

Program for lærerutdanning

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

**Faglig kontakt under eksamen: Jorunn Grip**

**Tlf.: 93255281**

**Eksamensdato: 28/5 2015**

**Eksamenstid 9.00 – 13.00**

**Tillatte hjelpemidler:** Lommeregner (alle typer er tillatt), ulike typer linjal, vinkelmåler, blyanter og passer

**Vurderingskriterier:**

Ved vurderingen vektlegges din evne til å

- gjøre greie for fysiske fenomener
- gjøre greie for kvalitative vurderinger
- vise regneferdighet
- vise eksperimentelle ferdigheter
- presentere besvarelsen
- tegne gode, illustrerende figurer

Prosentene på hver oppgave indikerer hvor mye den teller i det endelige resultatet.

**Side 15 leveres med besvarelsen.**

**Målform: bokmål**

**Antall sider (uten forside): 14**

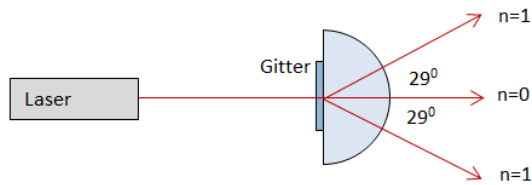
**Antall sider vedlegg: 10**

**Kontrollert av:**

---

### Oppgave 1 (10 %)

Laserlys treffer et gitter som ligger tett inntil ei glassplate. Se figur 1. Laserlyset har bølgelengden 633nm i luft. Gitteret har 1180 streker per mm. Regn ut brytningsindeksen for glassplaten.



Figur 1

### Oppgave 2 (10 %)

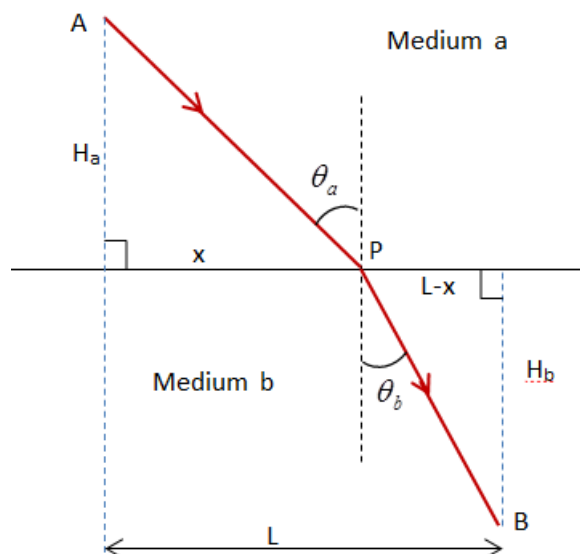
Vi har en dobbeltspalte med spaltebredder  $a$  og en avstand mellom de sto spaltene  $d = 2,5 a$ . Du sender lys med bølgelengde 633 nm inn mot dobbeltspalten. Vil det bli utslokning av maksimum i interferensmønsteret fra denne spalten? I så fall, hvilke mangler?

### Oppgave 3 (15 %)

På 1600 – tallet kom den franske matematikeren Pierre de Fermat fram til det vi nå kaller Fermats prinsipp: Når en lysstråle går fra et punkt A til et annet punkt B, går lyset alltid langs den veien som krever kortest tid fra A til B.

Du skal nå utlede Snells brytningslov:  $n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$  fra Fermats prinsipp

Ta utgangspunkt i tidsaspektet i Fermats prinsipp og figur 2 der en lysstråle går fra A til B og blir brutt i punktet P på grenseflaten mellom to medier med hver sin lysfart.

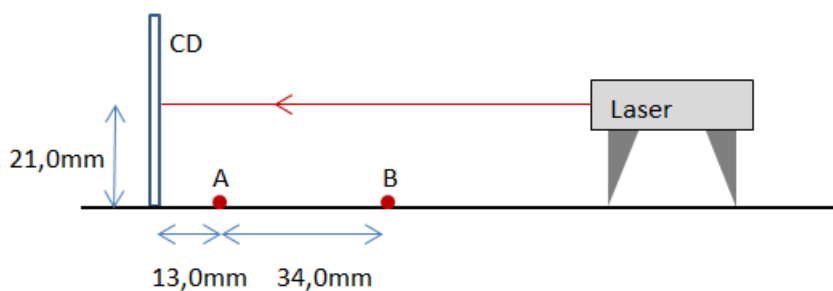


Figur 2

#### Oppgave 4 (10 %)

Du gjør et fysikkforsøk på laben ved å sende laserlys med bølglengde 632,8 nm vinkelrett på en CD – plate, se figur 3 På bordet ser du to lysflekker, ved A og ved B. Se figur 3.

- Hvordan vil du forklare at disse lysflekkenes oppstår?
- Hva blir avstanden mellom to nabospor på CD – platen ut fra dine målinger?
- Hvorfor blir det ikke flere enn to lysflekker på bordet?



Figur 3

#### Oppgave 5 (10 %)

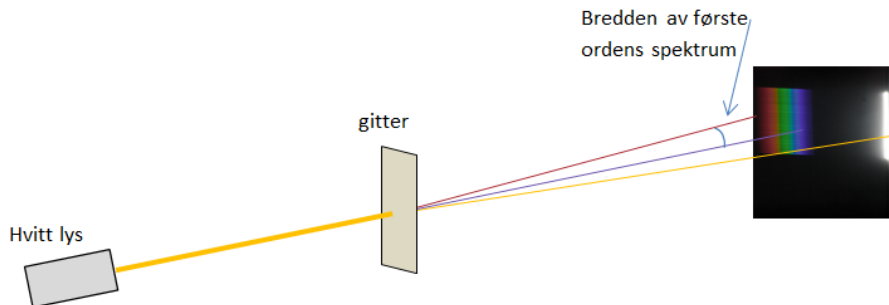
- Hva er det fysiske prinsippet bak en mikrobølgeovn? Hva slags egenskaper må to av de innvendige veggene i mikrobølgeovnen ha?
- Vann absorberer stråling med bølglengde på 12,2 cm sterkt. Foreslå og begrunn en lengde på en mikrobølgeovn.
- Hvorfor roterer maten i mikrobølgeovnen?



Figur 4

### Oppgave 6 (15 %)

Du skal lage et enkelt spektrometer med følgende spesifikasjon: Bredden til første ordens spektrum av synlig hvitt lys skal være  $10,0^\circ$ . Se figur 5 og 6.

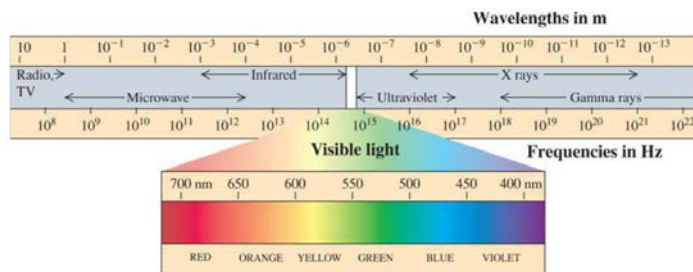


Figur 5

Du skal bruke et diffraksjonsgitter.

Du kan få bruk for denne formelen:  $\sin(u+v) = \sin(u)\cos v + \cos(u)\sin(v)$

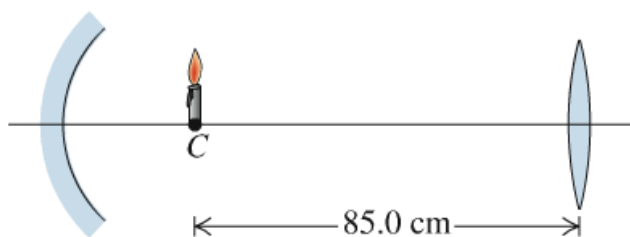
- Hvor mange spalter pr cm må gitteret ha?
- Ved hvilke vinkler vil første ordens synlig spekter starte og slutte?



Figur 6

### Oppgave 7

Et stearinlys er plassert i sentrum av krumningsradien til et konkavt speil, C. Speilets brennvidde er 10,0 cm. Se figur 7. Til høyre på figuren er ei linse med brennvidde 32,0 cm. Den er plassert 85,0 cm til høyre for stearinlyset. Vi ser på lyste fra høyre side på figuren gjennom linsa og ser da to bilder av talglyset. Det ene dannes av lys som passerer direkte gjennom linsa. Det andre dannes av lys som først reflekteres av speilet og deretter går gjennom linsa.



Figur 7

- a) Tegn en figur som tydelig viser hvordan hovedstrålene for de to bildene konstrueres. (Hvis det er nødvendig på grunn av størrelsen så kan du dele det opp i to bilder.)
- b) Finn for begge bildene
  - a. hvor bildet er
  - b. om bildet reelt eller virtuelt
  - c. om bildet er opprett eller snudd i forhold til objektet

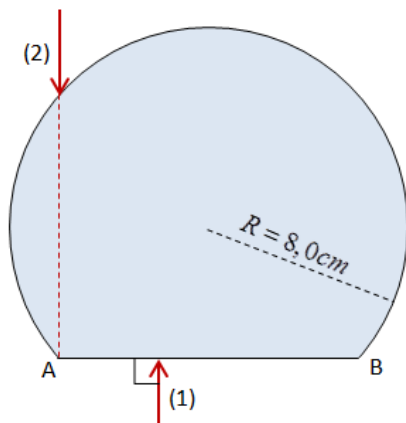
### Oppgave 8 (15 %)

Figur 8 viser et snitt gjennom sentrum av en massiv glasskule der vi har skåret vekk en skalk (et segment) slik at vi får en plan, horisontal flate AB. Glasset har brytningsindeksen 1,60 og er omgitt av luft. Radien i kula er 8,0 cm, og avstanden AB er 12,0 cm. Alle lysstrålene som blir drøftet i oppgaven ligger i «papierplanet». En lysstråle (1) går normalt inn mot den plane flaten AB, 4,0 cm fra A.

- Beregn strålegangen videre. Tegn den inn på kopien av figur 8 i vedlegg 3. Denne siden legges ved besvarelsen.
- I hvilke avstander fra A må strålen treffe normalt på AB for at den skal bli totalreflektert?

Vi antar nå at brytningsindeksen for glasslegemet er ukjent. Vi plasserer legemet med flaten AB oppå et plant horisontalt speil. En stråle (2) sendes loddrett ned mot kuleflaten. Den treffer kuleflaten i et punkt loddrett ovenfor punktet A. Se figur 8.

- Hva må brytningsindeksen for glasset være dersom strålen (2) skal bli reflektert fra kanten AB og inn mot sentrum av kula? Tegn strålegangen inn på kopien av figur 8 i vedlegg 3.



Figur 8

## Vedlegg 1

Fysiske enheter, konstanter og

Noen SI – enheter:

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

Fysiske størrelser:

|                               |                      |  |
|-------------------------------|----------------------|--|
| <b>Utvidelseskoeffisient:</b> | <b>Materiale:</b>    | <b>Symbol: <math>\alpha</math>, enhet: <math>(K^{-1})</math></b> |
|                               | Aluminium            | $2,4 \times 10^{-5}$   |
|                               | Glass                | $0,5 \times 10^{-5}$   |
|                               | Stål                 | $1,2 \times 10^{-5}$   |
| <b>Varmekapasitet:</b>        | <b>Materiale:</b>    | <b>Symbol: <math>c</math>, enhet: <math>J/kg \cdot K</math></b>  |
|                               | Is                   | 2100   |
|                               | Vann (ferskvann)     | 4190   |
|                               | Saltvann (fra havet) | 3985   |
| <b>Molar varmekapasitet:</b>  | <b>Materiale:</b>    | <b>Symbol: <math>C</math>, enhet: <math>J/mol \cdot K</math></b> |
|                               | Is                   | 37,8   |
|                               | Vann                 | 75,4   |
| <b>Smeltevarme:</b>           | <b>Materiale:</b>    | <b>Symbol: <math>L_f</math>, enhet: <math>J/kg</math></b>        |
|                               | Vann (ferskvann)     | $334 \times 10^3$  |
|                               | Hydrogen             | $58,6 \times 10^3$   |
|                               | Oksygen              | $13,8 \times 10^3$   |
| <b>Fordampningsvarme:</b>     | <b>Materiale:</b>    | <b>Symbol: <math>L_v</math>, enhet: <math>J/kg</math></b>        |
|                               | Vann (ferskvann)     | $2256 \times 10^3$   |
|                               | Hydrogen             | $452 \times 10^3$  |
|                               | Oksygen              | $213 \times 10^3$  |
| <b>Tetthet:</b>               | <b>Materiale</b>     | <b>Symbol: <math>\rho</math>, enhet: <math>kg/m^3</math></b>     |
|                               | Saltvann (fra havet) | 1030   |
|                               | Vann (ferskvann)     | 1000   |
|                               | Isfjell              | 920  |

|  |   |                                 |  |
|--|---|---------------------------------|--|
| <b>Brytningsindekser for gult lys, <math>\lambda = 589 \text{ nm}</math></b> | Luft  | 1,00                            |  |
|  | Diamant   | 2,419                           |  |
|  | Pleksiglass                                       | 1,48 – 1,51                     |  |
|  | Flintglass (rent)                                 | 1,61                            |  |
| <b>Brytningsindekser for lys i vann</b>                                      | Rødt lys  | 1,330                           |  |
|  | Gult lys  | 1,333                           |  |
|  | Fiolett lys                                       | 1,342                           |  |
| <b>Vann dampens metningstrykk:</b>   | <b>Temperatur i <math>^{\circ}\text{C}</math></b> | <b><math>P_d(T)</math> i Pa</b> | <b>Fukt (<math>\text{g}/\text{m}^3</math>)</b> |
|  | <b>-10</b>  | <b>260</b>                      | <b>2,14</b>                                    |
|  | <b>20</b>   | <b>2335</b>                     | <b>17,29</b>                                   |

**Noen fysiske konstanter:**

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

$$\varepsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$e = 1,6019 \cdot 10^{-19} \text{ C (elementærladningen)}$$

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg (elektronets masse)}$$

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

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

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

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

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



## Vedlegg 2

### FORMELLISTE

n = antall mol

N = antall molkyler

#### Fluidmekanikk

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

$$p = p_0 + \rho gh$$

#### Varmelære

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

$$T = 273,15 \cdot \frac{p}{p_{\text{trippel}}}$$

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

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

$$pV = nRT = NkT$$

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

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

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

van der Waals ligning:  $\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

$$Q_f = m \cdot L_f$$

$$Q_v = m \cdot L_v$$

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

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

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

$\gamma = 1,67$  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:  $e = 1 - \frac{T_C}{T_H}$

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

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:  $\Phi(x) = -\kappa A \frac{dT}{dt}$

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

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:  $V_a - V_b = \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$

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

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

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:  $a_{rad} = \frac{v^2}{R}$

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

### Elektromagnetiske bølger, lys og optikk

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

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

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

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

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

$$\text{Snells lov: } n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diffraksjon i enkeltspalt, mørke streker:  $\frac{a \sin \theta}{\lambda} = m$  ( $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ )

Intensitetsfordeling fra dobbeltspalt med diffraksjon:

$$I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} \left\{ \frac{\sin \beta / 2}{\beta / 2} \right\}^2 \text{ hvor } \phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta \text{ og } \beta = \frac{2\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

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:  $\sin \theta_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}$

## Noen matte – formler

### 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

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

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

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

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

### Integrasjon:

$$\int ax dx = a \int x dx$$

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

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

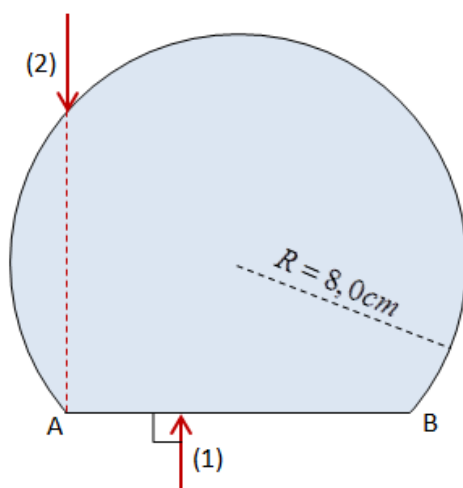
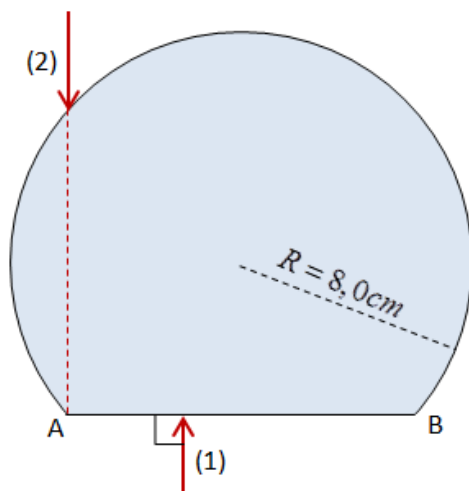
$$\int \frac{1}{x} dx = \ln x + C, \quad x > 0$$

Vedlegg 3

Kandidatnummer: \_\_\_\_\_

KOPI AV FIGURER

Vedlegg 3 legges ved besvarelsen



Figur 8