

Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

Lärare: Bengt-Erik Mellander. Frågor under tentamen: Janusz Kanski, tel. 772 33 13.

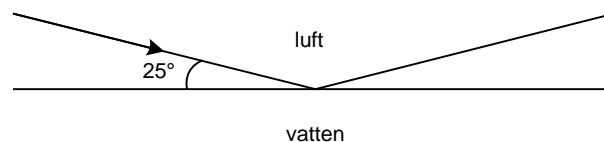
Hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Physics Handbook, Mathematics Handbook.

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

Förslag på lösningar anslås vid Fysiks entré, Kemigården 1, efter skrivningstidens slut. Resultatet kommer att vara klart 2011-01-31.

Granskning kan ske 2011-02-01 kl. 12.00-12.30 i Studentcentrum Origo, 1 tr. upp, och därefter vid Lärarservice (bredvid Fysikbiblioteket) under deras ordinarie öppettider.

- Förklara varför den extraordinära 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)
 - Beskriv hur man med hjälp av rymdfiltrering kan förbättra/förändra en bild. (2 p)
- Solljus reflekteras mot en spegelblank vattenyta på en sjö. Vinkeln mellan ljusstrålen och vattenytan är 25° . Vatten har brytningsindex 1.33.
 - Hur stor är polarisationsgraden hos det reflekterade ljuset? (3 p)
 - Hur stor del av intensiteten i det reflekterade ljuset kan i detta fall maximalt släckas ut med hjälp av solglasögon med polarisationsfilter? (1 p)



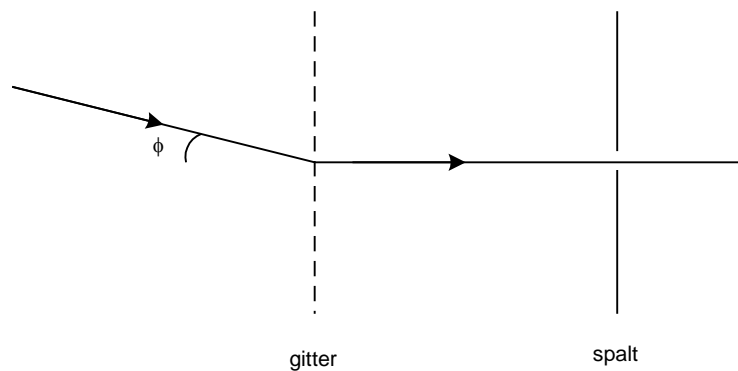
- En akromatisk lins består av en ekvikonvex (båda krökningsradierna är lika) lins av kronglas ($n = 1,51$) och en plankonkav lins av flintglas ($n = 1,62$). Linserna sitter tätt ihop (linserna kan placeras helt tätt ihop eftersom man låter den plankonkava linsens krökningsradie (50 cm) vara lika stor som krökningsradien hos den bikonvexa linsen). Linserna är sfäriskt slipade. Beräkna fokaldistansen för linskombinationen om man kan betrakta linserna som tunna linser. (4p)



- Man har gjort ett litet runt hål i en aluminiumfolie med hjälp av spetsen på en

knappnål. Om man låter en laserstråle ($\lambda = 500 \text{ nm}$) falla in vinkelrätt mot folien (och hålet) kan man på en skärm 4,5 m från folien se ett diffraktionsmönster där diametern på den första mörka diffraktionsringen är 15 mm. Man studerar sedan intensiteten längs hålets axel. Vilket är det minsta avstånd längs axeln man måste gå från skärmen mot hålet för att få ett minimum? (4 p)

5. En gittermonokromator består av ett gitter med 1200 spalter per mm och en $30 \mu\text{m}$ bred spalt placerad 7,0 m vinkelrätt ut från gittret. Gittret belyses av parallellt ljus som infaller med en justerbar infallsvinkel ϕ . Monokromatorn arbetar i första ordningen och är nu inställd för våglängden 400 nm. Uppskatta ljusets koherenslängd (efter spalten) vid denna våglängd. (Ljusfläckens storlek på gittret försummas.) (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**

OPTIK for F2

2011-01-11

Forslag til løsninger

① Se Hecht Kap. 8 resp. Kap B.2.3 (4th ed.)

② a)



$$i = 90 - 25 = 65^\circ$$

$$\text{Opol. lys m, } I_{0\perp} = I_{0\parallel}$$

$$n = 1,33$$

Brytningsloven $\sin b = \frac{1}{n} \sin i = \frac{1}{1,33} \sin 65^\circ \Rightarrow b = 43^\circ$

Fresnel: $R_{\perp} = \frac{\sin^2(i-b)}{\sin^2(i+b)} = \frac{\sin^2 22^\circ}{\sin^2 108^\circ} = 0,1551$

$$R_{\parallel} = \frac{\tan^2(i-b)}{\tan^2(i+b)} = 0,0172$$

Polariseringsgrad: $p = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{R_{\perp} - R_{\parallel}}{R_{\perp} + R_{\parallel}} = 0,80$

b) Solglaserørene stikker ut en polariserings-
ning

$$\frac{I_{\perp}}{I_{\perp} + I_{\parallel}} = \frac{R_{\perp}}{R_{\perp} + R_{\parallel}} = \frac{0,1551}{0,1551 + 0,0172} = 0,90$$

Svar: $P = 0,80$, 90% av intensiteten kan
stikker ut.

③

Akromatisk lins

$$n_k = 1,51$$

$$n_f = 1,62$$

$$R = 0,50 \text{ m}$$

Andingen räknar man med Descartes
formel för brytning i sfärisk yta två ggr.
eller också så här:

Linsmakerformeln i luft:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

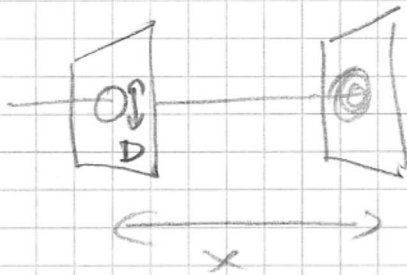
konvexa linsen: $\frac{1}{f_1} = 0,51 \left(\frac{1}{0,50} + \frac{1}{0,50} \right) = 2,04$
 $\Rightarrow f_1 = 0,49 \text{ m}$

konkava linsen $\frac{1}{f_2} = 0,62 \left(\frac{1}{-0,50} \right) \Rightarrow f_2 = -0,806 \text{ m}$

två linsar satt ihop: $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f = 1,25 \text{ m}$

Svar $f = 1,25 \text{ m}$

④



$$\lambda = 500 \text{ nm}$$

$$x = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Furresel } R > \frac{a^2}{\lambda}$$

huvudsak - hålet borde vara $< 1 \text{ mm}$ i diameter

$$\text{test: } R > \frac{(10^{-3})^2}{500 \cdot 10^{-9}} = 2 \text{ m}$$

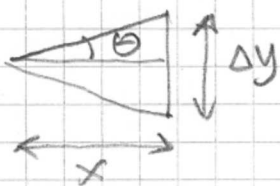
alltså Fraunhofer diffraction

diameter på mörk ring = Δy



$$\Delta y = 15 \text{ mm}$$

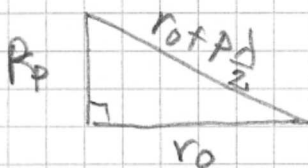
$$D \sin \theta = 1,22 \cdot \lambda \Rightarrow \tan \theta \approx \sin \theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$



$$\frac{\Delta y}{x} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$D = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot x}{\Delta y/2} = 0,366 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Nära hålet får vi Fresnel diffraction



$$r_0^2 + R_p^2 = (r_0 + p \frac{\lambda}{2})^2$$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{R_p^2 - p^2 \frac{\lambda^2}{4}}{p \lambda} \quad \text{nu: } R_p = \frac{D}{2}$$

$$\text{för första min: } p=2: \Rightarrow r_0 = \frac{(D/2)^2 - 2^2 \frac{\lambda^2}{4}}{2 \lambda} = 0,0335 \text{ m}$$

alltså ett min 33 mm från hålet

$$\text{Efterhängat avstånd: } 4,5 - 0,0335 = 4,47 \text{ m}$$

Svar 4,47 m

5

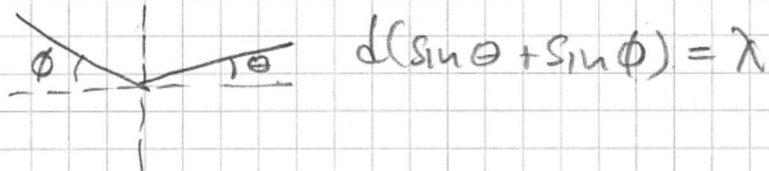
gitterstrukturen:

$$d \sin \phi = m \lambda \quad \text{här } m=1$$

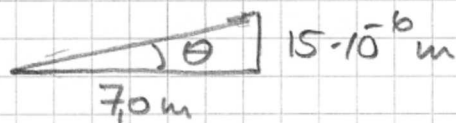
$$d = \frac{1}{1200 \cdot 1000} \quad \lambda = 400 \text{ nm}$$

$$\therefore \sin \phi = \frac{\lambda}{d} = \frac{400 \cdot 10^{-9}}{\frac{1}{1200 \cdot 1000}} \Rightarrow \phi = 28,7^\circ$$

Allmänhet



Vi räknar ut $\Delta \lambda$ genom att hitta
på lys som går ut just vid
spaltens kantar.



$$\tan \theta = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{7} = 2,14 \cdot 10^{-6} = \theta \text{ (rad)}$$

$$\lambda_1 = d(\sin \theta + \sin \phi)$$

andra hållet:

$$\lambda_2 = d(-\sin \theta + \sin \phi)$$

$$\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = 2d \sin \theta = \frac{2 \cdot 2,14 \cdot 10^{-6}}{1200 \cdot 1000} = 3,57 \cdot 10^{-12} \text{ nm}$$

Uppskattat koherenslängd:

Ljus som kommer från över- respektive underkant
av spalten har väglängds skillnad $\Delta \lambda$

$$\Delta l = \frac{\lambda^2}{2\Delta \lambda} = \frac{(400 \cdot 10^{-9})^2}{2 \cdot 3,57 \cdot 10^{-12}} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

ca 22 mm