

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

**Lärare:** Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340, 0736-328705

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

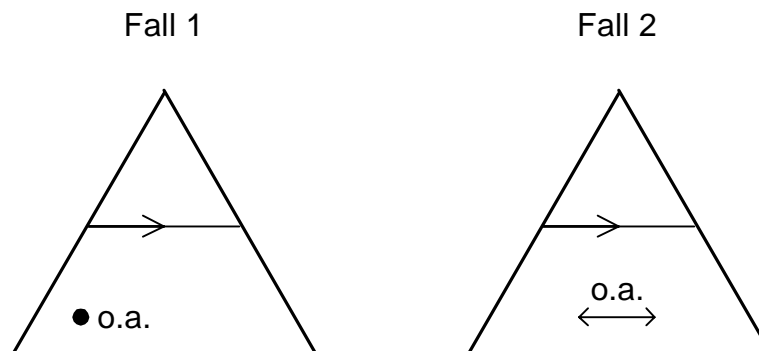
**Poänggränser:** Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

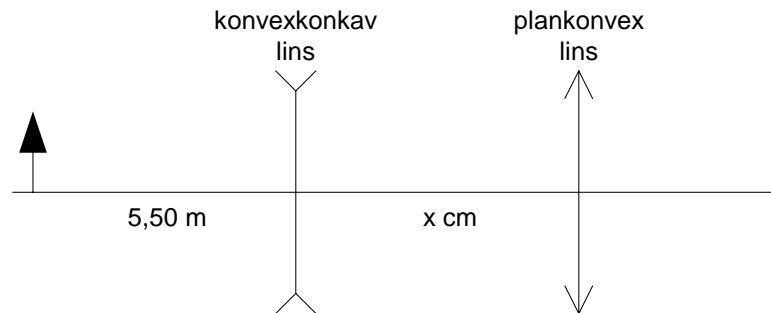
Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2005-09-08 kl. 12.00.

Granskning kan ske efter överenskommelse.

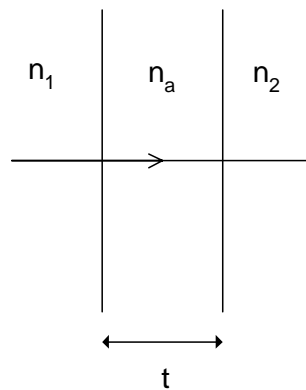
- 
- Youngs dubbelspaltexperiment gjordes långt innan lasrarna var uppfunna. Hur skall experimentet genomföras om man skall kunna se mönstret på en skärm när man bara har tillgång till en enkel ljuskälla som kan antas vara monokromatisk. Beskriv i ord och skisser hur man experimentellt skall göra för att kravet på
    - rumskoherens (2p)
    - tidskoherens (2p)skall vara uppfyllt.
  - Vänstercirkulärpolariserat ljus infaller mot en  $\lambda/2$ -platta. Plattan har snabba axeln orienterad i vinkeln  $\theta$  mot horisontalplanet (ljuset utbreder sig horisontellt). Bestäm polarisationen hos det ljus som går ut från plattan med hjälp av Jonesvektorer/matriser, se nedan. (4p)
  - Prismorna i figuren nedan är liksidiga och dubbelbrytande med  $n_o=1,6584$  och  $n_{e0}=1,4864$  i det aktuella våglängdsområdet. Observera att optiska axeln är vinkelrät mot papperets plan i ena fallet medan den i det andra fallet ligger i detta plan. Respektive prisma belyses (var för sig) med monokromatiskt opolariserat ljus så att den ordinära strålen inuti prismet blir parallell med prismats bas (se figuren). Beräkna strålgången för prismorna (rita en skiss samt ange vinklar och polarisation för strålarna). Bortse från reflektioner. (4p)



4. Ett linssystem består av två tunna sfäriska linser, en konvexkonkav lins med krökningsradierna 81 (konvex) och 27 (konkav) cm och en plankonvex lins där den buktiga ytan har krökningsradien 60 cm. Båda linserna har brytningsindex 1,5. Ett litet lysande föremål placerat 5,50 m framför den konvexkonkava linsen avbildas av systemet så att den slutliga bilden är rättvänd och exakt hälften så stor (transversellt) som föremålet. Hur stort är avståndet  $x$  mellan linserna? (Observera, figuren är inte skalenlig.) (4p)



5. En antireflexbehandling, i form av ett tunt skikt med tjockleken  $t$  och brytningsindex  $n_a$ , finns mellan två media som har brytningsindex  $n_1$  och  $n_2$ ,  $n_2 > n_a > n_1$ . Antireflexbehandlingen är gjord så att vid vinkelrätt infall reflekteras inget ljus. Beräkna:
- skiktets tjocklek  $t$  (2p)
  - skiktets brytningsindex  $n_a$  (2p)
- Antag att infallande ljus är monokromatiskt med vakuumbåglängden  $\lambda$ .



**Jonesvektorer/matriser:**

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

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

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

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

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

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

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

---

**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**

Förslag 411 lösning:

① Se teck

Kortfattat: a) gör källan så "smal" som möjligt, t.ex. med en spalt direkt in i källan

b) gör optiska vägskillnaden liten för de två strålarna, glödlampa  
här vilket kort koherenslängd syns

②

$$\begin{bmatrix} \cos 2\theta & \sin 2\theta \\ \sin 2\theta & -\cos 2\theta \end{bmatrix} \text{ testa f.ex. med } \theta = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\text{testa med } \theta = 45^\circ \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ testa } \theta = 90^\circ: \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

hur påverkas ljuset

$$\begin{pmatrix} E_{tx} \\ E_{ty} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} E_{ix} \\ E_{iy} \end{pmatrix}$$

Jämförelse ger att det inte kan vara planpolariserat  $\frac{\lambda}{4}$  platta.

testa med planpolariserat ljus in

$$\begin{matrix} \leftrightarrow \\ \text{in} \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} \leftrightarrow \\ \text{ut} \end{matrix} \begin{matrix} \leftrightarrow \\ \text{in} \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \downarrow 90^\circ \text{ vridning}$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \Leftrightarrow$$

Hypotes: det är en  $\frac{\lambda}{2}$  platta och  $\theta$  är vinkeltest: en  $\frac{\lambda}{2}$  platta = 2 st  $\frac{\lambda}{4}$  plattor

$$\text{t.ex. } \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ verhtal axel Ok}$$

test: en  $\frac{\lambda}{2}$  platta omvandlar  $\downarrow$  471  $\mathbb{R}$ 

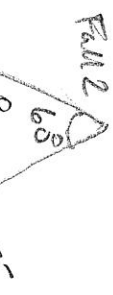
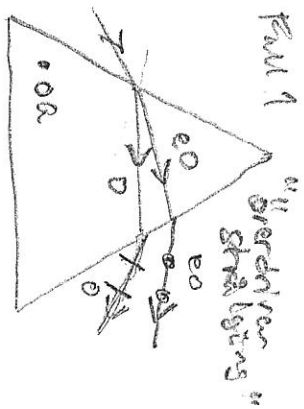
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix} \text{ Ok}$$

Mer fullst kan man heller testa, i axen och

Svaret blir

Svar:  $\frac{\lambda}{2}$  platta

(3)



$n_o = 1,6584$   
 $n_{e0} = 1,4864$

Fall 2 är enkelt strålen är // med o.a. och vi får bara ordinar stråle

strålnykning för & efter prismet, ut genom i:  $b = 30^\circ$   
 $\sin i = n_o \sin b = 1,6584 \cdot \sin 30^\circ \Rightarrow i = 56,0^\circ$   
 (Samma vinkel ut pga symmetri)

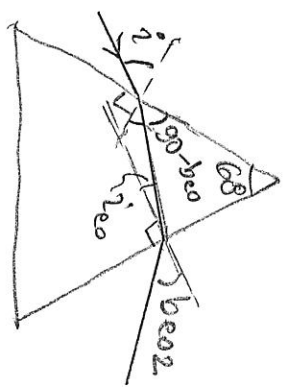
Fall 1: ordinar stråle som först

för e.o, stråle gäller  $\sin i = n_{e0} \sin b_{e0} \Rightarrow b_{e0} = 33,9^\circ$   
 e.o-stråle går ut till något "bre" o-stråle  
 Nästa brytning:

hjälpvinkels vinkelsumma:  
 $60^\circ + 90^\circ - b_{e0} + 90^\circ - i_{e0} = 180^\circ$   
 $\Rightarrow i_{e0} = 60^\circ - b_{e0} = 26,1^\circ$

brytningslagar:  
 $n_{e0} \sin 26,1^\circ = \sin b_{e02}$

$\Rightarrow b_{e02} = 40,8^\circ$



Svar: Infallsvinkeln mot prismet är  $56,0^\circ$  i båda fallen  
 I Fall 1 är vi bara ordinar stråle som går ut med "utfalls vinkeln"  $56,0^\circ$

I Fall 2 går ordinar stråle på samma sätt som i fall 1, polarisationsplanet = papprets plan. e.o-stråle har brytningsvinkeln  $33,9^\circ$  i första ytan, "utfalls vinkeln" blir  $40,8^\circ$ , polarisation L. (jämför med  $56^\circ$  - så smått stor skillnad)

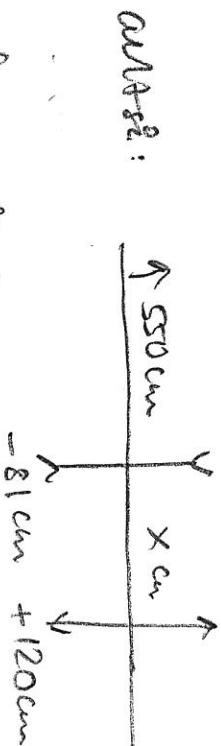
4

Plankonvex lins:

$$\frac{1}{f_f} = (n_2 - 1) \left( \frac{1}{R_1} \right) = 0,5 \cdot \frac{1}{60} \Rightarrow f_f = 120 \text{ cm}$$

konvexkonkav lins

$$\frac{1}{f_c} = (n_2 - 1) \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} \right) = 0,5 \left( \frac{1}{81} - \frac{1}{27} \right) \Rightarrow f_c = -81 \text{ cm}$$



linsformeln lins 1:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{550} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{120} \Rightarrow b_1 = -70,6 \text{ cm (virtuelt bild)}$$

linsformeln lins 2:

$$\frac{1}{70,6 + x} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{120}$$

Förstorings:  $M = 0,5$  för hela systemet

Förstoring för lins 1:

$$M_1 = \frac{-b_1}{a_1} = \frac{70,6}{550}$$

total förstoring:  $M = M_1 \cdot M_2 \quad \therefore 0,5 = \frac{70,6}{550} \cdot M_2$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{-b_2}{a_2} = 3,90$$

$$\Rightarrow b_2 = -3,90 \cdot a_2 = -3,90(70,6 + x)$$

linsformeln för lins 2 ger:

$$\frac{1}{70,6 + x} + \frac{1}{(-3,90(70,6 + x))} = \frac{1}{120}$$

$$\frac{(3,90 - 1)}{70,6 + x} = \frac{3,90}{120} \Rightarrow 70,6 + x = 89,1$$

$$\therefore x = 18,5 \text{ cm}$$

Svar: 18 cm

5

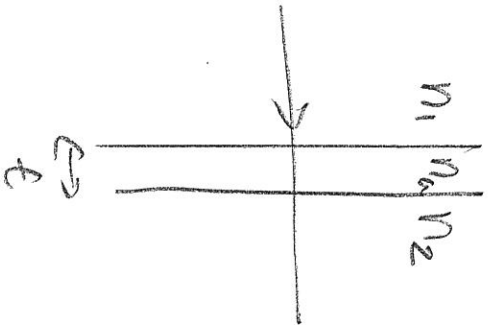
Antireflexbehandlung

a) Destruktive Interferenz:

$$2n_a t = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

↙ Wellenlänge

$$\Rightarrow t = \frac{\lambda}{2n_a} (m + \frac{1}{2}) \quad \text{für } m = \text{kechtl}$$



b) Intransiteteama (amplifikations) ör lila

$$\frac{n_a - n_1}{n_a + n_1} = \frac{n_2 - n_a}{n_2 + n_a}$$

$$(n_a - n_1)(n_2 + n_a) = (n_a + n_1)(n_2 - n_a)$$

$$n_a n_2 - n_1 n_a + n_a^2 - n_1 n_2 = n_a n_2 - n_a n_a + n_1 n_2 + n_1 n_2$$

$$n_a^2 = n_1 n_2$$

$$n_a = \sqrt{n_1 n_2}$$

$$\text{für } t = \frac{\lambda}{2n_a} (m + \frac{1}{2}) \quad m = \text{kechtl}, \lambda = \text{Wellenlänge}$$

$$n_a = \sqrt{n_1 n_2}$$