

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

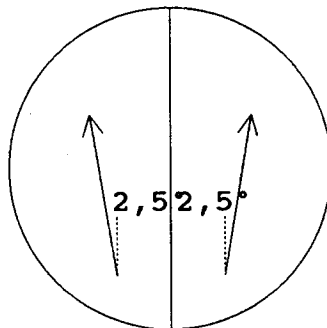
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

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

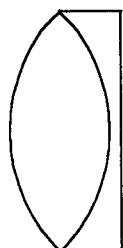
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 01-03-23.

Granskning kan ske 01-03-23 kl. 11.45-12.15 i sal FL11.

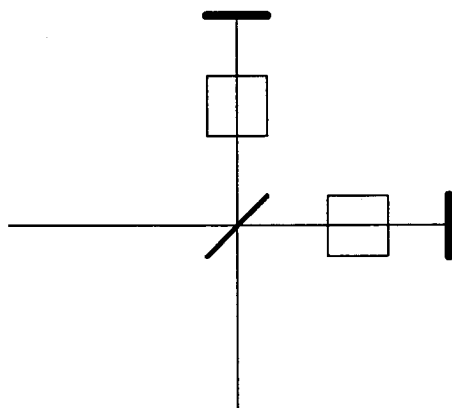
1. Förklara:
  - a) Varför den extraordina strålen i ett dubbelbrytande material ibland inte tycks följa brytningslagen. Visa och förklara fall då den följer respektive inte följer brytningslagen. (Använd Fresnels s.k. hastighetsytor). (2 p)
  - b) Hur en gaslaser är uppbyggd och beskriv kortfattat hur den fungerar. (2 p)
2. Om man vill bestämma hur polarisationsplanet ligger i en infallande planpolariserad ljusstråle kan man använda en analysator (ett polarisationsfilter). Lättast är att söka minimum för intensiteten när analysatorn vrids runt, polarisationsplanet ligger ju då i  $90^\circ$  vinkel relativt analysatorns genomsläppsriktning. Denna metod ger dock ett osäkert resultat eftersom minimum är ganska flackt. En metod att mera noggrant fastställa polarisationsplanets läge är att istället använda en anordning bestående av två halvcirkelformade polarisationsfilter där genomsläppsriktningarna bildar en vinkel på  $5,0^\circ$  med varandra, se figuren nedan. Med denna kan man med större säkerhet bestämma hur polarisationsplanet är orienterat eftersom man istället för att söka efter ett flackt minimum söker efter det läge där intensiteterna är lika stora i de två "halva" polarisatorerna. Hur noga kan man med denna metod bestämma polarisationsplanets läge (uttryckt i grader) om man med ögat kan urskilja en intensitetskillnad på 2 %? (4p)



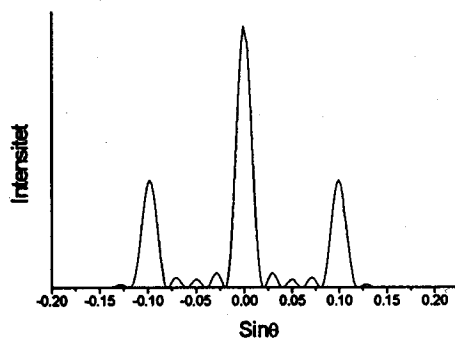
3. För att minska problemen med kromatisk aberration brukar objektivet till kikare vara en akromatisk dublett bestående av en bikonvex lins av kronglas och en plankonkav lins av flintglas. Linserna kan placeras helt tätt ihop eftersom man låter den plankonkava linsens krökningsradie vara lika stor som en av krökningsradierna hos den bikonvexa linsen. Beräkna krökningsradierna för linserna i en sådan linsdublett om objektivet skall ha brännvidden 50 cm. Brytningsindex är  $n_F=1,74648$  och  $n_C=1,72085$  för flintglas och  $n_F=1,49227$  och  $n_C=1,48535$  för kronglas;  $n_F$  och  $n_C$  är brytningsindex vid våglängden 486,2 nm och 656,3 nm. Använd villkoret att brännvidden för dubletten skall vara densamma för de två våglängderna och antag att linserna är tunna. (4 p)



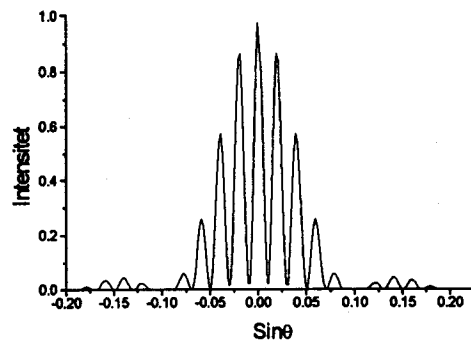
4. I armarna hos en Michelsoninterferometer finns två lika långa glasceller med längden 25,0 cm, som innehåller gas med samma tryck, se figuren nedan. Om trycket i ett av rören ökar stiger brytningsindex. Bestäm den minsta brytningsindexförändring som kan detekteras med hjälp av natriumljus ( $\lambda=589,3$  nm). Antag att en tiondels interferensfrans är den minsta märkbara förändringen. (4 p)



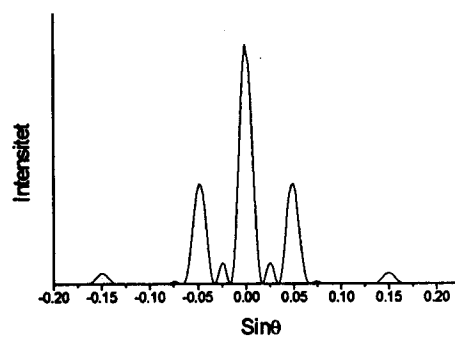
5. Vid ett försök med Fraunhoferdiffraction erhöles följande diffraktionsmönster (Figur a till d på nästa sida). Experimenten utfördes på följande sätt: en bred laserstråle med våglängden 500 nm fick belysa ett antal smala spalter. Diffraktionsmönstret erhöles i fokalplanet från en lins placerad direkt efter de studerade spalterna. Beräkna antal spalter, spaltbredd och spaltavstånd (d.v.s. avståndet mellan (center till center) spalterna) för varje bild. (1p/figur om alla värdena är rätt, totalt 4p)



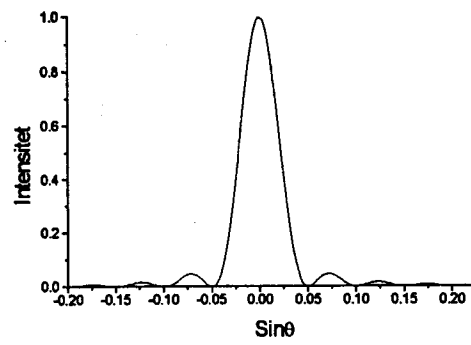
a)



b)



c)



d)

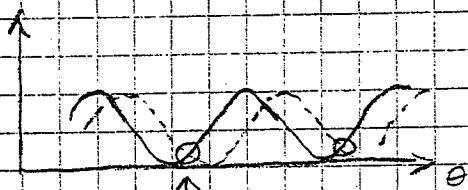
---

**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 F2 01-03-05

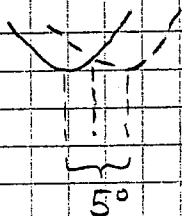
1) Se Hecht kap 8.4 och 13.1.3

2) Trä "halva" analysören



Malus lag:  $I = I_0 \cos^2 \theta$

Förstoring:



$I_1 = I_0 \cos^2 (90 + 2,5^\circ)$  (lika int.)

$0,99 I_1 = I_0 \cos^2 \theta$  "1% åt vardera hållet"

$\Rightarrow \cos^2 \theta = \frac{0,99 I_1}{I_0} = \frac{0,99 \cos^2 (92,5^\circ) I_0}{I_0}$

$\Rightarrow \theta = 92,4875^\circ$

$\Delta \theta = 0,0125^\circ$

Svar:  $\pm 0,01^\circ$

Mycket noggrant!

(Mindre noggrant runt max.)

3)  $f = 50 \text{ cm}$  Två linser rätt ihop:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

Umskrivet formeln:  $\frac{1}{f_1} = (n_1 - 1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$  kornglas

$\frac{1}{f_2} = (n_2 - 1) \left( -\frac{1}{r_2} \right)$  flintglas

Samma  $f$  för rött och blått: dvs:  $f_c = f_F$

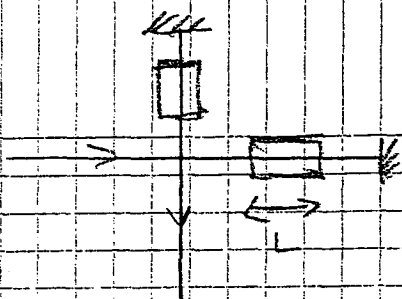
$\frac{1}{f_c} = (n_{1c} - 1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) + (n_{2c} - 1) \left( -\frac{1}{r_2} \right)$

$\frac{1}{f_F} = (n_{1F} - 1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) + (n_{2F} - 1) \left( -\frac{1}{r_2} \right)$

Lös ut!  $\Rightarrow r_1 = 0,199 \text{ m}$   $r_2 = 0,538$

Svar: Bikonvexa linsens krökning: radii: 20 resp. 54 cm  
 = Plankonkava linsens krökning: radii 54 cm

4)



$$L = 25 \text{ nm}$$

$$\lambda = 589,3 \text{ nm}$$

Optisk vägskillnad:  $2L(n_1 - n_2) = m\lambda$

"1/10 brant"  $\rightarrow 2L(n_1 - n_2) = \frac{1}{10}\lambda$

$$\Rightarrow n_1 - n_2 = \frac{\lambda}{10 \cdot 2 \cdot L} = \frac{589,3 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 2 \cdot 0,25} =$$

$$= 1,18 \cdot 10^{-7}$$

Svar:  $\Delta n = 1,2 \cdot 10^{-7}$

5)  $\lambda = 500 \text{ nm}$ a) 3 sekundärmax  $\rightarrow$  5 spalter1:a Diffractionsmin tycks ligga vid  $\sin \theta = 0,20$ 

$$\Rightarrow b = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{0,20} = 2,5 \cdot 10^{-6} = 2,5 \mu\text{m}$$

1:a Interferens principal max ligger vid  $\sin \theta = 0,10$ .

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{0,10} = 5 \cdot 10^{-6} = 5,0 \mu\text{m}$$

b) Inga sekundärmax  $\Rightarrow$  2 spalter1:a diffractionsmin vid  $\sin \theta = 0,10 \Rightarrow b = 5,0 \mu\text{m}$ 5:e interferensmax vid  $\sin \theta = 0,10 \Rightarrow d = \frac{5\lambda}{0,10} = 25 \mu\text{m}$ c) 4 sekundärmax  $\rightarrow$  tre spalter1:a diffractionsmin vid  $\sin \theta = 0,10 \Rightarrow b = 5,0 \mu\text{m}$ 1:a principalmax för interferens vid  $0,05 \Rightarrow d = 10 \mu\text{m}$ d) Enhelspalt! 1:a min vid  $0,05 \Rightarrow b = 10 \mu\text{m}$ 

| <u>Svar</u> | a   | b   | c   | d  | ( $\mu\text{m}$ ) |
|-------------|-----|-----|-----|----|-------------------|
| b           | 2,5 | 5,0 | 5,0 | 10 | spaltvidd         |
| d           | 5,0 | 25  | 10  | —  | spaltavstånd      |
| N           | 5   | 2   | 3   | 1  | antal spalter     |