

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

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

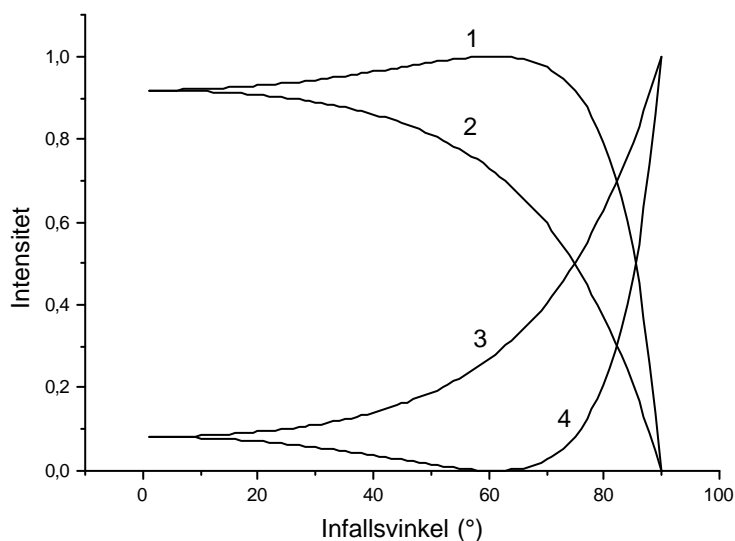
Poänggränser: Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysiks entré 2005-01-31 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2005-01-31 kl. 12.00-12.30 vid Studieexpeditionen Fysik.

1.
 - a) Beskriv hur man kan bestämma om ljuset från en laserpekare är planpolariserat eller inte om man bara har tillgång till ett antal glasplattor ($n=1,5$) och ett vitt papper. (2p)
 - b) En optisk anordning består av en $\lambda/2$ -platta placerad mellan två linjärpolarisatorer med parallella genomsläppsriktningar. Plattans optiska axel bildar vinkeln θ med polarisatorernas genomsläppsriktning. Opolariserat ljus med intensiteten I_0 infaller mot anordningen. Beräkna intensiteten efter anordningen som funktion av θ . (3p)
2. En planpolariserad ljusstråle infaller från luft mot en glasyta, figuren nedan visar intensiteten hos reflekterat och transmitterat ljus om infallande ljusets polarisationsplan är vinkelrätt eller parallellt med infallsplanet.
 - a) Ange för varje kurva (1-4) om den svarar mot transmitterat eller reflekterat ljus samt vilken polarisationsriktning infallande ljus har relativt infallsplanet. Motivera svaren. (2p)
 - b) Beräkna glasets brytningsindex. (2p)

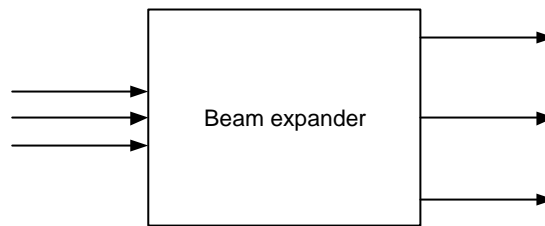


3. Brytningsindex för ett visst glas som funktion av vinkelfrekvensen är

$$n(\omega) = 1,40 + 7,00 \cdot 10^{-33} \cdot \omega^2$$

uttryckt i SI-enheter. Beräkna fas- och grupphastighet för ljus med vakuumvåglängden 600 nm som utbreder sig i detta glasmaterial. (3p)

4. En beam expander används då man vill förstora en ljusstråle från t.ex. en laser. Designa en beam expander som konverterar en parallell ljusstråle med 3,0 mm diameter till 9,0 mm diameter. Du har till förfogande en negativ lins med brännvidden -10 cm samt ett stort antal positiva linser. Ange brännvidder, krökningsradier för linsytorna, linslägen etc för din konstruktion. För full poäng krävs också en tydlig strålgångsritning. (4p)



5. Ljus med medelvåglängden 550 nm och linjebredden $\Delta\lambda = 10$ nm används vid ett försök med Youngs dubbelspalt. Avståndet mellan spalterna är 2,0 mm. En skärm är placerad 0,80 m från spalterna. Uppskatta hur många ljusa interferensfransar man högst kan se på skärmen om man antar att spaltbredden är liten? (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**

OPTIK för F2

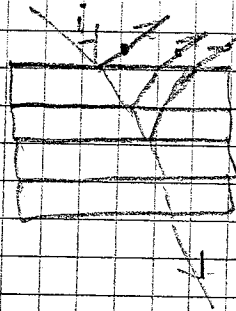
2005-01-11

Förslag till lösningar:

① a)

Brewster vinkeln för $n=1.5$ är $\arctan 1.5 = 56^\circ$

Streck med glasplattor (eller en platta)

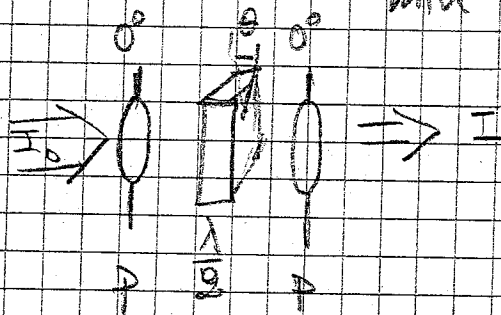


Reflekterat ljus är plan pol \perp i riktningsplanen.

Håll peppret och sädera intensiteten hos det reflekterade ljuset när laserpejaren roteras ($\theta = 56^\circ$)

I skall variera från max till min för 90° rotation

b)



$\frac{\lambda}{2}$ plattan "speglar" polarisationsplanet i O.A.

Efter polarisator 1: $\frac{I_0}{2}$

Efter $\frac{\lambda}{2}$ plattan: $\frac{I_0}{2}$ pol-planet vridet 2θ

Efter 2:a polarisatorn: (Malus lag):

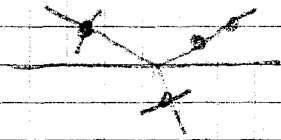
$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2(2\theta)$$

Kontroll $\theta = 0 \Rightarrow I = \frac{I_0}{2}$
 $\theta = 45^\circ \Rightarrow I = 0$ } stämmer

Svar: $I = \frac{I_0}{2} \cos^2(2\theta)$

2

a) Kurva 1: Transmitterat ljus, parallellt med infallsplanet (ses t.ex. genom att maxeras vid Brewstervinkeln
där allt // - ljus transmitteras



Kurva 2: Transmitterat ljus vinkelrätt mot infallsplanet (ses t.ex. på att det inte har max vid Brewstervinkeln, eftersom $I \rightarrow 0$ då $i \rightarrow 90^\circ$),
därför är transmitterat ljus.

Kurva 3: Reflekerat ljus vinkelrätt mot infallsplanet ($I \rightarrow 1$ då $i \rightarrow 90^\circ$),
målet min vid Brewstervinkeln

Kurva 4: Reflekerat ljus, parallellt med infallsplanet (min vid Brewstervinkeln)

b) Ur diagrammet ses man för I_{ref} vid ca 61°

$$\text{Brewster} \text{ lag} \Rightarrow \tan 61^\circ = 1,80$$

$$\Rightarrow n = 1,80$$

$$\underline{\underline{Svar}} = n = 1,80$$

3

$$n = 1,40 + 7,00 \cdot 10^{-33} \omega^2$$

$$\lambda = 600 \text{ nm i vakuum}$$

$$\Rightarrow v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9}} = 5,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi v = 3,14 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}$$

(frekvensen är samma i mediet)

$$\Rightarrow n = 1,40 + 7,00 \cdot 10^{-33} \cdot (3,14 \cdot 10^{15})^2 = 1,469$$

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,469} = 2,04 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \text{fask hastighet}$$

Grupp hastighet:

$$v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{\frac{dk}{d\omega}} = \frac{1}{\frac{d}{d\omega} \left(\frac{\omega n}{c} \right)} = \frac{1}{\frac{n}{c} + \frac{\omega}{c} \frac{dn}{d\omega}}$$

$$\uparrow$$
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{\omega}{v} = \frac{\omega \cdot n}{c}$$

$$\frac{dn}{d\omega} = 2\omega \cdot 7,00 \cdot 10^{-33}$$

$$v_g = \frac{1}{\frac{1}{c} \left(n + 2\omega^2 \cdot 7,00 \cdot 10^{-33} \right)}$$

$$= \frac{3 \cdot 10^8}{1,469 + 2 \cdot (3,14 \cdot 10^{15})^2 \cdot 7,00 \cdot 10^{-33}}$$

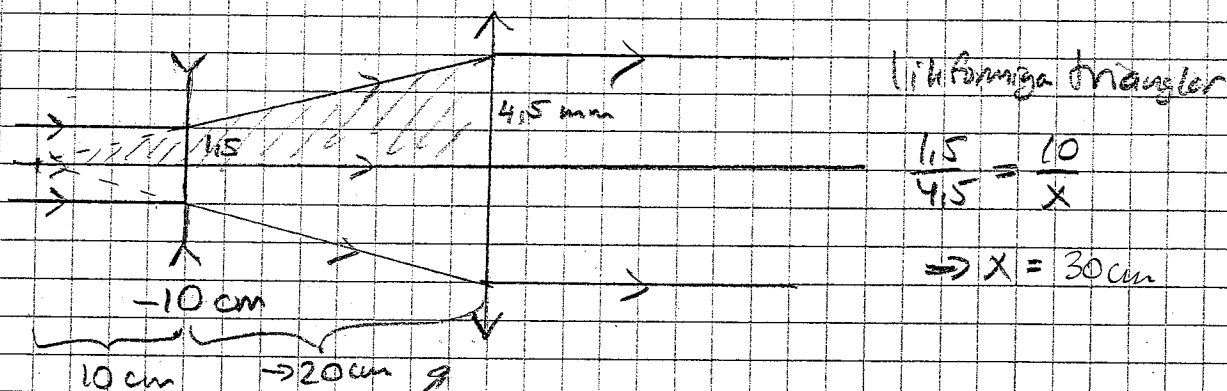
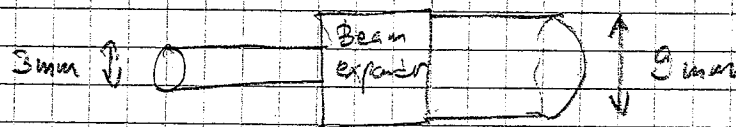
$$= \frac{3 \cdot 10^8}{1,469 + 2 \cdot (3,14 \cdot 10^{15})^2 \cdot 7,00 \cdot 10^{-33}}$$

$$= 1,867 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Slut $v = 2,04 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$v_g = 1,87 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

4



Valj positiv lins med

$f = +30 \text{ cm}$ ty när ljuset skälerna kommer från kortare fokus och går ut parallellt.

Val av krökningsradie för den positiva linsen:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{för bikonvex lins}$$

antag $R_1 = R_2$ (ekvikonvex lins) och $n = 1.5$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{f(n-1)} \Rightarrow R = 2f(n-1) = f = 30 \text{ cm}$$

Krökningsradier för den negativa linsen

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(-\frac{1}{R} - \frac{1}{R} \right) \Rightarrow R = -2(n-1)f = -f = 10 \text{ cm}$$

Svar

Lins 1: -10 cm ekvikonvex $R = 10 \text{ cm}$

Lins 2: $+30 \text{ cm}$ ekvikonvex $R = 30 \text{ cm}$

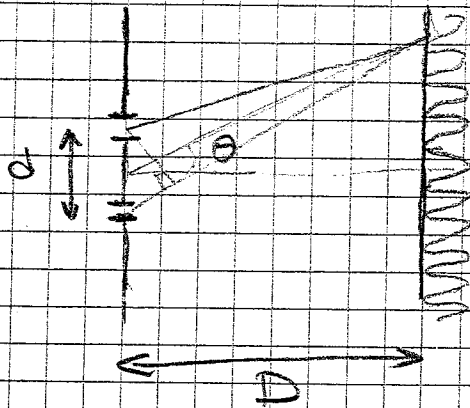
Avstånd mellan linsarna: 20 cm

5

$$\lambda = 550 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 10 \text{ nm}$$

Youngs dubbelspalt



$$d = 2,0 \text{ mm}$$

$$D = 0,80 \text{ m}$$

Lysets kohärenslängd

$$\Delta l_c = c \Delta t_c = c / \Delta \nu$$

$$\nu = c / \lambda \Rightarrow \Delta \nu = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda^2}$$

Om kohärenslängden < vägskillnaden kan interferensen inte ses.

Vägskillnaden är $m \cdot \lambda$ för m :a fransar

$$\therefore \frac{d \cdot \lambda^2}{c \cdot \Delta \lambda} \geq m \lambda$$

$$m \leq \frac{\lambda}{\Delta \lambda} \quad \text{för interferens}$$

$$\therefore m \leq \frac{550}{10} = 55 \text{ fransar}$$

$$\text{Alltså totalt } 55 + 1 + 55 = 111 \text{ fransar}$$

↑ Centralfransen

$$\text{Reaktörst? } d \sin \theta = m \lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{11 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \theta \approx 2^\circ \text{ etc}$$

Slut 111 fransar

Difraktionskoll:
 $b \sin \theta = 7 \cdot \lambda$ 1:a min

$$b = 18,7 \mu\text{m}$$

Smalt men möjligt...