

# **Eksamensoppgave i FY6020**

## **Lys, optikk og fysikkfaget i skolen**

Løsningsforslag

**Eksamensdato:** 16.12.2020-17.12.2020

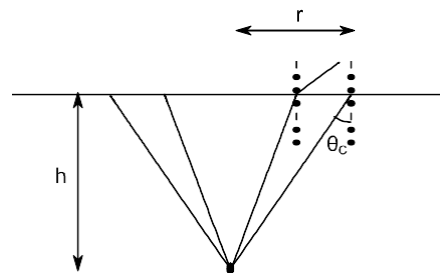
**Eksamenstid (fra-til):** 16.12.2020; kl 09.00 – 17.12.2020 kl 10.00

**Tillatte hjelpemidler:** Alle, men besvarelsen skal være et individuelt arbeid.  
Nødvendige konstanter og andre faktastørrelser som ikke er oppgitt må kandidaten selv finne fram til.

## Oppgave 1 (Vekt 30%)

- A) En punktformet lyskilde er plassert på 80 cm dybde i en svømmebasseng. Hvor stor diameter har den sirkel på vannoverflaten der lyset kan komma ut?

Vi kommer rett for ett visst avstand från ljuset att få totalreflektion, detta avstånd bestäms av den kritiska vinkeln och hur djupt ljuset befinner sig.



Från figuren får vi att  $\tan \theta_c = \frac{r}{h}$

Kritisk vinkel:  $\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_t}{n_i}\right)$

$n_t = 1, n_i = 1,33,$

$\theta_c = \arcsin\left(\frac{1}{1,33}\right) = 48.75^\circ$

$r = h \tan \theta_c = h \tan\left(\arcsin\left(\frac{n_t}{n_i}\right)\right) = 0,8 \tan\left(\arcsin\left(\frac{1}{1,33}\right)\right) = 0,91 [m]$

$d = 2r = 1,82 [m]$

- B) .En opolariserad ljusstråle passerar successivt fyra polaroidfilter (ideala), som är orienterade så att varje filters karakteristiska polariseringsriktning är roterad 30 grader medurs relativt det närmast föregående filtret. Hur stor andel av den infallande ljuset transmitteras?

Irradiansen genom fyra polarisatorer:  $I = \frac{I_o}{2} \times \cos^2 \theta_{12} \times \cos^2 \theta_{23} \times \cos^2 \theta_{34}$

$\theta_{12} = 30^\circ, \theta_{23} = 30^\circ, \theta_{34} = 30^\circ$

$I = \frac{I_o}{2} \times \cos^2(30^\circ) \times \cos^2(30^\circ) \times \cos^2(30^\circ) = \frac{27}{128} I_o = 0.21 I_o$

- C) På en vattenyta flyter en mycket tunn, jämntjock hinna med terpentin ( $n = 1,47$ ). Den belyses ovanifrån med vitt ljus. Då man betraktar hinnan vid nära vinkelrätt infall ser den gul ut.

(a) Beräkna den minsta möjliga tjocklek på hinnan.

(b) Vilken färg får hinnan sedd underifrån.

Reflektion, luft-terpentin-vatten, fäsvändning vid ena ytan.

$2T = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n}$ , konstruktiv interferens

(a)  $T = \frac{\lambda}{4n} = \frac{590}{4 \times 1.47} = 100.34 [nm] = 100 [nm]$

(b) Violet, underskott på gult.

## Oppgave 2 (Vekt 30%)

A) En divergerende lins med fokallengden  $15\text{ cm}$  befinner sig  $12\text{ cm}$  framför en konvergerende lins med fokallengden  $14\text{ cm}$ . Ett  $2\text{ cm}$  høgt objekt finns  $25\text{ cm}$  framför den divergerende linsen.

a. Var hamnar den slutgiltiga bilden, och hur hög blir den?

b. Rita også en korrekt strålgång for detta avbildningssystem.

Spegel/lins-formeln:  $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ , förstoring:  $m = -\frac{s'}{s}$

Linsystem, behandla en lins i taget, bilden for lins 1 är objektet for lins 2.

(a)  $f_1 = -15\text{ cm}$ ,  $f_2 = 14\text{ cm}$ ,  $L = 12\text{ cm}$ ,  $s_1 = 25\text{ cm}$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \implies s' = 1 / \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{s} \right)$$

$$s'_1 = 1 / \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s_1} \right) = 1 / \left( \frac{1}{-15} - \frac{1}{25} \right) = -9,375 \text{ [cm]}$$

$$s_2 = L - s'_1 = 12 - (-9,375) = 21,375 \text{ [cm]}$$

$$s'_2 = 1 / \left( \frac{1}{f_2} - \frac{1}{s_2} \right) = 1 / \left( \frac{1}{14} - \frac{1}{21,375} \right) = 40,576 = 40,6 \text{ [cm]}$$

(b)  $m_{tot} = m_1 \times m_2 = -\frac{s'_1}{s_1} \times -\frac{s'_2}{s_2}$

$$m_{tot} = \frac{s'_1}{s_1} \times \frac{s'_2}{s_2} = \frac{-9,375}{25} \times \frac{40,576}{21,375} = -0,71186 = -0,71$$

Förminskad inverterad bild.

B) En fotograf ersätter en lins med en fokallängd på  $50\text{ mm}$  med en lins med en fokallängd på  $200\text{ mm}$ . Vad händer med bildstorleken for ett föremål långt bort?

Objektet är långt borta så bildavståndet är cirka fokallängden. I förstoringen ändras inte objektavståndet, medan bildavståndet ökar med en faktor 4. Så bildstorleken ökar med samma faktor.

C) Av vilken typ er backspegeln i en bil? (konvex, konkav, plan) Motivera! (5%)

Spegeln måste vara konvex för att bilden inte skall kunna inverteras.

D) I William Goldings roman, Lord of the Flies, beskrivs hur man lyckas tända en eld med hjälp av en närsynt pojkes briller. Er det korrekt? Motivera! (5%)

Närsynta behöver divergerande (negativa) linser i brillerna, som inte kan fokusera ljus i en punkt.

### Oppgave 3 (Vekt 40%)

- A) Ena spalten i en oppstilling av Youngs dubbelspaltexperiment tåcktes över med en tunn glimmerskiva ( $n = 1,58$ ). Detta ledde till att det sjunde interferensmaximat flyttade sig till det läge som centralmaximat tidigare befann sig. Ljusets våglängd är 550 nm. Hur tjock var glimmerskivan? (anta små avböjningsvinklar)

När glimmerskivan sätts in ändras våglängden ljuset går men  $(n-1)t$ . Samtidigt vet vi att ljusets bölgelängd är 550 nm

$$\text{Detta ger tjockleken } t = \frac{7\lambda}{(n-1)} = \frac{7 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{1,58 - 1} = 6,6 \mu\text{m}$$

- B) Parallellt ljus med våglängderna 520 och 550 nm infaller vinkelrätt mot ett plant transmissionsgitter med 3500 ritsar/cm.
- (a) Beräkna vinkelseparationen mellan de två strålarna i tredje ordningens spektrum.
- (b) Vilken är den högsta ordning som innehåller båda våglängderna?
- (c) Vid diffraktion från en dubbelspalt uppträder "missing orders". Visa att villkoret för "missing order" leder till att förhållandet mellan spaltavstånd och spaltvidd är ett rationellt tal.
- (d) Vilka interferensordningar saknas då förhållandet är 4?

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

$$d = 1/350000 \text{ [m}^{-1}\text{]}, \lambda_1 = 520\text{nm}, \lambda_2 = 550\text{nm}$$

- (a)  $m = 3$ ,

$$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{m\lambda_1}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{3 \times 520 \times 10^{-9}}{1/350000}\right) = 33.091^\circ$$

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{m\lambda_2}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{3 \times 550 \times 10^{-9}}{1/350000}\right) = 35.275^\circ$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 35.275^\circ - 33.091^\circ = 2.184^\circ$$

- (b) Bestäm  $m$  för  $\lambda_2$  och  $\theta = 90^\circ$

$$m = \frac{d \sin \theta}{\lambda_2} = \frac{\sin 90^\circ}{350000 \times 550 \times 10^{-9}} = 5.1948$$

$$m_{\max} = 5$$

- (c) Missing orders uppkommer då interferensmaxima och diffraktionsminima sammarfaller, detta ger ett förhållande mellan heltal, dvs ett rationellt tal.

d) var 4e.

- C) En radaranläggning för övervakning av flygtrafiken arbetar med frekvensen 8,5 GHz. Två flygplan (Boeing 747) befinner sig på 20 km avstånd från anläggningen. Hur långt ifrån varandra måste flygplanen minst vara för att radarn ska kunna särskilja dem? Radarantennen är cirkulär och har diametern 120 cm.

$$\text{Rayleighs upplösningvillkor: } \theta_c = \frac{1,22\lambda}{a} = \frac{y}{L}$$

$$a = 1.20 \text{ m}, \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{8,5 \cdot 10^9} \text{ m}, L = 20 \text{ km}$$

$$y = \frac{1,22 c L}{a f} = \frac{1,22 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 20 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 8,5 \cdot 10^9} = 717,65 = 718 \text{ m}$$

D) Vitt ljus (400 nm - 700 nm) faller in mot ett gitter. Visa att andra och tredje ordningens spektra alltid överlappar, oavsett storleken på gitterkonstanten

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

$$m_r = 2, \lambda_r = 700nm$$

$$m_b = 3, \lambda_b = 400nm$$

$$m_r \times \lambda_r = 2 \times 700 = 1400$$

$$m_b \times \lambda_b = 3 \times 400 = 1200$$

dvs 2:a ordningens röda gräns ligger efter att den 3:e ord. blå börjar.