

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

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

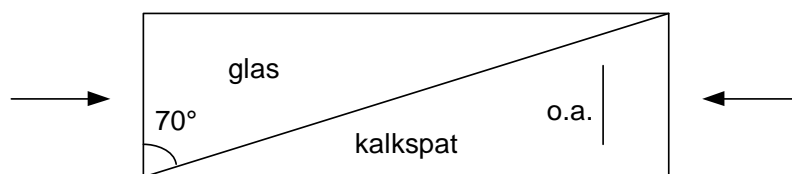
**Poänggränser:** Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2005-04-06 kl. 12.00.

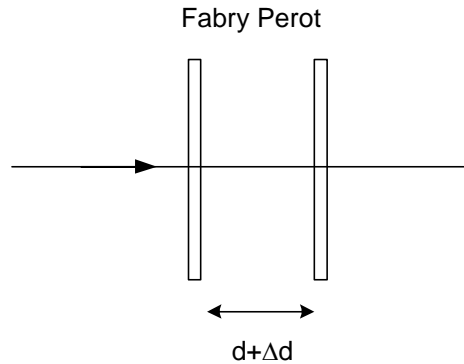
Granskning kan ske 2005-04-06 kl. 12.00-12.25 i sammanträdesrummet i fysikbiblioteket.

1. En stråle består av opolariserat och cirkulärpolariserat ljus. Hur gör du för att bestämma hur stor del av intensiteten som är cirkulärpolariserad? Beskriv i detalj utrustning, procedur samt formler som behövs. (4p)
2. Två prismor, ett av glas och ett av kalkspat är sammanfogade, se figuren nedan. För kalkspat är  $n_o=1,6584$  och  $n_{e_o}=1,4864$  och kalkspatprismats optiska axel är vertikal. Glasprismat har samma brytningsindex som kalkspatens ordinära brytningsindex. De två prismorna är ihoplimmade med ett lim som har samma brytningsindex som glaset. Beskriv i detalj vad som händer om
  - a) opolariserat ljus infaller (vinkelrätt infall mot ytan) från vänster. (2p)
  - b) opolariserat ljus infaller (vinkelrätt infall mot ytan) från höger. (2p)

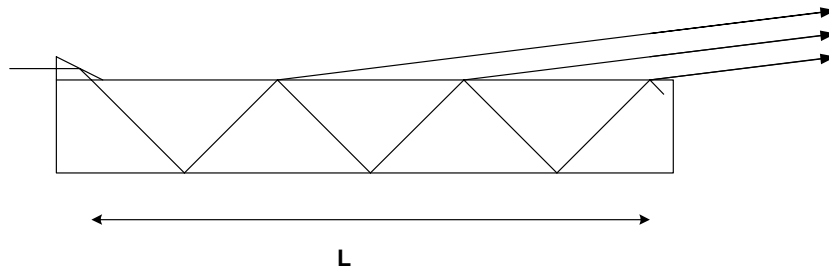


3. En tunn bikonvex lins med brytningsindex 1,4 har krökningsradien 25 cm för båda de krökta ytorna. Med denna lins vill man avbilda ett avlägset föremål på en skärm 35 cm från linsen. Detta är möjligt om man placerar en planparallell glasplatta mellan linsen och skärmen. Hur tjock skall plattan vara och var skall den placeras för att man skall få en skarp bild på skärmen? Glasplattan har samma brytningsindex som linsen. Räkna med paraxiala strålar. (4p)

4. Ett filter för optisk kommunikation där våglängderna är cirka 1550 nm är utformat så att inkommande ljus från en optisk fiber får passera en Fabry-Perot-interferometer innan det sänds vidare. Genom att variera avståndet mellan speglarna kan man välja ut det våglängdsband som skall passera. Varje band har en bandbredd på 10 GHz och banden är separerade med 100 GHz. Fibern överför totalt 15 band. Beräkna:
- Avståndet  $d$  mellan speglarna i utgångsläget. (1p)
  - Avståndsförskjutningen  $\Delta d$  som krävs för att byta från ett band till ett annat. (2p)
  - Speglarnas reflektans (1p)



5. En glasplatta (i luft) enligt figuren nedan ger ett interferensmönster med hög upplösning. Strålen går in i plattan via det lilla prisma till vänster. De utgående strålarna bildar mycket liten vinkel mot horisontalplanet (den utritade vinkeln är överdriven för att göra figuren tydligare). Vilken är den minsta våglängdsskillnad man kan upplösa runt våglängden 500 nm om plattans brytningsindex är 1,5, längden  $L$  är 20 cm och strålarna bildar mycken liten vinkel mot horisontalplanet? (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**

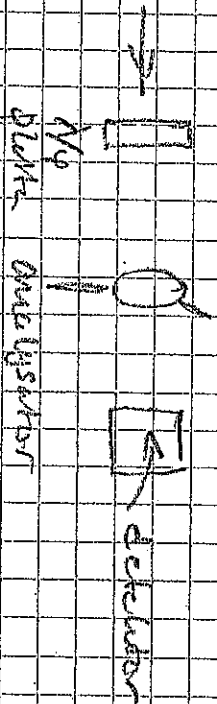
Förslag till lösningar

1) Umrustning: en detektor som kan mätta

ljusintensitet, en  $N/4$ -platta, en (lins)anslutning,

Procedur:

Uppställning:



$N/4$  plattan omvandlar det cirkulärpolariserade  
ljuset till linjär polariserat, det opolenserade  
pärrens ej

Rotera analysatorn mot  $I_{max}$

$$I_{min} = \frac{I_{opt}}{2} \quad \text{fy av det cirkulärpolensert}$$

lys som blivit omvandlat till linjär polariserat

lys är släppt och beljsten av det optenserade  
ljuset

Alltså är det cirkulär polariserat ljuset

$$\text{intensitet } I_c = I_0 - 2 I_{min}$$

det  $I_0$  är infallande ljusets intensitet

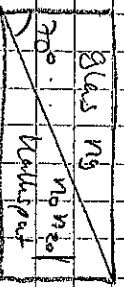
Med det för  $I_0$  med detektorn, ska in  
i datorn.

Detta kräver en ideal analysator som

inte absorberar ljuset i genomsläppriktningen

$$\text{allt: } P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

22

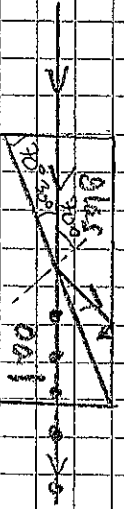


$n_g = 1,6584$

$n_o = 1,6584$

$n_{eo} = 1,4864$

Ljus in från vänster:



I glaslet: ingen avbrytning

I gränslaget till totalreflexion

Sker ingen avbrytning av

den ordinarie strålen (samma

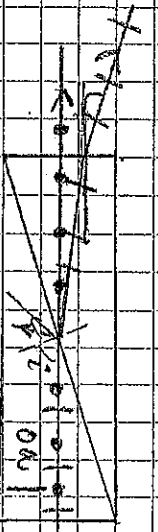
brytningsindex) Den extraordinarie

strålen totalreflekteras ty

gränsvinkeln för totalreflex:  $\sin i_g = \frac{n_{eo}}{n_g} \Rightarrow i_g = 69,7^\circ$

HEF är  $i' = 70^\circ$  vilket är där vi totalreflekterade

Svar a) Ordinarie stråle går oavbrutet genom pol. I infallsplanet



Ljus in från höger:

Ljuslet går oavbrutet genom

totalreflexionsomr. Ordinarie

stråle går oavbrutet genom (samma  $n$ ). Den extraordinarie

strålen bryts (och reflekteras): Brytningslagen:  $n_{eo} \sin 70^\circ = n_g \sin b$

$\Rightarrow \sin b = \frac{1,4864 \sin 70^\circ}{1,6584} \Rightarrow b = 59,4^\circ$

vid gränslaget glas/luft bryts strålen igen

$n_g \sin i' = \sin b \Rightarrow \sin b = 1,6584 \sin 12,6^\circ \Rightarrow b = 21,2^\circ$

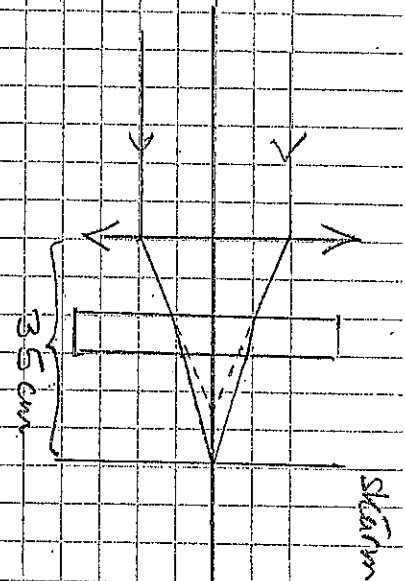
$12,6^\circ$

Svar b: Ordinarie stråle går oavbrutet genom, polariserad

I vret i fullisplanet, Extraordinarie stråle av bryts

totalt  $21^\circ$  till vängs av glas/luft. Polariserad // infallsplanet

(3)



$$n = 1,40$$

$$R_1 = |R_2| = 2,5 \text{ cm}$$

Linsens brännvidd:

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

$$\frac{1}{f} = 0,4 \left( \frac{2}{0,25} \right) \Rightarrow f = 0,3125 \text{ m}$$

Glasplattan "skärmar" bilden i 711 höjden:

Skärmen parallell förändras strömmen Z

Vi söker "kränkt" vinklingen X

$$\cos b = \frac{d}{y}$$

$$\sin(\gamma-b) = \frac{z}{y}$$

$$X = \frac{z}{\sin \gamma} = \frac{d \sin(\gamma-b)}{\cos b \sin \gamma} =$$

$$= d \frac{\sin i \cos b - \cos i \sin b}{\cos b \sin i}$$

$$= d \left( 1 - \frac{\tan b}{\tan i} \right)$$

Små vinklar (parallela strålar)  $\tan \gamma \approx \sin \gamma$

Brydningslagen  $\sin i = n \sin b$

$$\Rightarrow \frac{\tan b}{\tan i} \approx \frac{\sin b}{\sin i} = \frac{1}{n}$$

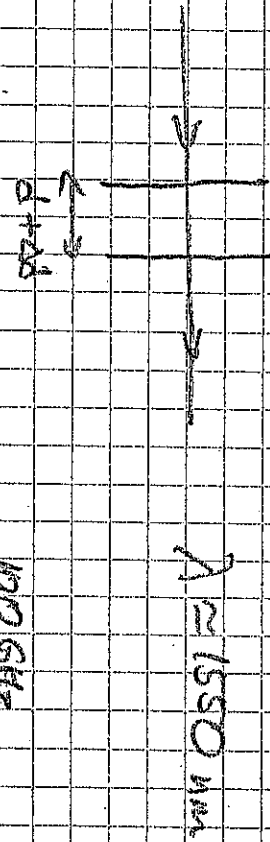
$\therefore X = d \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$  Vi behöver "lyfta fram" bilden 0,35-0,325

$$\therefore X = 0,0375 \text{ m}$$

$$\Rightarrow d = \frac{X}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{0,0375}{1 - \frac{1}{1,40}} = 0,131 \text{ m}$$

Skärmen skall vara 3,1 cm tjock. Den skall placeras parallellt med linserna och var som helst mellan linserna och skärmen.

(4)

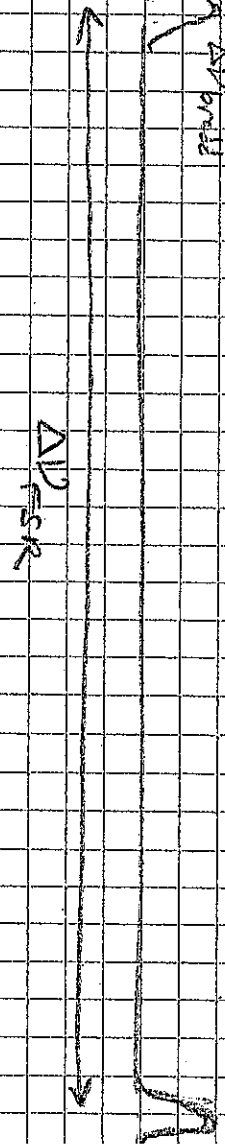
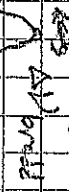


Signal:



15 band

Fabry-Pérot:



a)  $2d = m\lambda$  oder  $\lambda = \frac{c}{\nu}$

$\Rightarrow 2d = \frac{mc}{\nu}$   $\Rightarrow d = \frac{mc}{2\nu}$   $\Delta d = \frac{c}{2\nu \Delta \nu}$

$d = \frac{c}{2 \Delta \nu_{FSR}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 14 \cdot 100 / 10^9} = 1,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

b)  $\Delta d = \frac{mc}{2\nu \Delta \nu}$   $\Rightarrow \Delta d = \frac{2d^2}{mc} \Delta \nu = \frac{1}{2} d \Delta \nu$

$\Delta d = \frac{1}{2} d \Delta \nu_{\text{band}} = \frac{1550 \cdot 10^{-9} \cdot 107 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 10^9}{2} = 8,27 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

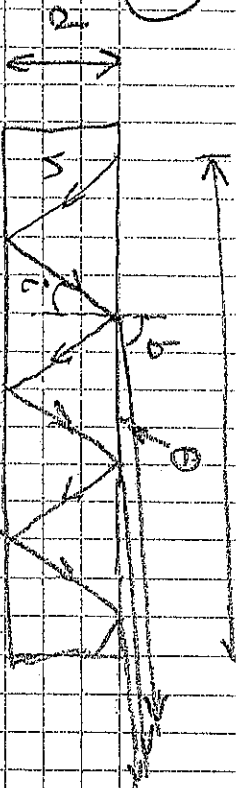
$\Delta d = 8,27 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

c)  $\mathcal{F} = \frac{\Delta \nu_{FSR}}{\Delta \nu_{\text{band}}} > \frac{15 \cdot 100 \text{ GHz}}{100 \text{ GHz}} = 15$

$\mathcal{F} = \frac{2R}{1-R^2} = \frac{2R}{1-R^2} = 15 \Rightarrow R = 0,82$

Swan:  $d < 107 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ,  $\Delta d = 8,27 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ,  $R > 0,82$

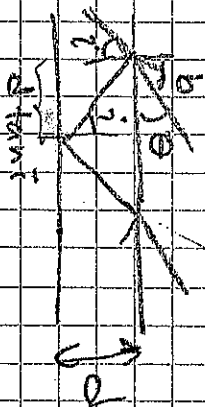
5



Nähe totalreflexion:  $\sin i = \frac{b}{L}$

Vergleichen: Weglängenunterschied

$$2d \cos i \quad (\text{für den Hauptmax.})$$



$$\text{Nur } n \sin i = \sin \theta = \cos \theta \quad (\approx 1)$$

$$\therefore 2d \cos i = 2d \sqrt{1 - \sin^2 i} = 2d \sqrt{1 - \left(\frac{b}{L}\right)^2}$$

Konstruktive Interferenz:

$$2d \sqrt{1 - \left(\frac{b}{L}\right)^2} = m \lambda_m = m \frac{\lambda_0}{n}$$

$\uparrow$  imediat

Uplösung: Sem für CH-Gitter

$$\theta = \frac{\Delta \lambda}{\Delta \lambda} = m \lambda \quad \text{Nur für } N \text{ aufgel. Spalten}$$

$$N \text{ bein } p \lambda \quad ; \quad N = \frac{L}{2d \tan i}$$

$$\therefore R = \frac{m L}{2d \tan i} = \frac{m L \cos^2 i}{2d \sin i}$$

$$= \frac{m L}{2d} \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \theta}{n}\right)^2} = \frac{m L}{2d \cos \theta} \sqrt{n^2 - \cos^2 \theta}$$

$$\text{man } \frac{2d}{m \lambda_0} = \frac{1/n}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos \theta}{n}\right)^2}} \quad \text{entw. gegen}$$

$$\Rightarrow R = \frac{L \cdot n}{\lambda_0 \cos \theta} \sqrt{n^2 - \cos^2 \theta} \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \theta}{n}\right)^2} =$$

$$= \frac{L \cdot n}{\lambda_0 \cos \theta} \frac{(n^2 - \cos^2 \theta)}{n} \quad \text{nur } \theta \approx 0, \cos \theta \approx 1:$$

$$\Rightarrow R = \frac{L}{\lambda_0} (n^2 - 1)$$

560AS

WZL 5/11/01,

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{L}{\lambda_0} (n^2 - 1) = \frac{0,20 (1,5^2 - 1)}{500 \cdot 10^{-9}} = 510 \cdot 10^5$$

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda}{R} = 110 \cdot 10^{-12} \text{ nm}$$

<del>510</del> 110 · 10 <sup>-12</sup> nm
--