

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

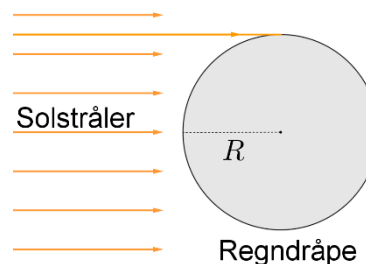
Ved vurderingen vektlegges din evne til å

- 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 %)

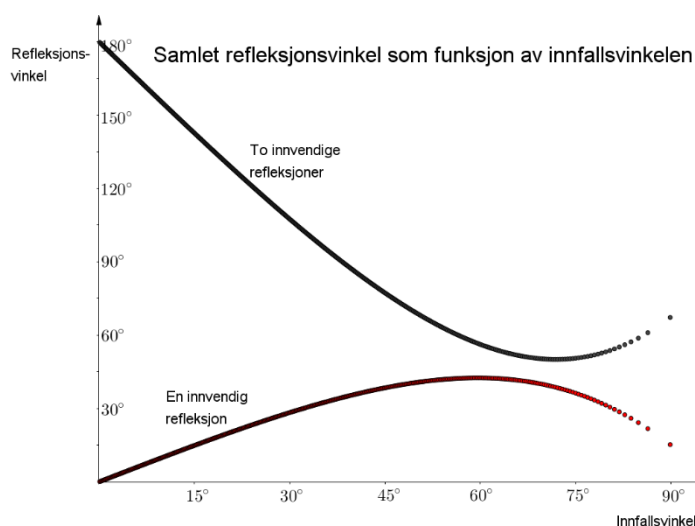
Sollyset kommer inn med parallelle stråler mot en sky av kuleformede regndråper. Brytningsindeksen til vannet i regndråpene setter vi til 1,33. Vi betrakter en lysstråle som kommer horisontalt inn mot «nordpolen» på dråpen. Se figuren til høyre.



- 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.

Ofte 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.



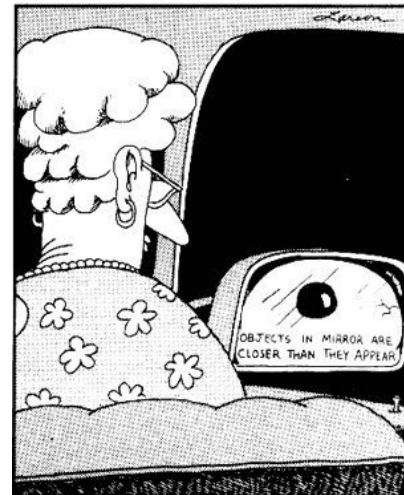
| $\lambda$ / nm | Brytningsindeks |
|----------------|-----------------|
| 400            | 1,339           |
| 450            | 1,337           |
| 500            | 1,335           |
| 550            | 1,333           |
| 600            | 1,332           |
| 650            | 1,331           |
| 700            | 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  $\theta_m$  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  $\mu\text{m}$ . 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                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| <b>volt</b>     | $V = \text{kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{s}^3 \cdot \text{A})$ | <b>pascal</b>  | $\text{Pa} = \text{N} / \text{m}^2$ | <b>weber</b> | $\text{Wb} = V \cdot \text{s}$ |
| <b>radian</b>   | rad                                                            | <b>joule</b>   | $J = \text{N} \cdot \text{m}$       | <b>tesla</b> | $T = \text{Wb} / \text{m}^2$   |
| <b>meter</b>    | m                                                              | <b>watt</b>    | $W = J / \text{s}$                  | <b>ohm</b>   | $\Omega = V / A$               |
| <b>sekund</b>   | s                                                              | <b>kelvin</b>  | K                                   |              |                                |
| <b>hertz</b>    | Hz                                                             | <b>ampere</b>  | A                                   |              |                                |
| <b>kilogram</b> | kg                                                             | <b>coloumb</b> | $C = A \cdot \text{s}$              |              |                                |
| <b>newton</b>   | $N = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$                    | <b>farad</b>   | $F = A \cdot \text{s} / V$          |              |                                |

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 / \text{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 / \text{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 / \text{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 / \text{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>\text{kg} / \text{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         |                          |
|                                         | Fiolet lys      | 1,342         |                          |
| <b>Vanndampens metningstrykk:</b>       | Temperatur i °C | $P_d(T)$ i Pa | Fukt (g/m <sup>3</sup> ) |
|                                         | -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:  $\varepsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

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

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

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

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

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

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

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

$$pV = nRT = NkT$$

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

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

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

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

$$Q_f = m \cdot L_f$$

$$Q_v = m \cdot L_v$$

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

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

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

$\gamma = 1,67$  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:  $e = \frac{W}{Q_H}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:  $2t = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$

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:  $d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$

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

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

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

