

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

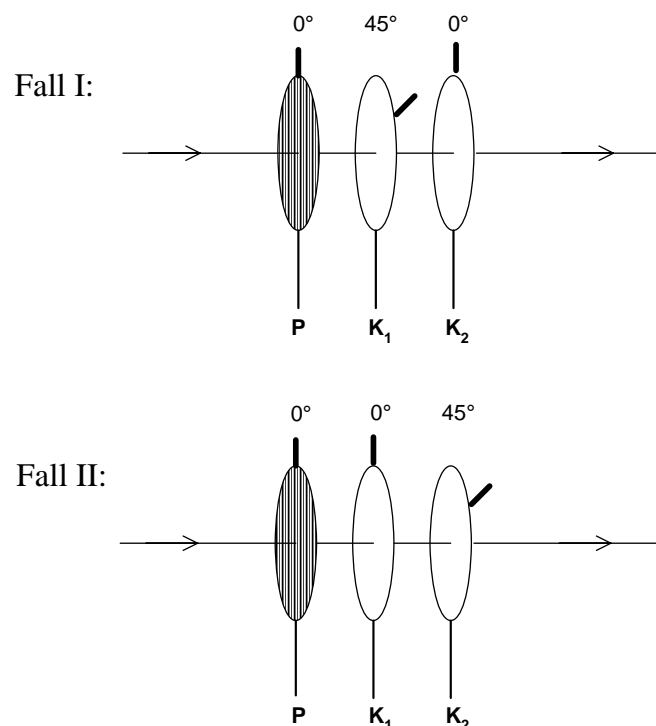
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2009-01-29 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2009-01-29 kl. 12.00-12.30 i Studentcentrum Origo, 1 tr upp, och därefter vid Lärarservice under deras ordinarie öppettider.

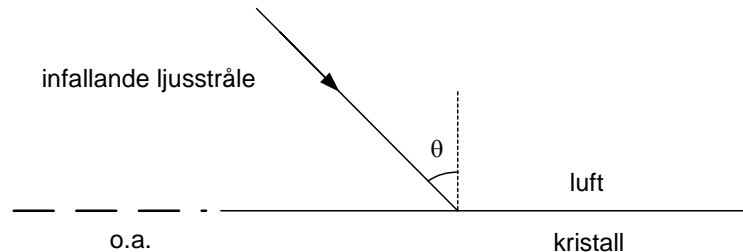
1. a) En ljusstråle passerar en linjärpolarisator (P) och två kvartsvåglängdsplattor ( $K_1$  och  $K_2$ ), se figurerna nedan. Den ursprungliga strålen är opolariserad. Vilken polarisation har ljuset efter att ha passerat alla tre komponenterna i de två fallen? Spaken anger riktningen för den "snabba axeln". (2p)



- b) En laser ger vertikalt linjärpolariserat ljus. Man vill kontinuerligt styra laserljusets intensitet mellan noll och max intensitet med hjälp av en (linjär)polarisator och en retardationsplatta. Ljuset ut från anordningen skall dock hela tiden vara vertikalt linjärpolariserat. Föreslå hur denna utrustning kan vara konstruerad (typ och orientering av retardationsplattan och orientering av polarisator samt deras inbördes positioner) och ange exakta inställningar för att få 0, 50 och 100% intensitet. Antag att komponenterna är ideala och bortse från eventuella reflektioner. (2p)

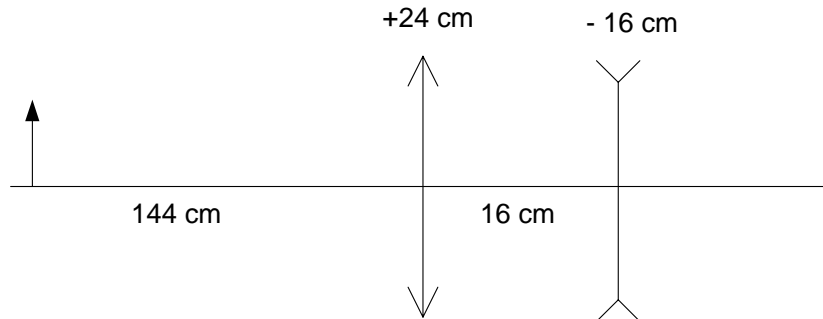
2. En dubbelbrytande kristall med brytningsindex  $n_o$  och  $n_{eo}$  är skuren så att optiska axeln är parallell med ytan. En stråle faller in mot kristallytan från luft, infallsvinkeln är  $\theta$ . Optiska axeln ligger i infallsplanet.

Skissa hur man kan bestämma riktningen på ordinär och extraordinär stråle för en negativ kristall (t.ex. kalkspat, calcite) med hjälp av att rita vågfronter (inga beräkningar krävs). (4p)



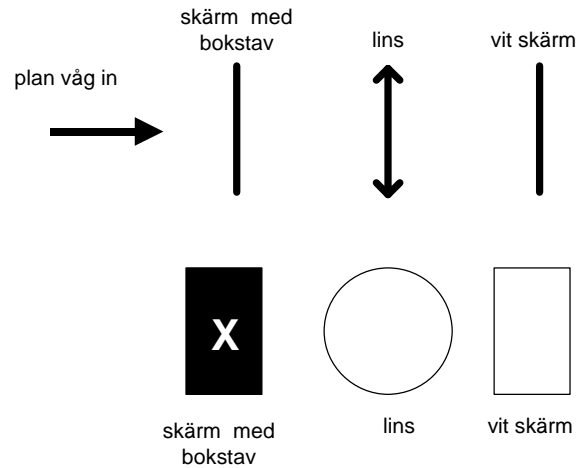
3. Ett linssystem består av två tunna linser, 16 cm ifrån varandra. Linserna har fokaldistanserna  $f_1 = 24$  cm och  $f_2 = -16$  cm. Ett föremål är placerat 144 cm till vänster om den första linsen, se den icke-skalenliga figuren nedan.

- a) Ange läget för linssystemets fokalplan. (1p)  
 b) Ange läget för huvudplanen för linssystemet. (2p)  
 c) Ange läget för bilden av föremålet. (1p)



4. En Michelsoninterferometer är så konstruerad att de två armarna är av exakt lika längd. I var och en av armarna sitter en gascell med längden (i strålens riktning) 10 cm. Båda dessa gasceller är från början lufttomma. Den **ena** gascellen fylls därefter långsamt med en gas varvid gasens brytningsindex sakta ökar. Ljus från en laser med våglängden 500 nm används för att studera interferensmönstret. Man fyller på gas tills dess att 40 fransar passerat i det observerade interferensmönstret. Med denna mängd gas i ena cellen ökas nu laserljusets våglängd så att 10 fransar passerar. Hur stor ändring av laserns våglängd har då skett? (4 p)

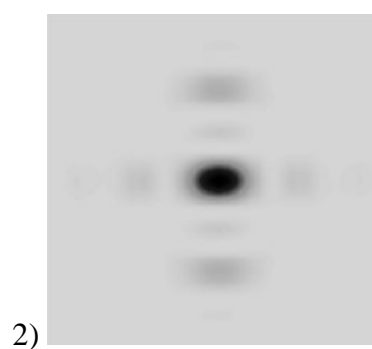
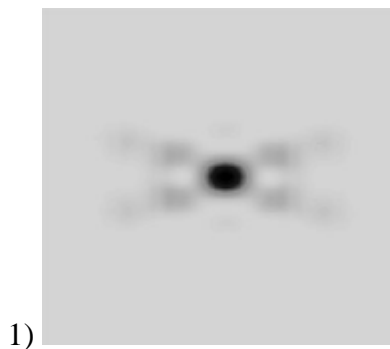
5. Man vill ställa upp ett experiment för att optiskt visa Fouriertransformen av en bokstav. Experimentet kan utföras så här: En plan våg från en laser infaller mot en ogenomskinlig skärm där man stansat ut hål i form av en bokstav. Man använder en positiv lins med fokaldistansen 20 cm för att se Fouriertransformen på en vit skärm.



a) Hur skall linsen och skärmarna placeras för att man skall se Fouriertransformen av bokstaven på den vita skärmen (ange avstånd och ge en förklaring i ord)? (2p)

b) Man har gjort tre sådana skärmar med följande bokstäver utstansade; **E**, **O** och **V** (en bokstav på varje skärm, med den här visade fonten). Bilderna nedan visar två fotografier av vad man ser på den vita skärmen (bilderna är inverterade, d.v.s. svart visas som vitt och vice versa för att få bättre kontrast i bilderna) för två av bokstavsskärmarna.

För varje bild, förklara vilken bokstav som använts på den vänstra skärmen (ge en kort förklaring i ord varför mönstret på den vita skärmen ser ut som det gör). (1p per bild)



## Formler: Airy-funktionen

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

### Jonesvektorer/matriser:

Horisontell $\mathcal{P}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	Vertikal $\mathcal{P}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$
---------------------------	--	------------------------	--

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

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

Planpolarisator horisontell	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$
-----------------------------	--

Planpolarisator vertikal	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
--------------------------	--

$\lambda/4$ -platta, snabba axeln vertikal	$e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -i \end{bmatrix}$
--	--

$\lambda/4$ -platta, snabba axeln horisontell	$e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$
---	---

---

**Formella regler:** För att få full poäng på tentamensproblem krävs:

att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas

att samtliga införda symboler definieras

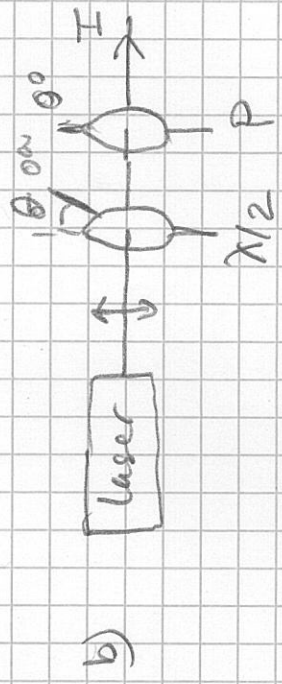
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

TENTAMEN I OPTIK FÖR F2Förslag till lösningar:

1) a) Fall I: Efter  $K_1$  blir ljuset cirkulärpolariserat,  
 efter  $K_2$  åter linjär polariserat,  $-45^\circ$

Fall II:  $K_1$  ger ingen påverkan, efter  
 $K_2$  är ljuset cirkulärpolariserat



t.ex: Lasern ger vertikalt linjärpol. ljus.

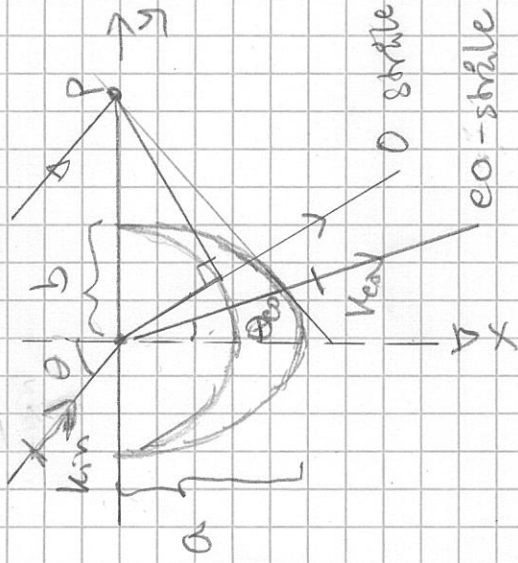
Linjär polarisation är mestadels för vertikalt  
 linjär polariserat ljus också.

Reflexionsplanet är en  $\lambda/2$  platta,  
 o.d. är  $\perp$  mot strålen men kann  
 vidtas vinkeln  $\theta$  i förhållande till  
 polarisations inställning.

Intensiteten  $I$  beror på denna  
 vinkel:

Om  $\theta = 0^\circ$  är  $I = I_{\max}$  (100%)  
 $\theta = 45^\circ$  är  $I = 0$  (0%)  
 $\theta = 22.5^\circ$  är  $I = I_{\max}/2$  (50%)  
 $(\cos 2\theta)^2 \sim I$

2b)



negativt korrekt

I P sammanfaller

0 och  $e_0$  vågfront

strålarna  $k_1$

är tangentens punkter

ellipsens ekv:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

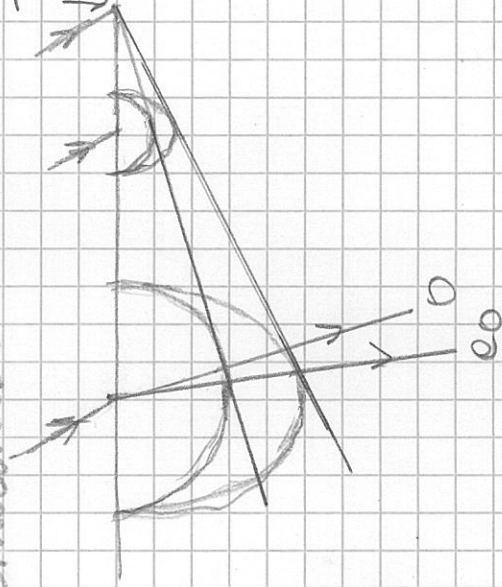
$$\text{där } a \sim \frac{1}{n_{e0}}$$

$$b \sim \frac{1}{n_o}$$

Man kan också göra en allmän

betraktelse

tråttar i plot P.



$e_0$  stråles riktning bestäms av  
skärningen med linjen (tangenten)

$$\text{Storaxeln} \sim \frac{1}{n_{e0}}$$

$$\text{Liljarekn} \sim \frac{1}{n_o}$$

geometri  $\Rightarrow$  riktningen

3)

a) Fokulpenn: lätt // gått falla in:  
vänster till höger  
lins bremmen lins 2 =

$$\frac{1}{-8} + \frac{1}{b} = \frac{1}{-16}$$

$$\frac{1}{b} = -\frac{1}{16} + \frac{1}{8} = \frac{1}{16}$$

$$\Rightarrow b = 16 \text{ cm}$$

till höger om lins 2.

från höger till vänster:

lins 1:

$$\frac{1}{32} + \frac{1}{b} = \frac{1}{24} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{24} - \frac{1}{32}$$

$$\Rightarrow b = 96 \text{ cm}$$

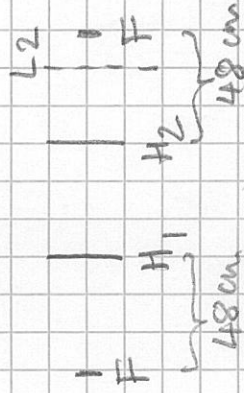
Fähus ligger 16 cm till höger om lins 2 och  
96 cm till vänster om lins 1.

b) f kledl ngden

$$\frac{1}{f_{\text{system}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

$$\text{Här: } \frac{1}{f_{\text{system}}} = \frac{1}{24} - \frac{1}{16} + \frac{16}{16 \cdot 24} = \frac{1}{48}$$

$$\therefore f_{\text{system}} = 48 \text{ cm}$$



lins 2 ligger H<sub>1</sub> 48 cm till vänster om lins 1

---||--- H<sub>2</sub> 32 cm ---||--- 2

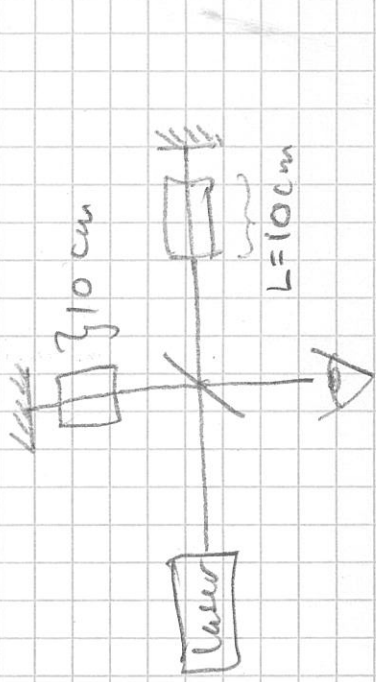
c) linsformeln: (i förh. till H<sub>1</sub> och H<sub>2</sub>)

$$\frac{1}{96} + \frac{1}{b} = \frac{1}{48} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{96}$$

$$b = 96 \text{ cm (från H<sub>2</sub>)}$$

! Bilden finns 64 cm till höger om lins 2  
(1:1 avbildning)

4)



40 franser ändras vid Justera trycket

optisk väglängd  $2Ln - 2Ln'$

$$\therefore 2L(n-n') = 40\lambda$$

$$n-n' = \frac{40\lambda}{2L} = \frac{40 \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,10} = 10 \cdot 10^{-4}$$

Ändra nu  $\lambda$  till  $\lambda'$

$$(2L(n-n')) = \lambda p$$

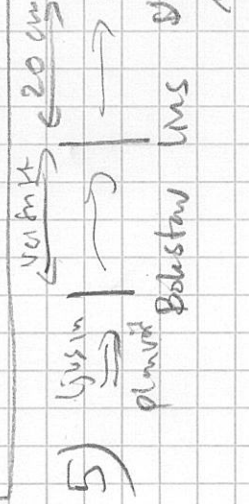
$$\Rightarrow p = \frac{2L(n-n')}{\lambda} = 40$$

$$(2L(n-n')) = \lambda'(p-10)$$

$$\lambda p = \lambda'(p-10)$$

$$\lambda' = \frac{\lambda p}{p-10} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 40}{30} = 667 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Svar: Väglängdskillnaden  $\Delta\lambda = 167 \text{ nm}$



5)

värmikt  $\leftarrow 20 \text{ cm}$

planet Bolstav lins

a) - det skall vara 20 cm mellan linsen och den vita skärmen - då ser vi transformplanet (det distributionsplanet)

b) 1: V

därför diffraktionsmönstret

2: E

för respektive bolstavar

det upp: (Mer utlösning förklaring förväntas)

→