

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

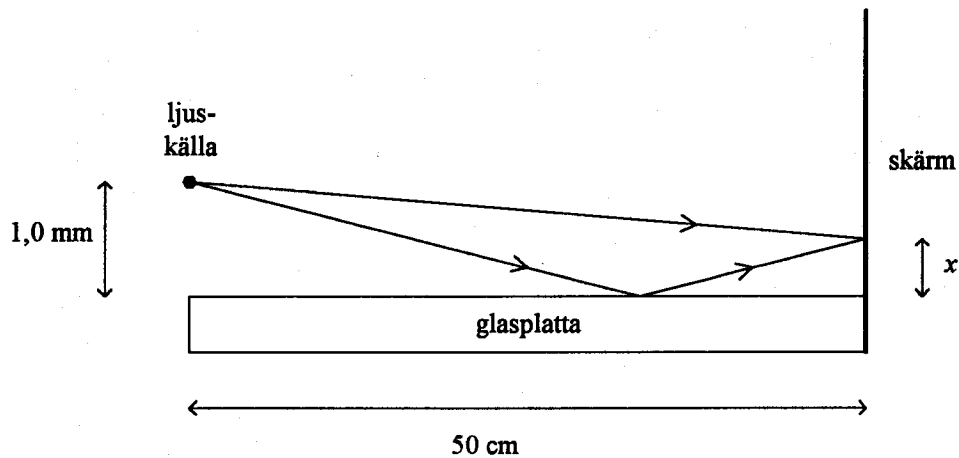
Lärare: Bengt-Erik Mellander, tel. 772 3340

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

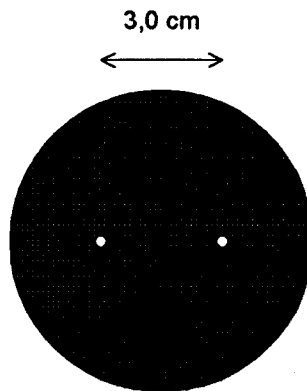
Poänggränser: Betyg 3: 8,0-11,5 p; Betyg 4: 12,0- 15,5 p; Betyg 5: 16,0-20,0 p

Förslag på lösningar till tentan anslås vid Fysikums entré efter skrivningstidens slut.  
Rättningsprotokollet anslås i Fysikums entré 2002-02-01 kl. 12.00.  
Granskning kan ske 2002-02-01 kl. 12.00-12.25 i sal FL11.

- 
1. Infallande ljus misstänks vara en blandning av planpolariserat och opolariserat ljus. Hur gör man för att bekräfta detta? Beskriv i detalj. (4 p)
  2. En planpolariserad ljusstråle med polarisationsplanet parallellt med infallsplanet infaller med infallsvinkeln  $30^\circ$  från luft mot en vattenyta. Bestäm förhållandet mellan den transmitterade och infallande strålens intensitet. Brytningsindex för vatten är 1,33. (4 p)
  3. Om man fotograferar ett avlägset föremål vill man ofta använda ett kameraobjektiv med lång fokaldistans ( $f$ ). Ett sådant objektiv kan i allra enklaste fall bestå av en positiv lins med fokaldistansen  $f$  placerad på avståndet  $f$  från filmen. Ett sådant objektiv är emellertid opraktiskt eftersom det är mycket långt om fokaldistansen är stor. I praktiken använder man istället ett teleobjektiv, det vill säga ett objektiv som trots att det är relativt kort ger samma strålgång alldeles intill filmen som om man bara använde en enda positiv lins på avståndet  $f$  från filmen.  
  
Föreslå hur ett teleobjektiv på enklast möjliga sätt kan konstrueras med två tunna linser. Objektivets skall ha en effektiv fokaldistans  $f = 400$  mm, det skall med andra ord bli samma strålgång nära filmen som om man använde en enda positiv lins med denna fokaldistans. Ange fokaldistanser och läge hos linserna samt strålgången då ett avlägset föremål fotograferas. (Objektivets fysiska längd skall vara klart mindre än 400 mm!) (4 p)
  4. Strålar som kommer direkt från den punktformiga ljuskällan i figuren på nästa sida kan interferera med strålar som har reflekterats mot glasplattan. Beräkna avståndet ( $x$ ) på skärmen från glasytan till första ljusa interferensmaximum om våglängden är 500 nm. (4 p)



5. Ett bakljus till ett militärt fordon består av två små lysande punkter, 30 mm isär, se nedan. På hur långt avstånd syns de två punkterna upplösta av en förare i ett efterföljande fordon om upplösningsförmågan bestäms endast av pupillens storlek (diameter 5,0 mm). Antag att våglängden är 500 nm och att brytningsindex är 1,0 överallt. (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

- ① a) Testa med analysator  $\rightarrow I$  varierar men  $I \neq 0$  b)  $\lambda/4$  platta (oa // max int.) + analysator  $\rightarrow I \neq 0$  men samma analysatorläge som förut  $\rightarrow \max I$ .

$$i = 30^\circ$$

②



Brytningslagen:  $n \sin b = \sin i$

$$\sin b = \frac{\sin i}{n} \Rightarrow b = 22,1^\circ$$

Fresnels formuler:

$$\frac{E_{\text{refl}}}{E_{\text{ill}}} = \frac{2 \cos i \sin b}{\sin(i+b) \cos(i-b)} = 0,833$$

Alltid gäller  $I = \frac{1}{2} c \epsilon_0 n E_0^2$

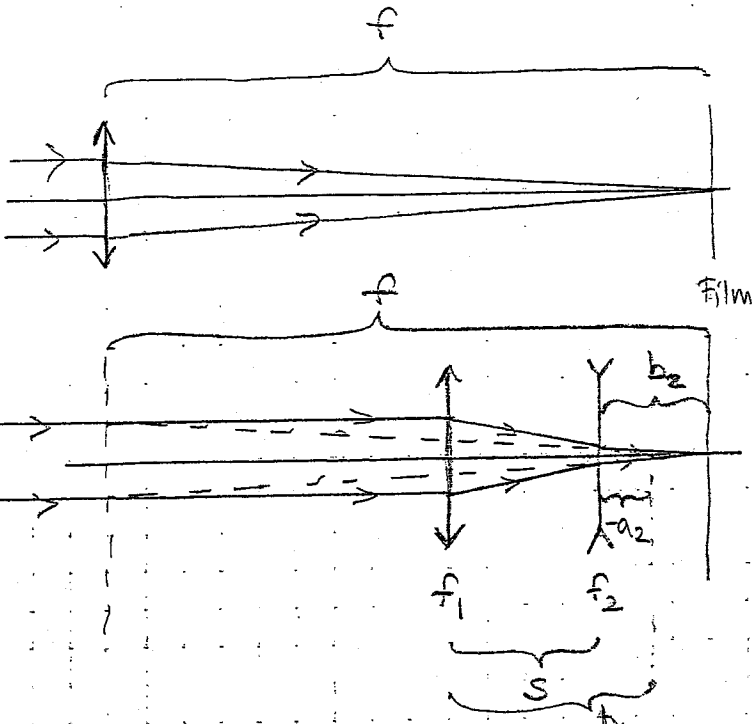
$\uparrow$  amplitud<sup>2</sup>

$$\Rightarrow \frac{I_b}{I_i} = n \frac{E_{\text{refl}}^2}{E_{\text{ill}}^2} = 1,33 \cdot 0,833^2 = 0,924$$

Svar: 92%

3

$f = 400 \text{ mm}$



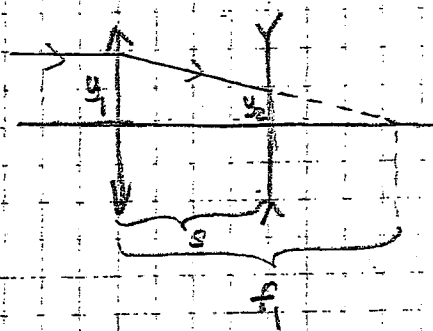
1 lins

teleskopiskt  
 $f = 400 \text{ mm}$

linsformeln för lins 1:  $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{b_1}$  (parallela strålar in)

linsformeln för lins 2:  $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{-a_2} + \frac{1}{b_2}$   
 $- (f_1 - s)$

likformighet:



$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{f_1}{f_1 - s} = \frac{f}{b_2}$$

(↑ ur stora figuren)

$$\Rightarrow b_2 = \frac{f(f_1 - s)}{f_1}$$

Vi kan nu välja lämpliga värden på  $f_1$  och  $s$ :

Valj t.ex.  $f_1 = 100 \text{ mm}$  och  $s = 50 \text{ mm} \Rightarrow b_2 = 200 \text{ mm}$

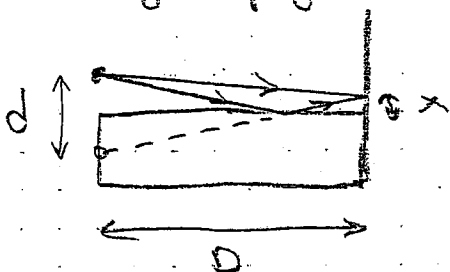
$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{-f_1 + s} + \frac{1}{b_2} \Rightarrow f_2 = -66,7 \text{ mm}$$

Ett möjligt svar:  $f_1 = 100 \text{ mm}$ ,  $f_2 = -66,7 \text{ mm}$

Lösen: lins 1: 250 mm & lins 2: 200 mm från filmen

4

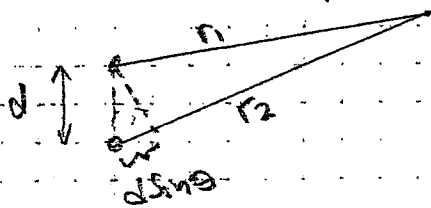
"Lloyds spegel"



$d = 2 \text{ mm}$   
 $D = 50 \text{ cm}$   
 $\lambda = 500 \text{ nm}$

Som för dubbelspalt  
 men det blir kommer  
 en reflektion med  
 samma medium för  
 ena strålen (stor inflex-  
 vinkel)

Samma apparatur som för dubbelspalt:



Fasckillnad:  $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1) + \pi \approx$

$\approx \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta + \pi \approx$

$\approx \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d x}{D} + \pi$

konstruktiv interferens:

$\delta = m \cdot 2\pi \quad m = 0, 1, 2, \dots$

$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d x}{D} + \pi = 2\pi m$

$\Rightarrow x = \frac{\lambda D}{d} (m - \frac{1}{2})$

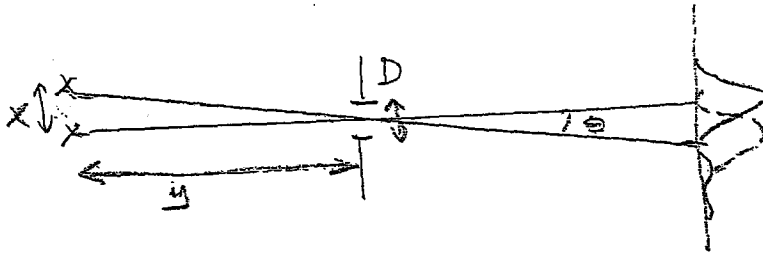
1:a max för  $m=1 \Rightarrow x = \frac{\lambda D}{d} \cdot \frac{1}{2} =$

$= \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 0,50}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} =$

$= 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

Svar: 63 μm

5



$D = 5 \text{ mm}$   
 $x = 30 \text{ mm}$   
 $\lambda = 500 \text{ nm}$

Rayleighs upplösningsgräns

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{x}{y}$$

$$\Rightarrow y = \frac{x \cdot D}{1,22 \cdot \lambda} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,22 \cdot 500 \cdot 10^{-3}} = 246 \text{ m}$$

Svar: 0,25 km