Løsningsforslag til eksamen i FYS1000, 12/6 2017

Oppgave 1

a) Vi kaller energien til fotoner fra overgangen fra nivå 5 til nivå 2 for E_1 og fra nivå 2 til nivå 1 for E_2, og de tilsvarende bølgelengdene er λ_1 og λ_2. Da har vi at

$$E_1 = -\frac{B}{5^2} - \left(-\frac{B}{2^2}\right) = -B\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{21}{100}B$$
$$E_2 = -B\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}B > E_1$$

Vi har sammenhengen mellom bølgelengde og energi: $\lambda = \frac{hc}{E}$, og siden $E_2 > E_1$ blir $\lambda_2 < \lambda_1$.

b) Siden det er to partikler med massen lik elektronmassen m_e som annihileres, og det dannes to fotoner, må hvert foton ha en energi lik den som svarer til massen til ett elektron, $E = m_e c^2$. Dermed er bølgelengden $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{hc}{m_e c^2} = \frac{h}{m_e c} = 2,4 \cdot 10^{-12}$ m.

c) $v = f\lambda = 0,15$ Hz $\cdot\, 3,4$ m $= 0,51$ m/s.

d) Innfallsvinkelen er $\phi = 90° - 47° = 43°$. Hvis $n = 1,4$ er brytningsindeksen gir Snells lov $\sin\theta = n \sin\phi = 0,9548$. Da blir $\theta = 73°$.

e) Før den treffer fjæra: Kinetisk energi er $\frac{1}{2}mv^2$ og potensiell energi er 0.

Etter at den treffer fjæra: Kinetisk energi er 0 og potensiell energi er $\frac{1}{2}kx^2$.

Bevaring av energi betyr at

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

Da blir

$$x = \sqrt{\frac{mv^2}{k}} = 0,21 \text{ m}$$

f) Vi kaller lydfarten i luft for $v_1 = 340$ m/s og i vann $v_1 = 1500$ m/s. Hvis avstanden til ungen er s er tida lyden bruker i luft $t_1 = s/v_1$ og i vann $t_2 = s/v_2$. Tidsforskjellen er da

$$\Delta t = t_1 - t_2 = s\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right)$$

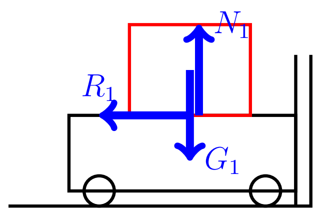
og vi finner strekningen

$$s = \Delta t \frac{v_1 v_2}{v_2 - v_1} = 50,5 \text{ m}.$$

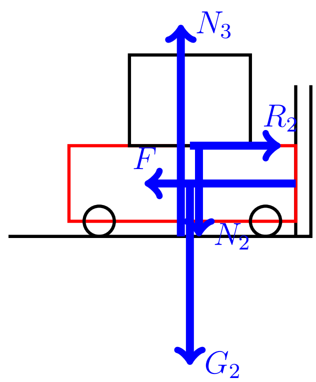
g) $p = p_0 + \rho g h = 101 \text{ kPa} + 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 300 \text{ m} = 3,04 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

h) For en isoterm prosess gjelder at $p_1 V_1 = p_2 V_2$. Vi har $V_1 = 1{,}0 \text{ m}^3$, $p_1 = 101$ kPa og $V_2 = 0,30 \text{ m}^3$. Da blir $p_2 = p_1 V_1 / V_2 = 3,4 \cdot 10^5$ Pa.

i) På klossen:



På vogna:



j) Dette er en seriekobling av to like parallellkoblinger med motstander på $2,0\Omega$ og $3,0\Omega$. Vi kaller resistansen i en slik parallelkobling for R_P, og da har vi

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{2,0\Omega} + \frac{1}{3,0\Omega}, \qquad R_P = 1,2\Omega$$

Totalresistansen blir $R_T = 2R_P = 2,4\Omega$ siden vi har to i serie. Da blir strømmen $I = U/R_T = 2,5$ A.

k) Potensiell energi i starten er mgh og kinetisk energi 0. På den andre bakketoppen er potensiell energi 0 og kinetisk energi $\frac{1}{2}mv^2$. Energibevaring gir farten $v = \sqrt{2gh}$. På bakketoppen virker tyngdekraften (nedover) og normalkraften (oppover), og summen av disse utgjør sentripetalkraften: $G - N = m\frac{v^2}{r}$. Den mister kontakt med bakken når $N = 0$, og da får vi

$$G = mg = m\frac{v^2}{r} = m\frac{2gh}{r}$$

Og da blir $h = \frac{r}{2} = 18$ m.

l) Se læreboka s 546.

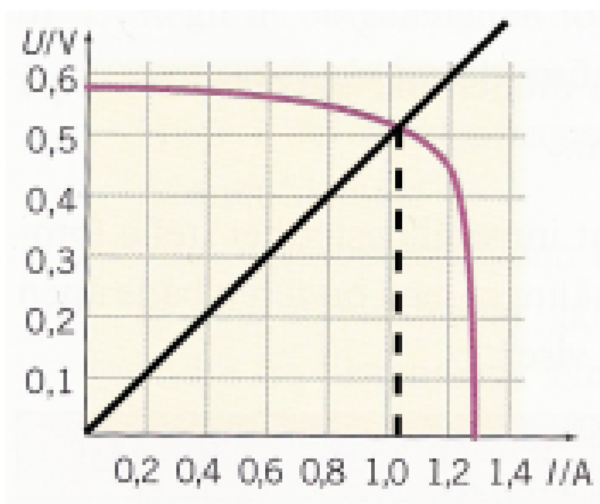
m) Feltet fra en rett leder med strømmen I er $B = k_m \frac{I}{r}$. Da blir strømmen $I = \frac{Br}{k_m} = 0,75$ kA.

n) Vi velger positiv positiv normal inn i planet, i samme retning som magnetfeltet. Positiv retning rundt ringen er da med klokka. Da blir fluksen positiv, og økende siden mer og mer av ringen er innenfor feltet. Det betyr at fluksendringen $\Delta\phi > 0$ og den induserte strømmen $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} < 0$. Den induserte strømmen går altså i motsatt retning av den positive retningen, altså mot klokka.

Oppgave 2

a) Fra grafen ser vi at hvis strømmen er 0,8 A så er spenningen ca 0,55 V. Det gir R_1 =0,55 V/0,8 A = 0,69Ω.

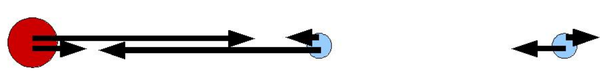
b) Vi vet at $U = R_2 I$ samtidig som U og I skal ligge på grafen gitt i oppgaven. Det betyr at vi finner den riktige verdien for strømmen der linja $U = R_2 I$ skjærer grafen.



Vi kan lese av at $I = 1,05$ A.

Oppgave 3

a)



Hvis vi setter kraften mellom de to elektronene til 1 kraftenhet er kraften mellom de midterste elektronet og atomkjernen 8 kraftenheter siden ladningen til kjernen er 8. Siden avstanden mellom kjernen og det borterste elektronet er dobbelt så stor blir kraften fire ganger mindre, altså 2 kraftenheter.

b) Summen av kreftene på det midterste elektronet er 9 kraftenheter, mens på det borterste elektronet er den 1 kraftenhet. Kraftsummen på det midterste elektronet er altså 9 ganger kraftsummen på det borterste.

Oppgave 4

a) Temperaturøkningen er $\Delta T = 65$ K, og massen vann som varmes på en timer er $m = 6,5$ kg. Varmekapasiteten til vann finner vi fra tabellen: $c = 4,2$ kJ/kg K, og dermed får vi at varmen som må tilføres vannet er $Q = cm\Delta T = 1,77 \cdot 10^6$ J. Effekten er $P = Q/t = Q/3600 \text{ s} = 0,49$ kW.

b) Vi kaller arealet A og solstrålingens intensitet I. Innkommende (absorbert) effekt er $P_{inn} = IA$ og utstrålt effekt $P_{ut} = \sigma AT^4$. Temperaturen må stille seg inn slik at det er balanse: $\sigma AT^4 = IA$. Da blir $T = \sqrt[4]{\frac{I}{\sigma}} = 355K = 82°\text{C}$.

c) La $\varepsilon_s = 0,98$ være emissiviteten for bølgelengder der sollyset har stor intensitet og $\varepsilon_v = 0,04$ være emissiviteten for bølgelengder der varmestrålingen fra solfangeren har stor intensitet. Absorbert effekt er $P_{inn} = \varepsilon_s IA$ og utstrålt effekt $P_{ut} = \varepsilon_v \sigma AT^4$. Dermed må vi ha $\varepsilon_v \sigma AT^4 = \varepsilon_s IA$ og da blir $T = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_s I}{\varepsilon_v \sigma}} = 790K = 517°\text{C}$.

d) Vi ser av grafen at emissiviteten faller bratt rundt en bølgelengde på 3 μm. For mye kortere bølgelengder kan det godt stemme med 0,98, og for mye lengre ser 0,04 ut til å være realistisk. Hvis vi skal bruke disse verdiene slik vi gjorde i forrige spørsmål må all stråling fra sola ha en bølgelengde kortere enn ca 2 μm og all varmestråling fra solfangeren en bølgelengde over ca 5 μm. I prinsippet kan vi finne hvor mye stråling som sendes ut ved alle bølgelengder (Plancks strålingslov), men det er ikke pensum. Vi kan gjøre en vurdering ved å regne ut ved hvilke bølgelengder vi har maksimal intensitet.

$$\text{For sola: } \lambda_{maks,sol} = \frac{a}{T_{sol}} = \frac{a}{5780 \text{ K}} = 0,50\mu\text{m}$$
$$\text{For solfanger: } \lambda_{maks,solfanger} = \frac{a}{T_{solfanger}} = \frac{a}{790 \text{ K}} = 3,7\mu\text{m}$$

Vi ser at sola har maksimal intensitet godt under 2 μm, og det er rimenlig å regne emissiviteten konstant lik 0,98 for den. For solfangeren er temperaturen høy nok til at maskimal bølgelengde ligger i området der emissiviteten varierer, og en god del av strølingen vil ha en emissivitet større enn 0,04. Solfangeren stråler altså ut energi mer effektivt enn vi antok over, og det betyr at den virkelige temperaturen ikke blir så høy som den vi regnet ut.

Oppgave 5

a) Kraftmomentet for tyngden om punkt A er $M_G = Gd$, der $d = 0,10$ m er avstanden fra A til senterlinjen. Kraftmomentet for kraften F_a om punkt A er $M_F = F_a h$, der $h = 1,5$ m. Personen velter akkurat idet de to kraftmomentene er like: $Gd = F_a h$ som betyr at $F_a = Gd/h = mgd/h = 49$ N.

b) Øke avstanden mellom beina, slik at d blir større. Lene seg mot der kraften F_a kommer fra, som også gjør d større.