

## Tentamen i Optik för F2 (FFY091)

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

**Frågor under tentamen:** Ulf Torkelsson, tel. 772 3136

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

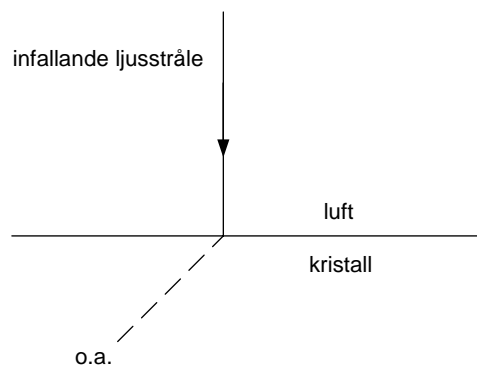
**Poänggränser:** Betyg 3: 8 p; Betyg 4: 12 p; Betyg 5: 16 p

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

Rättningsprotokollet anslås vid Kansli Fysik 2008-03-31 kl. 11.45.

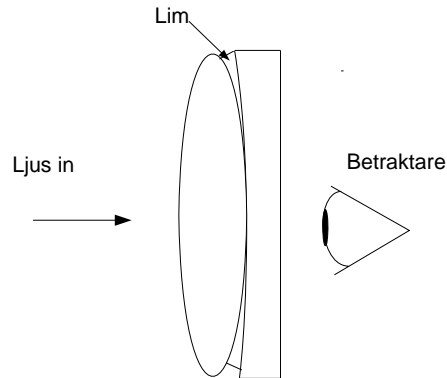
Granskning kan ske 2008-03-31 kl. 11.45-12.15 i Kansli Fysik (Lärarservice bredvid Fysikbiblioteket) och därefter under lärarservice ordinarie öppettider.

- 
- Beskriv vad som kännetecknar en svävning och hur en svävning uppstår. (2p)
    - Beskriv hur man med hjälp av rymdfiltrering kan förbättra/förändra en bild. (2p)
  - En kalkspatskristall har slipats så att optiska axeln bildar  $45^\circ$  vinkel mot ytnormalen. Beräkna brytningsvinklarna för en stråle som infaller vinkelrätt mot ytan. Optiska axeln ligger i infallsplanet och bildar alltså  $45^\circ$  vinkel med den infallande strålen. För kalkspat är  $n_o=1,6585$  och  $n_{eO}=1,4864$ . (Tips: en tydlig figur som visar strålgången kan ge delpoäng.) (4p)

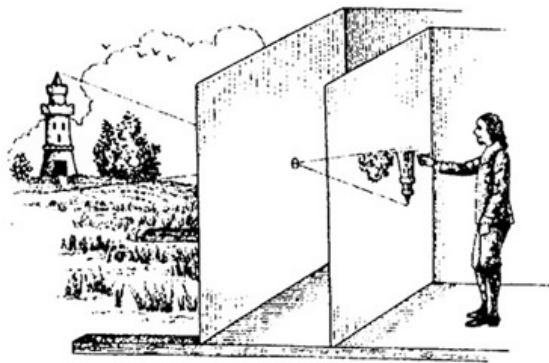


- Ramsdens okular består av två tunna plankonvexa linser som i det aktuella fallet båda har fokaldistansen  $f = 5,00$  cm. Avståndet mellan linserna är  $2f/3$ . Bestäm positionen (i förhållande till linserna) för linssystemets samtliga huvudplan och fokus. (4p)
- Ett akromatiskt objektiv består av en bikonvex kronglaslins (brytningsindex  $n_k$ ) placerad i kontakt med en plankonkav flintglaslins (brytningsindex  $n_f$ ). Båda linserna har sfäriskt slipade ytor. Om man låter ljus infalla utefter linsernas axel och tittar mot linserna (transmitterat ljus) ser man ett antal interferensringar. De uppkommer på grund av att krökningsradierna för de två linsytorna som är i kontakt med varandra inte är exakt lika, linserna är alltså bara i verklig kontakt i en punkt. Om linserna belyses med ljus av våglängden  $550$  nm som infaller utmed linssystemets axel och man betraktar det

transmitterade ljuset ser kontaktpunkten mörk ut. Man kan också notera att den femte ljusa ringen från kontaktpunkten räknat har radien 1,16 cm. Krökningsradien för den yta i kronglaslinsen som ligger an mot den andra linsen är 50,00 cm. Beräkna krökningsradien hos flintglaslinsen. De två linserna är hoplimmade med ett transparent lim med brytningsindex  $n_l = 1,50$  och  $n_k < n_l < n_f$ . (4p).



5. Figuren beskriver principen för en hålkamera. Genom ett litet hål i väggen passerar ljuset från ett föremål och ger en bild på skärmen i det annars mörka rummet. Det finns alltså ingen lins i hålet. Om man varierar hålets diameter från 0,1 till 2,5 mm ser man att bildens skärpa är bäst vid ett visst värde. Avståndet mellan hålet och skärmen där bilden syns är 2,0 m och avståndet mellan hålet och föremålet 100 m. Antag att ljusvåglängden är 550 nm. Uppskatta den optimala hålstorleken om man kan anta att den diffraktion som förekommer kan beskrivas som Fraunhoferdiffraktion. (4p)




---

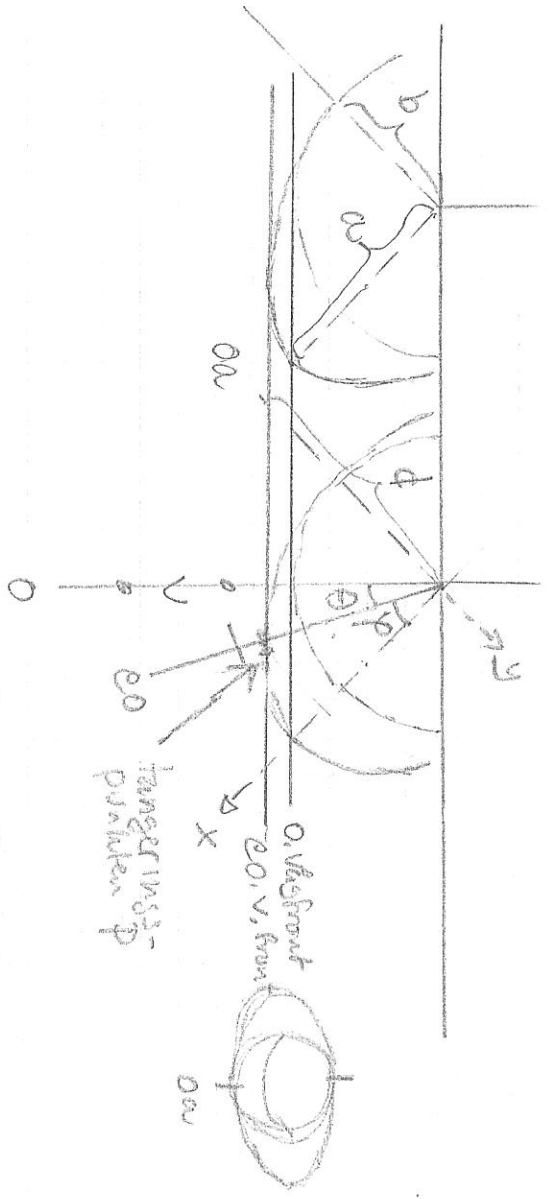
**Formella regler:** För att få full poäng på tentamensproblem krävs:  
 att uppställda samband motiveras så att lösningsgången lätt kan följas  
 att samtliga införda symboler definieras  
 att rätt svar med rätt enhet avges.

Avsluta alla beräkningsproblem med ett tydligt, inramat **Svar**

Förslag till lösningar:

- ① a) Se Hecht s. 294 - 295 b) s. 611 - 616

②



O-skåle går rakt fram, följer brytningsstrålen  
 e<sub>0</sub>-skåle färs ut skärningen mellan  
 ellipsen och tangentiplan

ellipsens ekv

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

(X och y axlar enl. fig.)

och  $n = \frac{c}{v_0} \Rightarrow n_0 \sim \frac{1}{b} n_{e0} \sim \frac{1}{a}$

Vågfronterna (tangentiplan) är parallella linshyllan

dvs i x-y systemet ligger den i 45°

vinkel mot axlarna

Alltså skall  $\frac{dy}{dx} = 1$  för ellipsen i tangentiplanet

$$x^2 n_{e0}^2 + y^2 n_0^2 = 1 \quad (\text{Sått } n_0 \frac{1}{b} = n_{e0} = \frac{1}{a})$$

differentialerna:

$$2x dx n_{e0}^2 + 2y dy n_0^2 = 0$$

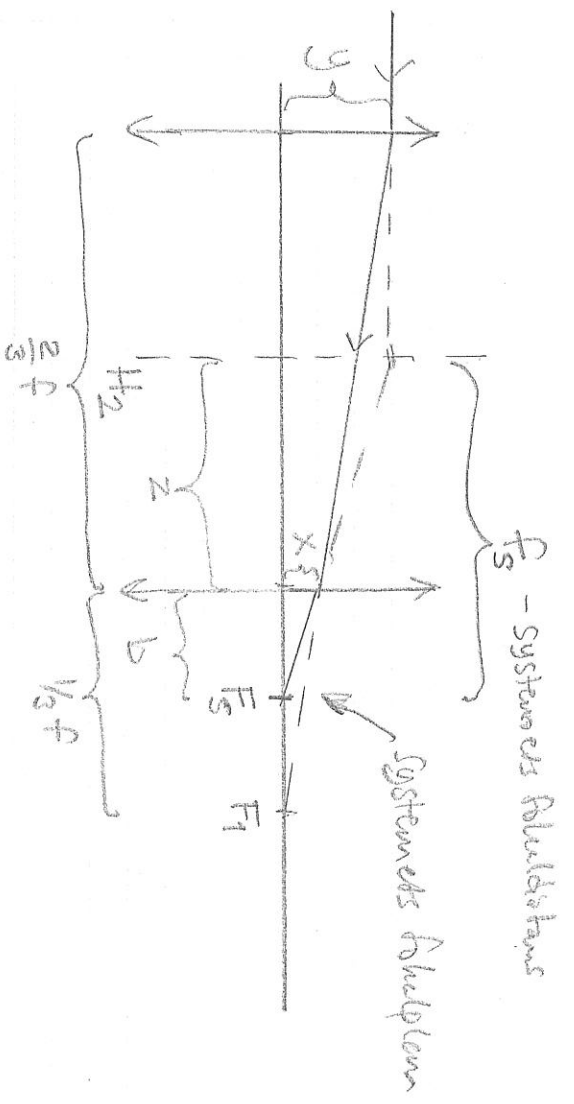
$$2x n_{e0}^2 + 2y \frac{dy}{dx} n_0^2 = 0 \Rightarrow y_p = -x_p \left( \frac{n_{e0}}{n_0} \right)$$

$$\tan \varphi = \frac{-y_p}{x_p} = \left( \frac{n_{e0}}{n_0} \right) \Rightarrow \varphi = 38,8^\circ$$

$$\Theta = 45^\circ - \varphi = 6,2^\circ$$

Svar: 0° (0 rad), 6,2° (50)

3



Luftformeln på högra linsen:

$$-\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = \frac{f}{4}$$

2:a huvudplanet för systemet  $f_s$  är störningen mellan förlängningarna av strålarna före och efter systemet.

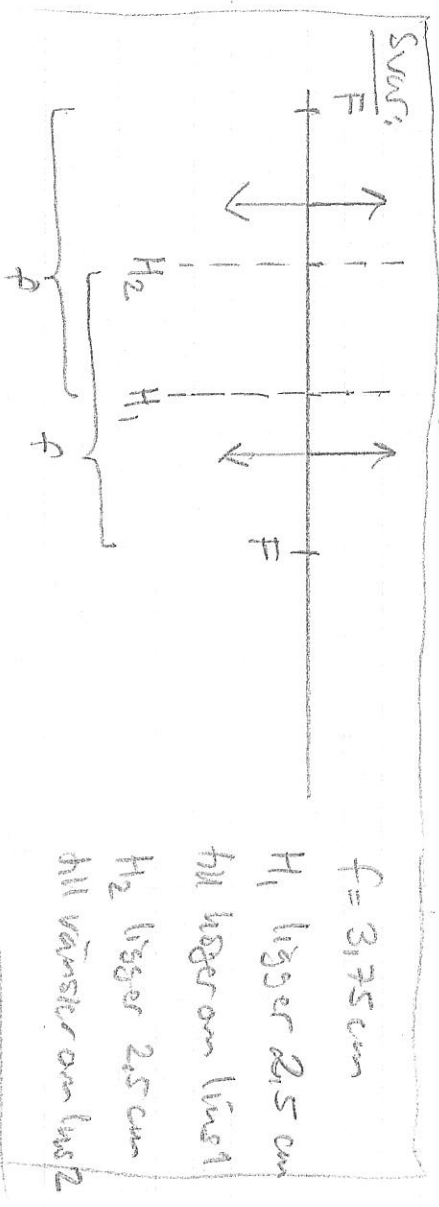
Luftformiga Menabler:

$$\frac{y}{x} = \frac{f}{f/3} = \frac{f_s}{b}$$

$$f_s = 3b = \frac{3}{4} f \quad \text{och} \quad z = f_s - b = \frac{2}{3} f_s = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{med } f = 5 \text{ cm} \Rightarrow f_s = 3,75 \text{ cm}$$

Systemet är symmetriskt.



$$f = 3,75 \text{ cm}$$

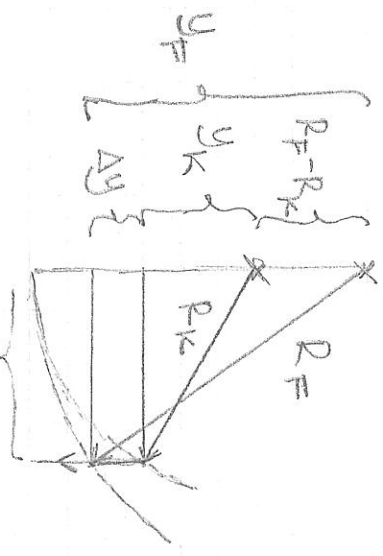
$H_1$  ligger 2,5 cm

$H_2$  ligger om lins 1

$H_2$  ligger 2,5 cm

$H_1$  vänster om lins 2

(4)



$\lambda = 550 \text{ nm}$

$n = 1,5$

$$y_K^2 + 1/16^2 = 50^2$$

$$\Rightarrow y_K = 49,9865 \text{ cm}$$

$$y_F^2 + 1/16^2 = R_F^2$$

$$y_F = \sqrt{R_F^2 - 1/16^2}$$

$$\Delta y = y_F - y_K = (R_F - R_K)$$

Interferenzviertel;  $2\Delta y - \frac{\lambda_m}{2} = m \cdot \lambda_m$  der  $m=4$   
 1. Refl. mit Phase, 2. Refl. mit Phase  
 1. Refl. mit Phase, 2. Refl. mit Phase  
 (1. Refl. mit Phase, 2. Refl. mit Phase)  
 $\Delta y = \frac{9}{4} \lambda_m = \frac{9}{4} \frac{\lambda}{n} = \frac{9 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1,5} = 82,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$

$$\therefore \frac{9\lambda}{4n} = \sqrt{R_F^2 - 1/16^2} - 49,9865 - R_F + 50$$

$$\sqrt{R_F^2 - 1/16^2} - R_F = 82,5 \cdot 10^{-6} + 49,9865 - 50 = -0,0134195$$

$$R_F^2 - 1/16^2 = (-0,0134195 + R_F)^2$$

$$R_F^2 - 1/16^2 = R_F^2 - 2 \cdot 0,0134195 R_F + 0,0134195^2$$

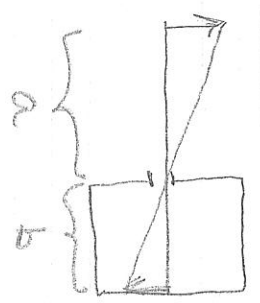
$$2 \cdot 0,0134195 R_F = 1/16^2 + 0,0134195^2$$

$$R_F = 50,31 \text{ cm}$$

Svar: 50,31 cm

5

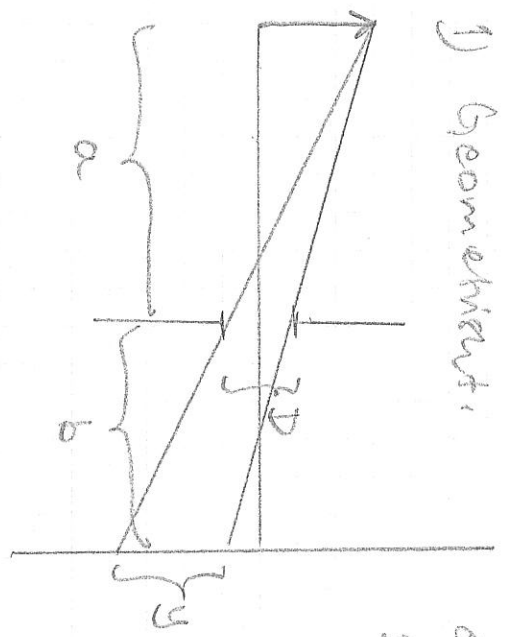
Hålkamera



2 effekter:

- 1) Geometrisk "bredsning"
- 2) Diffraction

1) Geometrisk:



en punkt avbildas  
som en fläck med  
diameter  $y$

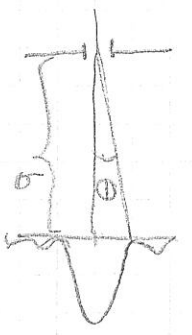
Uniformitet:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{y}{D}$$

$$y = D \frac{a+b}{a}$$

2) Diffraction:

$$D \sin \theta = 1,22 \lambda$$



$z$  Användarens diameter

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{z}{a}$$

$$z = 2b \cdot \frac{1,22 \cdot \lambda}{D}$$



Minimel "svårighet"

där  $y = z$

$$b \frac{a+b}{a} = 2b \frac{1,22 \lambda}{D}$$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{2ab \cdot 1,22 \cdot \lambda}{a+b}} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Svar: 1,6 mm

$a = 100 \text{ m}$   
 $b = 2 \text{ m}$   
 $\lambda = 550 \text{ nm}$