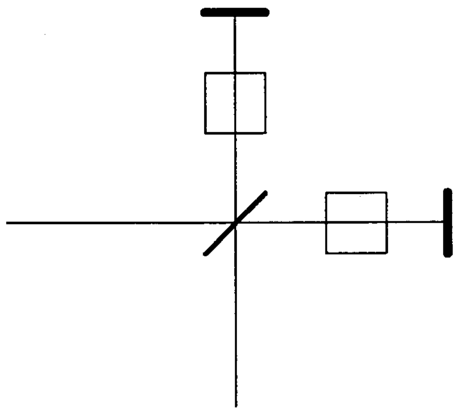
2. Om man vill bestämma hur polarisationsplanet ligger i en infallande planpolariserad ljusstråle kan man använda en analysator (ett polarisationsfilter). Lättast är att söka minimum för intensiteten när analysatorn vrids runt, polarisationsplanet ligger ju då i 90° vinkel relativt analysatorns genomsläppsriktning. Denna metod ger dock ett osäkert resultat eftersom minimat är ganska flackt. En metod att mera noggrant fastställa polarisationsplanets läge är att istället använda en anordning bestående av två halvcirkelformade polarisationsfilter där genomsläppsriktningarna bildar en vinkel på 5,0° med varandra, se figuren nedan. Med denna kan man med större säkerhet bestämma hur polarisationsplanet är orienterat eftersom man istället för att söka efter ett flackt minimum söker efter det läge där intensiteterna är lika stora i de två "halva" polarisatorerna. Hur noga kan man med denna metod bestämma polarisationsplanets läge (uttryckt i grader) om man med ögat kan urskilja en intensitetsskillnad på 2 %? (4p)



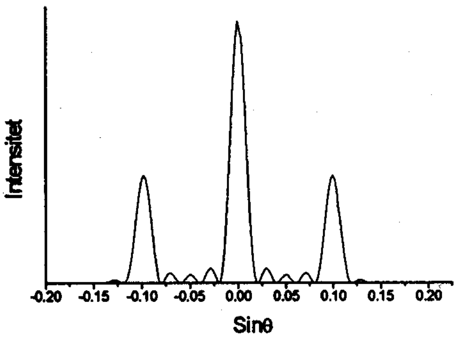
3. För att minska problemen med kromatisk aberration brukar objektiv till kikare vara en akromatisk dublett bestående av en bikonvex lins av kronglas och en plankonkav lins av flintglas. Linserna kan placeras helt tätt ihop eftersom man låter den plankonkava linsens krökningsradie vara lika stor som en av krökningsradierna hos den bikonvexa linsen. Beräkna krökningsradierna för linserna i en sådan linsdublett om objektivet skall ha brännvidden 50 cm. Brytningsindex är n_F=1,74648 och n_C=1,72085 för flintglas och n_F=1,49227 och n_C=1,48535 för kronglas; n_F och n_C är brytningsindex vid våglängden 486,2 nm och 656,3 nm. Använd villkoret att brännvidden för dubletten skall vara densamma för de två våglängderna och antag att linserna är tunna. (4 p)



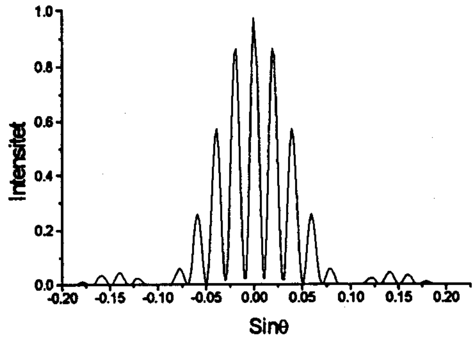
4. I armarna hos en Michelsoninterferometer finns två lika långa glasceller med längden 25,0 cm, som innehåller gas med samma tryck, se figuren nedan. Om trycket i ett av rören ökar stiger brytningsindex. Bestäm den minsta brytningsindexförändring som kan detekteras med hjälp av natriumljus (λ=589,3 nm). Antag att en tiondels interferensfrans är den minsta märkbara förändringen. (4 p)



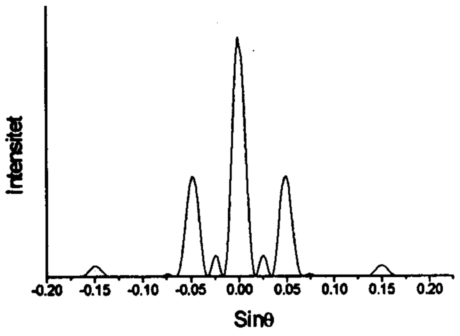
5. Vid ett försök med Fraunhoferdiffraktion erhölls följande diffraktionsmönster (Figur a till d på nästa sida). Experimenten utfördes på följande sätt: en bred laserstråle med våglängden 500 nm fick belysa ett antal smala spalter. Diffraktionsmönstret erhölls i fokalplanet från en lins placerad direkt efter de studerade spalterna. Beräkna antal spalter, spaltbredd och spaltavstånd (d.v.s. avståndet mellan (center till center) spalterna) för varje bild. (1p/figur om alla värdena är rätt, totalt 4p)



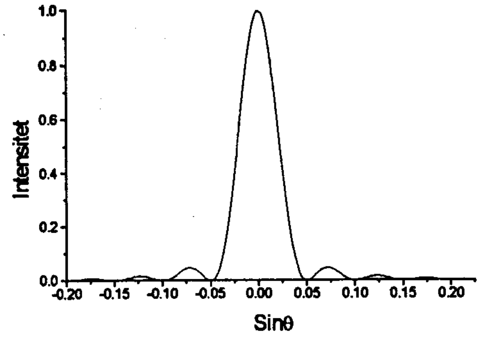
a)



b)



c)



d)

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

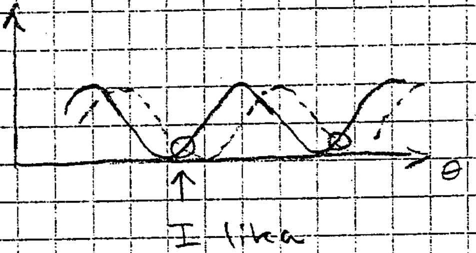
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

Förslag till lösningar OPTIK F2 01-03-05

1) Se Hecht kap 8.4 och 13.1.3

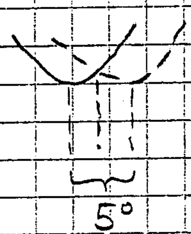
2) Två "halva" analysatorer



Malus lag: $I = I_0 \cos^2\theta$

Förstoring:

$$I_1 = I_0 \cos^2(90+2{,}5^\circ) \quad \text{(lika int.)}$$



$$0{,}99 I_1 = I_0 \cos^2\theta \qquad \text{"1\% åt vardera hållet"}$$

$$\Rightarrow \cos^2\theta = \frac{0{,}99\, I_1}{I_0} = \frac{0{,}99 \cos^2(92{,}5^\circ)\, I_0}{I_0}$$

$$\Rightarrow \quad \theta = 92{,}4875^\circ$$

$$\Delta\theta = 0{,}0125^\circ$$

$\boxed{\text{Svar: } \pm 0{,}01^\circ}$ Mycket noggrant! (Mindre noggrant runt max.)

3) $f = 50$ cm Två linser tätt ihop: $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

Linsmakarformeln: $\frac{1}{f_1} = (n_1 - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$ kronglas

$\frac{1}{f_2} = (n_2 - 1)\left(-\frac{1}{r_2}\right)$ flintglas

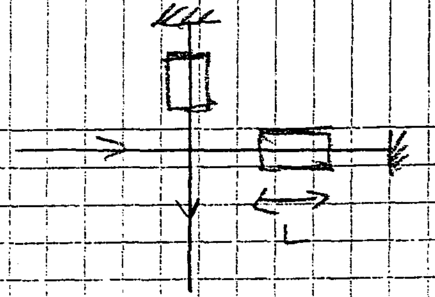
Samma f för rött och blått: dvs: $f_C = f_F$

$$\begin{cases} \frac{1}{f_C} = (n_{1C} - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) + (n_{2C} - 1)\left(-\frac{1}{r_2}\right) \\ \frac{1}{f_F} = (n_{1F} - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) + (n_{2F} - 1)\left(-\frac{1}{r_2}\right) \end{cases}$$

Lös ut! $\Rightarrow r_1 = 0{,}199$ m $r_2 = 0{,}538$

Svar: Bikonvexa linsens krökningsradier: 20 resp. 54 cm
Plankonkava linsens krökningsradie 54 cm

4)



$L = 25$ cm

$\lambda = 589{,}3$ nm

Optisk vägskillnad: $2L(n_1 - n_2) = m\lambda$

"1/10 frans" $\Rightarrow 2L(n_1 - n_2) = \frac{1}{10}\lambda$

$$\Rightarrow n_1 - n_2 = \frac{\lambda}{10 \cdot 2 \cdot L} = \frac{589{,}3 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 2 \cdot 0{,}25} =$$

$$= 1{,}18 \cdot 10^{-7}$$

$\boxed{\text{Svar: } \Delta n = 1{,}2 \cdot 10^{-7}}$

5) $\lambda = 500$ nm

a) 3 sekundärmax $\rightarrow$ 5 spalter

1:a Diffraktionsmin tycks ligga vid $\sin\theta \approx 0{,}20$

$$\Rightarrow b = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{0{,}20} = 2{,}5 \cdot 10^{-6} = 2{,}5\ \mu m$$

1:a Interferensprincipalmax ligger vid $\sin\theta = 0{,}10$.

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{0{,}10} = 5 \cdot 10^{-6} = 5{,}0\ \mu m$$

b) Inga sekundärmax $\Rightarrow$ 2 spalter

1:a diffraktionsmin vid $\sin\theta = 0{,}10 \Rightarrow b = 5{,}0\ \mu m$

5:e interferensmax vid $\sin\theta = 0{,}10 \Rightarrow d = \frac{5\lambda}{0{,}10} = 25\ \mu m$

c) ett sekundärmax $\rightarrow$ tre spalter

1:a diffraktionsmin vid $\sin\theta = 0{,}10 \Rightarrow b = 5{,}0\ \mu m$

1:a principalmax för interferens vid $0{,}05 \Rightarrow d = 10\ \mu m$

d) Enkelspalt! 1:a min vid $0{,}05 \rightarrow b = 10\ \mu m$

Svar	a	b	c	d	(μm)
b	2,5	5,0	5,0	10	spaltvidd
d	5,0	25	10	—	spaltavstånd
N	5	2	3	1	antal spalter

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2001-01-10
8.45-12.45
Sal: V

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 01-01-25.
Granskning kan ske 01-01-25 kl. 12.30-13.00 i sal FL11.

---

1. Förklara vad en evanescent (försvinnande) våg är och hur fenomenet kan användas för att konstruera en beamsplitter (stråldelare). (4p)

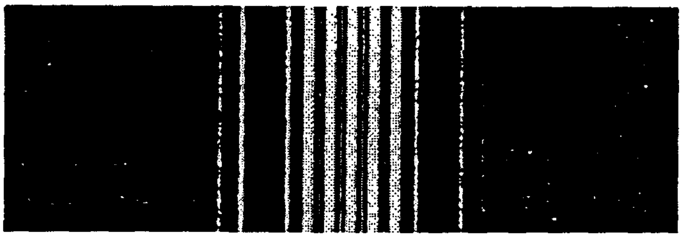
2. Opolariserat ljus med våglängden 500 nm infaller mot två korsade polarisatorer P_1 och P_2. Intensiteten efter P_2 är då noll men om man placerar en kvartsplatta mellan polarisatorerna kan man få en intensitet efter P_2 som är 25 % av intensiteten hos det infallande opolariserade ljuset. Kvarts är både dubbelbrytande och optiskt aktivt men i detta försök utnyttjar man endast den optiska aktiviteten. Hur tjock är kvartsplattan och hur är den orienterad (ange riktning för optiska axeln)? Bortse från reflektions- och absorbtionsförluster i platta och polarisatorer. Använd n_R=1,54420 och n_L=1,54427 för brytningsindex för höger- respektive vänstercirkulärpolariserat ljus. (4p)

3. Man vill fotografera en fisk med hjälp av en enkel undervattenskamera. Antag att kamerans objektiv, som har f=28 mm i luft, är en tunn bikonvex lins (n=1,50) där båda linsytorna har lika stora krökningsradier. Under vatten kommer det att vara vatten (n=1,33) på linsens utsida medan det på linsens insida är luft. Hur långt blir avståndet från linsen till filmen om man vill avbilda (skarpt) en fisk på avståndet 3,0 m från linsen? (4p)

4. Antireflexbehandling utförs så att ett skikt med en viss tjocklek läggs på den glasyta där man önskar minimera den reflekterade intensiteten. Vilket skall skiktets brytningsindex och minsta tjocklek vara om ljus med våglängden 500 nm i luft faller in vinkelrätt mot glasytan (n=1,50)? Ledning: Amplituderna för de två reflekterade strålarna skall vara lika. (4p)

5. Monokromatiskt ljus med våglängden 500 nm infaller mot en trippelspalt, d.v.s. tre likadana smala spalter med lika inbördes avstånd. Direkt bakom spalterna placeras en positiv lins med brännvidden 500 mm. På en skärm placerad i linsens fokalplan kan man

se ett diffraktionsmönster med omväxlande starka och svaga maxima (avbildat nedan i 10 ggr förstoring). Beräkna hur bred varje spalt är (spaltvidden). (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

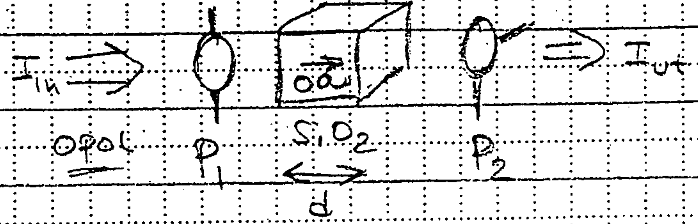
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

Förslag till lösningar OPTIK för F2 010110

1. Se Hecht s. 124–126

2.



$n_R = 1,54420$

$n_L = 1,54427$

$I_{ut} = 0,25\, I_{in}$ $d = ?$ $\lambda = 500$ nm

Plattan är orienterad med optiska axeln parallellt med infallande ljusets riktning.

Planpolariserat ljus in mot plattan – kan ses som en höger- och en vänstercirkulärpolariserad våg

Fasskillnad efter plattan:

$$\Delta\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d\,(n_L - n_R)$$

om $\Delta\delta = \pi$ $\Rightarrow$ planpolariserat ljus, vridet 90°

$$\Rightarrow \pi = \frac{2\pi}{\lambda} d\,(n_L - n_R)$$

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{2(n_L - n_R)} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{2(1,54427 - 1,54420)} = 3,6 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$$

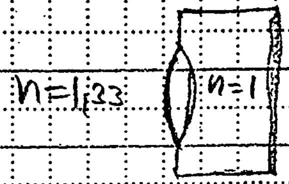
Intensiteter:

Efter P_1 : $I_{in}/2$

Alltså för att få $I_{ut} = 25\%$ av I_{in} skall plattan vrida inte 90° utan 45° – plattan skall alltså vara $d/2$ tjock

$\boxed{\text{Svar: } 1,8 \text{ mm}}$ $(+\, m \cdot 3,6)$

3.



$f = 28$ mm i luft

tunn bikonvex lins, $n = 1,50$

I luft: $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) = (n-1)\frac{2}{R}$

$\Rightarrow R = 2f(n-1) = 2 \cdot 28 \cdot (1,5-1) = 28$ mm

krökningsradien

I vatten: Descartes formel, yta 1:

$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$

$\frac{1,33}{3,0} + \frac{1,5}{b} = \frac{1,5 - 1,33}{0,028} \Rightarrow b = 0,2665$ m

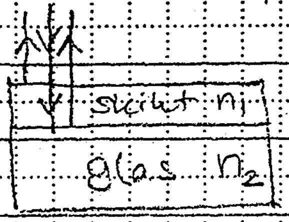
yta 2: (tunn lins)

$\frac{1,5}{-0,2665} + \frac{1}{b_2} = \frac{1-1,5}{-0,028}$

$\Rightarrow b_2 = 0,0426$ m

$\boxed{\text{Svar: 43 mm}}$

4. Antireflexbehandling:



$\updownarrow d$ $\qquad \lambda = 500\ \text{nm}$

Destruktiv interferens:

$$2n_1 d = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$$ (Antaget att båda reflektionerna är mot optiskt tätare medium, dvs $n_1 < n_2$)

$$\Rightarrow d = \frac{(2m+1)\lambda}{4n_1} \quad m = 0, 1, \ldots$$

men n_1 är ej känt.

Ytterligare ett villkor: Amplituderna i de två reflekterade strålarna skall vara lika.

Fresnels formler, vinkelrätt infall:

$$r_\perp = r_\parallel = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \quad \text{allmänt}$$

Övre reflektionen: $r_s = \dfrac{n_1 - 1}{n_1 + 1}$ refl. mot skikt

Undre reflektionen: $r_g = \dfrac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$ refl. mot glas

$$r_s = r_g \Rightarrow \frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

$$\Rightarrow (n_2 + n_1)(n_1 - 1) = (n_1 + 1)(n_2 - n_1)$$

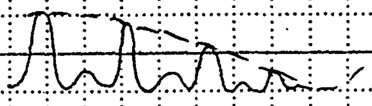
$$\Rightarrow 2n_1^2 = 2n_2$$

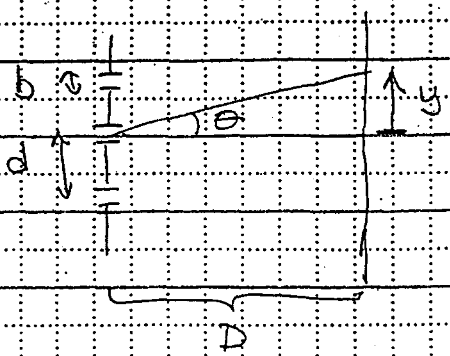
$$\Rightarrow n_1 = \sqrt{n_2} = \sqrt{1{,}5} = 1{,}225$$

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{4n_1} = \frac{\quad}{4 \cdot 1{,}225} = 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

$\boxed{\text{Svar: } 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{m}}$

5. <u>Trippelspalt</u>





$D = 500$ mm

<u>Interferensen:</u> $d \sin\theta = m\lambda$

Sedvanlig approximation:

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

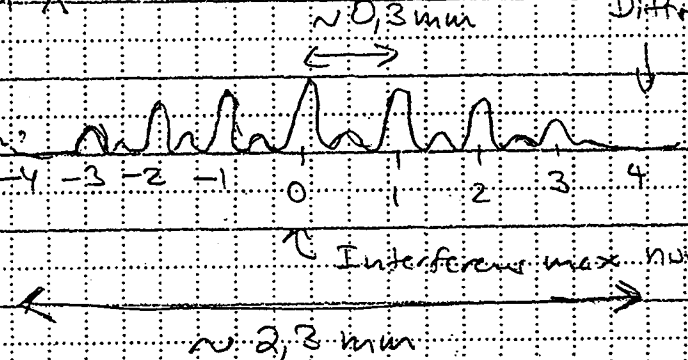
$$\Rightarrow \frac{dy}{D} = m\lambda \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots$$

<u>Diffraktionen:</u>

$$b \sin\theta = m'\lambda \qquad m' = \pm 1, \pm 2, \ldots$$

$$\frac{by}{D} = m'\lambda$$

Ur figuren:



För $m = 4$ och $m' = 1$ har vi första diffraktionsminimum

$$\Rightarrow b = m'\lambda \underbrace{\frac{D}{y}}_{\frac{d}{m\lambda}} = \frac{m'}{m} d = \frac{1}{4} d$$

$$\Rightarrow d = \frac{m\lambda D}{y} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}500}{0{,}3 \cdot 10^{-3}} = 8{,}3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Rightarrow b = \frac{d}{4} = 2{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\boxed{\text{Svar: } 2{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$$

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA 2000-08-25
Fysik och Teknisk Fysik 14.15-18.15
Sal: MG

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

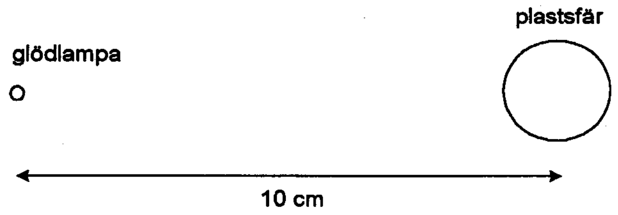
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 00-09-11.
Granskning kan ske 00-09-11 kl. 12.15-12.45 i sal FL11.

---

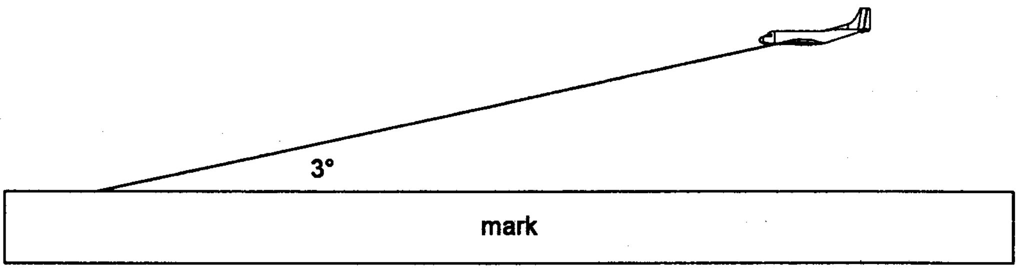
1. Beskriv i detalj:
   a) Hur kan man bestämma mängden socker i en sockerlösning med hjälp av sockrets optiska aktivitet? Rita även en figur över försöksuppställningen. (2p)
   b) Hur är ljus polariserat efter spridning mot mycket små partiklar ($<\lambda$) i atmosfären? (2p)

2. En opolariserad ljusstråle i luft infaller mot en plan diamantyta (n = 2,42) under Brewstervinkeln. Hur stor del av den infallande intensiteten reflekteras? (4p)

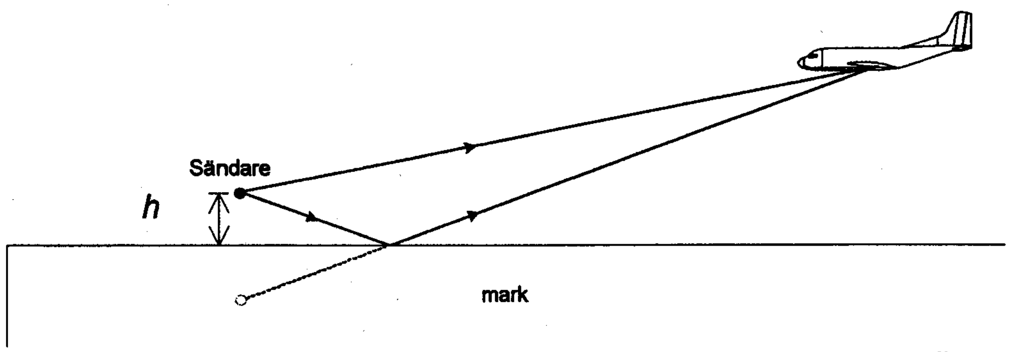
3. En genomskinlig plastsfär har radien 1,0 cm och brytningsindex 1,4. En liten glödlampa är placerad 10 cm från sfärens centrum. Var hamnar bilden av glödlampan? (4p)



4. Då flygplan skall landa på en viss flygplats skall piloterna följa en "glidbana" som har en vinkel på 3,0° mot markytan. För att hjälpa piloterna att hålla rätt höjd har en radiosändare placerats i en mast på höjden h över (den elektriskt ledande) markytan. Radiovågorna kan nå flygplanet på två vägar, de kan antingen gå direkt från sändaren till flygplanet eller gå från sändaren till flygplanet efter en reflektion mot markytan, se figuren på nästa sida. Om radiovågor som gått via de två vägarna interfererar konstruktivt kan man i flygplanet detektera en stark radiosignal, interferensfenomenet liknar alltså det i Lloyds spegelförsök. Hur högt över markytan skall sändaren sitta (d.v.s. höjden h) om piloten skall detektera en stark signal då flygplanet ligger just på glidbanan och en svagare signal för alla höjder under glidbanan? Radiovågornas frekvens är 0,32 GHz. (4p)

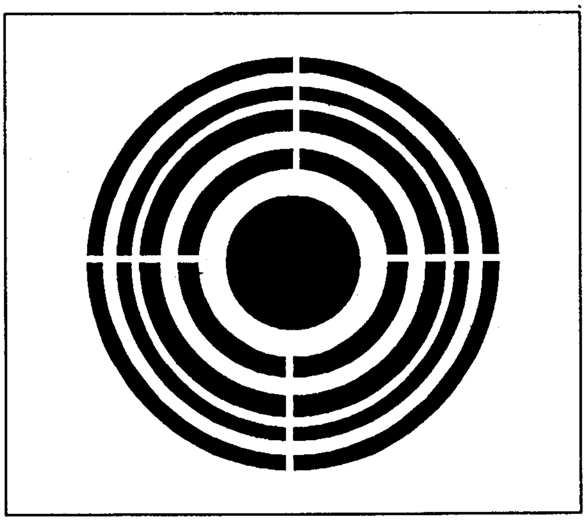


Önskad glidbana



Radiovågornas utbredning. Den reflekterade vågen tycks alltså komma från sändarens "spegelbild".

5. Istället för att köpa en dyr parabolantenn när man vill titta på satellitsända TV-program kan man istället (åtminstone i princip) använda en mycket billig anordning,. Man klistrar helt enkelt aluminiumfolie på en pappskiva och sedan skär man ut ett hål i mitten med radien 17.05 cm, och sedan en ring med innerradie 24.2 cm och ytterradie 29.7 cm, en ring med innerradie 34.5 cm och ytterradie 38.7 cm, en ring med innerradie 42.5 cm och ytterradie 46.1 cm och slutligen en ring med innerradie 49.4 cm och ytterradie 52.6 cm, se bilden nedan där "svart" betyder utskurna delar. På bilden syns också tunna vita "ekrar", de finns endast där för att hålla ihop plattan och i denna uppgift kan vi anta att "ekrarna" är oändligt tunna. Plattan riggas upp så att ringarnas mittpunktsnormal pekar mot satelliten och man placerar mikrovågsmottagaren (den som sitter i parabolantennens fokus i vanliga fall) 1.0 meter bakom plattan. Plattan med de utskurna ringarna förstärker alltså signalen som kommer in mot mottagaren. Mottagaren antas vara punktformig och befinna sig på mittpunktsnormalen till ringarna. Hur många gånger större blir intensiteten med denna platta jämfört med om plattan inte hade varit placerad framför mikrovågsmottagaren? Våglängden som satelliten sänder ut är 10.4 GHz. (4p)



(2) Lösningsförslag OPTIK för F2 2000-08-25

Diamant

Brewstervinkeln: $\tan i = \frac{n_2}{n_1}$

$\Rightarrow \tan i = 2,42$

$i = 67,55°$

$\Rightarrow b = 90 - 67,55 = 22,45°$

Fresnels formler:

(inget //-bidrag fy Brewstervinkeln)

$$\frac{A_{r\perp}}{A_{i\perp}} = -\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)} = -0,71$$

$$\frac{I_{r\perp}}{I_{i\perp}} = (-0,71)^2 = 0,50$$

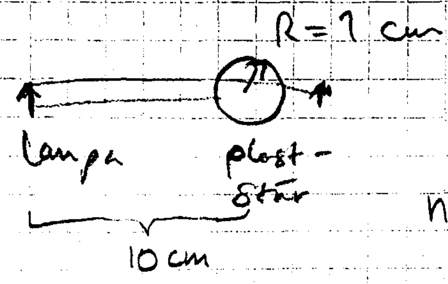
$$I_{in} = I_{i\perp} + I_{i//} = 2 I_{i\perp}$$

lika (opol)

Totalt: $\frac{I_r}{I_i} = \frac{I_{r\perp}}{2 I_{i\perp}} = \frac{0.5}{2} = 0,25$

$\boxed{\text{Svar } 25\%}$

(3)



$n = 1,4$

Descartes formel för brytning i sfärisk yta (2 ggr)

$$\frac{1}{9} + \frac{1,4}{a_2} = \frac{1,4-1}{1} = 0,4$$

$$\Rightarrow \frac{1,4}{a_2} = 0,4 - \frac{1}{9}$$

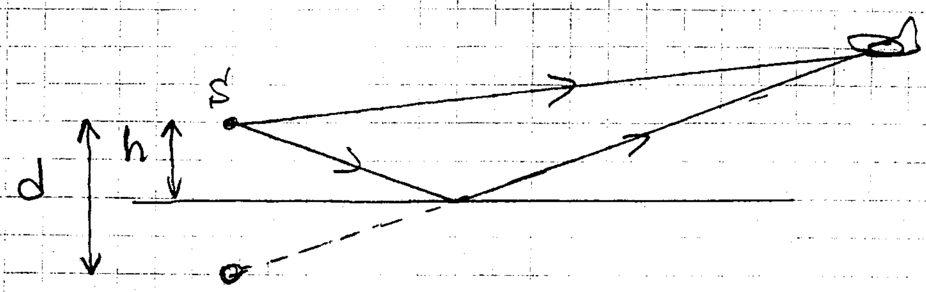
$$a_2 = 4,85 \text{ cm}$$ (till höger om staven)

$$\frac{1.4}{-2,85} + \frac{1}{a_3} = \frac{1-1.4}{-1} = +0.4$$

$$a_3 = \frac{1}{+0.4 + \frac{1.4}{2,85}} = +1,12 \text{ cm}$$

$\boxed{\text{Svar: 1,1 cm till höger om stavens högra yta.}}$

4



Samma geometri som för dubbelspalten

men en reflektion mot tätare medium

för ena strålen $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{0{,}32 \cdot 10^9} = 0{,}94\,m$

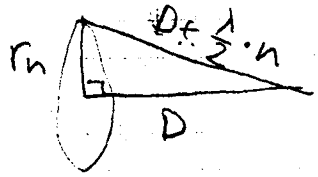
$\frac{1}{2}\lambda = d \sin\theta$ Lägsta flygnivå för max

$d = 2h$

$\Rightarrow h = \frac{\lambda}{4 \sin\theta} = \frac{0{,}94}{4 \cdot \sin 3^\circ} = 4{,}5\,m$

$\boxed{\text{Svar: } 4{,}5\ m}$

5 Fresnels zon-platta



$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3\cdot 10^8}{10{,}4\cdot 10^9} = 0{,}028\ \text{m}$$

$$r_n^2 + D^2 = D^2 + n\lambda D + \frac{\lambda^2}{4}n^2$$

$$r_n^2 = n\lambda D + \frac{\lambda^2}{4}n^2$$

(försummas ibland men inte här.)

$\Rightarrow r_1 = 17{,}05$ cm

$r_2 = 24{,}2$ cm

$r_3 = 29{,}7$ cm

$r_4 = 34{,}5$ cm

$r_5 = 38{,}7$ cm

$r_6 = 42{,}5$ cm

$r_7 = 46{,}1$ cm

$r_8 = 49{,}4$ cm

$r_9 = 52{,}6$ cm

Alltså är 5 Fresnelzoner "urklippta"

Utan platta: $a = \frac{1}{2}a_1 \Rightarrow I_0 \sim \frac{a_1^2}{4}$

$$a = |a_1| - |a_2| + |a_3| - |a_4| + \ldots$$

Här 5 bidrag från udda zoner $a \approx 5a_1$

$$\Rightarrow I \sim 25\, a_1^2$$

$$\frac{I}{I_0} = \frac{25}{\frac{1}{4}} = 100$$

Svar 100 ggr

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2000-05-26
14.15-18.15
Sal: mg

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

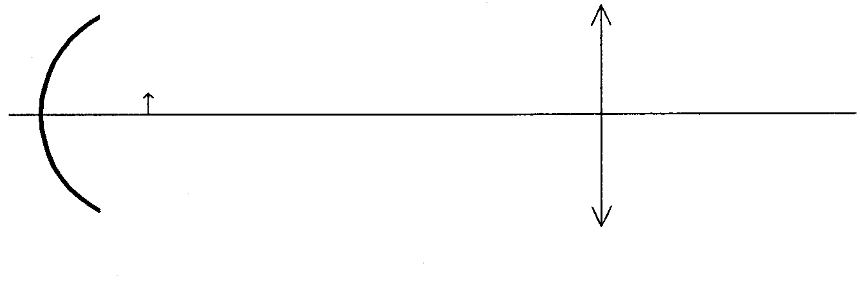
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 00-06-09.
Granskning kan ske 00-06-09 kl. 12.00-12.30 i sal FL11.

---

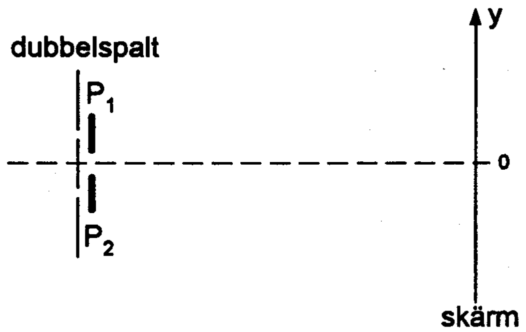
1. a) Vid ett optiskt experiment misstänker man att det infallande ljuset består av en blandning av cirkulärpolariserat och opolariserat ljus. Hur gör man för att bekräfta detta? Beskriv i detalj. (2 p)
b) Visa hur en anordning som släpper igenom vänster- men inte högercirkulärpolariserat ljus kan vara konstruerad (d.v.s. vänstercirkulärpolariserat ljus in ger vänstercirkulärpolariserat ljus ut, högercirkulärpolariserat ljus in ger inget ljus ut). Till ditt förfogande har du ett obegränsat antal $\lambda/4$-plattor och (linjär)polarisatorer. Förklara i detalj. (2p)

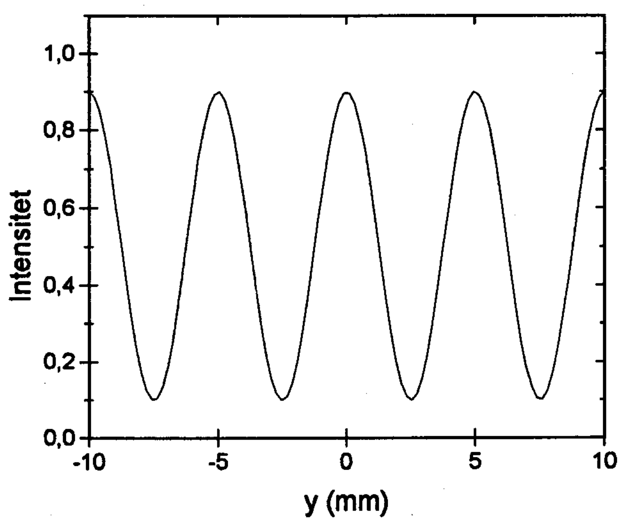
2. Om en opolariserad ljusstråle i luft infaller under Brewstervinkeln mot en plan glasyta, reflekteras 12,5% av den infallande intensiteten. Hur stor del av den infallande intensiteten reflekteras om man i den infallande strålen placerar en ideal (linjär)polarisator med genomsläppsriktningen i 30° vinkel relativt infallsplanet och dessutom ändrar infallsvinkeln till 70°? (4p)

3. Ett litet föremål befinner sig mellan en konkav spegel och en tunn lins. Den konkava spegeln har krökningsradien 20 cm och föremålet är placerat i krökningsradiens centrum. Den tunna linsen är plankonvex, den krökta ytan har krökningsradien 17,5 cm och linsens brytningsindex är 1,5. Linsen befinner sig 85 cm till höger om föremålet. Man får två bilder av föremålet, en om strålarna går direkt genom linsen och en om strålarna först reflekteras mot spegeln och sedan går genom linsen. Var hamnar dessa bilder? Är de reella eller virtuella? Rättvända eller upp-och-ner? För full poäng krävs också en korrekt (skalenlig) konstruktion av strålgången i de två fallen. (4p)



4. Ett dubbelspalt har en (linjär)polarisator bakom vardera spalten. Dubbelspalten belyses med opolariserat ljus med våglängden 488 nm. Interferensmönstret studeras på en skärm 8,0 m från dubbelspalten, intensiteten nära y=0 visas i relativa enheter i figuren nedan. Hur är genomsläppsriktningarna orienterade relativt varandra (ange vinkeln) för de två polarisatorerna? (4p)





5. Med spetsen på en knappnål har man gjort ett litet runt hål i en aluminiumfolie. Om man låter en laserstråle med våglängden 488 nm falla in vinkelrätt mot folien (och hålet) kan man på en skärm 3,0 m från folien se ett diffraktionsmönster där diametern på den första mörka diffraktionsringen är 10 mm. Man mäter sedan intensiteten längs hålets axel. Vilket är det minsta avstånd (längs axeln) man måste gå från skärmen för att få ett minimum? (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**

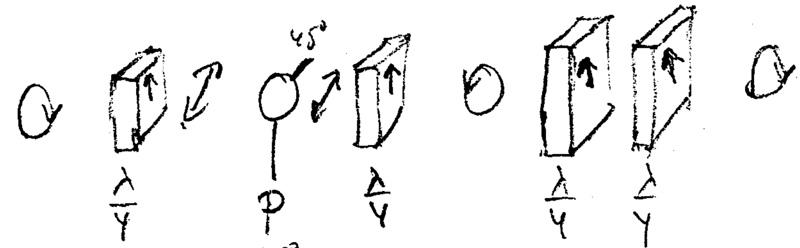
Förslag till lösningar OPTIK för F2 000526

1.a) Kolla först med en analysator som vrids runt – – det skall inte vara någon intensitetsvariation.
Kolla sedan med en $\lambda/4$ platta + analysator – vrid runt analysatorn:

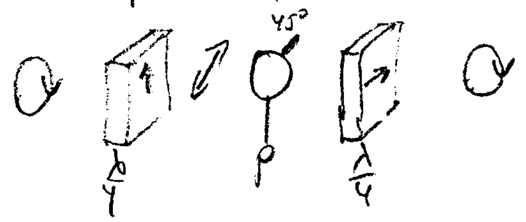
Om total utsläckning fås för ett läge på analysatorn är ljuset endast cirkulärpolariserat.
Om ingen variation fås då analysatorn vrids runt ⇒ opolariserat

Om man får en intensitetsvariation, doch ej $I=0$, har man opol. + cirk.pol.

b) t.ex.

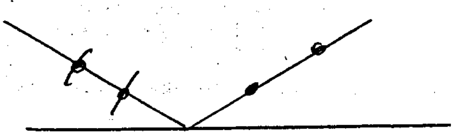


eller



Förklarande text krävs för full poäng!

(2)



Fall 1: $\frac{I_r}{I_0} = 0.125$ Brewstervinkeln $\Rightarrow i + b = 90°$

$I_0 = I_{i\parallel} + I_{i\perp} = 2 I_{i\perp}$ ty opol. ljus in

Beräkna först n!

Fresnels formler:

$$\frac{I_{r\perp}}{I_{i\perp}} = \frac{\sin^2(i-b)}{\sin^2(i+b)} = \sin^2(i-b)$$

$$\frac{I_{r\perp}}{I_0} = \sin^2(i-b)\cdot\frac{1}{2} = 0.125 \quad \text{(ty endast } I_{r\perp} \text{ reflekteras)}$$

$$\Rightarrow \sin(i-b) = \underbrace{\sqrt{0.250}}_{0.5} \Rightarrow i-b = 30°$$

enl. Brewster är $i + b = 90° \Rightarrow b = 90° - i$

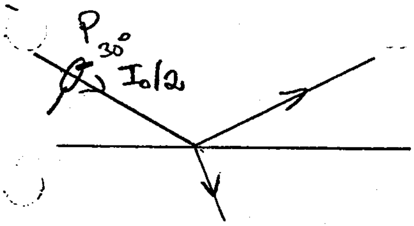
$$\Rightarrow i = 30° + b = 30° + 90° - i$$

$$2i = 120°$$
$$i = 60°$$

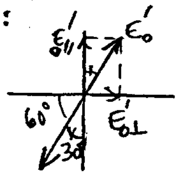
Brytningslagen: $\sin i = n \sin b \Rightarrow n = \frac{\sin i}{\sin b} = 1{,}73$

Fall 2: $i = 70°$ Brytningslagen $\Rightarrow \sin b = \frac{1}{n}\sin i = \frac{1}{1.73}\sin 70° = 0.54$

$\Rightarrow b = 32{,}86°$



Efter P:



$E'_{0\perp} = E'_0 \sin 30°$ $I' = \frac{I_0}{2}$ $I'_\perp = \frac{I_0}{2}\overbrace{\sin^2 30°}^{0.25}$

$E'_{0\parallel} = E'_0 \cos 30°$ $I'_\parallel = \frac{I_0}{2}\underbrace{\cos^2 30°}_{0.75}$

Fresnel: $(r_\perp)^2 = \left(-\frac{\sin(i-b)}{\sin(i+b)}\right)^2 = \frac{I_{r\perp}}{I'_\perp} = [\text{ins}] = 0.384$

$$(r_\parallel)^2 = \left(\frac{\tan(i-b)}{\tan(i+b)}\right)^2 = \frac{I_{r\parallel}}{I'_\parallel} = [\text{ins}] = 0.0299$$

Efter reflexionen: $I_r = I_{r\perp} + I_{r\parallel} = 0{,}384 \cdot \frac{1}{8} I_0 + 0{,}0299 \cdot \frac{3}{8} I_0$

$$= 0.0592\, I_0$$

jämfört med I': $I_r = 0.118 \cdot I'$

$\boxed{\text{Svar } 5.9\,\%}$

(3)

1) Spegling först:

Spegeln:

$$\frac{1}{a_1}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}=\frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{20}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{10} \Rightarrow b_1 = 20 \text{ cm}$$

Därefter brytning i lins:

Linsmakarformeln: $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\underbrace{\frac{1}{R_2}}_{0}\right) \Rightarrow \frac{1}{f}=0{,}5\cdot\frac{1}{17{,}5} \Rightarrow f = 35 \text{ cm}$

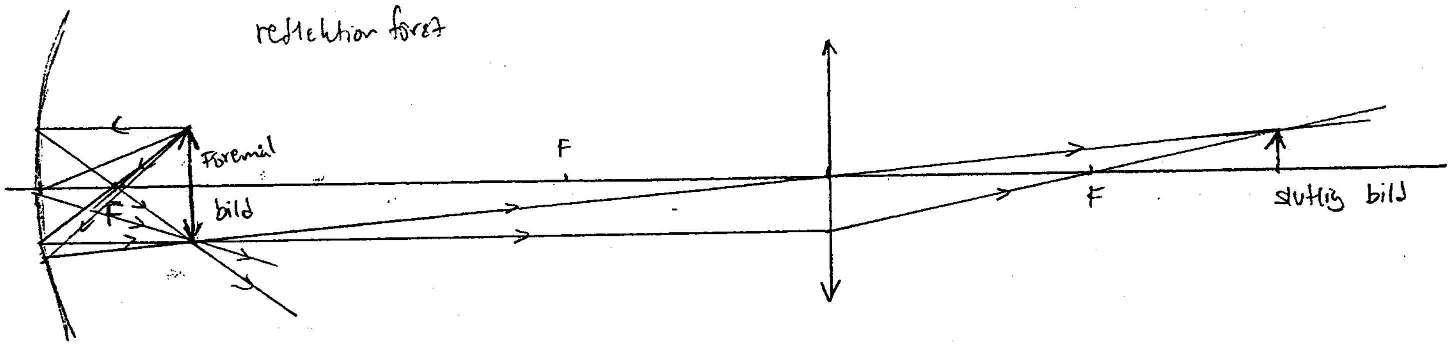
Linsformeln:

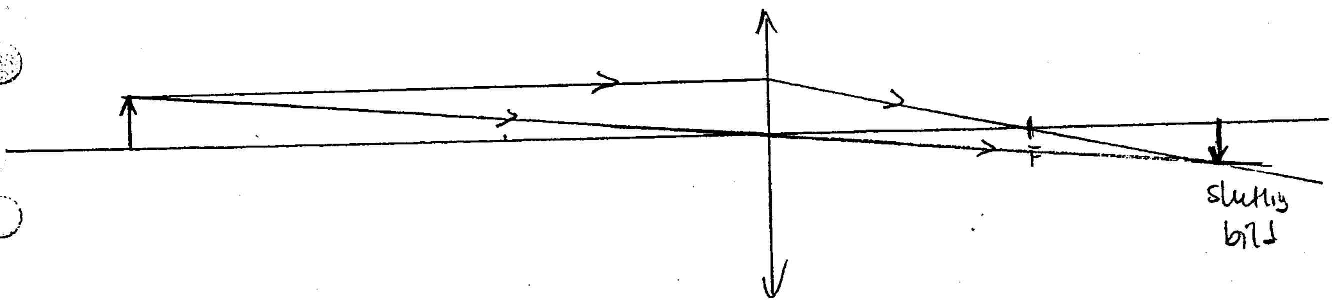
$$\frac{1}{a_2}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{85}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{35} \Rightarrow b_2 = 59{,}5 \text{ cm}$$

2) Direkt genom linsen

som ovan: $\Rightarrow b_2 = 59.5$ cm

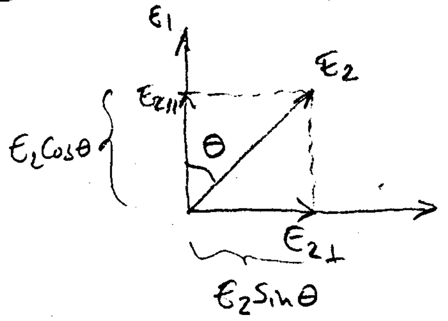
Alltså hamnar båda (slutliga) bilderna på samma avstånd





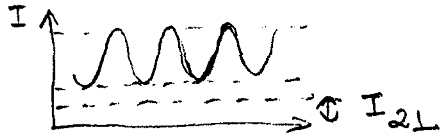
Svar: I båda fallen hamnar slutliga bilden 60 cm till höger om linsen. Båda är reella. I fall 1) är bilden rättvänd, i fall 2 upp-och-ner.

(4) Antag: polarisatorernas genomsläppsriktningar bildar vinkeln θ



$E_{2//}$ interfererar med E_1 (koherenskravet)

$I \sim E^2$ eller $E \sim \sqrt{I}$



$$I_{max} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_{2//}}\right)^2 + I_{2\perp}$$

$$I_{min} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_{2//}}\right)^2 + I_{2\perp}$$

och $I_{2//} = I_2 \cos^2\theta$

$I_{2\perp} = I_2 \sin^2\theta$

samt $I_1 = I_2 = I_0$

$$I_{max} = I_0\left((1+\cos\theta)^2 + \sin^2\theta\right) = I_0\left(1+\cos^2\theta + 2\cos\theta + \sin^2\theta\right) =$$

$$= I_0 \cdot 2(1+\cos\theta)$$

$$I_{min} = I_0\left((1-\cos\theta)^2 + \sin^2\theta\right) = 2I_0(1-\cos\theta)$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{1+\cos\theta}{1-\cos\theta} = \frac{0,9}{0,1} = 9$$

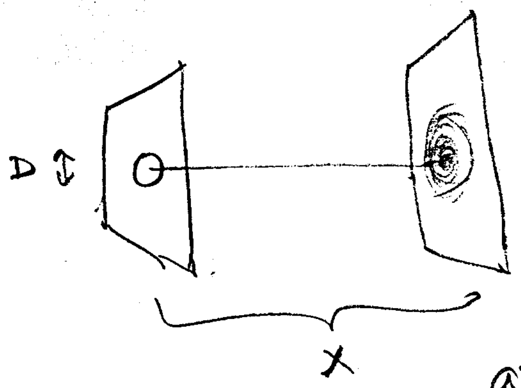
$\therefore$ $1+\cos\theta = 9 - 9\cos\theta$

$10\cos\theta = 8$

$\cos\theta = 0,8 \Rightarrow \theta = 36,9^\circ$

$\boxed{\text{Svar: } 37^\circ}$

(5)



$\lambda = 488\ \text{nm}$

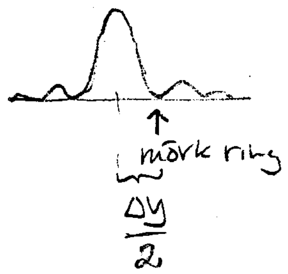
$x = 3\ \text{m}$

tumregeln: $R > \dfrac{a^2}{\lambda}$

Gissning: knappnålsspets $\Rightarrow D \ll 1\ \text{mm}$

test: $R > \dfrac{(10^{-3})^2}{488 \cdot 10^{-9}} \approx 2\ \text{m}$

Alltså har vi Fraunhoferdiffraktion!



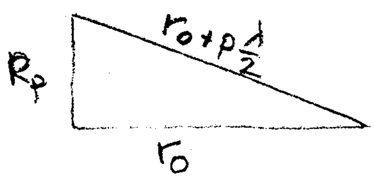
$\Delta y = 10\ \text{mm}$

$\tan\theta \approx \sin\theta = 1{,}22 \dfrac{\lambda}{D}$ cirkulär aperatur

$\therefore \dfrac{\Delta y / 2}{x} \approx 1.22 \dfrac{\lambda}{D}$

$D = \dfrac{1{,}22\,\lambda x}{\Delta y / 2} = \dfrac{1{,}22 \cdot 488 \cdot 10^{-9} \cdot 3{,}0}{10 \cdot 10^{-3}/2} = 3{,}57 \cdot 10^{-4}\ \text{m}$

Nära hålet får vi Fresneldiffraktion:



$r_0^2 + R_p^2 = (r_0 + p\tfrac{\lambda}{2})^2$

$\Rightarrow r_0 = \dfrac{R_p^2 - p^2 \frac{\lambda^2}{4}}{p\lambda}$

där nu $R_p = \dfrac{D}{2}$

För första min: $p = 2 \Rightarrow r_0 = \dfrac{(D/2)^2 - 2^2 \frac{\lambda^2}{4}}{2 \cdot \lambda} = 3{,}3 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$

Avståndet: $3{,}00 - 3{,}3 \cdot 10^{-2} = 2{,}97\ \text{m}$

$\boxed{\text{Svar: } 2{,}97\ \text{m}}$