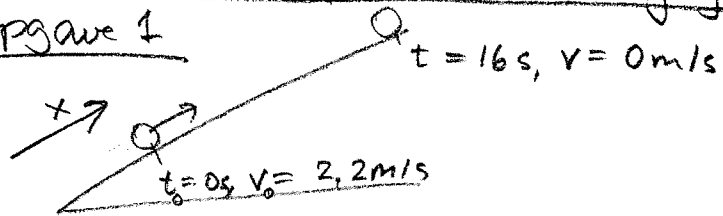


EKSAMEN Juni 2013. Løsningsforslag ^①

Oppgave 1



a) Har at $v = v_0 + at$

Da blir akselerasjonen:

$$\underline{a} = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 2.2 m/s}{16 s} = -0.138 m/s^2$$

$$= \underline{\underline{-0.14 m/s^2}}$$

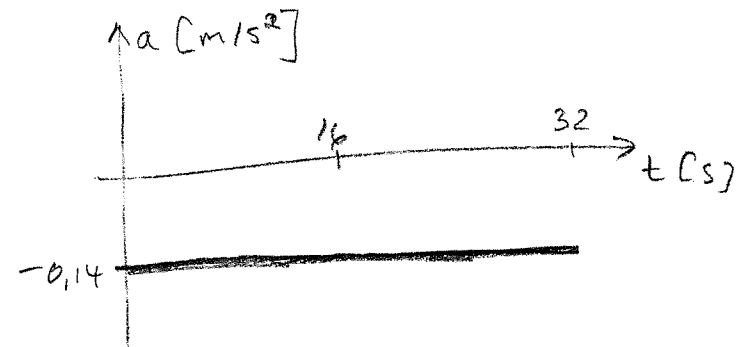
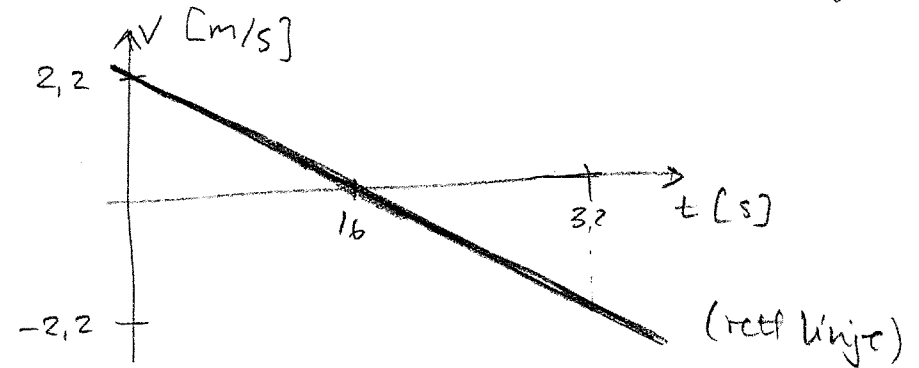
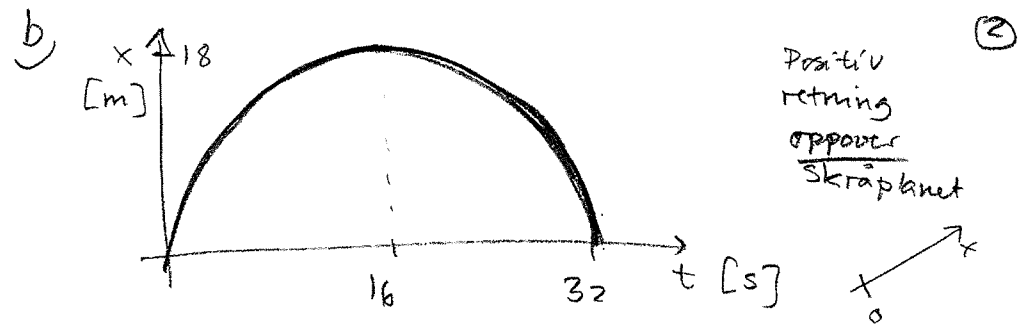
Ballen triller en distance x oppover. Har at

$$a(x - x_0) = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$$

$$x_0 = 0 m \text{ og } v = 0 m/s$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{x}} = \frac{-\frac{1}{2} v_0^2}{a} = \frac{-\frac{1}{2} \cdot (2.2 m/s)^2}{-0.138 m/s^2}$$

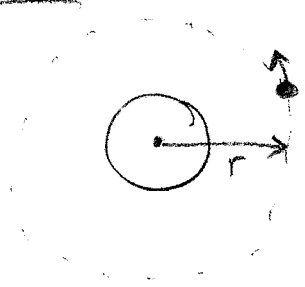
$$= 17.6 m \approx \underline{\underline{18 m}}$$



Akselerasjonen er konstant.

Etter 32 s er hastigheten 2.2 m/s rettet nedover skråplanet.

Oppgave 2



Satellitt i
geostasjonær
bane.

$$T = 24h = 24 \cdot 3600s$$

③

For sirkelbevegelse: $a_{\perp} = \frac{v^2}{r}$

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

Fra Newtons 2. lov:

$$\sum F = ma = m a_{\perp} = m \frac{v^2}{r}$$

Summen av kreftene på satellitten er gravitasjonskrafta:

$$\sum F = G \cdot \frac{m M_E}{r^2}$$

hvor M_E er jordens masse.

Da har vi

$$\begin{aligned} G \cdot \frac{m M_E}{r^2} &= m \frac{v^2}{r} \\ &= m \left(\frac{2\pi \cdot r}{T} \right)^2 \cdot \frac{1}{r} \\ &= \frac{m 4\pi^2 \cdot r}{T^2} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow G \cdot \frac{M_E}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad \text{④}$$

Løser med hensyn på r :

$$r^3 = \frac{G \cdot M_E}{4\pi^2} \cdot T^2$$

Baneradien blir da

$$r = \left(\frac{G \cdot M_E}{4\pi^2} \cdot T^2 \right)^{\frac{1}{3}}$$

q.e.d

b) Tyngdens akselerasjon i en avstand r fra jordens sentrum finnes fra

$$a = \frac{F}{m}$$

der F_g er tyngdekraften på masse m i den posisjonen

$$F_g = G \frac{M_E \cdot m}{r^2}$$

$$\text{Vi får da } a = G \cdot \frac{M_E}{r^2}$$

r finnes fra

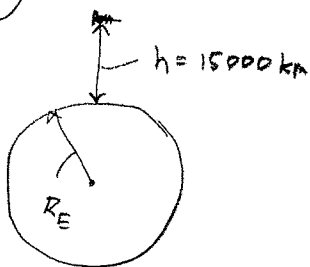
(5)

$$r = \left(\frac{G \cdot M_E}{4\pi^2} \cdot T^2 \right)^{\frac{1}{3}} = 4,224 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Tyngdens akselerasjon der satellitten befinner seg blir da

$$\begin{aligned} \underline{a} &= 667 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(4,224 \cdot 10^7 \text{ m})^2} \\ &= 0,2236 \text{ N/kg} \approx \underline{0,223 \text{ N/kg}} \\ &= \underline{0,223 \text{ m/s}^2} \end{aligned}$$

5



Skruen har først bare potensiell energi:

$$U_1 = -G \frac{M_E m}{R_E + h} \quad \text{og} \quad K_1 = 0.$$

Når den lander har den både potensiell og kinetisk energi:

$$U_2 = -G \frac{M_E m}{R_E} \quad \text{og} \quad K_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

Energibevaring gir

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

(6)

$$\Rightarrow -G \frac{M_E m}{R_E + h} = -G \frac{M_E m}{R_E} + \frac{1}{2} m v_2^2$$

Løser m.h.p v_2 :

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{\frac{2 G M_E h}{R_E (R_E + h)}} = 9368 \text{ m/s} \\ &\approx \underline{9,37 \text{ km/s}} \\ &= \underline{3,37 \cdot 10^3 \text{ km/t}} \end{aligned}$$

Oppgave 3

$$v = 0,8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 1,7 \text{ m}$$

Frekvensen til lydbølgen finnes fra

$$f = \frac{v_{\text{lyd}}}{\lambda} = \frac{344 \text{ m/s}}{1,7 \text{ m}} = \underline{\underline{202 \text{ Hz}}}$$

Når jeg nærmer meg kilden vil jeg høre en frekvens

$$\begin{aligned} f' &= f \left(1 + \frac{v_R}{v_{\text{lyd}}} \right) = 202 \left(1 + \frac{0,8}{344} \right) \text{ Hz} \\ &= 202,8 \text{ Hz} \\ &\approx \underline{\underline{203 \text{ Hz}}} \end{aligned}$$

og når jeg fjerner meg

$$f'' = f \left(1 - \frac{v_R}{v_{\text{lyd}}} \right) = 202,3 \text{ Hz} \approx \underline{\underline{202 \text{ Hz}}}$$

Med ett siffers nøyaktighet, som er det vi har, så er f' og f'' like $\underline{\underline{f' = f'' = 2 \cdot 10^2 \text{ Hz}}}$

⑦

Oppgave 4

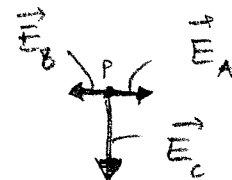
⊕

⊕

P.

⊕

a) Elektrisk felt fra A, B og C i punktet P.



Feltene er retta vekk fra hver kule. $\vec{E}_A$ og $\vec{E}_B$ er like store og motsatt retta siden A og B er i samme avstand fra P.

Totalfeltet i P:

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_C$$

Siden $\vec{E}_A = -\vec{E}_B$ er

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = \vec{E}_C$$

⑧

Størrelsen på totalfeltet:

(9)

$$\begin{aligned}\underline{E_{\text{tot}}} &= E_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_c}{r_{pc}^2} \\ &= k_e \cdot \frac{q_c}{r_{pc}^2} = 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{7,5 \cdot 10^{-6}}{(0,02)^2} \frac{N}{C} \\ &= 1,69 \cdot 10^8 \frac{N}{C} \approx \underline{\underline{1,7 \cdot 10^8 \frac{N}{C}}}\end{aligned}$$

Med positiv y-akse nedover
blir feltet

$$\underline{\vec{E}_{\text{tot}}} = 1,7 \cdot 10^8 \frac{N}{C} \cdot \hat{y}$$

↓ y

b)

Elektrostatisk potensial i punktet
P: Har bidrag fra alle tre
ladningene:

$$\begin{aligned}\underline{V} &= V_A + V_B + V_C \\ &= k_e \cdot \frac{q_A}{r_{AP}} + k_e \cdot \frac{q_B}{r_{BP}} + k_e \cdot \frac{q_C}{r_{PC}} \\ &= 8,99 \cdot 10^9 \cdot (+7,5 \cdot 10^{-6}) \left[\frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,02} \right] V \\ &= +6,07 \cdot 10^6 V \approx \underline{\underline{+6,1 \cdot 10^6 V}}\end{aligned}$$

(10)

Potensiell energi for ei kule
med ladning $q = -1,0 \cdot 10^{-6} C$ i
punktet P.

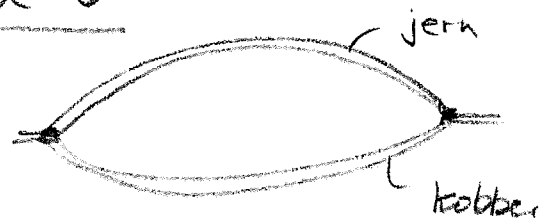
$$\begin{aligned}\underline{U} &= q \cdot V = -1,0 \cdot 10^{-6} \cdot (+6,1 \cdot 10^6) J \\ &= -6,07 J \approx \underline{\underline{-6,1 J}}\end{aligned}$$

g) Om kula i b får bevege
seg fritt vil den bevege seg
rett oppover, siden totalfeltet
i P er rettet nedover.

Krafta på kula er $\vec{F}_e = q \vec{E}$
og dermed motsatt rettet av det
elektriske feltet, siden $q < 0$.

Kreftene fra kulene i A og B
kansellerer hverandre i horisontal
retning, men vil gi bidrag til
totalkrafta nedover når kula er
kommet litt høyere enn P. Kraft-
bidragene fra A og B er mindre enn
fra C, siden de er lengre unna.

Oppgave 5



⑪

$$l = 10 \text{ m}$$

$$d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

a)

Motstanden til ledningene er:

$$R_{\text{jern}} = \rho_{\text{jern}} \cdot \frac{l}{A} = 10 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m} \cdot \frac{10 \text{ m}}{\pi \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 \text{ m}^2}$$

$$= 0,318 \Omega \approx \underline{\underline{0,32 \Omega}}$$

$$R_{\text{kobber}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{10}{\pi \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2} \Omega$$

$$= 0,0541 \Omega = \underline{\underline{0,054 \Omega}}$$

Strømmen gjennom jernledningene ⑫
er da

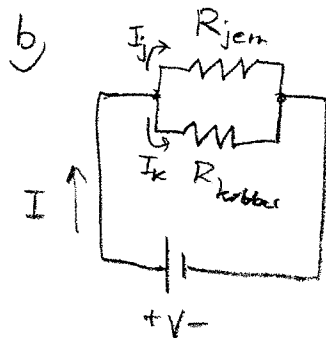
$$\underline{\underline{I_j}} = \frac{V}{R_{\text{jern}}} = \frac{20}{0,318} \text{ A} = 62,8 \text{ A} \approx \underline{\underline{63 \text{ A}}}$$

og gjennom kobberledningene:

$$\underline{\underline{I_k}} = \frac{V}{R_{\text{kobber}}} = \frac{20}{0,0541} \text{ A} = 369 \text{ A}$$

$$\approx \underline{\underline{3,7 \cdot 10^2 \text{ A}}}$$

Vi ser at $I_j + I_k = I$, som det skal være.



$$V = 20 \text{ V}$$

Strømmen i kretsen
finnes fra Ohms lov:

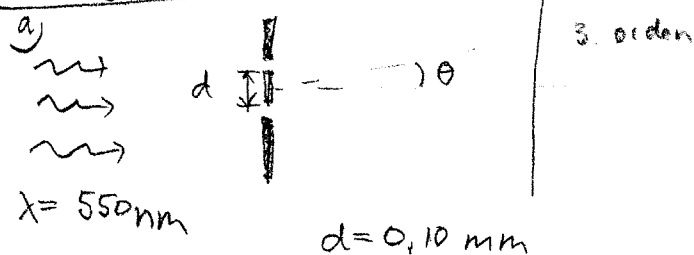
$$I = \frac{V}{R} \quad \text{hvor}$$

R er ekvivalentmotstanden
til de to trådene:

$$\underline{\underline{R}} = \frac{R_{\text{jern}} \cdot R_{\text{kobber}}}{R_{\text{jern}} + R_{\text{kobber}}} = \underline{\underline{0,046 \Omega}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{I}} = \frac{20 \text{ V}}{0,0462 \Omega} = \underline{\underline{432 \text{ A}}}$$

Oppgave 6



Vi får konstruktiv interferens for

$$d \cdot \sin \theta = n \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

3 ordens maksimum fås for vinkelen som oppfyller

$$\begin{aligned} d \cdot \sin \theta &= 3 \cdot \lambda \Rightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{3\lambda}{d}\right) \\ &= 0.0165 \text{ radianer} \\ &= 0.945^\circ \\ &\approx \underline{\underline{0.95^\circ}} \end{aligned}$$

(13)

b)

Kinetisk energi finnes fra

$$K = hf - \phi$$

Vi har at $\phi = 5.1 \text{ eV}$, og bruker at $f = \frac{c}{\lambda}$.

For fotoner med $\lambda = 230 \text{ nm}$ får vi

$$\begin{aligned} K &= 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2.998 \cdot 10^8}{230 \cdot 10^{-9}} \text{ J} - 5.1 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= \underline{\underline{4.72 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0.29 \text{ eV}}} \end{aligned}$$

og for fotoner med $\lambda = 700 \text{ nm}$

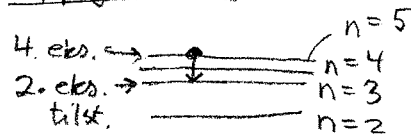
$$\begin{aligned} K &= 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2.998 \cdot 10^8}{700 \cdot 10^{-9}} \text{ J} - 5.1 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= \underline{\underline{-5.8 \cdot 10^{-19} \text{ J}}} \end{aligned}$$

Negativ kinetisk energi er ikke mulig. Fotoner med $\lambda = 700 \text{ nm}$ har ikke stor nok energi til å kunne løsrive elektroner fra gull!

(14)

Oppgave 7

(15)



$$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Grunn-tilstand $n=1$

Fotonenergien til lys som sendes ut er lik

$$\begin{aligned} E_{\text{foton}} &= E_5 - E_3 = -13,6 \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2} \right) \text{ eV} \\ &= 0,967 \text{ eV} = 1,547 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Dette tilsvarer en bølglengde på

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{1,547 \cdot 10^{-19}} \text{ m}$$

$$= 1,28 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1284 \text{ nm}$$

Baneradien for $n=3$

$$\underline{r_3} = a_0 \cdot n^2 = 0,0529 \text{ nm} \cdot 9 = 4761 \text{ nm}$$