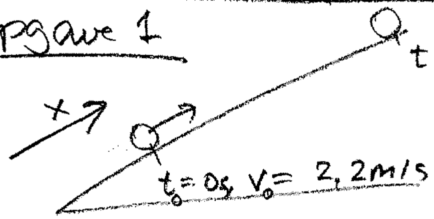
EKSAMEN Juni 2013. Løsningsforslag

Oppgave 1



a) Har at $v = v_0 + at$

Da blir akselerasjonen:

$$\underline{\underline{a}} = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 2{,}2\,\text{m/s}}{16\,\text{s}} = -0{,}138\,\text{m/s}^2$$

$$= \underline{\underline{-0{,}14\,\text{m/s}^2}}$$

Ballen triller en distanse x oppover. Har at

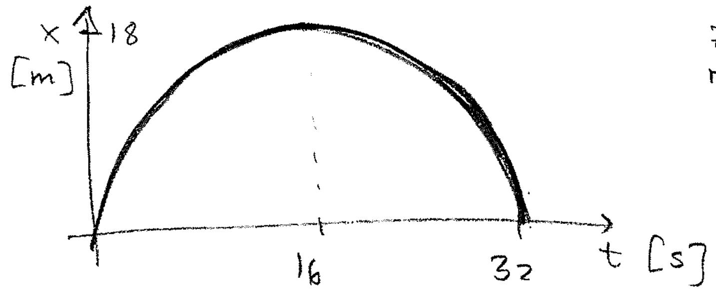
$$a(x - x_0) = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$$

$x_0 = 0$ m og $v = 0$ m/s

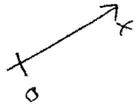
$$\Rightarrow \underline{\underline{x}} = \frac{-\frac{1}{2}v_0^2}{a} = \frac{-\frac{1}{2}\cdot(2{,}2\,\text{m/s})^2}{-0{,}138\,\text{m/s}^2}$$

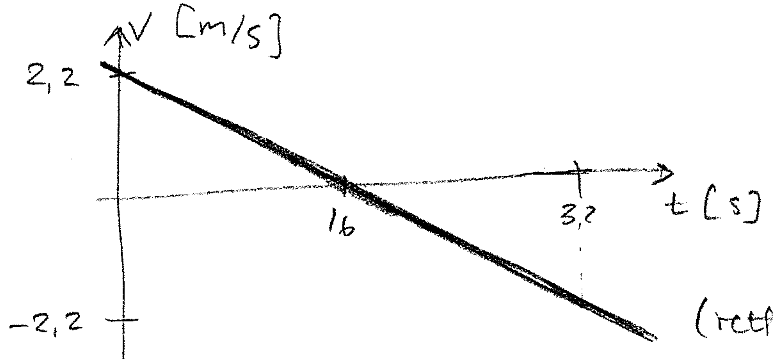
$$= 17{,}6\,\text{m} \simeq \underline{\underline{18\,\text{m}}}$$

b)

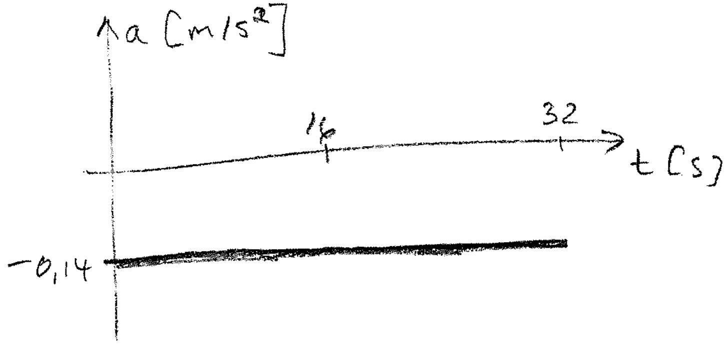


Positiv retning oppover skråplanet





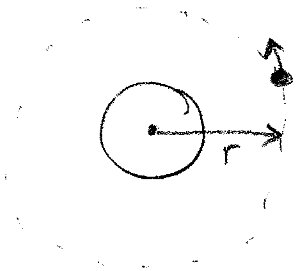
(rett linje)



Akselerasjonen er konstant.

Etter 32 s er hastigheten <u>2,2 m/s</u> rettet <u>nedover</u> skråplanet.

Oppgave 2



Satelitt i geostasjonær bane.

T = 24h = 24·3600s

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 satelitten er gravitasjonskrafta:

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

hvor M_E er jordas masse.

Da har vi

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

$$= m \left(\frac{2\pi \cdot r}{T}\right)^2 \cdot \frac{1}{r}$$

$$= \frac{m 4 \pi^2 \cdot r}{T^2}$$

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

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 jordas sentrum finnes fra

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

der F_g er tyngdekraften på masse m i den posisjonen

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

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

5

r finnes fra

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

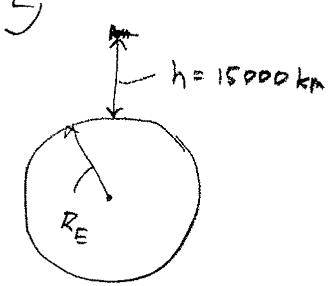
Tyngdens akselerasjon der satellitten befinner seg blir da

$$\underline{\underline{a}} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}98 \cdot 10^{24} kg}{(4{,}224 \cdot 10^7 m)^2}$$

$$= 0{,}2236 \, N/kg \simeq \underline{\underline{0{,}223 \, N/kg}}$$

$$= \underline{\underline{0{,}223 \, m/s^2}}$$

5



Skruen har først bare potensiell energi:

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

Når den lander har den både potensiell og kinetisk energi:

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

Energibevaring gir

6

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

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

Løser m.h.p v_2:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 G M_E h}{R_E (R_E + h)}} = 9368 \, m/s$$

$$\simeq \underline{\underline{9{,}37 \, km/s}}$$

$$= \underline{\underline{3{,}37 \cdot 10^3 \, km/t}}$$

Oppgave 3

Frekvensen til lydbølgen finnes fra $\underline{\underline{f}} = \frac{v_{lyd}}{\lambda} = \frac{344\ m/s}{1,7\ m} = \underline{\underline{202\ Hz}}$

Når jeg nærmer meg kilden vil jeg høre en frekvens

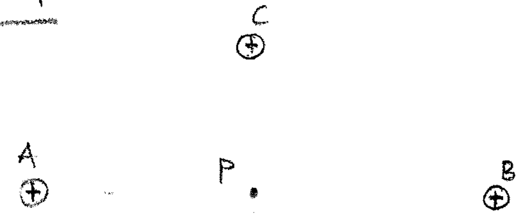
$$\underline{\underline{f'}} = f\left(1 + \frac{v_R}{v_{lyd}}\right) = 202\left(1 + \frac{0,8}{344}\right) Hz = 202,8\ Hz \simeq \underline{203\ Hz}$$

og når jeg fjerner meg

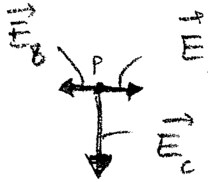
$$\underline{\underline{f''}} = f\left(1 - \frac{v_R}{v_{lyd}}\right) = 202,3\ Hz \simeq \underline{202\ Hz}$$

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

Oppgave 4



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:

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

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

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

Størrelsen på totalfeltet:

$$\underline{\underline{E_{tot}}} = E_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_c}{r_{PC}^2}$$

$$= k_e \cdot \frac{q_c}{r_{PC}^2} = 8{,}99\cdot10^9 \cdot \frac{7{,}5\cdot10^{-6}}{(0{,}02)^2}\,\frac{N}{C}$$

$$= 1{,}69\cdot10^8\ N/C \simeq \underline{\underline{1{,}7\cdot10^8\,\frac{N}{C}}}$$

Med positiv y-akse nedover blir feltet

$$\underline{\underline{\vec{E}_{tot} = 1{,}7\cdot10^8\,\frac{N}{C}\cdot\hat{y}}}$$

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

$$\underline{\underline{V}} = V_A + V_B + V_c$$

$$= k_e\cdot\frac{q_A}{r_{AP}} + k_e\,\frac{q_B}{r_{BP}} + k_e\,\frac{q_c}{r_{PC}}$$

$$= 8{,}99\cdot10^9\cdot(+7{,}5\ 10^{-6})\left[\frac{1}{0{,}05}+\frac{1}{0{,}05}+\frac{1}{0{,}02}\right]V$$

$$= +6{,}07\cdot10^6\,V \simeq \underline{\underline{+6{,}1\cdot10^6\,V}}$$

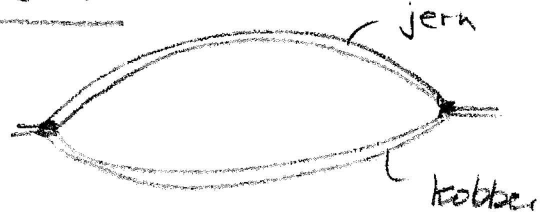
Potensiell energi for ei kule med ladning $q = -1{,}0\cdot10^{-6}\,C$ i punktet P.

$$\underline{\underline{U}} = q\cdot V = -1{,}0\ 10^{-6}\cdot(+6{,}1\cdot10^6)\ J$$

$$= -6{,}07\ J \simeq \underline{\underline{-6{,}1\ J}}$$

c) Om kula i b) får bevege seg fritt vil den bevege seg rett <u>oppover</u>, siden totalfeltet i P er rettet nedover.
Krafta på kula er $\vec{F}_e = q\vec{E}$ og dermed motsatt retta 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. Kraftbidragene fra A og B er mindre enn fra C, siden de er lengre unna.

Oppgave 5



$l = 10\,m$

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

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

a) Motstanden til ledningene er:

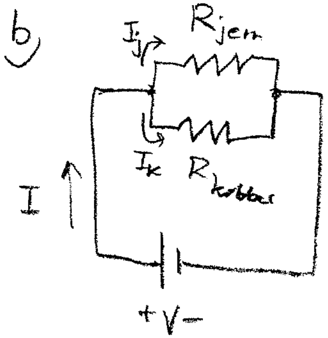
$$\underline{R_{jern}} = \rho_{jern}\cdot\frac{l}{A} = 10\cdot 10^{-8}\,\Omega m\cdot\frac{10\,m}{\pi\cdot\left(\frac{2\cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 m^2}$$

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

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

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

b)



$V = 20\,V$

Strømmen i kretsen finnes fra ohms lov:

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

R er ekvivalentmostanden til de to trådene:

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

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

Strømmen gjennom jernledningen er da

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

og gjennom kobberledningen:

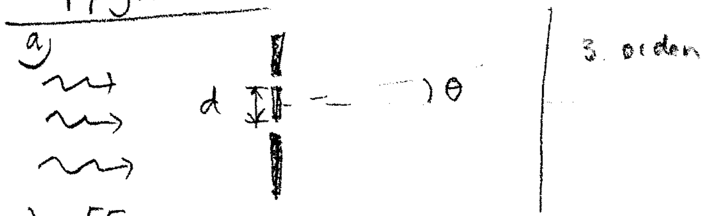
$$\underline{I_k} = \frac{V}{R_{kobber}} = \frac{20}{0{,}0541}\,A = 369\,A$$

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

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

Oppgave 6

a)



$\lambda = 550 nm$

$d = 0,10 mm$

Vi får konstruktiv interferens for

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

3. ordens maksimum fås for vinkelen som oppfyller

$$d \cdot \sin\theta = 3 \cdot \lambda \Rightarrow \underline{\underline{\theta}} = \arcsin\left(\frac{3\lambda}{d}\right)$$
$$= 0,0165 \text{ radianer}$$
$$= 0,945^\circ$$
$$\simeq \underline{\underline{0,95^\circ}}$$

b)

Kinetisk energi finnes fra

$$K = hf - \phi$$

Vi har at $\phi = 5,1 \, eV$, og bruker at $f = \frac{c}{\lambda}$.

For fotoner med $\lambda = 230 nm$ får vi

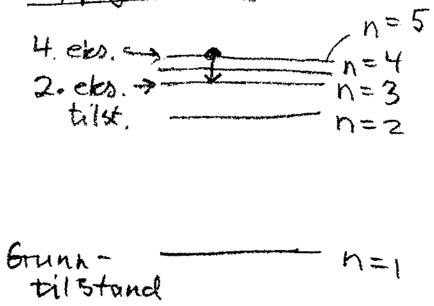
$$\underline{\underline{K}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2,998 \cdot 10^{8}}{230 \cdot 10^{-9}} J - 5,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J$$
$$= \underline{\underline{4.72 \cdot 10^{-20} J = 0,29 eV}}$$

og for fotoner med $\lambda = 700 nm$

$$\underline{K} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2,998 \cdot 10^{8}}{700 \cdot 10^{-9}} J - 5,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J$$
$$= \underline{\underline{-5,3 \cdot 10^{-19} J}}$$

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

Oppgave 7



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

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

Fotonenergien til lyset som sendes ut er lik

$$\underline{E_{foton}} = E_5 - E_3 = -13{,}6\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2}\right)eV$$

$$= \underline{0{,}967\,eV} = 1{,}547 \cdot 10^{-19}\ J$$

Dette tilsvarer en bølgelengde på

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

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

Baneradien for n = 3

$$\underline{\underline{r_3}} = a_0 \cdot n^2 = 0{,}0529\,nm \cdot 9 = \underline{\underline{4{,}761\,nm}}$$