

## 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

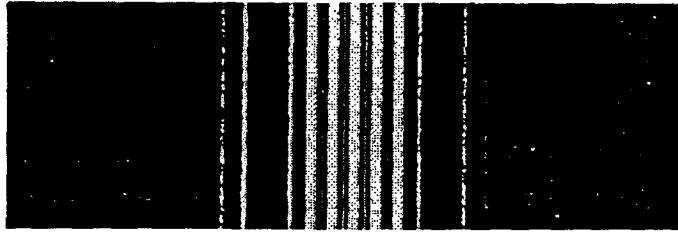
Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.

Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 01-01-25.

Granskning kan ske 01-01-25 kl. 12.30-13.00 i sal FL11.

- 
1. Förklara vad en evanescent (försvinnande) våg är och hur fenomenet kan användas för att konstruera en beamsplitter (stråldelare). (4p)
  2. Opolariserat ljus med våglängden 500 nm infaller mot två korsade polarisatorer  $P_1$  och  $P_2$ . Intensiteten efter  $P_2$  är då noll men om man placerar en kvartsplatta mellan polarisatorerna kan man få en intensitet efter  $P_2$  som är 25 % av intensiteten hos det infallande opolariserade ljuset. Kvarts är både dubbelbrytande och optiskt aktivt men i detta försök utnyttjar man endast den optiska aktiviteten. Hur tjock är kvartsplattan och hur är den orienterad (ange riktning för optiska axeln)? Bortse från reflektions- och absorptionsförluster i platta och polarisatorer. Använd  $n_r=1,54420$  och  $n_l=1,54427$  för brytningsindex för höger- respektive vänstercirkulärpolariserat ljus. (4p)
  3. Man vill fotografera en fisk med hjälp av en enkel undervattenskamera. Antag att kamerans objektiv, som har  $f=28$  mm i luft, är en tunn bikonvex lens ( $n=1,50$ ) där båda linsytorna har lika stora krökningsradier. Under vatten kommer det att vara vatten ( $n=1,33$ ) på linsens utsida medan det på linsens insida är luft. Hur långt blir avståndet från linsen till filmen om man vill avbilda (skarpt) en fisk på avståndet 3,0 m från linsen? (4p)
  4. Antireflexbehandling utförs så att ett skikt med en viss tjocklek läggs på den glasyta där man önskar minimera den reflekterade intensiteten. Vilket skall skiktets brytningsindex och minsta tjocklek vara om ljus med våglängden 500 nm i luft faller in vinkelrätt mot glasytan ( $n=1,50$ )? Ledning: Amplituderna för de två reflekterade strålarna skall vara lika. (4p)
  5. Monokromatiskt ljus med våglängden 500 nm infaller mot en trippelspalt, d.v.s. tre likadana smala spalter med lika inbördes avstånd. Direkt bakom spalterna placeras en positiv lens med brännvidden 500 mm. På en skärm placerad i linsens fokalplan kan man

se ett diffraktionsmönster med omväxlande starka och svaga maxima (avbildat nedan i 10 ggr förstoring). Beräkna hur bred varje spalt är (spaltvidden). (4p)



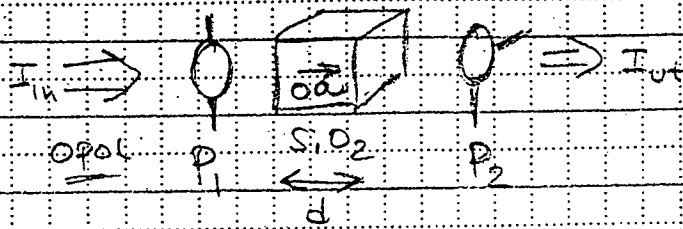
---

**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

# Förslag till lösningar OPTIK för F2 010110

1. Se Hecht s: 124+126

2.



$$n_R = 1,54420$$

$$n_L = 1,54427$$

$$I_{out} = 0,25 I_{in} \quad d = ? \quad \lambda = 500 \text{ nm}$$

Plattan är orienterad med optiska axeln parallellt med infallande ljusets riktning.

Plan polariserat ljus in mot plattan - kan ses som en höger- och en vänstercirkulär polariserad ljus

Fasskillnad efter plattan:

$$\Delta\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d (n_L - n_R)$$

om  $\Delta\delta = \pi \Rightarrow$  planpolariserat ljus, vridet  $90^\circ$

$$\Rightarrow \pi = \frac{2\pi}{\lambda} d (n_L - n_R)$$

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{2(n_L - n_R)} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{2(1,54427 - 1,54420)} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Intensiteter:

Efter  $P_1$ :  $I_{in}/2$

Alltså för att få  $I_{out} = 25\%$  av  $I_{in}$  skall plattan

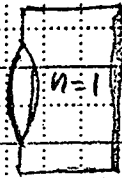
vrida inte  $90^\circ$  utan  $45^\circ$  - plattan skall alltså

vara  $d/2$  tjock

$$\boxed{\text{Svar: } 1,8 \text{ mm} \quad (+ m \cdot 3,6)}$$

3.

$$n = 1,33$$



$$f = 28 \text{ mm i luft}$$

tunn bikonvex linse,  $n = 1,50$ 

$$\text{I luft: } \frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) = (n-1) \frac{2}{R}$$

$$\Rightarrow R = 2f(n-1) = 2 \cdot 28 \cdot (1,5 - 1) = 28 \text{ mm}$$

kröknings-  
radie

I vatten: Descartes formel, yta 1:

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\frac{1,33}{30} + \frac{1,5}{b} = \frac{1,5 - 1,33}{0,028} \Rightarrow b = 0,2665 \text{ m}$$

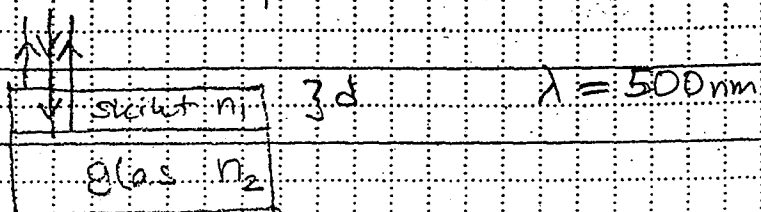
yta 2: (tunn linse)

$$\frac{1,5}{-0,2665} + \frac{1}{b_2} = \frac{1 - 1,5}{-0,028}$$

$$\Rightarrow b_2 = 0,0426 \text{ m}$$

Svar: 43 mm

#### 4. Antireflexbehandling:



Destruktiv Interferens:

$$2n_1 d = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (\text{Antaget att båda reflektionerna är mot optiskt tätare})$$

$$\Rightarrow d = \frac{(2m+1)\lambda}{4n_1} \quad (m=0, 1, \dots \text{medium, dvs } n_1 < n_2)$$

men  $n_1$  är ej känt.

Ytterligare ett villkor: Amplituderna i de två reflekterade strålarna skall vara lika.

Fresnels formler, vinkelrätt infall:

$$r_{\perp} = r_{\parallel} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \quad \text{allmänt}$$

$$\text{Övre reflektionen: } r_s = \frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} \quad \text{refl. mot skikt}$$

$$\text{Undre reflektionen: } r_g = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \quad \text{refl. mot glas}$$

$$r_s = r_g \Rightarrow \frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

$$\Rightarrow (n_2 + n_1)(n_1 - 1) = (n_1 + 1)(n_2 - n_1)$$

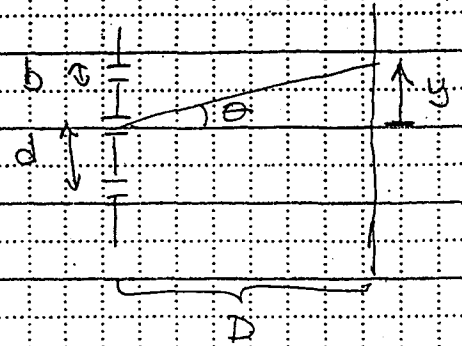
$$\Rightarrow 2n_1^2 = 2n_2$$

$$\Rightarrow n_1 = \sqrt{n_2} = \sqrt{1,5} = 1,225$$

$$\Rightarrow d = \frac{\lambda}{4n_1} = \frac{500 \text{ nm}}{4 \cdot 1,225} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Svar:  $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

5.

Trippel spalt


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

$D = 500 \text{ mm}$

Sedvanlig approximation:

$$\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{D}$$

$$\Rightarrow \frac{dy}{D} = m \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

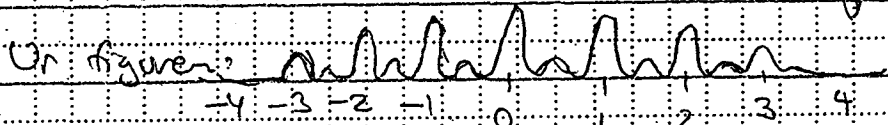
Diffractionen:

$$D \sin \theta = m' \lambda \quad m' = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\frac{dy}{D} = m' \lambda$$

$\approx 0,3 \text{ mm}$

Diff. min.



Interferens max nummer

$\approx 2,3 \text{ mm}$

För  $m=4$  och  $m'=1$  har vi första diffraction  
minimien

$$\Rightarrow b = m' \lambda \frac{D}{y} = \frac{m'}{m} d = \frac{1}{4} d$$

$$\Rightarrow d = \frac{m \lambda D}{y} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 0,500}{0,3 \cdot 10^{-3}} = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Rightarrow b = \frac{d}{4} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Svar:  $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$