Optik
tentakit

F

sidor: ~~46~~ ~~50~~ 63
pris: ~~15:-~~ ~~20:-~~ 30:-

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)

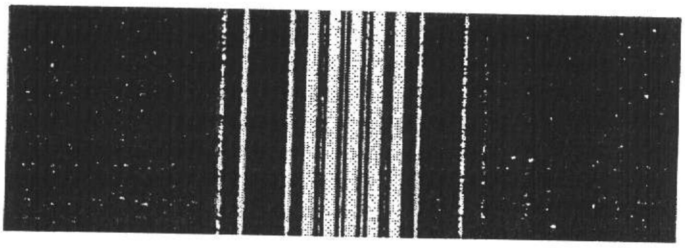
2. Opolariserat ljus med våglängden 500 nm infaller mot två korsade polarisatorer P_1 och P_2. Intensiteten efter P_2 är då noll men om man placerar en kvartsplatta mellan polarisatorerna kan man få en intensitet efter P_2 som är 25 % av intensiteten hos det infallande opolariserade ljuset. Kvarts är 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)



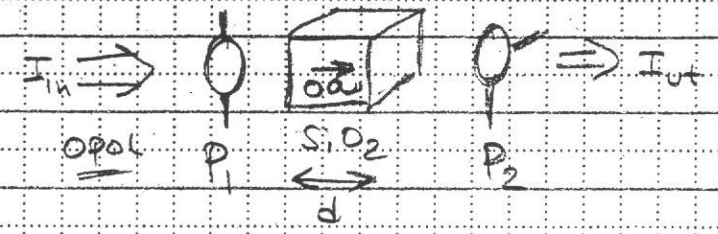
Formella regler: För att få full poäng på tentamensproblem krävs:
- att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas
- att samtliga införda symboler definieras
- att rätt svar med rätt enhet avges.

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

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

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

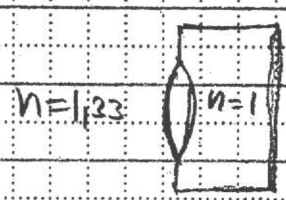
Intensiteter:

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

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

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:

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

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

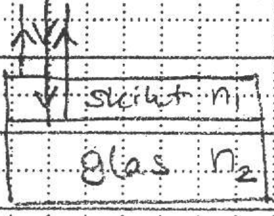
yta 2: (tunn lins)

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

$$\Rightarrow b_2 = 0{,}0426 \text{ m}$$

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

4. Antireflexbehandling:



$\} d$ $\lambda = 500\,\text{nm}$

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

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

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

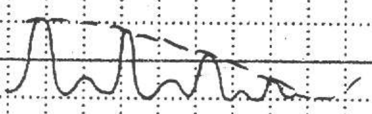
$$\Rightarrow 2n_1^2 = 2n_2$$

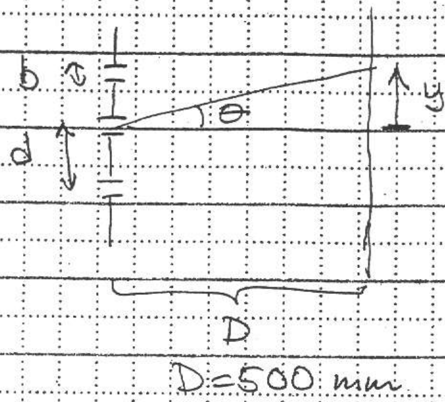
$$\Rightarrow n_1 = \sqrt{n_2} = \sqrt{1{,}5} = 1{,}225$$

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

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

5. <u>Trippelspalt</u>





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

<u>Sedvanlig approximation:</u>

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

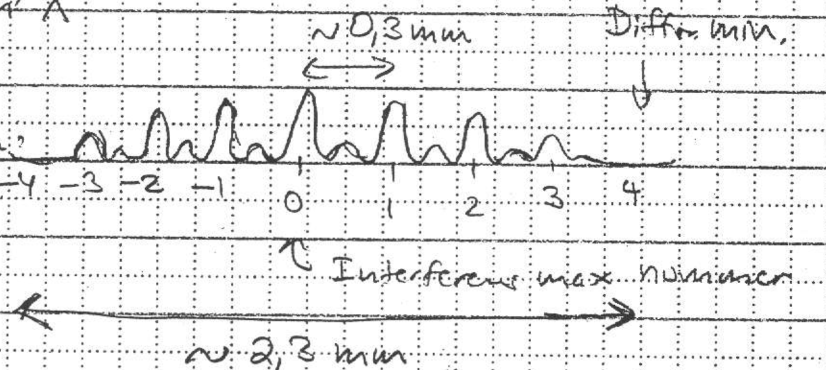
$\Rightarrow \frac{dy}{D} = m\lambda \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$

<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 diffraktions minimum

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

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

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

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA 2000-05-26
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

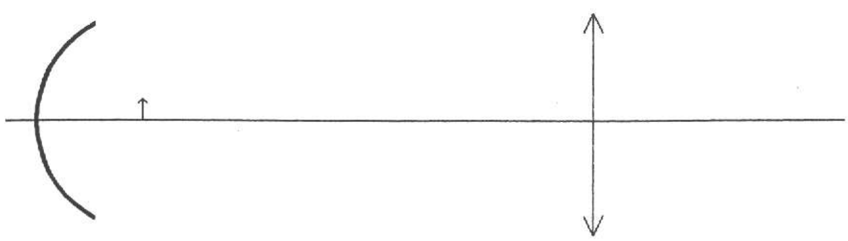
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 00-06-09.
Granskning kan ske 00-06-09 kl. 12.00-12.30 i sal FL11.

---

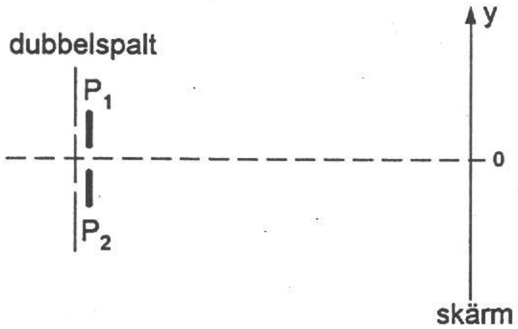
1. a) Vid ett optiskt experiment misstänker man att det infallande ljuset består av en blandning av cirkulärpolariserat och opolariserat ljus. Hur gör man för att bekräfta detta? Beskriv i detalj. (2 p)
b) Visa hur en anordning som släpper igenom vänster- men inte högercirkulärpolariserat ljus kan vara 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)

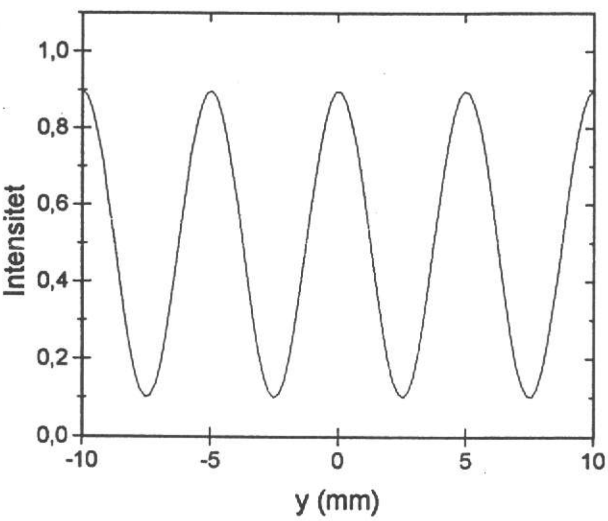
2. Om en opolariserad ljusstråle i luft infaller under Brewstervinkeln mot en plan glasyta, reflekteras 12,5% av den infallande intensiteten. Hur stor del av den infallande intensiteten reflekteras om man i den infallande strålen placerar en ideal (linjär)polarisator med genomsläppsriktningen i 30° vinkel 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**

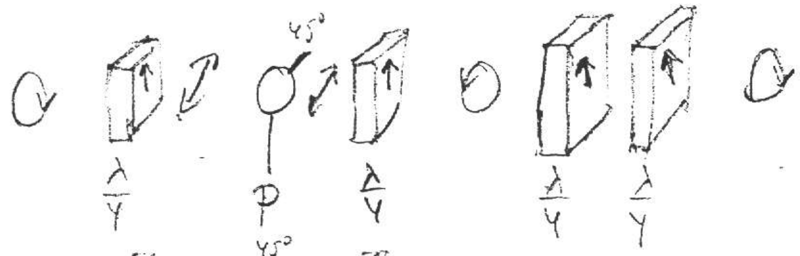
Förslag till lösningar OPTIK för F2 000526

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

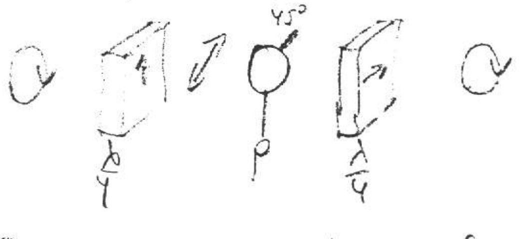
Om total utsläckning fås för ett läge på analysatorn är ljuset endast cirkulärpolariserat. Om ingen variation fås då analysatorn vrids runt ⇒ opolariserat

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

b) t.ex.

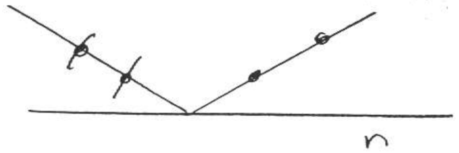


eller



Förklarande text krävs för full poäng!

(2)



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

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

Beräkna först n!

Fresnels formler:

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

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

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

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

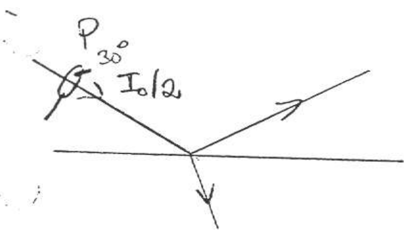
$$\Rightarrow i = 30° + b = 30° + 90° - i$$

$$2i = 120°$$

$$i = 60°$$

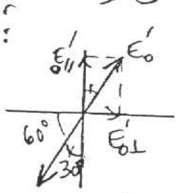
Brytningslagen: $\sin i = n \sin b \Rightarrow n = \frac{\sin i}{\sin b} = 1{,}73$

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:



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

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

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

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

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

$$= 0.0592\, I_0$$

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 avbildning i lins:

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

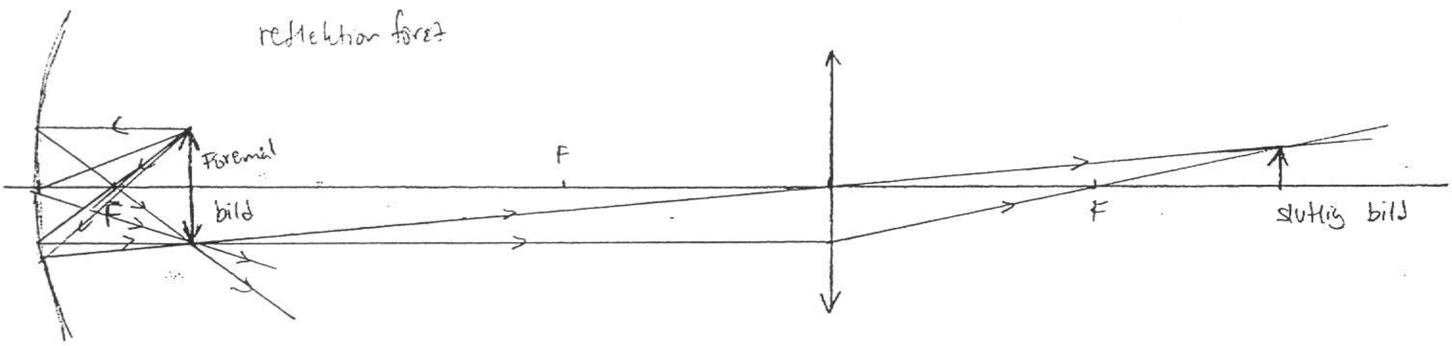
Linsformeln:

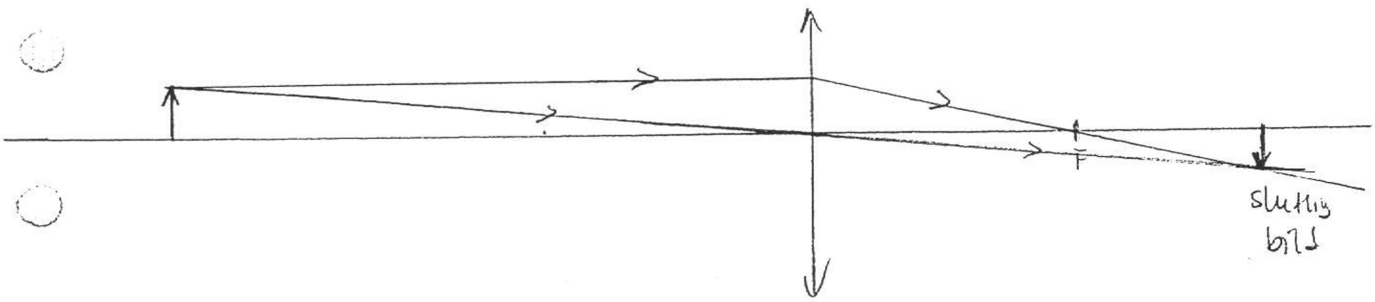
$$\frac{1}{a_2}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{85}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{35} \Rightarrow b_2 = 59{,}5 \text{ cm}$$

2) Direkt genom linsen

som ovan: $\Rightarrow b_2 = 59.5$ cm

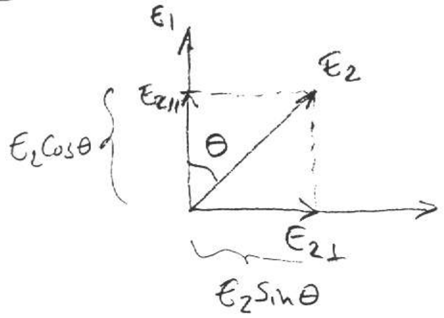
Alltså hamnar båda (slutliga) bilderna på samma avstånd





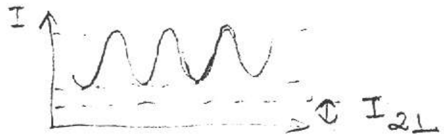
<u>Svar</u>: I båda fallen hamnar slutliga bilden 60 cm till höger om linsen. Båda är reella. I fall 1) är bilden rättvänd, i fall 2 upp-och-ner.

(4) Antag: polarisatorernas genomsläpps riktningar bildar vinkel θ



$E_{2\parallel}$ interfererar med E_1 (koherenskravet)

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



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

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

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

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

samt $I_1 = I_2 = I_0$

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

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

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

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

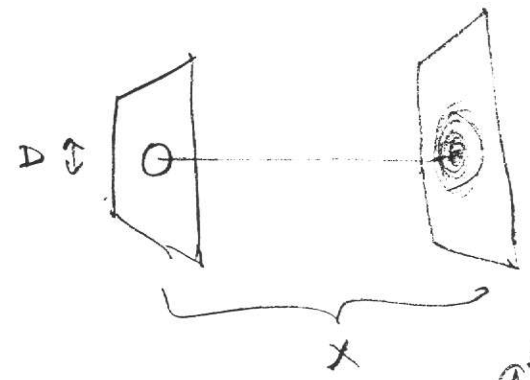
$\therefore\ 1+\cos\theta = 9 - 9\cos\theta$

$10\cos\theta = 8$

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

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

5



$\lambda = 488$ nm

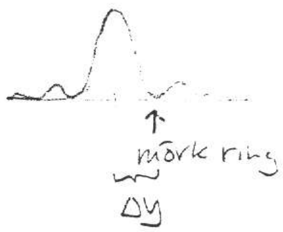
$X = 3$ m

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

Gissning: knappnålsspets $\Rightarrow D \ll 1$ mm

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

Alltså har vi Fraunhoferdiffraktion!



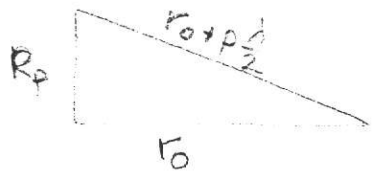
$\Delta y = 10$ mm

$\tan\theta \approx \sin\theta = 1{,}22\,\frac{\lambda}{D}$ cirkulär apertur

$\therefore \frac{\Delta y / 2}{X} \approx 1{,}22\,\frac{\lambda}{D}$

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

Nära hålet får vi Fresneldiffraktion:



$$r_0^2 + R_p^2 = \left(r_0 + p\frac{\lambda}{2}\right)^2$$

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

där nu $R_p = \frac{D}{2}$

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

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

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Fysik och teknisk fysik

Tentamen i OPTIK för F2

Tid: 2000-01-10, kl 14.15 - 18.15

Plats: mn

Lärare: Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 3312.

Jourhavande: Henric Oscarsson, Fysiska institutionen, tel 772 3606.

Hjälpmedel: Räknare: Typgodkänd. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.

Krav: Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.

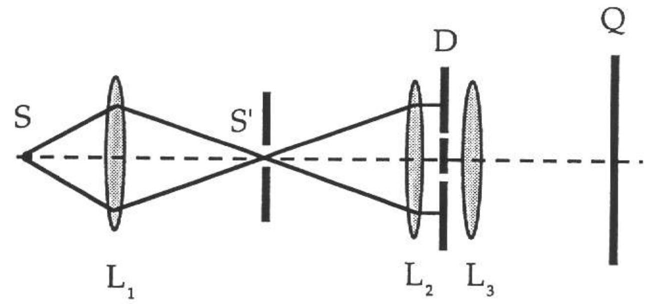
Bedömning: Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Vid a)- och b)-uppgift ges 2 poäng på vardera. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.

Lösningar: Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 omedelbart efter tentamen.

Rättning: Tentamensresultatet anslås i Trapphusets entréhall, Fysik, Kemigården 1, kl 10 den 24 januari 2000. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 den 2 februari 2000.

Uppgift 1

Interferensmönstret från en dubbelspalt D studeras enligt figur 1 på en skärm Q. Vi bortser från diffraktionseffekter. Dubbelspalten belyses med en källa S som avger den gröna kvicksilverlinjen vid $\lambda = 546.074$ nm. Strålningen passerar en spalt S', som därvid bildar en inkoherent linjekälla. Spaltavståndet hos D är 0.78 mm. L_2:s fokaldistans ($\approx$ S'D) är 85 cm.



Figur 1

a) Skissa kvalitativt interferensmönstrets irradians när bredden hos spalten S′ successivt ökas.

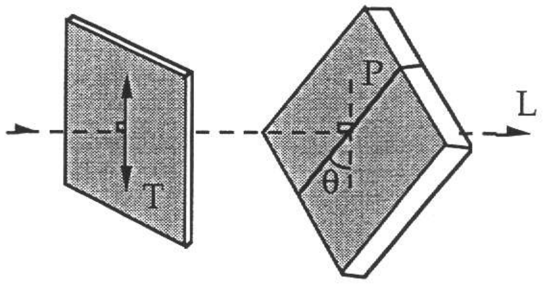
b) Beräkna den minsta bredd hos S′ för vilken "tydliga fransar" kan observeras. Denna bredd definieras som 1/4 av den bredd då inga fransar alls observeras.

Uppgift 2

En dubbelbrytande, kluven kristall placeras efter en linjärpolarisator. Kristallens principalsektion P bildar en vinkel θ med polarisatorns transmissionsplan T. Ljus infaller mot polarisatorn enligt figur 2.

a) Skissa kvalitativt polarisationstillståndet hos det utgående ljuset L som funktion av vinkeln θ.

b) Om $\theta = 24^0$, beräkna det största möjliga förhållandet mellan polarisationsellipsens lill- och storaxel.



Figur 2.

Uppgift 3

Ett gitter skall användas i första ordningen för att upplösa den röda dubblett ($\Delta\lambda$ = 0.18 nm) som observeras från en gasblandning mellan väte och deuterium (medelvåglängd λ = 656.3 nm).

a) Vad är det minimala antalet linjer som krävs på gittret?

b) För detta linjeantal, vad är den minsta möjliga bredden på gittret?

Uppgift 4.

Diskutera hur retarderare fungerar, särskilt

a) i form av plattor (full-, halv- och kvartvågsplatta),

b) i form av internreflektion i en romb.

Uppgift 5.

Diskutera Huygens princip, särskilt

a) i sin första, enkla formulering,

b) förbättringar av originalversionen (introducerade av Fresnel och Kirchhoff).

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Lösningar till tentamen i OPTIK för F2

<u>Tid:</u> 2000-01-10, kl 14.15 - 18.15
<u>Lärare:</u> Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 3312.
<u>Rättning:</u> Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 den 2 februari 2000.

Uppgift 1

Enligt Hecthts bok tredje upplagan sidan 558 är irradiansen från en dubbelspalt belyst med en smal källa:

$I = 4\, I_0 \cos^2 [\, Ya\pi/s\lambda],$

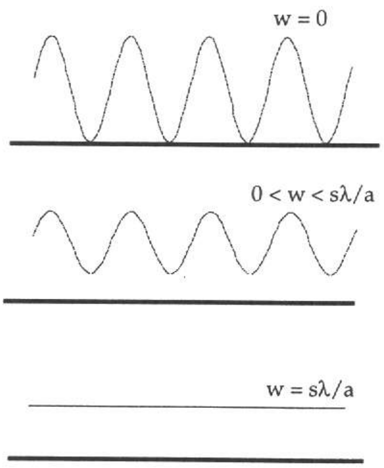
där a är spaltavståndet, s avståndet till skärmen och Y läget på skärmen. För härledning se sidorna 385-388. För en bred, inkoherent källa ger varje punkt på källan ett bidrag dI till den totala irradiansen i läge Y på skärmen:

$dI = A\, dY_0 \cos^2 [\, a\cdot\pi(Y-Y_0)/\, s\cdot\lambda]$

där A är en konstant och Y_0 läget av centrum hos delbidraget dI. Integration över Y_0 från –w/2 till +w/2 (källans <u>bild</u>bredd är w) ger totala irradiansen i punkten Y (formel 12.5):

$I(Y) = Aw/2 + (As\,\lambda\,/2a\,\pi)\, \sin [a\,\pi\, w/s\,\lambda\,)\, \cos (2\, a\,\pi\, Y/s\,\lambda\,]$

Man får följande utseende:

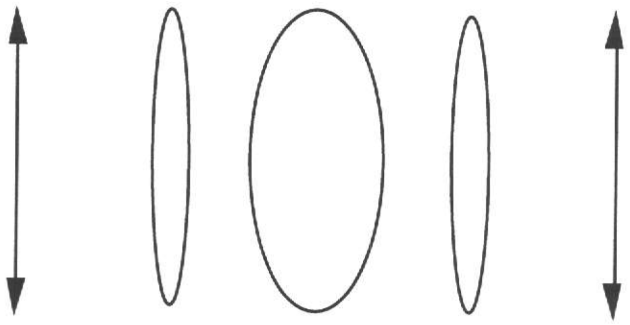


Man behöver inte utföra räkningarna enligt ovan för att nå detta resultat. Det räcker att känna till att irradiansen från en dubbelspalt har ett $\cos^2$-uppförande. Addering av sådana fasförskjutna funktioner leder till uppförandet i figuren ovan. Irradiansen blir konstant (visibilitet $V = 0$) första gången då storleken av källans bild är $w = s\lambda/a$, d.v.s. när $\cos^2$-mönster adderats över en hel period λ, vilket svarar mot en vinkeln $\alpha = \lambda/a$. Maximala källstorleken blir då för "tydliga fransar" $d = f\lambda/4a$, där f är L_2- linsens fokaldistans. Insättning ger $d = 0.85 \cdot 546.074 \cdot 10^{-9}/(4 \cdot 0.78 \cdot 10^{-3})\,\text{m} = 0.15$ mm

Uppgift 2.

Se Hecht, 3dje upplagan, sidan 323.

Optiska axeln är för $\theta = 0^0$ parallell med ljusets E-vektor. Ljuset passerar då kristallen som linjärpolariserat och klassificeras som extraordinärt. När kristallen vrids blir ljuset elliptiskt polariserat. Ändringshastigheten av elliptisiteten beror på kristallens tjocklek, men kan kvalitativt illustreras enligt (i polarisatorns koordinatsystem):



$\theta = 0$ $\qquad$ $\pi/4$ $\qquad$ $\pi/2$

För $\theta = 24^0$ är ljuset ordinärt. Då $\theta = 24^0$ är amplitudförhållandet ordinärt/extraordinärt E-fält $E_0/E_E = \cos 66^0/\sin 66^0 = \sin 24^0/\cos 24^0 = 0.4452$. Om fasskillnaden mellan de två fälten är $\pi/2$, vilket inträffar för en viss tjocklek hos kristallen, blir detta också det största förhållandet mellan lill- och storaxel i polarisationsellipsen. Observera att den ena av ellipsens axlar då är parallell med den inkommande E-vecktorn.

Uppgift 3.

a) Upplösningen är $R = \lambda/\Delta\lambda = 656.3/0.18 = 3646.1$. Men det gäller också att $R = Nm$, så för ordningen $m=1$ krävs $N = 3647$ linjer.

b) Gitterekvationen är $d \sin\theta = m\lambda$. Med $m=1$ krävs $\sin\theta = \lambda/d < 1$. Om gittrets bredd är $D = N \cdot d$ fås $D > N\,\lambda = 3647 \cdot 656.3$ nm $= 2.4$ mm

Uppgift 4.

Se Hechts bok 3dje upplagan sidorna 346-350.

Uppgift 5.

Se Hechts bok 3dje upplagan

a) sidorna 103-104

b) bland annat sidorna 434-436, 476-480, 501-505

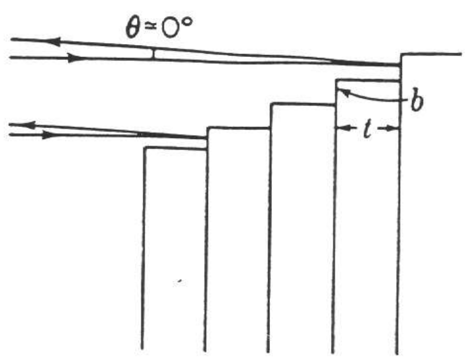
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Tentamen i OPTIK för F2, FFY091

Tid:	1999-08-27, 14.15 - 18.15
Plats:	mg
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik
Info:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik, tel 070-753 53 12
Hjälpmedel:	Typgodkänd räknare, Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås 1999-08-27 kl 18.15 på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 kl 10 den 10 september 1999. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B) kl 13-14 den 17 september 1999, eller vid annan överenskommen tid.

Problem 1.

Michelson konstruerade ett s.k. echelongitter , se figur 1, vilket har egenskapen att koncentrera ljus in i en viss ordning. Antag att gittret består av 30 plattor med tjockleken t=12 mm, förskjutna med ungefär b=1mm. Gittret belystes vid ett tillfälle under normalt infall med kvicksilvers resonanslinje $\lambda = 253.7$ nm. Vilken ordning observerades och vad var upplösningen?

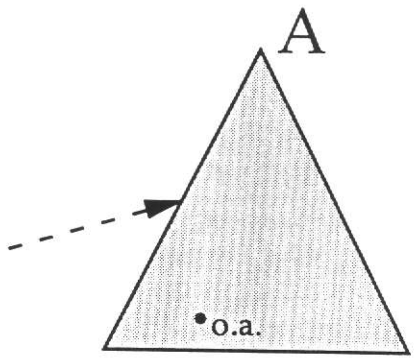


Figur 1

V.G.V

Problem 2.

Figur 2 visar ett prisma tillverkat av den negativt dubbelbrytande kristallen kalcit (Iceland spar). Optiska axeln (o.a.) är parallell med den brytande kanten A. Vitt ljus infaller under snett infall mot ena sidoytan. Skissera kvalitativt ljusets strålgång och polarisation då det passerat prismat, varvid såväl dubbeltrytning som dispersion skall beaktas. (Ledning: Variationen av brytningsindex finns i tabell T-4.3. i Physics Handbook).



Figur 2.

Problem 3.

Vinkeln mellan två stjärnor uppmättes med Michelsons stjärninterferometer. Rita en skiss över experimentuppställningen. Det minsta spegelavstånd för vilket interferensmönstret försvann var 3.0 meter. Vilken vinkel erhålles om den effektiva våglängden sätts till 570 nm?

Problem 4.

Diskutera hur man kan producera polariserat ljus genom reflektion. Behandla särskilt

a) reflektansens kvalitativa vinkelberoende hos en isolator och hos en metall, samt

b) ett exempel på anordning för produktion av ljus med hög polarisation.

Problem 5.

Diskutera principerna bakom multipelstråleinterferens, särskilt

a) interferens mellan två högreflekterande ytor (Airy-funktionen), samt

b) tillämpning i Fabry-Perot-interferometern

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Lösningar OPTIK för F2

Tid: 1999-08-27, 14.15 - 18.15

Lärare: Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik

Bedömning: Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.

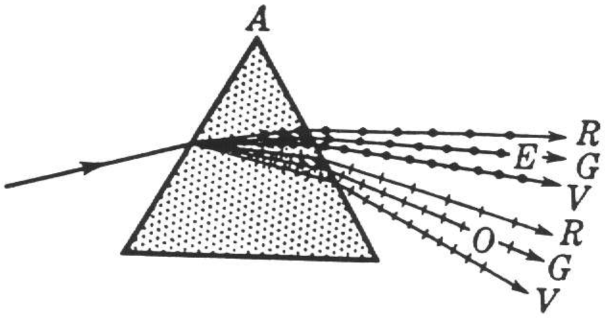
Rättning: Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 kl 10 den 10 september 1999. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B) kl 13-14 den 17 september 1999, eller vid annan överenskommen tid.

Problem 1.

För konstruktiv interferens gäller att $2\,t = m\,\lambda$, där m är ordningen. Vi får således $m = 2\,t\,/\lambda = 2 \cdot 12 \cdot 10^{-3} / 253.7 \cdot 10^{-9} = 94\ 600$. Upplösningen är $Nm = 30 \cdot 94\ 600 = 2.84 \cdot 10^{6}$.

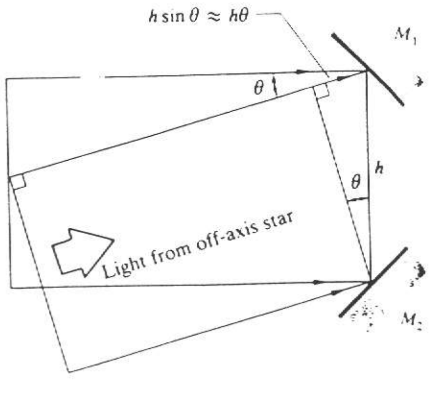
Problem 2.

Effekten av dubbelbrytning är större än effekten av dispersion. Därför observeras två separerade spektra:



Problem 3.

En figur på stjärninterferometern finns i Hecht: "Optics", figur 12.13 a. (Sidan 568 i 3dje upplagan, sidan 530 i 2dra upplagan). Där visas också en figur b):



De två stjärnorna är inkoherenta, varför interferensmönstrens irradians kan adderas. Om vägskillnaden mellan ljusstrålarna från de två stjärnorna är $\lambda/2 = h\,\theta$ är de två mönstren ur fas och inga fransar observeras. Den efterfrågade vinkeln blir då $\theta = 270 \cdot 10^{-9}/2 \cdot 3.0 = 4.5 \cdot 10^{-8}$ radianer.

Problem 4.

För isolator, se Hecht: "Optics" 3dje upplagan, figur 4.39 sidan 114. (Upplaga 2 figur 4.22 sidan 97). För att erhålla reflektansen skall amplituden kvadreras, se figur 4.47 b (4.29 b i upplaga 2). En metalls reflektans illustreras i figur 4.61 (4.41 i upplaga 2)

Problem 5.

Se Hecht: "Optics" 3dje upplagan, sidorna 409-418. (Upplaga 2 sidorna 363-372).

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1999-05-31, kl 14.15 - 18.15
Plats:	mg
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 3312.
Jourhavande:	Henric Oscarsson, Fysiska institutionen, tel 772 3606.
Hjälpmedel:	Räknare: Typgodkänd. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Vid a)- och b)-uppgift ges 2 poäng på vardera. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphusets entréhall, Fysik, Kemigården 1, kl 10 den 14 juni 1999. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 den 15 juni 1998.

Uppgift 1.

En 30 mm tjock planparallell platta av en enaxlig iskristall (n_o = 1.3090, n_e = 1.3104) är skuren så att optiska axeln är parallell med ytan. En ljusstråle träffar kristallen under strykande infall i ett plan vinkelrätt mot optiska axeln.

a) Rita upp fasytor och strålgång i kristallen.

b) Beräkna avståndet mellan de två strålar som träffar motstående sida.

Uppgift 2.

Små skillnader i våglängd mellan två spektrallinjer $\Delta\lambda = \lambda - \lambda'$ kan mätas noggrant med en Fabry-Perot-interferometer. Om man startar med de två speglarna i kontakt med varandra så sammanfaller de två ringsystemen för λ och λ'. När spegelavståndet ökas upp till d_1 separerar de två ringsystemen tills ringarna i ena systemet är halvvägs mellan ringarna i andra systemet. Då gäller för nära normalinfall att $2d_1 = m_1\lambda = (m_1+1/2)\lambda'$, där m_1 är ett heltal. Spegelavståndet ökas ytterligare och samma situation uppstår nästa gång för spegelavståndet d_2. Spegelförskjutningen $\Delta d = d_2 - d_1$ bestämdes genom att räkna det antal fransar hos den kända, större våglängden λ (= 4800.00 Å) som passerar mellan lägena d_2 och d_1. Den befanns vara $\Delta d = 0.60$ mm.

a) Hur många fransar passerade mellan spegelläget d_2 och d_1 ?

b) Beräkna λ'.

Uppgift 3.

En dubbelspalt består av b = 0.5 mm breda spalter separerade a = 20 mm. Dubbelspalten belyses med den gula natriumdubbletten (eng. Sodium). Fraunhofermönstret observeras på en skärm 500 mm från spalten.

a) Hur många maxima observeras under det centrala diffraktionsmaximat?

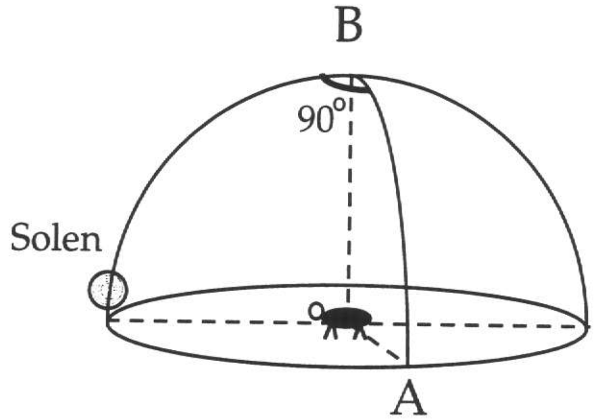
b) Kan ögat (pupilldiameter 4 mm) upplösa mönstret ?

Uppgift 4.

Ökenmyran Esmaralda är ute på kvällspromenad. På hemvägen mulnar det, Esmaralda kan ej längre se solen och hon får svårt att orientera sig. Genom några gluggar i molntäcket kan dock Esmaralda se den blå himlen och ljusets polarisation där. Nu vet hon i vilken riktning hon skall gå.

a) Rita in ljusets polarisationstillstånd längs bågen BA i vinkeldiagrammet nedan.

b) Beskriv de spridningsprocesser som ger upphov till ljusets polarisationstillstånd längs AB.



Uppgift 5.

Beskriv och diskutera Fresnels zonplatta och behandla särskilt följande punkter.

a) Uppskatta maximala irradiansen (normaliserat till inkommande irradians) bakom en zonplatta med 40 zoner (varav 20 således är transparenta zoner).

b) Beskriv de egenskaper plattan har som fokuserande element.

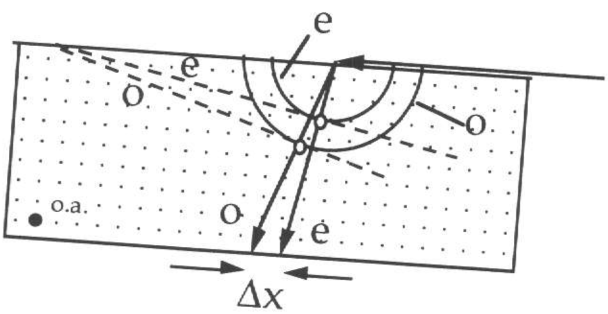
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Lösningar till tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1999-05-31, 14.15 - 18.15
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Granskning	Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 , 99-06-14

Uppgift 1.

Huygens sekundärvågor blir cirklar i båda fallen:



Snells lag kan användas för båda strålarna:

$1.0 \cdot \sin 90^o = n_o \cdot \sin\phi_o = 1.3090 \cdot \sin\phi_o$ -> $\phi_o = 49.81395\,^o$

$1.0 \cdot \sin 90^o = n_e \cdot \sin\phi_e = 1.3104 \cdot \sin\phi_e$ -> $\phi_e = 49.74054\,^o$

$x_o = d \cdot \tan\phi_o$

$x_e = d \cdot \tan\phi_e$

$\Delta x = d\cdot (\tan\phi_o - \tan\phi_e) = 30 \cdot (1.18392 - 1.18085) = 30\ 0.00307 = 0.092$ mm

Uppgift 2.

Spegelläge d_2 inträffar då $2d_2 = m_2\lambda = (m_2 + 3/2)\lambda'$. Subtraktion med den givna ekvationen ger $2(d_2 - d_1) = (m_2 - m_1)\lambda = (m_2 - m_1 + 1)\lambda'$. Insättning i första ledet ger $(m_2 - m_1) = 2 \cdot 0.6 \cdot 10^7/4800 = 2500$, vilket är det antal fransar som passerar. Insättning i andra ledet ger $\lambda' = (2 \cdot 0.6 \cdot 10^{7)}/(2500+1) = 4798.08$ Å.

Uppgift 3.

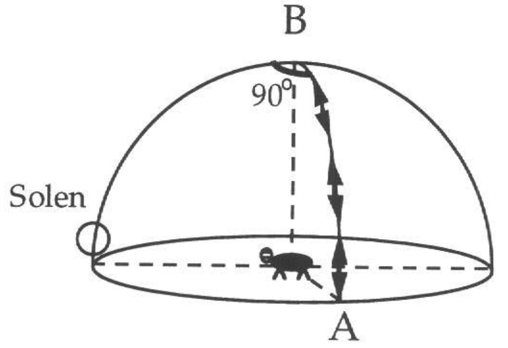
Irradiansen från en dubbelspalt är $I(\theta) = 4I_o(\sin^2\beta/\beta^2)\cos^2\alpha$, där $\beta = kb/2 \sin\theta$ och $\alpha = ka/2 \sin\theta$ (se figur 10.17b i "Optics", 3dje upplagan).

a) Diffraktionsenveloppen har sitt första minimum vid $\sin\theta = \lambda/b = \lambda/0.5$. Interferensmaxima ligger vid $n \cdot \lambda/a$. Eftersom $a/b = 40$ är ett heltal kommer diffraktionsenveloppen att ha ett minimum rakt på 40:e maximat som därför delas i två maxima. Vi får 40 + 40 +1 (centralmax) = 81 maxima.

b) Vinkeln mellan två maxima ges av $\sin\theta = \lambda/a = 5893/(20 \cdot 10^7) \to \theta = 2.95 \cdot 10^{-5}$ rad. Ögat upplöser högst $1.22\lambda/D = 1.80 \cdot 10^{-4}$ rad, så man kan inte se fransarna.

Uppgift 4.

Se "Optics" sid 341 -342 i 3dje upplagan. Ljuset är linjärt polariserat längs BA:



Uppgift 5.

Se "Optics" sid 487-488 i 3dje upplagan.

a) Fältet vid Fresneldiffraktion kan generellt skrivas som $E_i = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + \approx |E_1|/2$, där $E_n \approx -E_{n+1}$. Om jämna zoner är blockerade fås bakom plattan $E_o = E_1 + E_3 + E_5 + ... E_{39} \approx 20|E_1|$. Irradiansen blir då $I_o/I_i = [20|E_1|/|E_1|/2]^2 = 1600$ gånger större bakom plattan jämfört med utan platta.

b) Zonplattan fungerar som en (tunn) positiv lins. Linsformeln $1/a + 1/b = 1/f$ gäller med en primär fokallängd $f = R_m{}^2/m\lambda$.

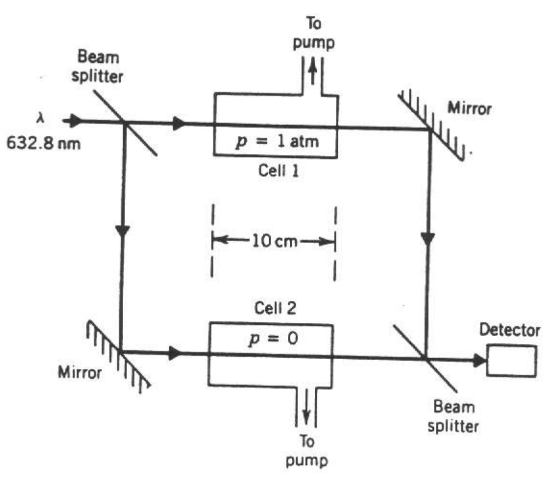
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1999-01-11, kl 14.15 - 18.15
Plats:	m n
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik
Info:	Henric Oscarsson, Fysik och teknisk fysik, tfn 772 36 06
Hjälpmedel:	Typgodkänd räknare, Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås 1999-01-12 kl 09.00 på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 1999-01-25 kl 10. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B) 1999-02-01 kl 13-14, eller vid annan överenskommen tid.

Problem 1.

Figuren nedan visar en Mach-Zehnder-interferometer. De två strålarna passerar genom identiska gasceller, där gasen kan ha olika tryck p. Båda cellerna är först fyllda med samma gas vid 1 atmosfärs tryck. När en cell evakueras registreras 100 minima i detektorn. Beräkna konstanten A i relationen $n = 1 + Ap$, där n är gasens brytningsindex.



Problem 2.

En 1.200 mm tjock planparallell platta av den biaxiella kristallen natriumnitrat har sin optiska axel parallell med de två ytorna. Först fokuseras den övre ytan i ett mikroskop. Utan att flytta kristallen fokuseras därefter de två bilderna av en fläck på undersidan. Fokus ändras därvid med 0.757 mm respektive 1.027 mm. Ljuset från de två bilderna befanns vara polariserat vinkelrätt mot resp. parallellt med principalplanet. Beräkna ordinära och extraordinära brytningsindex för natriumnitrat. Räkningarna skall motiveras i detalj.

Problem 3.

En dubbelspalt belyses på ett avstånd av L = 2 m med en kvasimonokromatisk (λ = 5000 Å), inkoherent källa, vars bredd b är 0.5 mm (vinkelrätt mot dubbelspalten). Spaltseparationen a i dubbelspalten ökas tills interferensmönstret försvinner. Hur stor är separationen då?

Ledning: Enligt Cittert-Zernicke är visibiliteten $V = |\tilde{\gamma}_{12}(\tau)|$ lika med diffraktionsamplituden vid Fraunhoferdiffraktion i en spalt med källans dimensioner, d.v.s. $|\,\mathrm{sinc}(a\pi b/L\lambda)\,|$.

Problem 4.

Beskriv med hjälp av skisser polarisationstillståndet hos det spridda ljus som uppstår då opolariserat ljus träffar en molekyl i en gas. Utför analysen genom att sätta samman två spridningsprocesser med inkommande linjärpolariserat ljus. Hur är ljuset från himlen polariserat?

Problem 5.

Beskriv de randvillkor som gäller vid reflektion av ljus från en plan yta hos ett dielektrikum. Betrakta dels de villkor som leder till Snells lag, dels de villkor som leder till Fresnels ekvationer.

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Lösningar OPTIK för F2

Tid:	1999-01-11, kl 14.15 - 18.15
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 1999-01-25 kl 10. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B) 1999-02-01 kl 13-14, eller vid annan överenskommen tid.

Problem 1.

Fasändringen över cellängden d är $\varphi = nkd$, $k = 2\pi/\lambda$, vilket svarar mot $m = \varphi/2\pi = nd/\lambda$ perioder.

Vid 1 atm är $n_1 = 1 + A$, $m_1 = n_1 d/\lambda$ och vid 0 atm är $n_0 = 1$, $m_0 = n_0 d/\lambda$.

Skillnad i perioder vid nedpumpning blir då $\Delta m = m_1 - m_0 = (n_1 - n_0) d/\lambda = Ad/\lambda$, vilket enligt uppgift är 100.

$A = 100\,\lambda/d = 100 \cdot 632.8 \cdot 10^{-9}/0.1 = 6.328 \cdot 10^{-4}$ atm^{-1}.

Problem 2.

För refraktion i en sfärisk yta gäller $n_d/s + n_b/s' = (n_d - n_s)/R$. För en plan yta gäller då $R = \infty$, vilket ger $n_d/s + n_b/s' = 0$. Ett föremål inne i ett material d, som befinner sig på avståndet s från en plan begränsningsyta mot luft ($n_b = 1$) avbildas virtuellt på avståndet $s' = -s/n_d$, d.v.s. på avståndet s/n_d under ytan.

I första fallet är s=1.2 mm och s' = -0.757 mm, varför $n_d = 1.200/0.757 = 1.585$. Detta ljus uppgavs vara polariserat vinkelrätt mot principalplanet, varför det är ordinärt. I det andra fallet fås $n_d = 1.200/1.027 = 1.168$, vilket alltså svarar mot extraordinärt ljus. (Således är natriumnitrat en negativ kristall.)

Problem 3.

Visibiliteten $V = |\mathrm{sinc}(a\pi b/L\lambda)|$ är noll då argumentet är lika med π, vilket leder till $a = L\lambda/b = (2.0 \cdot 5000 \cdot 10^{-10})/(0.5 \cdot 10^{-3}) = 2$ mm

Problem 4.
Se Hecht: "Optics" 3dje upplagan, sidorna 340-342. (Upplaga 2 sidorna 292-296).

Problem 5.
Se Hecht: "Optics" 3dje upplagan, sidorna 109-113. (Upplaga 2 sidorna 92-96).

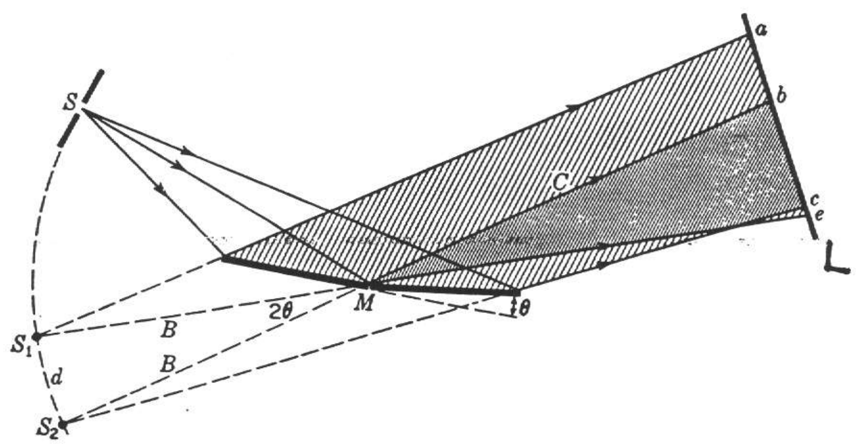
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1998-08-28, 14.15 - 18.15
Plats:	mg
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.
Hjälpmedel:	Räknare: CASIO t o m modell fx4500, HP t o m 32, SHARP t o m EL-512, TI t o m 68. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården kl 10 den 16 september 1998. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 den 21 september 1998 eller efter överenskommelse.

Uppgift 1.

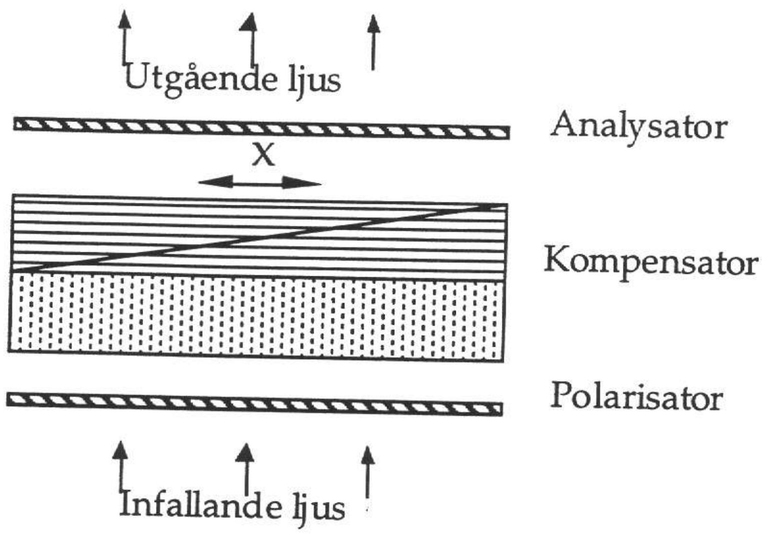
En Na-källa S (λ = 5892 Å) producerar genom Fresnels speglar M ett interferensmönster på en skärm L enligt figur 1. Vilket värde skall den lilla vinkeln θ mellan speglarna ha för att fransavståndet i mönstret skall vara 0.5 mm? SM=30 cm, ML=120 cm.



Figur 1

Uppgift 2.

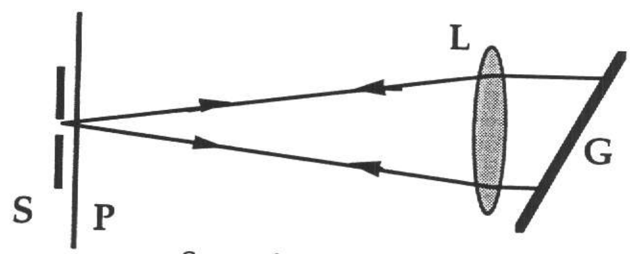
Figur 2 visar en Soleil-kompensator, tillverkad av tre komponenter av kvarts (dubbelbrytande, positiv, en-axlig kristall). Linjerna och punkterna anger den optiska axelns riktning. Det infallande ljuset är planpolariserat med den elektriska vektorn 45° mot de optiska axlarna. Polarisator och analysator har samma orientering. Beskriv intensiteten hos det utgående ljuset som funktion av förflyttningen x av den övre kilen.



Figur 2

Uppgift 3.

Figur 3 visar en gitterspektrograf i s.k. Littrow-konfiguration. Gittret är ett 6-tums gitter med 30 000 linjer per tum (1 tum = 25.4 mm). Man önskar studera ett spektrum kring $\lambda = 4300$ Å med maximal upplösning. Vilken är den högsta ordning som kan användas och vad är då infallsvinkeln?



S = spalt
L = positiv lins
G = plant gitter
P = fotografisk plåt

Figur 3

Uppgift 4.

Diskutera hur polariserat ljus uppkommer genom reflektion i ett dielektrikum vid Brewstervinkeln θ_p. Behandla speciellt följande frågeställningar.

a) Härled ett uttryck för θ_p som funktion av brytningsindex.

b) Rita upp en figur som beskriver fenomenet i termer av strålning från elektronoscillatorer

c) Visa hur fenoment kan utnyttjas i en polarisator bestående av en stapel av plattor

d) Hur modifieras fenomenet för en metallyta?

Uppgift 5.

Beskriv funktionen hos ett faskontrastmikroskop. Redovisa särskilt följande.

a) Rita en detaljerad skiss över strålgången i mikroskopet (2p)

b) Visa hur en fasmodulation översätts till en amplitudmodulation (analytiskt och/eller med visare) (1p)

c) Vad menas med positiv och negativ faskontrast? (1p)

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Lösningar till tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1998-08-28, 14.15 - 18.15
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Granskning	Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 , 98-09-21, eller efter överenskommelse.

Uppgift 1.

Konfigurationen svarar mot Youngs dubbelspaltförsök. Avståndet mellan fransarna är då $\Delta y = \lambda \cdot s/d$, där λ är våglängden, s=SM+ML är avståndet mellan källorna (S_1 och S_2) och skärmen L, och d är avståndet mellan källorna. Vinkeln θ får ur $\sin\theta = d/(2 \cdot SM)$. Lösningen blir då $\theta = \arcsin\left[\lambda \cdot s/(\Delta y \cdot 2 \cdot SM)\right]$ = $\arcsin\left[5892 \text{ Å} \cdot 150 \text{ cm}/0.5 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 30\text{cm})\right] = 0.17\,^{\circ}$.

Uppgift 2. Då kilförskjutningen är noll passerar ljuset igenom systemet oförändrat. Då översta kilen förskjuts åt höger (vänster) ökas (minskas) tjockleken hos den övre delen, som har optiska axeln i papperets plan. Elliptiskt polariserat ljus erhålles. Intensiteten hos det planpolariserade ljuset efter analysatorn varierar periodiskt med x och är noll då fasskillnaden mellan de två komponenterna hos det elliptiska ljuset är $\pm\pi$, $\pm 3\pi$, $\pm 5\pi$,..

Uppgift 3. Gitterekvationen är a $(\sin\theta_m - \sin\theta_i) = m\lambda$. Littrow-konfigurationen innebär autokollimering $\theta_m = -\theta_i$, d.v.s. $2a(\sin\theta_i) = m\lambda$. Lösningen blir då $\theta_i = \arcsin\left[m \cdot \lambda/(2 \cdot a)\right] = \arcsin\left[m \cdot 4300\text{Å}/\{2 \cdot (25.4 \text{ mm}/30\,000)\}\right]$ = $\arcsin\left[m \cdot 0.253937)\right]$

Svaret blir m =3 -> $\theta_i = 49.6\,^{\circ}$ (m =4 -> $\theta_i > 90\,^{\circ}$)

Uppgift 4.

Se Hechts böcker, kap 8, "Brewstervinkel" (sidorna 297-299, 113 i upplaga 2)

Uppgift 5.

Se Hechts böcker, kap 14, "Phase contrast" (sidorna 570-575 i upplaga 2)

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

LÖSNINGAR

till tentamen i OPTIK för F2

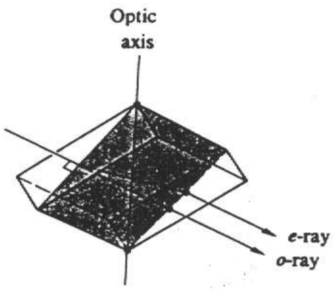
Tid: 1998-05-29, 14.15 - 18.15

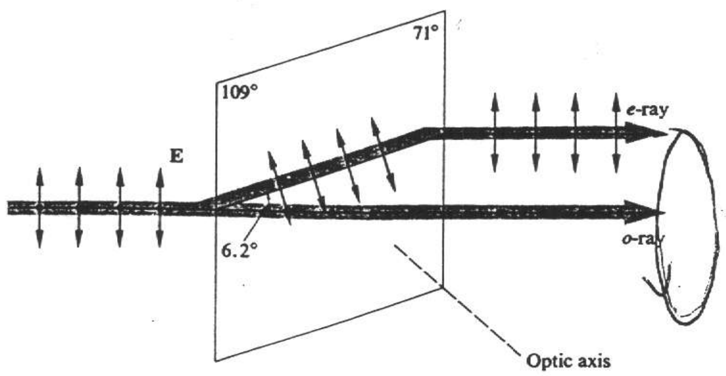
Lärare: Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.

Problem 1.

a) Det reflekterade ljuset blir planpolariserat vid polarisationsvinkeln $\theta = \theta_p$, vilken inträffar då $R_{//}(\theta_p) = 0$. Fresnels ekvationer och Snells lag leder till $\tan\theta_p = n_t/n_i$, $\theta_p = \arctan(n_t/n_i) = \arctan(1.33) = 53.1°$.

b) Vid rotation av kalcitkristallen ligger den ordinära strålen still, medan den extraordinära roterar kring den ordinära strålen. Då principalsektionen är parallell med infallsplanet gäller för de transmitterade fältstyrkorna $E_e = 0$ och $E_o \neq 0$, och då principalsektionen är vinkelrät mot infallsplanet gäller $E_e \neq 0$ och $E_o = 0$.





OBS! Enligt definition ligger optiska axeln i principalsektionen.

Problem 2.

a) Gitterekvationen kan skrivas som a $(\sin\theta_m - \sin\theta_i) = m\,\lambda$. Gitterkonstanten blir a = $2.54 \cdot 10^8/15000 = 16933$ Å. Infallsvinkeln angavs till $\theta_i = 37^o$ och refraktionsvinkel blir då enligt uppgift $\theta_m = -(37\text{-}5)^o = -32^o$. Ordningen är $m = -2$. Således blir våglängden $\lambda = 16933 \cdot [\sin(-32^o) - \sin 37^o]/(-2) = 9582$ Å.[1]

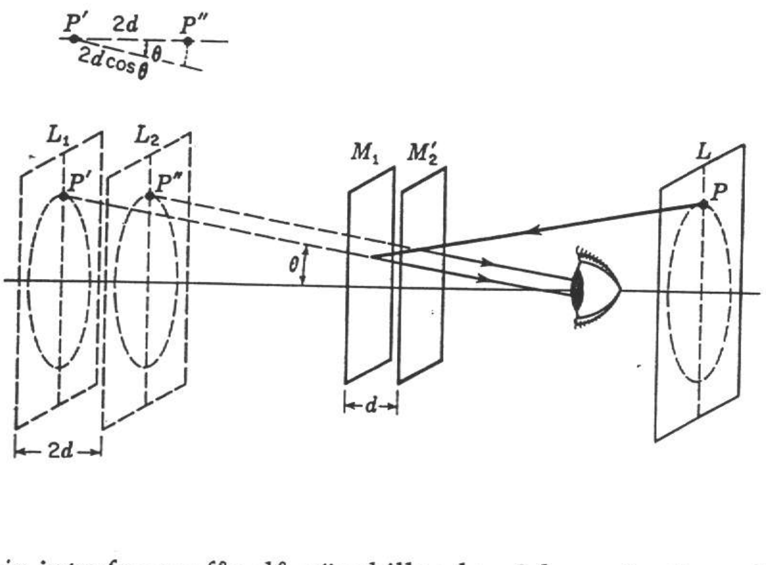
b) Antalet linjer på gittret fås till $N = 5.25 \cdot 15000 = 78750$, vilket ger upplösningen $R = Nm = 78750 \cdot 2 = 157500$. Vi kan också skriva $R = \lambda/\Delta\lambda$, vilket ger $\Delta\lambda = 9582/157500 = 0.06$ Å. Detta är mindre än den uppgivna gränsen 0.1Å.

Problem 3.

Enligt van Cittert-Zernicketeoremet är visibiliteten $V = |\,\tilde{\gamma}_{12}(0)\,| = |\,\mathrm{sinc}\,\beta\,|$, där $\tilde{\gamma}_{12}(0)$ är komplexa graden av rymdkoherens och sinc β är diffraktionsfältet från en spalt med källans dimensioner. Sinc $\beta = 0.9$ ger $\beta = 0.79$. Men $\beta = kb/2 \sin\theta$, där vi kan sätta $\sin\theta \approx y/l$. Således är $b = \beta\, l\, \lambda/\pi y = 0.79 \cdot 1.0 \cdot 600 \cdot 10^{-9}/\pi \cdot 10^{-3} = 0.175\ 10^{-3}$ = 0.151 mm.

Problem 4.

Den efterfrågade "linjära strålgången" kan ritas som:



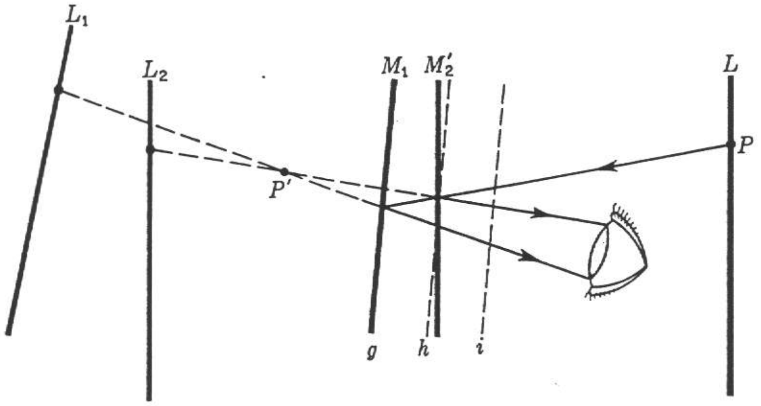
a) *Destruktiv* interferens fås då vägskillnaden $2d\cos\theta_m$ är ett helt antal våglängder, vilket beror på att ett extra fasskift på π radianer erhållits i ena strålen p g

---

[1] Om 5^o-vinkeln räknas från Rowlandscikelns centrum fås refraktionsvinkeln i stället till 34.5^o, vilket också accepteras.

a att den reflekteras en gång mer än den andra. Villkoret för *mörka* ringar blir således $2d \cos \theta_m = m\lambda$.

b) När speglarna inte är parallella modifieras strålgången enligt:



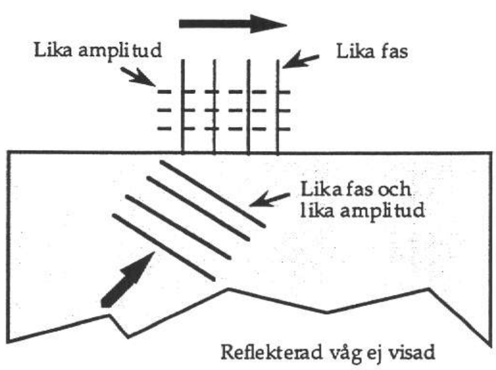
Lokaliserade fransar observeras i P' och uppkommer p g a den varierande tjockleken hos "luftfilmen" mellan M_1 och M_2'. Fransarna är något krökta och alltid konvexa mot den smala delen av kilen.

Problem 5.

a) En ecvanescent våg uppkommer i en gränsyta då en ljusstråle reflekteras internt, d v s inne i ett medium i (t e x glas) mot ett tunnare medium t (t ex luft) om infallsvinkeln $\theta_i > \theta_c$, den kritiska vinkeln, som får ur $\theta_c = \arcsin(n_t/n_i)$.

b) Antag x-axeln längs ytan och y-axeln vinkelrät mot ytan. Elektriska fältstyrkan i det tunnare mediet kan då skrivas som $E = E_0 \exp(-\beta y) \exp[i(kx-\omega t)]$. Vi har alltså en våg som propagerar längs ytan och är dämpad vinkelrät mot ytan.

c)



d) Antag att två ytor (av t ex glas) placeras nära varandra med ett gap mellan dom bestående av ett tunnare medium (t ex luft). En evanescent våg på den ena ytan kan då koppla över till den andra ytan. Reflektionen blir inte längre total (utan "frustrerad") och ljuset passerar över gapet och vidare in i andra mediet. Genom att variera gapets storlek passerar olika mycket ljus, vilket utnyttjas i t ex strålsplittrare.

Se vidare Hecht sid. 124-127 3dje upplagan.

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och teknisk fysik

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1998-01-12, 14.15 - 18.15
Plats:	m n
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik
Info:	Henric Oscarsson, Fysik och teknisk fysik, tel 772 36 06
Hjälpmedel:	Räknare: CASIO t o m modell fx4500, HP t o m 32, SHARP t o m EL-512, TI t o m 68. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås omedelbart efter tentamen på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 kl 10 den 26 januari 1998. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B) kl 13-14 den 28 januari 1998, eller vid annan överenskommen tid.

Problem 1.

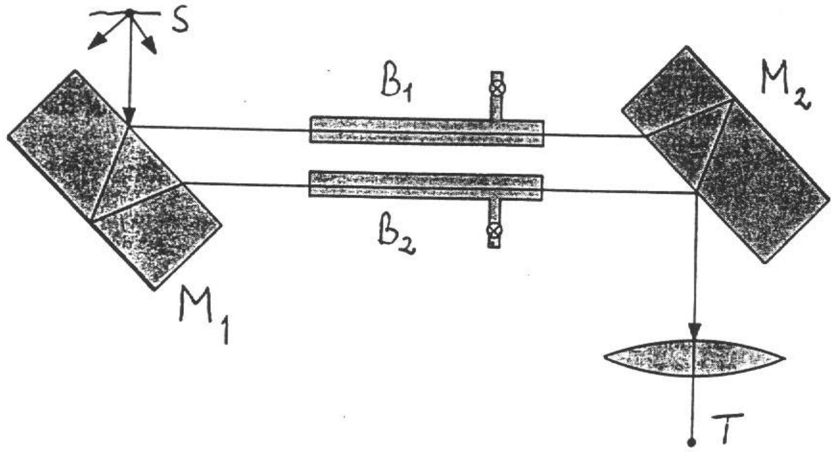
Man vill att vitt ljus (390-780 nm) skall diffrakteras i första ordningen över ett så stort vinkelområde som möjligt.

a) Vilken gitterkonstant skall då användas hos ett transmissionsgitter (normalt infall) och vad blir vinkelintervallet?

b) Hur stor måste ljusfäcken på gittret minst vara, för att natriums D-linjer (589.592 nm och 588.995 nm) skall upplösas ?

Problem 2.

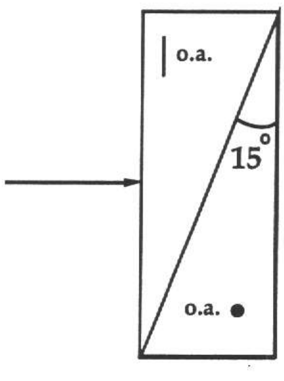
Figur 1 visar en Jamin-interferometer. Uppställningen innehåller två identiska tjocka, plana glasplattor M_1 och M_2, vilka är försilvrade på ena sidan. Na-ljus (λ_0 = 589 nm) från en utbredd ljuskälla infaller mot ena plattan under ungefär 45° infallsvinkel. De två behållarna B_1 och B_2 har vardera en längd av L = 23 cm och innehåller Ar-gas (brytningsindex n = 1.000281). Hur många ljusa fransar passerar hårkorset i teleskopet T då gasen pumpas ut ur den ena behållaren?



Figur 1

Problem 3.

Naturligt, monokromatiskt ljus infaller vinkelrätt mot ett Wollaston-prisma av kalcit (n_0 = 1.66, n_e = 1.49) enligt figur 2. Prismats kilvinkel är 15°. Beräkna vinkeln som det utgående extraordinära ljuset har relativt prismats normal.



Figur 2

Problem 4.

En plan ljusvåg (λ = 624 nm) infaller normalt mot en cirkulär apertur med radien R = 2.09 mm. Fresneldiffraktion observeras på en skärm 1 m från aperturen. Hur förhåller sig irradiansen i centrum av diffraktionsmönstret till irradiansen hos den inkommande strålningen?

Problem 5.

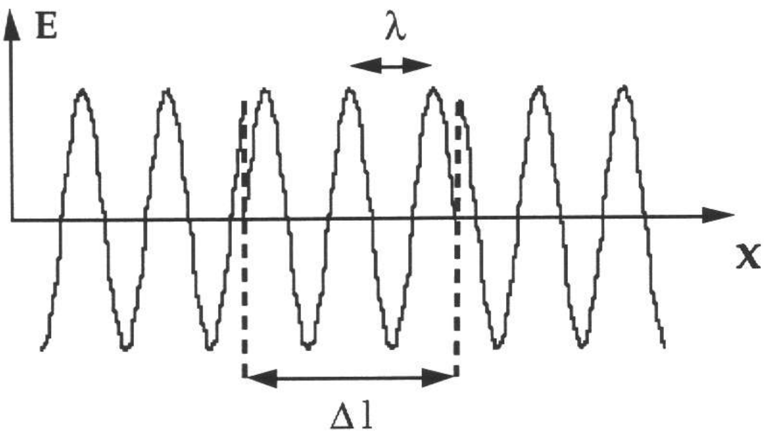
Diskutera begreppet tidskoherens, särskilt

a) Definiera "komplex grad av tidskoherens", $\tilde{\gamma}_{11}(\tau)$

b) Ange hur $\tilde{\gamma}_{11}(\tau)$ är relaterad till effektspektrumet $I(\nu)$

c) Utgående från a) och b) ovan, skissa $I(\nu)$ kvalitativt för strålningen illustrerad i figur 3 (inga beräkningar behövs). Där visas ljusemissionen från en punktformig källa som sinusformade, ändliga (Δl) vågtåg, som är okorrelerade. Våglängden inom ett tåg är λ.

d) Ange ett approximativt mått på bandbredden $\Delta\nu$ som funktion av Δl.



Figur 3

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Lösningar till tentamen i OPTIK för F2

<u>Tid:</u> 1998-01-12, 14.15 - 18.15

<u>Lärare:</u> Per-Olof Nilsson, Fysik och teknisk fysik

<u>Info:</u> Henric Oscarsson, Fysik och teknisk fysik. tel. 772 3606

<u>Bedömning:</u> Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.

<u>Granskning</u> Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 , 98-01-28

Problem 1.

Gitterekvationen är: $a \sin\theta_m = m\lambda$. Stora våglängder avböjs mest, sätt således $\lambda = 780$, $\theta = 90^o$ och m=1 => a = 780 nm. De små vågländerna avböjs θ, som får ur gitterekvationen: $780 \sin\theta = 390$ => $\theta = 30^o$. Svar på uppgift a) är således gitterkonstanten a = 780 nm och vinkelintervallet $\Delta\theta = 90^o - 30^o = 60^o$.

Upplösningen är $R = \lambda/\Delta\lambda = Nm$, där N är antalet ristar. Vi erhåller $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 0.597$ nm, $\lambda = (\lambda_2 + \lambda_1)/2 = 589.294$ nm. För första ordningen, m=1, fås då antalet ritsar $N = \lambda/\Delta\lambda = 987$. Ljusfläcken måste vara minst Na= $987 \cdot 780$ nm = 0. 77 mm.

Problem 2.

Skillnaden i optisk väglängd mellan de två vägarna blir $\Delta\Lambda = (n-1)\,L$. En frans kommer att passera en fix referenslinje när den optiska väglängden ändras med en våglängd. Antalet fransar blir således $N = (n-1)\,L/\lambda_0 = (0.281 \cdot 10^{-3}) \cdot 0.23/(589 \cdot 10^{-9}) = 109.7$

Problem 3.

Eftersom optiska axeln i det andra prismat är normal till infallsplanet kommer eo-vågen att ha en cirkulär utbredning i det andra prismat. Snells lag kan då tillämpas vid mellanytan: $\sin\theta_{e1} = 1.66 \sin 15^\circ / 1.49 \Rightarrow \theta_{e1} = 16^\circ\, 46'$. På samma sätt fås vid bakre ytan: $n_e \sin(16^\circ\, 46' - 15^\circ) = 1.0 \sin\theta_{e2} \Rightarrow \theta_{e2} = 2^\circ\, 38'$, vilket är svaret.

Problem 4.

Aperturens yta är $A_{ap} = \pi R^2$. Enligt Physics Handbook är ytan av en Fresnelzon $A_l = \lambda \pi r_0$. Antalet zoner som ses från avståndet r_0 blir då $N = (\pi R^2)/(\lambda \pi r_0) = R^2/(\lambda r_0) = (0.209 \cdot 10^{-3})^2 / (624 \cdot 10^{-3}) \cdot 1 = 7$. Enligt Hecht (sidan 440 i ed. 2, sidan 482 i ed. 3) blir amplituden för ett *udda* antal zoner $E = |E_1| - (|E_2| - |E_3|) - (|E_4| - |E_5|) - \ldots \approx |E_1|$ vilket är ungefär dubbla amplituden av den infallande vågen (ekv 10.85 i Hecht, ed. 2 och 3). Irradiansen i mönstrets mitt blir således ungefär 4 gånger så stor som den hos den infallande strålningen.

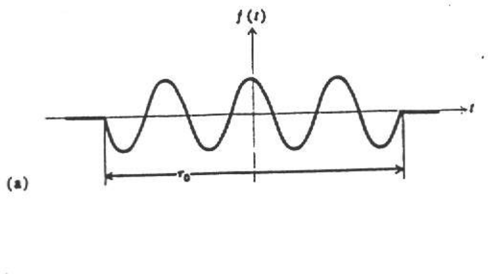
Problem 5.

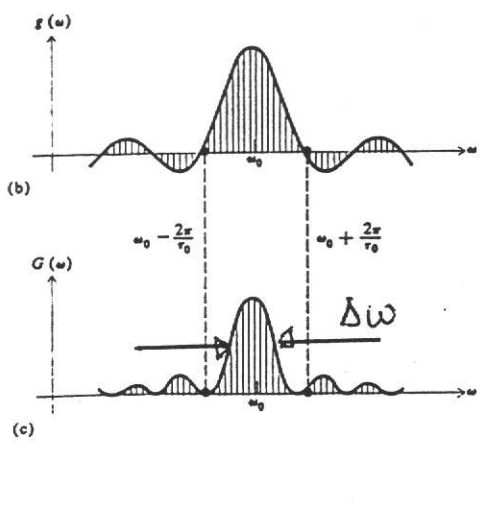
a) Enligt Hecht ekv 12.25 i ed. 2 eller 3 är komplexa graden av tidskoherens $\tilde{\gamma}_{11}(\tau) = (\langle \tilde{E}(t+\tau)\, \tilde{E}^*(t) \rangle) / |\tilde{E}|^2$ där <...> är tidsmedelvärde.

b) Effektspektrumet är Fouriertransformen av $\tilde{\Gamma}_{11}(\tau) = |\tilde{E}|^2\, \tilde{\gamma}_{11}(\tau)$

c) Koherenslängden är $\Delta l = c\, \tau_0$, där c är ljushastigheten och τ_0 koherenstiden. Figur c) nedan visar effektspektrumet

d) Halvvärdesbredden är $\Delta\nu = \Delta\omega/2\pi = 1/\tau_0 = c/\Delta l$





CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1997-08-29, 14.15 - 18.15
Plats:	v v
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.
Hjälpmedel:	Räknare: CASIO t o m modell fx4500, HP t o m 32, SHARP t o m EL-512, TI t o m 68. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 kl 10 den 15 september 1997. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Origovägen 6B), kl 13-14 den 22 september 1997.

Problem 1.

En Michelsoninterferometer belyses med rött kadmiumljus som har medelvåglängden 643.847 nm och linjebredden 0.0013 nm. I utgångsläget gäller noll optisk vägskillnad. Hur mycket skall en spegel förflyttas för att interferensfransarna skall försvinna helt? Hur många våglängder svarar detta mot?

Problem 2.

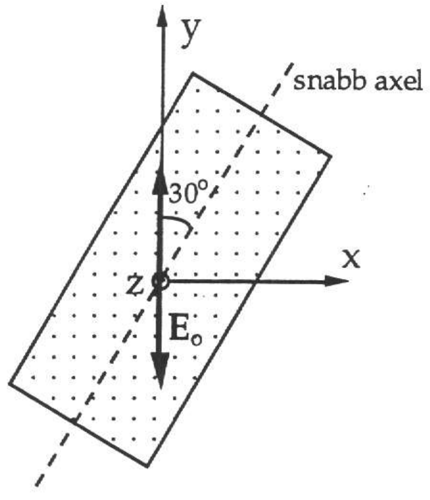
En halvvågsplatta är orienterad så att dess snabba axel bildar 30° med y-axeln, se figur 1.

a) Skissera de konstanta fasytorna från en punktkälla i plattan.

En monokromatisk ljusstråle, linjärt polariserat i y-riktningen, infaller längs z-riktningen vinkelrätt mot halvvågsplattan (d.v.s. $\Delta\varphi = \pi$), se figur 1.

b) Rita ut E-vektorn efter passage av plattan.

c) Beräkna amplituderna hos den utgående E-vektorn i x- och y-led utryckta i amplituden E_o hos det infallande ljuset.



Figur 1

Problem 3.

En punktkälla på 100 meters avstånd fokusseras med ena ögat. Källan sänder ut monokromatiskt ljus i det gröna området ($\lambda \approx 500$ nm). En tygduk spänns upp framför ögat, vinkelrätt mot ljusstrålen. Duken består av horisontella och vertikala trådar på ekvidistanta avstånd. Ett regelbundet mönster observeras med ett synbart repetitionsavstånd på 50 cm.

a) Skissera utseendet av mönstret.

b) Beräkna avståndet mellan trådarna i duken.

Problem 4.

Beskriv kvalitativt Fresneldiffraktionen vid den raka kanten av en halvoändlig, plan, ogenomskinlig platta genom att behandla följande uppgifter:

a) Skissera Cornu-spiralen. Förklara vad axlarna avser och vad parametern längs spiralen beskriver.

b) Indikera några för problemet relevanta visare i diagrammet för Cornu-spiralen.

c) Skissera irradiansens variation bakom plattan, vinkelrätt mot kantlinjen.

d) Ange irradiansens värde vid läget för den geometriska skuggkanten.

Problem 5.

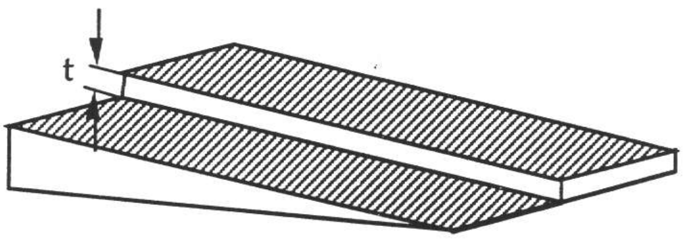
Diskutera hur man kan utvärdera yttopografi genom att utnyttja Fizeaufransar, d.v.s. genom att studera interferens mellan två plattor som bildar en vinkel med varandra.

a) Beskriv det experimentella arrangemanget för att bestämma storleken av steget t hos den kilformade, dielektriska filmen i figur 2. De skuggade ytorna är parallella.

b) Hur bör filmens yta behandlas innan mätningen?

c) Skissera den interferensbild som observeras.

d) Sätt upp ett uttryck för stegets tjocklek t som funktion av observerade frans-avstånd och använd ljusvåglängd.



Figur 2

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2, FFY091

Tid:	1997-05-30, 14.15 - 18.15
Plats:	v ö
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.
Hjälpmedel:	Räknare av enkel typ (de fyra räknesätten, trigonometriska funktioner etc). Räknare för datalagring får ej användas. Exempel på godkända räknare är t.ex. CASIO t o m modell fx4500, HP t o m 32, SHARP t o m EL-512, TI t o m 68. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på ett nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik, Kemigården 1 kl 10 den 18 juni 1997. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden (Fysikgården 6B), kl 13-14 den 18 juni 1997.

Problem 1.

En ljusvåg (λ = 500 nm) med plan vågfront infaller normalt mot en cirkulär, ogenomskinlig platta med diametern 1 cm.

a) Hur många Fresnelzoner är blockerade när plattan betraktas från en punkt P på symmetriaxeln 0.5 meter från plattan?

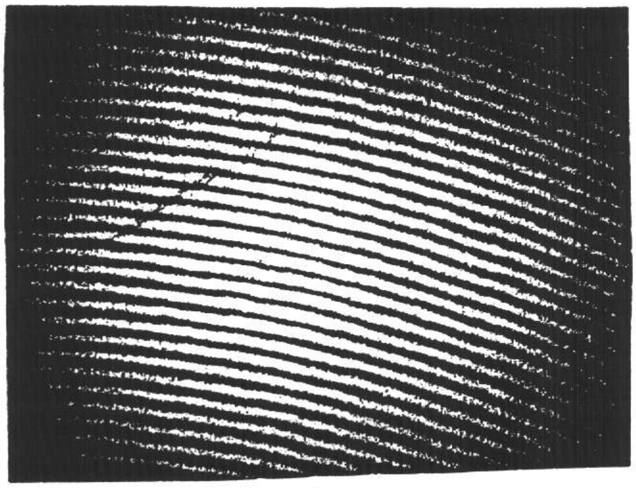
b) Hur stor är irradiansen i P jämfört med irradiansen utan platta?

Problem 2.

Fizeaufransarna i figuren (skala 1:1) härrör från interferens med ljus av våglängden 589 nm i luftgapet mellan två glasplattor. Gapet skapades genom att en bit papper stoppades in längs kanten mellan plattorna.

a) Vilken vinkel har luftgapet mellan plattorna?

b) Hur förändras interferensmönstet om mellanrummet fylls med vatten (med bibehållet gap)?



Problem 3.
En kvartvågsplatta består av kalkspat (calcite), som är en negativ ($n_o > n_e$), en-axlig kristall. Optiska axeln är orienterad vertikalt, d.v.s. längs y-axeln.
a) Skriv upp Jones-matrisen för plattan.

Elliptiskt polariserat ljus med Jonesvektorn $\begin{pmatrix} 3 \\ i \end{pmatrix}$ faller in horisontellt, vinkelrätt mot plattan, d.v.s. längs z-axeln.
b) Vad är Jonesvektorn hos ljuset efter det passerat plattan?
Rita upp polarisationstillstånden i ett (E_x, E_y, E_z) - diagram och med tidsriktningen markerad
c) före plattan och
d) efter plattan.

Problem 4.
Diskutera rymdfiltrering, särskilt
a) rita en skiss på en "koherent optisk dator" och markera planen för objekt, transform och bild,
b) studera fallet där objektet är ett transmissionsgitter, vars objektfunktion är en periodisk stegfunktion. Ett rymdfilter i form av ett cirkulärt hål är placerat i transform-planet. Vad observeras i bildplanet?

Problem 5.

Diskutera diffraktionsgitter, särskilt

a) härledningen av gitterekvationen för snett infall mot ett reflektionsgitter,

b) hur ett principalmaximum kan förstärkas genom användning av ett "blazed" reflektionsgitter,

d) hur ett principalmaximum kan utsläckas genom utformningen av spalterna,

c) härledningen av ett uttryck för det fria spektralområdet.

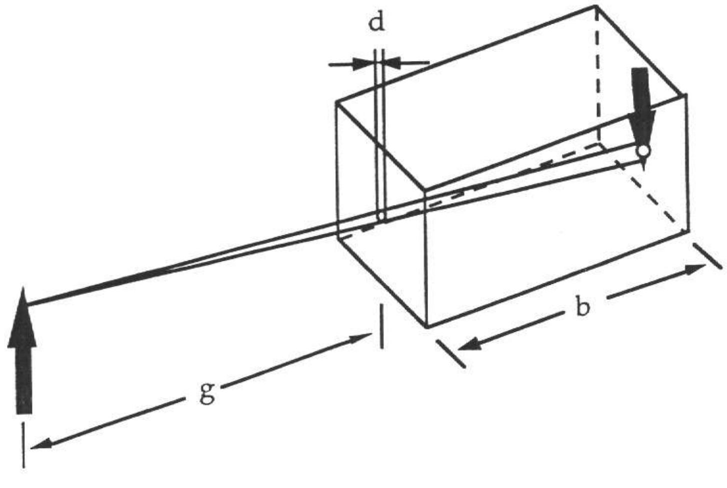
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1997 - 01 - 13, 14.15 - 18.15
Plats:	Nya M-huset
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 773 33 12.
Hjälpmedel:	Typgodkänd räknare (CASIO t.o.m. modell fx4500, HP t.o.m. 32, SHARP t.o.m EL-512, TI t.o.m 68). Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook (Beta).
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8 - 11 poäng betyg 3, 12 - 15 poäng betyg 4 och 16 - 20 poäng betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset Fysik omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset Fysik den 27 januari 1997. Granskning av rättningen kan ske i rum S2050, Soliden Fysik, kl 10-11 den 3 februari 1997.

Uppgift 1.

En hålkamera består av en låda med ett cirkulärt hål (diameter d), se figur 1. Enligt den geometriska optiken ($d >> \lambda$) avbildas en punkt på ett föremål som en cirkelyta inne i lådan. Bildens skärpa ökar således med minskande d. För små d

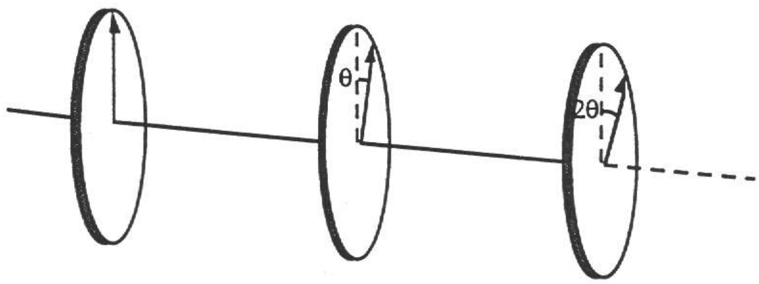


Figur 1.

kommer dock skärpan att försämras på grund av diffraktionseffekter. Beräkna den optimala diameter $d = d_{opt}$ för vilken maximal skärpa erhålles i bilden. Antag $g \to \infty$, $b = 25$ cm, synligt ljus ($\lambda = 500$ nm) och att de två effekterna kan adderas.

Uppgift 2.

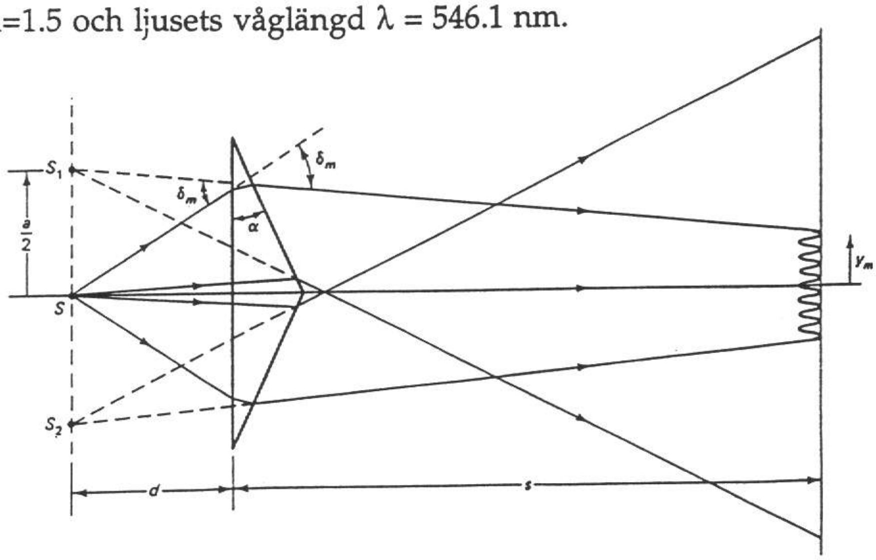
Man önskar rotera polarisationsplanet hos en planpolariserad ljusstråle med 45^o så att intensiteten reduceras med maximalt 10 procent. Anordningen består av ett antal lika, perfekta polarisatorer orienterade parallella på en gemensam axel, se figur 2. Vinkeln θ mellan transmissionsaxlarna för två närliggande polarisatorer är konstant. Bestäm det minsta antalet polarisatorer som behövs för att transmittansen skall vara högre än 90%.



Figur 2.

Uppgift 3.

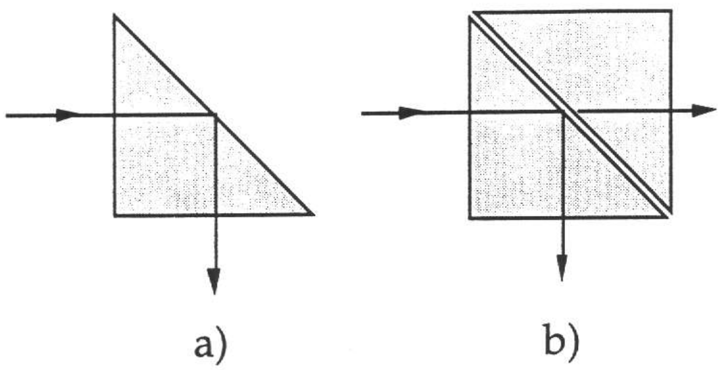
Figur 3 visar ett Fresnels biprisma och en punktformig ljuskälla S. De yttre strålarna i figuren passerar prismakilen symmetriskt, varvid således villkoret för minimideviation är uppfyllt. För små vinklar gäller $\delta_m = \alpha\,(n-1)$. Tjugo mörka fransar observerades på skärmen över ett avstånd på 0.5 cm. Bestäm prismavinkeln α, som är av storleksordning en grad. Använd följande värden: avståndsförhållandet ljuskälla-prisma till prisma-skärm är $d/s = 1/4$, prismats brytningsindex $n=1.5$ och ljusets våglängd $\lambda = 546.1$ nm.



Figur 3.

Uppgift 4.

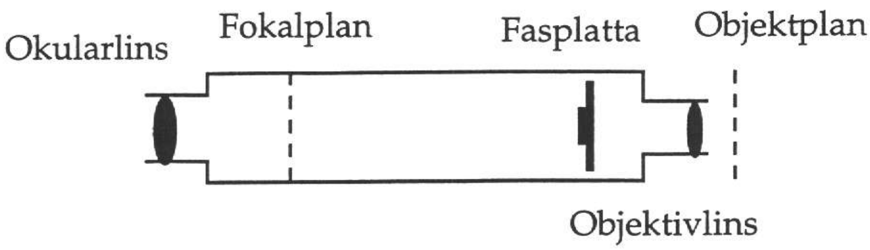
Figur 4a visar ett 45-90-45-graders prisma som belyses med en ljusstråle vinkelrätt mot en kortsida. Brytningsindexet är sådant att strålen totalreflekteras i långsidan. I figur 4b är två sådana prismor placerade så att deras långsidor är parallella och nära varandra, men inte i direkt kontakt. En viss bråkdel av ljusstrålen i det första prismat transmitteras nu och passerar andra prismat. Förklara fenomenet. Diskutera randvillkoren och rita upp elektriska fältets utseende vid gränsytorna.



Figur 4.

Uppgift 5.

Figur 5 visar det schematiska arrangemanget av de optiska elementen i ett faskontrastmikroskop. Diskutera principen och användningsområden för faskontrastmikroskopi.



Figur 5.

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Fysiska institutionen

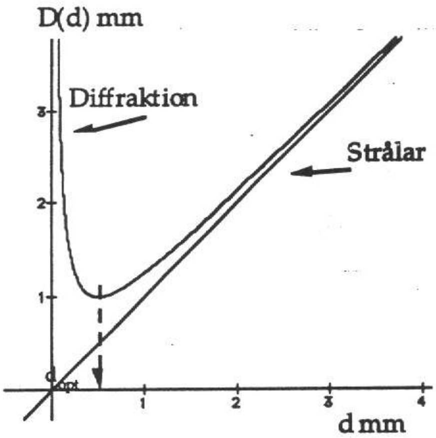
LÖSNINGAR

till tentamen i OPTIK för F2

1997 - 01 - 13, 14.15 - 18.15

Problem 1.

Avbildningsfläckens diameter D är sammansatt av hålets avbildning enligt geometrisk optik, som för $g \to \infty$ är $D = d$, och storleken av diffraktionsfläcken, $D = 2K\lambda b/d$, där $K \approx 1$ ($K = 1.22$ för cirkulär öppning). Enligt texten kan dessa storlekar adderas: $D(d) = d + 2K\lambda b/d$. Funktionen är skisserad i figur 1. Minimum hos D(d) inträffar för $\partial D/\partial d = 0$, som ger $d_{opt} = \sqrt{2Kb\lambda}$. Med $K = 1.22$, $b = 25$ cm och $\lambda = 500$ nm fås $\underline{d_{opt} = 0.53 \text{ mm}}$.



Figur 1.

Problem 2.

Varje polarisator vrider polarisationsplanet θ grader. Således vrider N st polarisatorer planet N·θ grader, Enligt Malus' lag (Physics Handbook: 5.6. Polarisation) är transmittansen hos en polarisator $T = I/I_0 = \cos^2\theta$. N st polarisatorer har transmittansen $T = \cos^{2N}\theta$.

Insättning av de numeriska uppgifterna i texten ger ekvationsystemet

$$N \cdot \theta = 45$$

$$\cos^{2N}\theta = 0.9$$

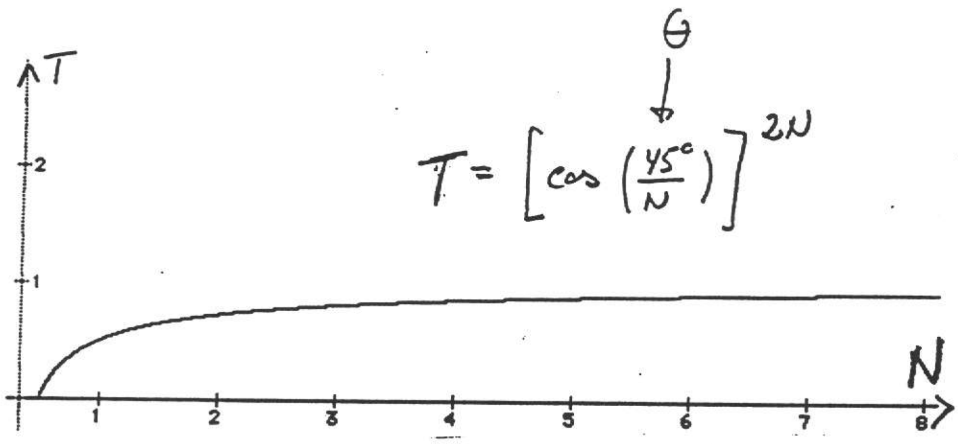
Man kan t.ex. studera kurvan

$$T = [\cos(45/N)]^{2N}$$

vilken är uppritand nedan. Man finner

N	T
5	0.884
6	0.902
7	0.916

Således är svaret N = 6, som ger T = 0.902 > 0.9



Problem 3.

S_1 och S_2 utgör två koherenta, virtuella ljuskällor. Vi har således samma situation som i Youngs dubbelspaltförsök. Från *Physics Handbook 5.9 Interference* fås avståndet mellan två interferensmaxima till (sätt fasskillnaden till 2π och antag små vinklar):

$$Y_m = \lambda \frac{(d+s)}{a}$$

Eftersom α är liten, är också δ_m liten och vi kan skriva $a = 2\ d\ \delta_m = 2\ d\ \alpha\ (n-1)$ och får således

$$Y_m = \frac{\lambda(d+s)}{2\ d\ \alpha\ (n-1)}$$

Enligt uppgift gäller:

$$\frac{(d+s)}{d} = \frac{1+4}{1} = 5$$

$\lambda = 546.1\ \text{nm} = 5.461 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$

$Y_m = 0.5/20 \text{ cm} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Insättning ger $\alpha = \lambda \dfrac{(d+s)}{d} \Big/ 2\, Y_m\, (n-1) = 5.461 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \Big/ 2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-4}\, (1.5-1)$

$= \underline{0.010922 \text{ rad} = 0.62578\,^{\circ} = 37'\, 31''}$

Uppgift 4.

Fenomemet beskrivs med evanescenta vågor, behandlat i kursboken "Introduction to Modern Optics" av G.R. Fowles, paragraf 2.9, sidorna 48-50.

Uppgift 5.

Faskontrastmikroskopi är beskivet i kursboken "Introduction to Modern Optics" av G.R. Fowles, paragraf 5.6, sidorna 141- 144.

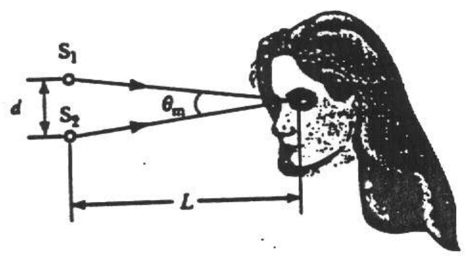
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Tentamen i OPTIK för F2

Tid:	1996-08-30 14.15 - 18.15
Plats:	v v
Lärare:	Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.
Hjälpmedel:	Räknare: CASIO t o m modell fx4500, HP t o m 32, SHARP t o m EL-512, TI t o m 68. Tabellverk: Physics Handbook, Tefyma, Mathematics Handbook.
Krav:	Uppställda samband skall motiveras. Rimligt antal siffror skall anges i svaret. Börja varje uppgift på nytt blad.
Bedömning:	Var och en av de 5 uppgifterna tilldelas maximalt 4 poäng. Betygsskala: 8.0 - 11.5 poäng ger betyg 3, 12.0 - 15.5 poäng ger betyg 4 och 16.0 - 20.0 poäng ger betyg 5.
Lösningar:	Lösningar anslås på entrédörrarna till Trapphuset, Fysik omedelbart efter tentamen.
Rättning:	Tentamensresultatet anslås i Trapphuset, Fysik kl 10 den 12 september 1996. Granskning av rättningen kan ske i rum 2045, Soliden (Origogården), kl 10 - 11 den 13 september 1996.

Uppgift 1.

Beräkna det minimala avstånd d mellan två punkter i figur 1 som ett öga kan urskilja på normalt läsavstånd ("upplösningen"). Antag rimliga numeriska värden på ingående parametrar (Pupillen kan antas befinna sig i vatten).



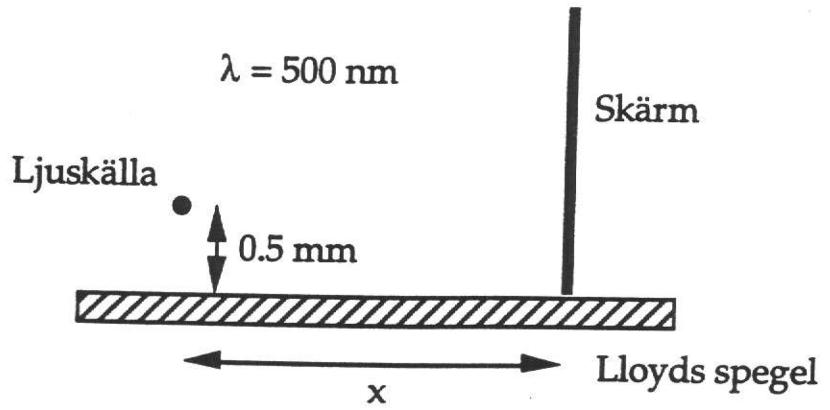
Figur 1.

Uppgift 2.

I Lloyds spegelexperiment åstadkommer en punktformig ljuskälla ett interferensmönster på en skärm. Konfigurationen är schematiskt visad i figur 2.

a) Bestäm avståndet x så att avståndet mellan de ljusa fransarna på skärmen blir 1 mm. (3p)

b) Vi definierar centrum av mönstret som den ort där den geometriska vägskillnaden är noll. Är mönstret ljust eller mörkt i centrum? Motivera svaret (1p).



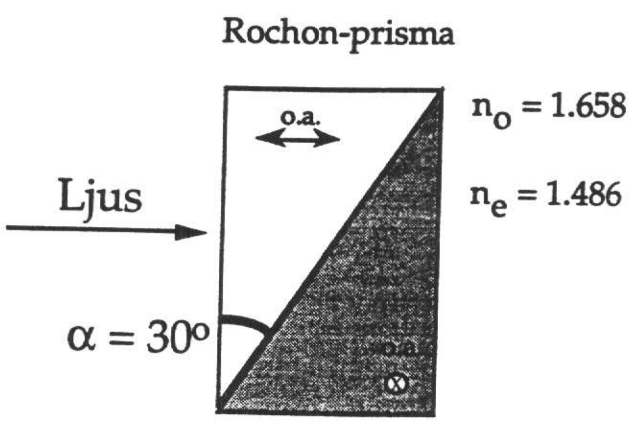
Figur 2.

Uppgift 3.

Ett Rochon-prisma består av två sammanklistrade uniaxiella prismor enligt figur 3. Orienteringen hos de optiska axlarna (o.a.) är indikerade. Ljus infaller från vänster vinkelrätt mot den vertikala ytan.

a) Skissa ljusets fortsatta strålgång och polarisering, dels inne i Rochon-prismat, dels till höger om det (2p).

b) Beräkna vinkeln mellan de två strålarna till höger om prismat (2p)



Figur 3

Uppgift 4.

Diskutera Fabry-Perot-interferometern då den används som svepande ("scanning") interferometer, särskilt vad avser:

a) Den experimentella uppställningen och dess funktionssätt.

b) Begreppen fritt spektralområde, Taylor-kriterium, reflekterande finess samt upplösningsförmåga (2p)

Uppgift 5.

Diskutera Fresneldiffraktion från en rektangulär apertur. Behandla särskilt

a) det kvalitativa utseendet på Cornu-spiralen. Ange vad axlarna och parametern längs kurvan avser (2p)

b) kvalitativa utseendet på Fresnel-diffraktionsmönstret från en kant genom grafiskt utnyttjande av Cornu-spiralen. Markera läget av den geometriska skuggkanten (2p)

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysiska institutionen

Lösningar till tentamen i OPTIK för F2

<u>Tid:</u> 1996-08-30, 14.15 - 18.15

<u>Plats:</u> v v

<u>Lärare:</u> Per-Olof Nilsson, Fysiska institutionen, tel 772 33 12.

Uppgift 1.

Physics Handbook sidan 261: Vinkeln θ_m till första minimum i diffraktionen från en cirkulär öppning med diametern D

$$\sin \theta_m = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

Se också Fowles formel 5.25. Optisk upplösning: see Fowler sid 120. Antag pupillens diameter d = 2 mm, våglängden λ = 500 nm (grönt ljus), vattens brytningsindex n = 1.33:

$$\sin \theta_m \approx \theta_m = 1.22 \cdot 500 / (2 \cdot 1.33) = 2.29 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

Antag läsavståndet L = 25 cm

$$d = L \cdot \theta_m = 25 \cdot 2.29 \cdot 10^{-4} = 5.7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Uppgift 2.

Ljuskällan och dess spegelbild svarar mot Youngs dubbelspalt, Fowles paragraf 3.2. Enligt Physics Handbook sidan 258 fås maxima för villkoret

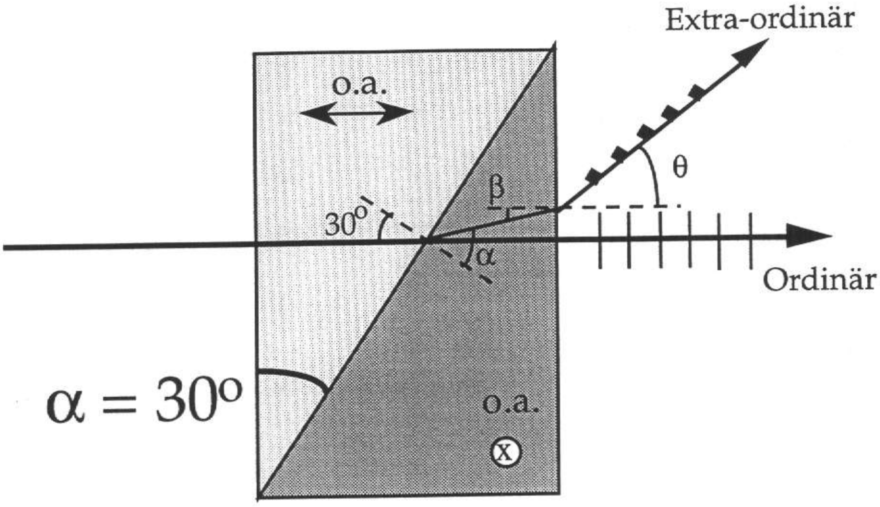
$$d \sin \theta = m \lambda$$

Här är d avståndet mellan ljuskällorna och m ordningen. Men $\sin \theta \approx \theta = y/x$, där y är avståndet på skärmen (figur 3.2 i Fowles). Således fås

$$y = m \lambda x / d, \Delta y = \lambda x / d$$

$$x = \Delta y \, d / \lambda = (1 \cdot 10^{-3} \, 1 \cdot 10^{-3}) \cdot (500 \cdot 10^{-9}) = 2 \text{ meter}$$

Uppgift 3.



Brytning i första ytan:

$$1.658 \cdot \sin 30^{o} = 1.486 \cdot \sin \alpha \;\text{->}\; \alpha = 33.91^{o} \;,\; \beta = 30.0\text{-}33.91 = 3.91^{o}$$

Brytning i andra ytan

$$1.486 \cdot \sin 3.91^{o} = 1.0 \cdot \sin \theta \;\text{->}\; \theta = 5.82\ ^{o}$$

Problem 4.

Se Fowles paragraf 4.2 - 4.3

Problem 5.

Se Fowles sidorna 129- 135