

Institutt for lærerutdanning

Eksamensoppgave i FY6020 **Lys, optikk og fysikkfaget i skolen**

Faglig kontakt under eksamen: Astrid Johansen
Tlf.: 918 22 404

Eksamensdato: 14.06.2017
Eksamenstid (fra-til): kl.09.00 – 12.00
Tillatte hjelpemidler: Kalkulator uten nettkontakt eller kommunikasjon, vinkelmåler, linjal, formelvedlegg (vedlagt oppgaveteksten)

Annen informasjon: Vurderingskriterier: se s.2
Deler av oppgave 1 besvares på svarark i vedlegg 4 som rives av og leveres sammen med øvrige svarark.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 14
Antall sider vedlegg: s.5 Vedlegg 1: Noen konstanter, enheter og fysiske størrelser
s.7 Vedlegg 2: Noen formler i fysikk
s.12 Vedlegg 3: Noen formler i matematikk
s.14 Vedlegg 4: Svarark til oppgave 1

Kontrollert av:

Dato

Sign

Vurderingskriterier

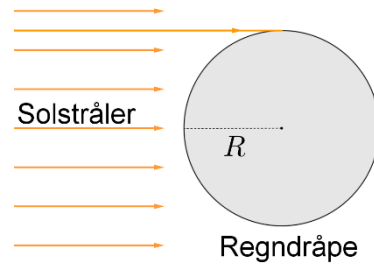
Ved vurderingen vektlegges din evne til å

- gjøre greie for fysiske fenomener
- formidle fysiske resonnementer og gjøre kvalitative vurderinger
- gjøre kvantitative beregninger
- presentere besvarelsen

Prosentene på hver oppgave indikerer hvor mye den teller i det endelige resultatet for hele denne eksamensoppgaven.

Oppgave 1 (Vekt 30 %)

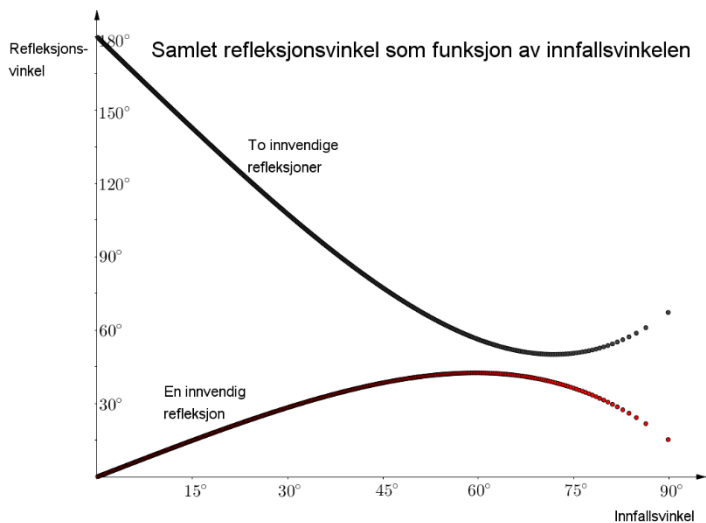
Sollyset kommer inn med parallelle stråler mot en sky av kuleformede regndråper. Brytningsindeksen til vannet i regndråpene setter vi til 1,33. Vi betrakter en lysstråle som kommer horisontalt inn mot «nordpolen» på dråpen. Se figuren til høyre.



- Beregn nødvendige vinkler og tegn strålegangen så nøyaktig som mulig til lyset kommer ut etter 1 innvendig refleksjon i regndråpen. Bruk malen i vedlegg 4 i besvarelsen din. Forleng aktuelle linjer f.eks. vha. løse ark slik at du ser vinkelen mellom innfallende og utsendt stråle fra regndråpen. Omtrent hvor stor blir vinkelen?
- Vurder andre innfallsvinkler og argumenter for at det må være en maksimal vinkel mellom innfallende solstråle og strålen som blir sendt tilbake mot deg. Bruk blant annet dette til å forklare hvorfor regnbuen ser ut som den gjør.

Ofta kan man se to regnbuer sammen. Den innerste skyldes 1 indre refleksjon i dråpene og den ytterste, 2 indre refleksjoner.

Grafene under viser sammenhengen mellom hvor på regndråpen innfallende lysstråle treffer og vinkelen på den reflekterte strålen som sendes tilbake i begge disse tilfellene. Tabellen viser sammenhengen mellom bølgelengde og brytningsindeks i vann.



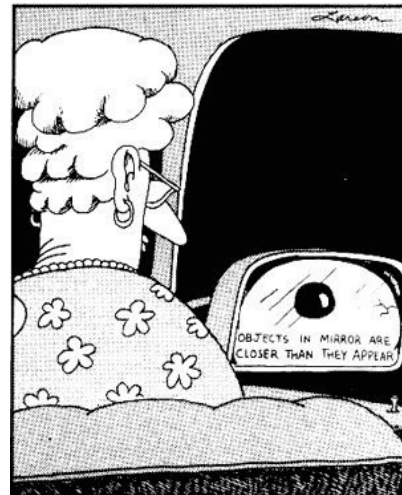
λ / nm	Brytningsindeks
400	1,339
450	1,337
500	1,335
550	1,333
600	1,332
650	1,331
700	1,331
750	1,330
800	1,329

- Bruk opplysningene over til å forklare så mye som mulig av det du ser på bildet. (Det du har forklart i b) trenger du ikke å forklare en gang til.)

Oppgave 2 (Vekt 30%)

Anta at bildeavstanden til øyet i sidespeilet er 1,0 m. Vi antar at speilet har krumningsradius på 30 cm, og at det er 10 cm høyt og 20 cm bredt.

- Hvilken vei må speilet krumme for at påstanden «*Objects in mirror are closer than they appear*» skal stemme? Begrunn.
- Tegn figur som viser situasjonen så nøyaktig som mulig. Hvor nærme er det virkelige øyet?
- Hvor stort er det virkelige øyet? Er det grunn til panikk?



Oppgave 3 (Vekt 40%)

Figuren under viser diffraksjonsmønsteret som oppstår når koherent og monokromatisk lys passerer gjennom en spalteåpning.



- Hvorfor oppstår dette mønsteret? Forklar resonnetet som ligger til grunn for at sammenhengen mellom spaltebredden a og vinkelen θ_m mellom den m 'te mørke stripen er gitt ved

$$a \sin \theta_m = m\lambda$$

Koherent lys med bølgelengde 600 nm kommer vinkelrett inn på en spalte der åpningen har bredde 12,0 μm . Dette resulterer i et diffraksjonsmønster på en skjerm 1,50 m unna.

- Hvor stor er avstanden mellom de to mørke stripene på hver side av det sentrale maksimumet vi ser på skjermen?
- Hvor stor er intensiteten i punktene som ligger 10,0 cm på hver side av midtpunktet i det sentrale maksimumet relativt til den maksimale intensiteten I_0 ?

Vi kan få et mye skarpere diffraksjonsmønster ved å bruke et gitter med mange spalteåpninger.

- Ta utgangspunkt i et tilfelle med 8 spalteåpninger, og forklar hvorfor skarpheten til intensitetsmaksima'ene øker og når antall spalteåpninger øker.

Vedlegg 1: Noen konstanter, enheter og fysiske størrelser

Noen SI – enheter:

Navn	Enheter	Navn	Enheter	Navn	Enheter
volt	$V = \text{kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{s}^3 \cdot \text{A})$	pascal	$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$	weber	$\text{Wb} = \text{V} \cdot \text{s}$
radian	rad	joule	$\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$	tesla	$\text{T} = \text{Wb}/\text{m}^2$
meter	m	watt	$\text{W} = \text{J}/\text{s}$	ohm	$\Omega = \text{V}/\text{A}$
sekund	s	kelvin	K		
hertz	Hz	ampere	A		
kilogram	kg	coloumb	$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$		
newton	$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$	farad	$\text{F} = \text{A} \cdot \text{s}/\text{V}$		

Fysiske størrelser:

Utvidelseskoeffisient:	Materiale:	Symbol: α, enhet: (K^{-1})
	Aluminium	$2,4 \times 10^{-5}$
	Glass	$0,5 \times 10^{-5}$
	Stål	$1,2 \times 10^{-5}$
Varmekapasitet:	Materiale:	Symbol: c, enhet: $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$
	Is	2100
	Vann (ferskvann)	4190
	Saltvann (fra havet)	3985
Molar varmekapasitet:	Materiale:	Symbol: C, enhet: $\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$
	Is	37,8
	Vann	75,4
Smeltevarme:	Materiale:	Symbol: L_f, enhet: J/kg
	Vann (ferskvann)	334×10^3
	Hydrogen	$58,6 \times 10^3$
	Oksygen	$13,8 \times 10^3$
Fordampningsvarme:	Materiale:	Symbol: L_v, enhet: J/kg
	Vann (ferskvann)	2256×10^3
	Hydrogen	452×10^3
	Oksygen	213×10^3
Tetthet:	Materiale	Symbol: ρ, enhet: kg/m^3
	Saltvann (fra havet)	1030
	Vann (ferskvann)	1000
	Isfjell	920
Brytningsindekser for gult lys, $\lambda = 589 \text{ nm}$	Luft	1,00
	Diamant	2,419
	Pleksiglass	1,48 – 1,51
	Flintglass (rent)	1,61

Brytningsindekser for lys i vann	Rødt lys	1,330	
	Gult lys	1,333	
	Fiolett lys	1,342	
Vanndampens metningstrykk:	Temperatur i °C	$P_d(T)$ i Pa	Fukt (g/m ³)
	-10	260	2,14
	20	2335	17,29

Noen fysiske konstanter:

Permeabiliteten i vakuum: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$

Permittiviteten i vakuum: $\varepsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

Elementærladningen: $e = 1,6019 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Elektronmassen: $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Tyngdeakselerasjonens standardverdi: $g = 9,807 \text{ m/s}^2$

Lysfarten i vakuum: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Gasskonstanten: $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

Boltzmanns konstant: $k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Plancks konstant: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Vedlegg 2: Noen formler fra fysikk

Fluidmekanikk og varmelære

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA}$$

$$p = p_0 + \rho gh$$

n = antall mol

N = antall molkyler

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

$$T = 273,15 \cdot \frac{P}{P_{\text{tripplet}}}$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

$$pV = nRT = NkT$$

$$K_{tr} = \frac{3}{2}nRT$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$\lambda = \frac{V}{4\pi\sqrt{2}r^2N}$$

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

$$Q_f = m \cdot L_f$$

$$Q_v = m \cdot L_v$$

$$\Delta W = p\Delta V$$

$$W = \int_1^2 p dV$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$\gamma = 1,67$ for en enatomig ideell gass og $\gamma = 1,40$ for en toatomig ideell gass

$$C_p = C_v + R$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = mc\Delta T = nC\Delta T$$

$$dU = nC_v dT$$

$$pV^{\gamma} = \text{konst}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{konst}$$

$$p^{1-\gamma}T^{\gamma} = \text{konst}$$

Virkningsgrad for varmekraftmaskiner: $e = \frac{W}{Q_H}$

Carnot: $e = 1 - \frac{T_C}{T_H}$

$$K = \left| \frac{Q_C}{W} \right|$$

$$\text{Carnot: } K = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

Entropi: $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$

Damptrykksformelen: $p(T) = p_0 e^{\frac{L_m}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)}$

Relativ fuktighet: $\varphi = \frac{P_{H_2O}}{p_d(T)} \cdot 100\%$

Varmetransport:

Fouriers lov: $\Phi(x) = -\kappa A \frac{dT}{dx}$

Varmemotstanden: $R = \frac{L}{\kappa \cdot A}$

Konveksjon: $\Phi = hA(T_v - T_l)$

Stefan – Boltzmanns lov: $j_s = \sigma T^4$

$$r + a + t = 1$$

Plancks fordelingslov: $F(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$

Wiens forskyvningslov: $\lambda_{maks} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$

Elektromagnetisme

Coulombs lov: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$

Elektrisk dipolmoment: $\vec{p} = q\vec{d}$ (fra – til +)

Dreiemoment på en elektrisk dipol: $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

Potensiell energi til en elektrisk dipol: $U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$

Elektrisk fluks: $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$

Elektrisk potensiell energi: $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$

Elektrisk potensial fra en punktladning: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$

Potensialforskjellen mellom to punkter: $V_a - V_b = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$

Potensialgradient: $\vec{E} = -\nabla V$

Kraft på en ladning i bevegelse: $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

Magnetisk kraft på en strømførende leder: $\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$

Dreiemoment på ei strømsløyfe: $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$

Potensiell energi til en magnetisk dipol: $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$

Hall – effekten: $nq = \frac{-J_x B_y}{E_z}$

Magnetfelt fra punktladning q / konstant fart: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \hat{r}}{r^2}$

Biot – Savarts lov: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$

Magnetisk fluks: $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$

Faradays lov: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

Indusert ems i en lukket strømsløyfe som beveger seg i et magnetfelt: $\mathcal{E} = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

Maxwells likninger

hvor det elektriske feltet er gitt av: $\vec{E} = \vec{E}_c + \vec{E}_n$

1. Gauss lov for \vec{E} : $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$

2. Gauss lov for \vec{B} : $\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

3. Amperes lov: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{encl}$

4. Faradays lov: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

Noen formler fra mekanikk

Bevegelseslikninger ved konstant akselerasjon i x -retning:

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

Sirkelbevegelse med konstant baneakselerasjon: $a_{rad} = \frac{v^2}{R}$

Vinkelfart:
$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Dreiemoment:
$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Elektromagnetiske bølger, lys og optikk

$$E_{\max} = cB_{\max}$$

Farten i vakuum:
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Poynting vektor:
$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

Intensiteten:
$$I = \frac{E_{\max} \cdot B_{ax}}{2\mu_0}$$

Brytningsindeksen:
$$n = \frac{c}{v}$$

Snells lov:
$$n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$

Malus's lov:
$$I = I_{\max} \cos^2 \phi$$

Brewsters lov:
$$\tan \theta_p = \frac{n_b}{n_a}$$

Speilformelen for sfæriske speil: $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$

Brytning i sfærisk flate: $\frac{n_a}{s} + \frac{n_b}{s'} = \frac{n_b - n_a}{R}$

Lateral forstørrelse: $m = \frac{y'}{y}$

Linseformelen: $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

Linsemakerens formel: $\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

Intensitet i interferens fra to spalter: $I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2}$ hvor $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1)$

Konstruktiv refleksjon fra tynn film, ingen relative faseskift: $2t = m\lambda$ ($m = 0, 1, 2, \dots$)

Intensitet fra diffraksjon i enkeltspalte: $I = I_0 \left\{ \frac{\sin \beta / 2}{\beta / 2} \right\}^2$ hvor $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta$

Intensitetsmaksima fra mange spalter: $d \sin \theta = m\lambda$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$)

Kromatisk oppløsning: $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = Nm$

Braggs betingelse for konstruktiv interferens: $2d \sin \theta = m\lambda$ ($m = 1, 2, 3, \dots$)

Diffraksjon i sirkulær apertur: $\sin \theta_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}$

Vedlegg 3: Noen formler fra matematikk

Potensregning

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$(a \cdot b)^n = a^n \cdot b^n$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$$

Derivasjon

$$f(x) = a \Rightarrow f'(x) = 0$$

$$f(x) = ax + b \Rightarrow f'(x) = a$$

$$f(x) = ax^r \Rightarrow f'(x) = a \cdot r \cdot x^{r-1}$$

$$f(x) = a \cdot e^{bx} \Rightarrow f'(x) = ab \cdot e^{bx}$$

$$f(x) = a \sin kx \Rightarrow f'(x) = ak \cos kx$$

$$f(x) = a \cos kx \Rightarrow f'(x) = -ak \sin kx$$

$$(f(u(x)))' = f'(u) \cdot u'(x)$$

$$(u(x) \cdot v(x))' = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x)$$

$$\left(\frac{u(x)}{v(x)}\right)' = \frac{u'(x) \cdot v(x) - u(x) \cdot v'(x)}{(v(x))^2}$$

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z} \right]$$

Andregradslikning

$$ax^2 + bx + c = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Geometri

$$\text{Sirkel} \quad A = \pi r^2 \quad O = 2\pi r$$

$$\text{Kule} \quad A = 4\pi r^2 \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\text{Buelengde} \quad s = r\theta$$

Vektorregning

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \angle(\vec{a}, \vec{b})$$

$$|\vec{a} \times \vec{b}| = ab \sin \angle(\vec{a}, \vec{b})$$

Integrasjon

$$\int a \cdot f(x) dx = a \int f(x) dx$$

$$\int x^r dx = \frac{1}{r+1} x^{r+1} + C, \quad r \neq -1$$

$$\int e^{kx} dx = \frac{1}{k} e^{kx} + C$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln x + C, \quad x > 0$$

$$\int \cos kx dx = \frac{1}{k} \sin kx + C$$

$$\int \sin kx dx = -\frac{1}{k} \cos kx + C$$

Vedlegg 4: Svarark til oppgave 1

Rives av og leveres med besvarelsen

Mal til oppgave 1 - Dråpe

