

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

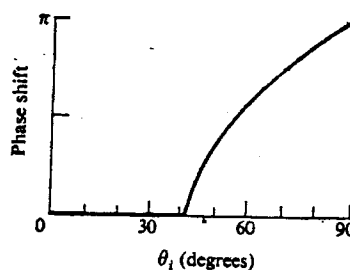
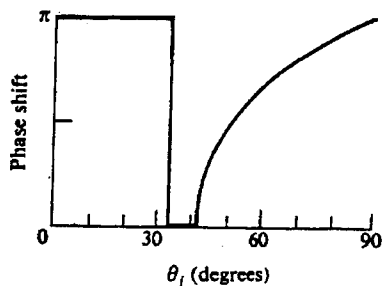
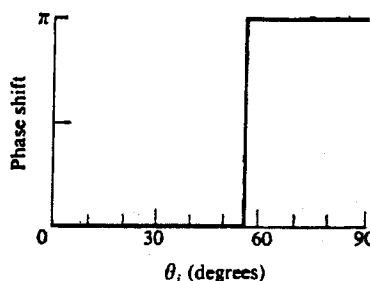
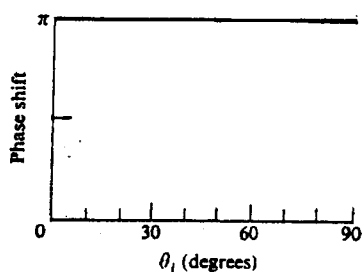
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

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

Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 2003-02-03 kl. 12.00.

Granskning kan ske 2003-02-03 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

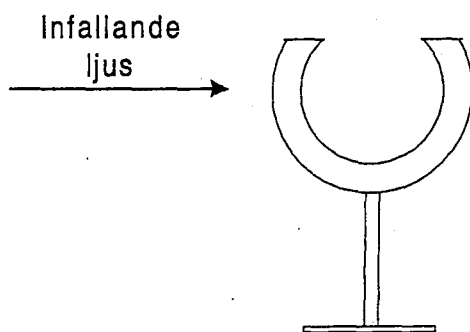
1. Nedanstående figurer beskriver fasskiftet som funktion av infallsvinkeln för det elektriska fältet vid reflektion i olika fall. Förklara vad det är som visas i de fyra diagrammen och vilken information som kan utläsas. (4 p)



2. Ett antal ideala planpolarisatorer står uppställda på en optisk bänk så att en infallande ljusstråle passerar igenom samtliga polarisatorer. Varje polarisator har sin genomsläppsriktning vriden 14° jämfört med den närmast föregående polarisatorn. Om opolariserat ljus infaller mot polarisatorerna kommer ljusintensiteten efter passage av alla

polarisatorerna att vara 37% av den ursprungliga ljusintensiteten. Hur många polarisatorer finns i uppställningen? (4 p)

3. En ljusstråle passerar en 0,1026 mm tjock kalkspatplatta, som är placerad mellan två korsade polarisatorer. Plattans optiska axel är parallell med dess ytor och riktad i 45° vinkel relativt polarisatorernas transmissionsplan. Ljuset passerar därefter ett gitter med 500 spalter per mm och spektra observeras på en skärm 1,0 m bakom gittret. Den infallande ljusstrålen är orange-röd, den består med andra ord av ljus kontinuerligt fördelat över våglängdsområdet 600 till 700 nm. Hur många mörka band kan maximalt observeras i spektra på skärmen? För kalkspat kan man antaga att $n_o=1,658$ och $n_{eo}=1,486$ i det aktuella våglängdsområdet. (4 p)
4. Ett tjockväggigt vinglas belyses med ett smalt knippe parallella horisontella ljusstrålar som infaller mot glasets centrum. Var hamnar den slutliga bilden om glasets är fyllt med vitt vin ($n=1,37$)? Vinglasets kan betraktas som sfäriskt med innerradien 3,0 cm och ytterradien 4,0 cm. Glasets brytningsindex 1,50. (4 p)



5. Under andra världskriget förlorade ibland de engelska flygarna radiokontakten med basen då de flög över engelska kanalen. Radiosändningarna skedde från en antenn på Dovers klippor 200 m över havsytan. Orsaken var att radiovågor som nådde flygplanet kunde gå två vägar, antingen direkt från sändaren till flygplanet eller från sändaren via en reflexion mot vattenytan till flygplanet. Om de två strålarna interfererade destruktivt fick man ingen kontakt via radion, interferensfenomenet liknar alltså det i Lloyds spegelförsök. Antag att ett flygplan befann sig 12 km från Doversändaren mätt längs vattenytan och att radiovågornas frekvens var 50 MHz. Vilken var den lägsta höjd över havet där flygplanet kunde ta emot *starka* radiovågor? Bortse från jordytans krökning. (4 p)

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

Förslaget till lösningar:

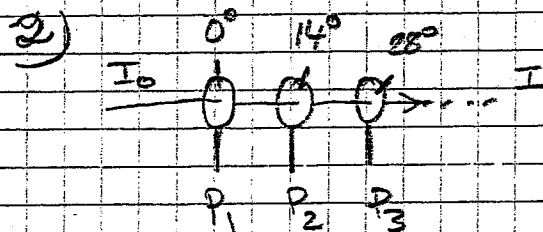
- 1) Övre figurerna, reflektion mot tätare medium
 Undre figurerna, reflektion mot tunnare medium

Övre vänstra E_{\perp} , övre högra E_{\parallel}

Nedre vänstra E_{\parallel} , nedre högra E_{\perp}

Polarisationsvinkeln och totalreflektion kan ses

Se Hecht s. 118 för förklaringar



$$I = 0,37 \cdot I_0$$

N st polarisatorer

Efter 1:a polarisatorn: $I = \frac{I_0}{2}$

—||— 2:a —||—

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2 14^\circ \quad \text{enl. Malus lag}$$

—||— 3:e —||—

$$I = \frac{I_0}{2} (\cos^2 14^\circ)^2$$

Totalt:

$$0,37 I_0 = \frac{I_0}{2} (\cos^2 14^\circ)^{N-1}$$

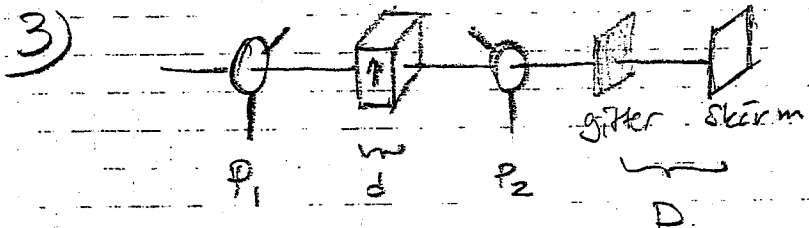
$$(\cos^2 14^\circ)^{N-1} = 0,74$$

$$(N-1) \lg (\cos^2 14^\circ) = \lg 0,74$$

$$N-1 = \frac{\lg 0,74}{\lg (\cos^2 14^\circ)} = 4,99$$

$$\Rightarrow N = 6$$

Svar: 6 st polarisatorer



$$d = 0,1026 \text{ mm} \quad D = 1,0 \text{ m}$$

$$n_0 = 1,658 \quad 600 < \lambda < 700 \text{ nm}$$

$$n_{co} = 1,486$$

Om plattan fungerar som en " λ -platta"
kan ljuset gå passera P_2

$$d = m\lambda \frac{1}{|n_0 - n_{co}|} \Rightarrow \lambda = \frac{d|n_0 - n_{co}|}{m} =$$

$$= \frac{0,1026 \cdot 10^{-3} (1,658 - 1,486)}{m} = \frac{1,765}{m} \text{ m}$$

Gittret: $d' \sin \theta = m' \lambda$

der $d' = 1/500 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

m' ger ordningen.

testa m -värden:

$$\lambda = 600 \text{ nm} \Rightarrow m = 29,4$$

$$\lambda = 700 \text{ nm} \Rightarrow m = 25,2$$

Följande våglängder "finns inte" i gittret

$$m = 26 \rightarrow \lambda = 678,7 \text{ nm}$$

$$27 \quad 653,6 \text{ nm}$$

$$28 \quad 630,2 \text{ nm}$$

$$29 \quad 608,5 \text{ nm}$$

Gittret ger följande $\sin \theta$ -värden för dessa:

1:a ordningen: $0,30, 0,315, 0,327, 0,339$

2:a " " $0,60, 0,630, 0,654, 0,679$

3:e " " $0,90, 0,95, 0,98 > 1$ (finns inte)

(nästan omöjligt
men teoriskt
möjligt)

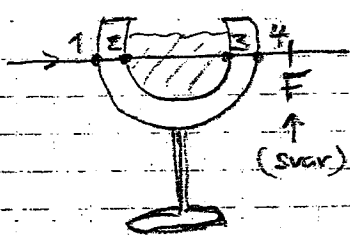
Svar: Max 11 st på var sida centrum, totalt max 22 st, i praktiken färre

4)

Strålen bryts 4 ggr.

$$n_{\text{in}} = 1,37$$

$$n_{\text{glas}} = 1,50$$



$$R_1 = 3,0 \text{ cm}$$

$$R_2 = 4,0 \text{ cm}$$

Glasets tjocklek är alltså 1,0 cm

Descartes formel för brytning i sfäriska yta: (4 ggr)

$$1) \quad \frac{n_2}{a_1} + \frac{n_3}{b_1} = \frac{n_3 - n_2}{R_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\infty} + \frac{1,5}{b_1} = \frac{0,5}{0,04}$$

$$\Rightarrow b_1 = 0,12 \text{ m}$$

$$2) \quad \frac{1,5}{-0,11} + \frac{1,37}{b_2} = \frac{1,37 - 1,50}{0,03} \quad \Rightarrow \quad b_2 = 0,1473 \text{ m}$$

$$-(b_1 - 1,0 \text{ cm})$$

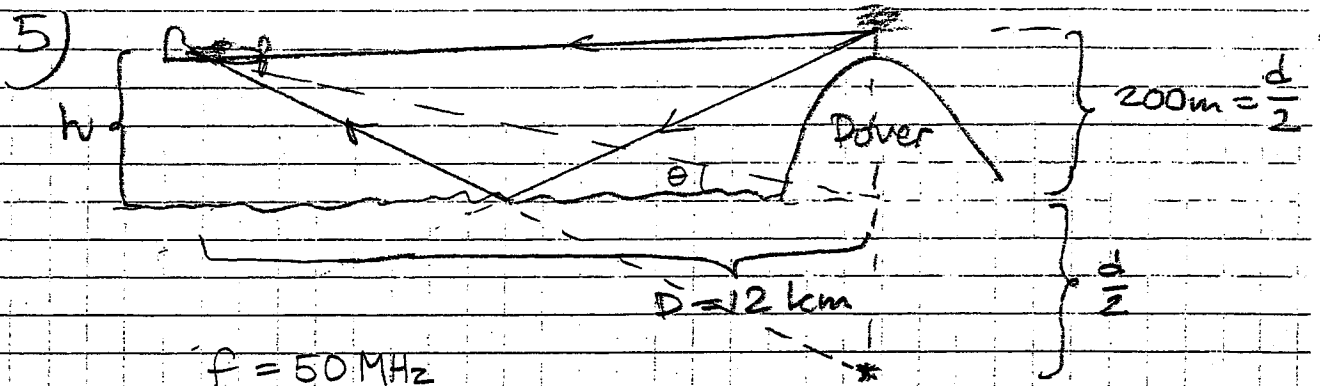
$$3) \quad \frac{1,37}{-0,0873} + \frac{1,5}{b_3} = \frac{1,50 - 1,37}{-0,03} \quad \Rightarrow \quad b_3 = 0,1320$$

$$-(0,1473 - 0,06)$$

$$4) \quad \frac{1,5}{-0,1220} + \frac{1}{b_4} = \frac{1 - 1,5}{-0,04} \quad \Rightarrow \quad b_4 = 0,0403 \text{ m}$$

$$-(0,1320 - 0,01)$$

Svar: 4,0 cm på andra sidan glasets



$$f = 50\text{ MHz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50 \cdot 10^6} = 6,0\text{ m}$$

Som för Lloyds spegel - använd Sebastian's approximation for dubbelspalt (Savart-geometri) dock tillkommer en reflektion mot tätare medium (vatten).

$$\text{Max: } d \sin \theta = m \lambda \text{ for dubbelspalt}$$

$$\text{Små vinklar: } d \sin \theta \approx d \tan \theta = d \frac{h}{D}$$

I vårt fall:

$$d \sin \theta + \frac{\lambda}{2} = m \lambda$$

$$\frac{d h}{D} \quad \uparrow \text{ en reflektion mot tätare medium}$$

$$\Rightarrow h = \frac{(m - \frac{1}{2}) \lambda D}{d} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 12 \cdot 10^3}{400} = 90\text{ m}$$

Svar: 90 m