Eksamen fysikk 74125.
August 1993

①

Oppgave 1

a) i. Bølgene $D_1 = D_m \sin(kx - \omega t)$ og $D_2 = D_m \sin(kx + \omega t)$

Resultant

$$D = D_1 + D_2 = 2D_m \sin kx \cos \omega t$$

ii. $2D_m = 0{,}100\,m \Rightarrow \underline{D_m} = \underline{0{,}050\,m}$

iii. $\underline{v} = \frac{\omega}{k} = \frac{10\pi}{4\pi}\,m/s = \underline{2{,}50\,m/s}$

b) Bølgelengden for bølgene $\lambda = v/\nu = v/\omega/2\pi$

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot 2{,}50}{10\pi}\,m = 0{,}500\,m$$

Avstand mellom to knuter

$$\underline{L} = \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\cdot 0{,}500\,m = \underline{0{,}250\,m}$$

c) $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow$ stramming $F = \mu v^2 = 6{,}00\cdot 10^{-3}\cdot 2{,}50^2\,N$

$$\underline{F} = \underline{3{,}75\cdot 10^{-2}\,N}$$

d) i. $x_1 = 0{,}500\,m \qquad t_1 = 3{,}05\,s$

$\underline{D} = 0{,}100 \sin 4\pi\cdot 0{,}500 \cos 10\pi\cdot 3{,}05\,m = \underline{0\,m}$

uavhengig av tiden

Transversell hastighet

$$u = \frac{\partial D}{\partial t} = -0{,}100 \cdot 10\pi \sin 4\pi x \sin 10\pi t$$

$\underline{u_1} = -0{,}100 \cdot 10\pi \sin 4\pi \cdot 0{,}500 \sin 10\pi \cdot 3{,}05 \text{ m/s} = \underline{0 \text{ m/s}}$

uavhengig av tiden

Knute ved x_1, t_1

$x_2 = 0{,}625 \text{ m} \qquad t_2 = 2{,}00 \text{ s}$

$\underline{D_2} = 0{,}100 \sin 4\pi \cdot 0{,}625 \cos 10\pi \cdot 2{,}00 \text{ m} = \underline{0{,}100 \text{ m}}$

$\underline{u_2} = -0{,}100 \cdot 10\pi \sin 4\pi \cdot 0{,}625 \sin 10\pi \cdot 2{,}00 \text{ m/s} = \underline{0 \text{ m/s}}$

største utsving ved x_2 t_2

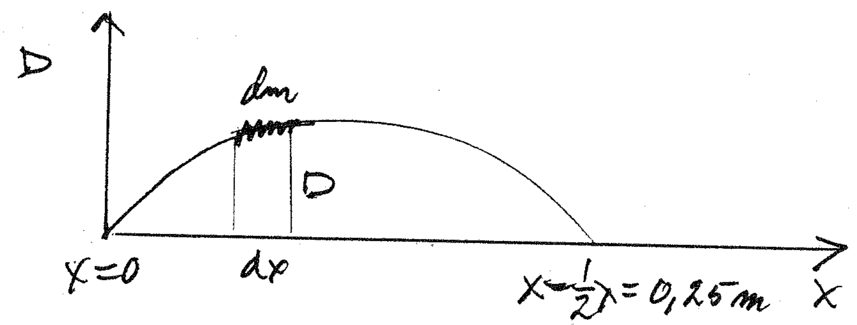
$x_3 = 0{,}625 \text{ m} \qquad t_3 = 2{,}05 \text{ s}$

$\underline{D_3} = 0{,}100 \sin 4\pi \cdot 0{,}625 \cos 10\pi \cdot 2{,}05 \text{ m} = \underline{0 \text{ m}}$

$\underline{u_3} = -0{,}100 \cdot 10\pi \sin 4\pi \cdot 0{,}625 \sin 10\pi \cdot 2{,}05 \text{ m/s} = \underline{-3{,}14 \text{ m/s}}$

passerer x-aksen ved x_3 t_3

e)



$$D = A \sin kx \cos \omega t$$

Kinetisk energi for masseelementet dm

$$dE_K = \frac{1}{2}(dm)u^2$$

Transversell hastighet

$$u = \frac{\partial D}{\partial t} = -A\omega \sin kx \sin \omega t$$

$$dm = \mu\, dx$$

$$dE_K = \frac{1}{2} \mu\, dx\, A^2 \omega^2 \sin^2 kx \sin^2 \omega t$$

Masseelementets potensielle energi

$$dE_p = \frac{1}{2} (dK) D^2$$

der kraftkonstanten $dK = dm\, \omega^2 = \mu\, dx\, \omega^2$

$$dE_p = \frac{1}{2} \mu\, dx\, \omega^2 A^2 \sin^2 kx \cos^2 \omega t$$

Total energi

$$dE = dE_K + dE_p = \frac{1}{2} \mu\, dx\, \omega^2 A^2 \sin^2 kx$$

Total energi mellom naboknuter

$$E = \int_0^{0,250} \frac{1}{2} \mu \omega^2 A^2 \sin^2 kx\, dx = \frac{1}{2} \mu \omega^2 A^2 \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{2}\pi$$

$$k = 4\pi \,, \quad A = 2 D_m = 0{,}100\ \text{m}$$

$$\underline{E} = \frac{1}{16} \cdot 6{,}00 \cdot 10^{-3} (10\pi)^2 \cdot 0{,}100^2\ \text{J} = \underline{3{,}70 \cdot 10^{-3}\ \text{J}}$$

Oppgave 2

a) i $Q = \Delta U + W$

adiabatisk prosess $Q = 0$

$$\Rightarrow \underline{W} = -\Delta U = \underline{nC_V(T_1 - T_2)}$$

idet $C_V = \frac{5}{2}R$ for toatomig ideell gass

ii

$$\underline{\Delta S_g = 0} \qquad \underline{\Delta S_o = 0}$$

$$\underline{\Delta S_u} = \Delta S_g + \Delta S_o = \underline{0}$$

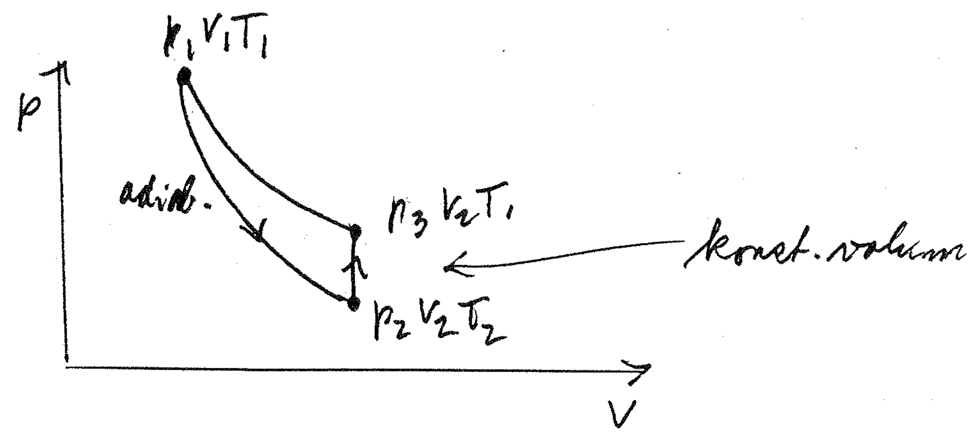
b) i $Q = \Delta U + W$

fri ekspansjon $Q = 0$ og $W = 0$

$$\Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow \underline{T_3 = T_1} \text{ for ideell gass}$$

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= nRT_1 \\ p_3 V_2 &= nRT_1 \end{aligned} \Rightarrow \underline{p_3} = \underline{p_1 \frac{V_1}{V_2}}$$

ii



Velger først reversibel adiabatisk prosess til volum V_2, deretter prosess med konst. volum til temperatur T_1

Etter a) er $\Delta S_q = 0$ ved den adiabatiske prosess

Ved konstant volum V

$$dQ = dU + pdV$$

$pdV = 0$ da vol. konst. ved prosessen

$$\Rightarrow dQ = dU = nc_v\, dT$$

gassens entropiforandring ved prosessen

$$dS = \frac{nc_v\, dT}{T}$$

$$\Delta S = nc_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = nc_v \ln \frac{T_1}{T_2}$$

dette må være gassens entropiforandring ved den frie ekspansjon.

Da omgivelsenes entropiforandring er null vil dette også være universets entropiforandring ved den frie ekspansjon

$$\underline{\Delta S_u' = \Delta S}$$

Oppgave 3

i Til avspaltning av et elektron fra Na og frigjort energi av innfangningen av et elektron i Cl

$$5,14\,eV - 3,61\,eV = 1,53\,eV$$

Potensiell elektrostatisk energi for Na^+ og Cl^- i avstand bindingslengden

$$U_0 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_0} = -9,0\cdot 10^9 \cdot \frac{(1,60\cdot 10^{-19})^2}{0,24\cdot 10^{-9}}\,J$$

$$= -9,0\cdot 10^9 \frac{(1,60\cdot 10^{-19})^2}{0,24\cdot 10^{-9}\cdot 1,60\cdot 10^{-19}}\,eV$$

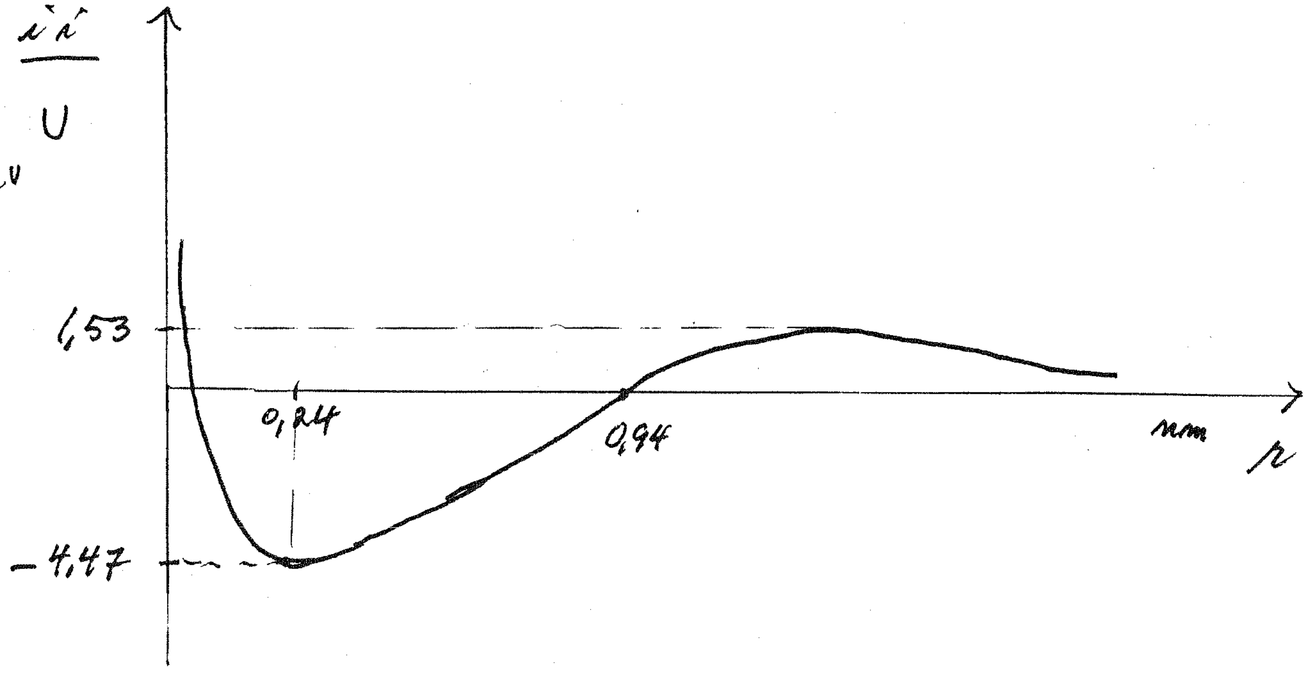
$$U_0 = -6,00\,eV$$

Potensiell energi ved $r = r_0$

$$U = -6,00\,eV + 1,53\,eV = -4,47\,eV$$

Bindingsenergi $\underline{4,47\,eV}$

ii



Oppgave 4

a) $\Psi^* \frac{\partial \Psi}{\partial x} = A^* e^{-ikx+i\omega t} \cdot Aik\, e^{ikx-i\omega t}$

$= |A|^2 ik$

$\Psi \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} = A e^{ikx-i\omega t} \cdot A^*(-ik) e^{-ikx+i\omega t}$

$= -|A|^2 ik$

da $\Psi^* = A^* e^{-ikx+i\omega t}$

$\Psi^* \frac{\partial \Psi}{\partial x} - \Psi \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} = |A|^2 ik - (-1)|A|^2 ik = 2|A|^2 ik$

$S_x = -\frac{i\hbar}{2m} 2|A|^2 ik = \frac{\hbar k}{m}|A|^2$

da $\Psi^*\Psi = |A|^2$

$\Rightarrow \quad \underline{S_x = \frac{\hbar k}{m}(\Psi^*\Psi)}$

b) i. Ae^{ik_1x} bølge i $+x$ retn.

Be^{-ik_1x} bølge i $-x$ retn.

Ce^{ik_2x} bølge i $+x$ retn.

$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi_1(x)}{dx^2} = E\psi(x) \qquad x<0$

$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi_2(x)}{dx^2} - U_0\psi(x) = E\psi(x) \qquad x>0$

$$k_1 = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}} \qquad k_2 = \sqrt{\frac{2m(E+V_0)}{\hbar^2}}$$

ii

$x = 0$

$\psi_1(0) = \psi_2(0)$

$\Rightarrow \quad A + B = C$

$$\left(\frac{\partial \psi_1}{\partial t}\right)_0 = \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial t}\right)_0$$

$\Rightarrow ik_1 A - ik_1 B = ik_2 C$

$$\left.\begin{array}{l} A - B = \frac{k_2}{k_1} C \\ A + B = C \end{array}\right\} \Rightarrow 2A = \left(1 + \frac{k_2}{k_1}\right) C$$

$$\left.\begin{array}{l} -A + B = -\frac{k_2}{k_1} \\ A + B = C \end{array}\right\} \Rightarrow 2B = \left(1 - \frac{k_2}{k_1}\right) C$$

$$\Rightarrow \quad \frac{B}{A} = \frac{\left(1 - \frac{k_2}{k_1}\right)}{1 + \frac{k_2}{k_1}} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$$

$$\underline{R} = \frac{|B|^2}{|A|^2} = \underline{\frac{(k_1 - k_2)^2}{(k_1 + k_2)^2}}$$

da k_1 og k_2 er reelle kan A, B og C være reelle

$$T = \frac{v_2 |C|^2}{v_1 |A|^2}$$

generelt $mv = \hbar k \Rightarrow T = \frac{k_2 |C|^2}{k_1 |A|^2}$

da $2A = \left(1 + \frac{k_2}{k_1}\right) C$ fra tidligere

$$\Rightarrow \quad \frac{C}{A} = \frac{2}{1 + \frac{k_2}{k_1}} = \frac{2k_1}{k_1 + k_2}$$

$$\underline{T} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{4k_1^2}{(k_1+k_2)^2} = \underline{\frac{4k_1 k_2}{(k_1+k_2)^2}}$$

<u>iii</u>

$$\underline{R+T} = \frac{(k_1 - k)^2}{(k_1+k_2)^2} + \frac{4k_1 k_2}{(k_1+k_2)^2} = \underline{1}$$

Klassisk skulle ikke noen elektroner reflekteres idet de kommer inn i et område der de akselereres.

$$R + T = 1$$

$$\frac{|B|^2}{|A|^2} + \frac{v_2 |C|^2}{v_1 |A|^2} = 1$$

$$\Rightarrow \quad \underline{v_1 |A|^2 - v_1 |B|^2 = v_2 |C|^2}$$

iv. $x > 0$

$$S_x = v_2 \psi^* \psi = v_2 C^* e^{-ik_2 x} \cdot C e^{ik_2 x}$$

$$\underline{S_x = v_2 |C|^2}$$

etter iii blir for $x < 0$

$$\underline{S_x = v_1 |A|^2 - v_1 |B|^2}$$

S_x er netto sannsynlighetsstrømtetthet i retning pos. x-akse.