

Eksamensoppgave i FY6020

Lys, optikk og fysikkfaget i skolen

Lösningförslag

Eksamensdato: 16.12.2020-17.12.2020

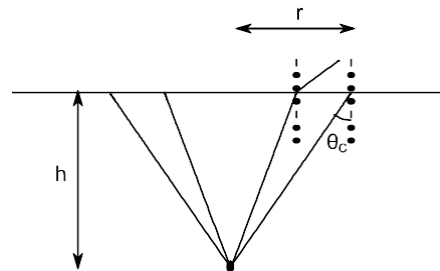
Eksamenstid (fra-til): 16.12.2020; kl 09.00 – 17.12.2020 kl 10.00

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 att för ett visst avstånd 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 fire polaroidfilter (ideala), som är orienterte så att varje filters karakteristiske polariseringsriktning er roteret 30 grader medurs relativt det nærmest foregående filtret. Hur stor andel av den infallende ljuset transmitteras?

Irradiansen genom fire 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 mykjet tunn, jæmntjock hinna med terpentint ($n = 1,47$). Den belyses ovanifrån med vitt lys. Då man betraktar hinnan vid næra 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, fasvændning 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) Violett, underskott på gult.

Oppgave 2 (Vekt 30%)

- A) En divergerende lins med fokallengden 15 cm befinner seg 12 cm framfor en konvergerende lins med fokallengden 14 cm. Ett 2 cm høgt objekt finns 25 cm framfor den divergerende linsen.

- Var hamnar den slutgiltige bilden, og hur hög blir den?
- Rita också en korrekt strålgång för detta avbildningssystem.

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

Linssystem, behandla en lins i taget, bilden för lins 1 är objektet för 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 mm med en lins med en fokallängd på 200 mm. Vad händer med bildstorleken för 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 λ_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.