

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

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

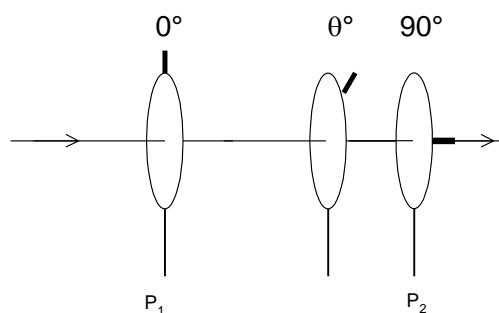
**Poänggränser:** Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

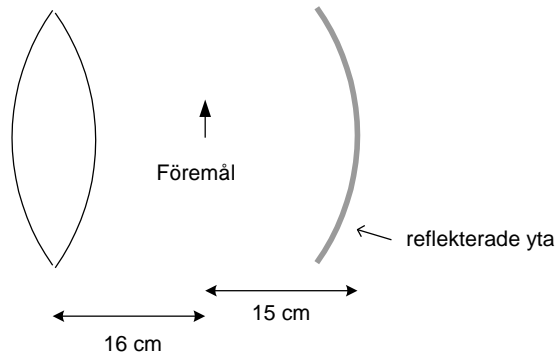
Resultatet kommer att vara klart 2010-09-06 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2010-09-06 kl. 11.45-12.15 i Kansli Fysik (Lärarservice bredvid Fysikbiblioteket) och därefter under lärarservice ordinarie öppettider.

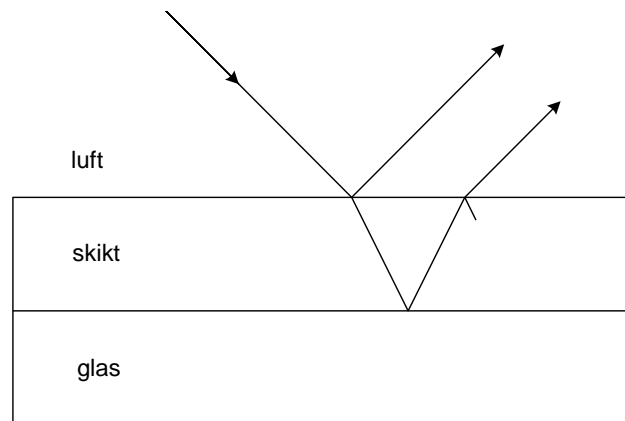
- 
1. a) Beskriv hur ett optiskt element med Jonesmatrisen  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$  påverkar linjärpolariserat ljus. (2p)
- b) Vad är kromatisk aberration och ge ett exempel på hur den kan avhjälpas. (2p)
2. Två ideala (linjär)polarisatorer har transmissionsaxlarna orienterade vertikalt och horisontellt. En tredje ideal linjärpolarisator placeras mellan de två, denna har transmissionsaxeln orienterad med vinkeln  $\theta^\circ$  i förhållande till transmissionsaxeln för den första polarisatorn. Opolariserat ljus infaller mot de tre polarisatorerna. Tag fram ett uttryck för intensiteten för ljus som passerat de tre polarisatorerna uttryckt i  $\theta$  och  $I_0$ , där  $I_0$  är intensiteten hos infallande opolariserat ljus. För full poäng skissa ett diagram över intensiteten som funktion av  $\theta$  om  $I_0=100 \text{ W/m}^2$ . (4p)



3. Beräkna läge och förstoring för den slutliga bilden av föremålet i figuren nedan. Föremålet befinner sig alltså mellan en tunn bikonvex kvartsglaslins ( $n = 1,458$ ) vars ytor har krökningsradierna 10 och 5,8 cm och en konkav spegel med krökningsradien 14 cm. För avstånd se (den ej skalenliga) figuren. (4p)



4. Antireflexbehandling innebär vanligen att man lägger ett tunt skikt på den glasyta som skall antireflexbehandlas. Antag att man gjort denna typ av antireflexbehandling med ett tunt skikt med brytningsindex 1,38 på en glasyta ( $n = 1,50$ ) men av misstag har skiktets tjocklek blivit så att den motsvarar en halv (ljus)våglängd i det tunna skiktet. Beräkna reflektansen för ljus som infaller (från luft) vinkelrätt mot ytan. Inkludera för enkelhets skull endast de två strålarna i figuren nedan (ritade i annan vinkel för att ge en tydlig bild). (4p)



5. Man låter ljus från en kvicksilverlampa infalla vinkelrätt mot ett gitter. Första ordningen max för kvicksilverlampans blå ljus (435,8 nm) observeras för vinkeln  $69^\circ$ . Lampan ger också starkt ljus i grönt (bland annat vid 546,1 nm) men det går inte att observera med hjälp av gittret. Hur kan man förändra uppställningens geometri så att man kan se första max för det gröna ljuset? Beskriv förändringen och ange även siffermässigt hur stor förändringen måste vara. (4p)

### Formler: Airy-funktionen

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

### Jonesvektorer/matriser:

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

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	$e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$
---	---

---

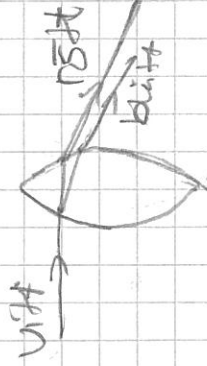
**Formella regler:** För att få full poäng på tentamensproblem krävs:  
att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas  
att samtliga införda symboler definieras  
att rätt svar med rätt enhet avges.

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

OPTIK för F2

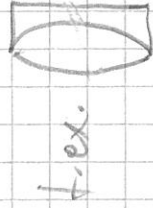
1) a) teknik: Det är en  $\frac{1}{2}$  platta, kan ses genomsatt vult.  $\frac{1}{4}$  - plattmetern. Linjpol ljus speglas i optiska axeln

b) Kromatisk aberration är ett lustel som beror på att brytningsindex är frekvens beroende - medför att



fokusavståndet för olika färger är olika

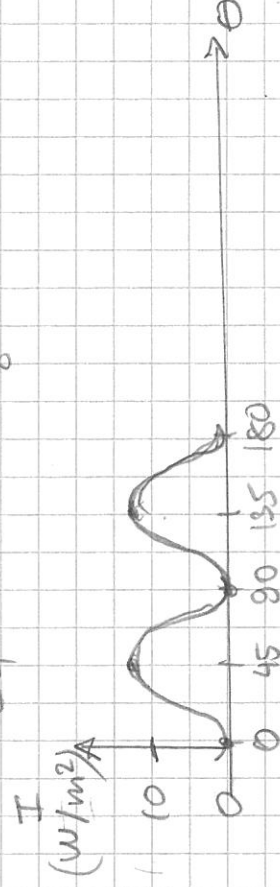
Kan t.ex. minimeras genom att använda en akromatisk dubbelk. t.s.t.d. en enkla lins



t.ex. där linsarna består av olika typer av glas, t.ex. flint och kronglas, se Hecht kap 6

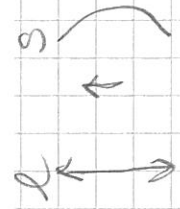
2) Malus lag:

$$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \quad \cos^2(90^\circ - \theta) = \sin^2 \theta \cos^2 \theta = \frac{1}{4} \sin^2 2\theta = \frac{1}{8} \sin^2 2\theta$$



Svar:  $I = \frac{1}{8} \sin^2 2\theta$

3)



Fokal distanseri

$$\text{Spegel: } f_s = \frac{R_s}{2} = 7,0 \text{ cm}$$

$$\text{Lins: } \frac{1}{f_l} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 0,458 \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{-5,8} \right) =$$

$$\Rightarrow f_l = 8,0 \text{ cm}$$

$$\text{Spegelformeln: } \frac{1}{15} + \frac{1}{g} = \frac{1}{7} \Rightarrow b = 13,12 \text{ cm}$$

$$\text{Linsformeln: } \frac{1}{17,88} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{8} \Rightarrow b_2 = 14,48 \text{ cm}$$

All vänder om linsen

$$\text{Förstärkning: } M = M_s \cdot M_l = \frac{13,12}{15} - \frac{14,48}{17,88} = 0,71$$

Varje Bildens position 14,5 cm till vänster om linsen, förstärkning: 0,71

(yttre lins är lösning, men drivna,

lins är skålar som går direkt

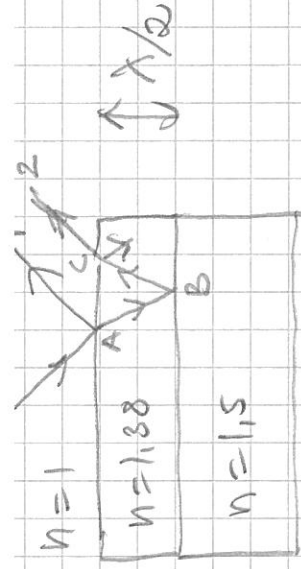
Är brevidet genom linsen,

men den är ju inte lika rölig.

$$\frac{1}{16} + \frac{1}{b_3} = \frac{1}{8} \Rightarrow b_3 = 16 \text{ cm}$$

dvs. 16 cm till vänster om linsen.)

4)



Första yttan: (A)

$$r_1 = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} = \frac{1,38 - 1,5}{1,38 + 1,5} = 0,160$$

$$t_1 = \frac{2n_1}{n_2 + n_1} = \frac{2}{1,38 + 1,5} = 0,840$$

+ 8 // ger samma  
effekt men felaktig  
konvention

Andra yttan: (B)

$$r_2 = \frac{1,5 - 1,38}{1,5 + 1,38} = 0,0417$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot 1,38}{1,5 + 1,38} = 0,958$$

vid "C":

$$r_3 = \frac{1 - 1,38}{1 + 1,38} = -0,160$$

$$t_3 = \frac{2 \cdot 1,38}{1 + 1,38} = 1,160$$

Stråle 2: (ute i luft igen)

$$t_1 \cdot r_2 \cdot t_3 = 0,0406$$

Eftersom båda leden var  $x/2$  blir det

konstruktiv interferens (både varit destruktiv)

Vi adderar bidragen:  $0,160 + 0,0406 = 0,2006$

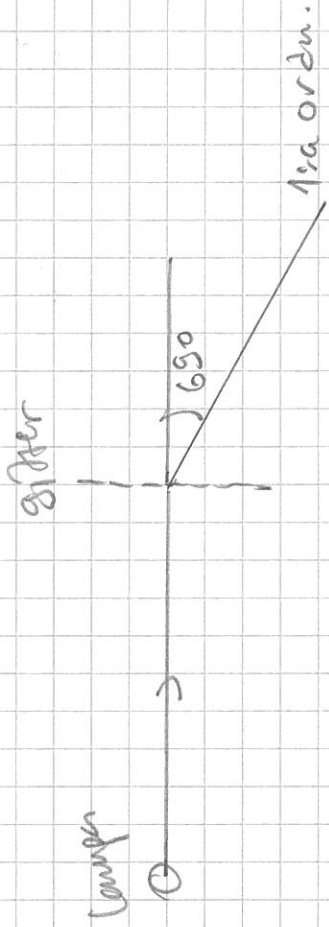
Reflekterans:  $0,2006^2 = 0,0402$  (4,2%)

dmt "bara glas": reflekterans = 0,040

**Svar: 0,042** (ung. samma som stem släkt!)



5)



Gitter: blått ljus

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

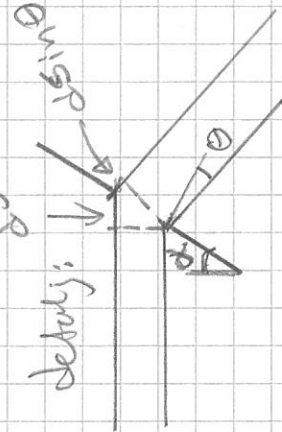
$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{4358 \cdot 10^{-9}}{\sin 65^\circ} = 467 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

ordn. ljus har längre våglängd

Så uppenbart är  $\sin \theta > 1$  i det fallet

Hur se 1:a ordn. max för grönt?

do, leta gitteret  $\alpha^\circ$ !



Vill kor för 1:a ordningens

max:

$$d \sin \alpha + d \sin \theta = \lambda$$

$\sin \theta$  måste vara  $< 1$  : antag minste  $\sin \alpha > \frac{\lambda}{d} - 1$

$$\therefore \sin \alpha > \frac{546,1 \cdot 10^{-9}}{467 \cdot 10^{-9}} - 1 = 0,169$$

$$\Rightarrow \alpha > 9,73^\circ$$

Svar: Estaret måste vinklas  $\approx 9,8^\circ$