

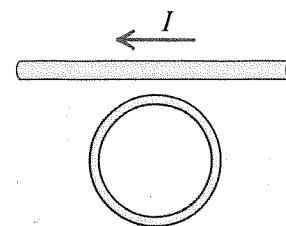
FYS-1130 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboriorioharjoitukset / Niemi

2. välikoe ja tentti 17.12.2018

Kokeessa saa olla mukana laskin, jos se ei ole ohjelmitava. Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella.

Halutessasi voit tehdä 2. välikokeen (tehtävät 1-5), tentin (tehtävät 3-7) tai molemmat (1-7).

Kirjoita vastauspaperin etusivulle, mikäli olet sopinut luennoijan kanssa erityisjärjestelyistä.



1. (VK) Vastaa mahdollisimman lyhyesti, max. 8 rivillä: **a)** Ympyränmuotoinen johdinsilmukka on suoran johtimen vieressä. Suorassa johtimessa kulkeva virta I pienenee tasaisesti. Perustelee vaiheittain minkä suuntaisen virran tämä aiheuttaa johdinsilmukkaan. **b)** Selitä lyhyesti, halutessasi kaavojen avulla, kuinka mekaaninen liike voidaan muuttaa sähkövirraksi. Anna myös jokin (todellinen tai keksitty) esimerkki tätä hyödyntävästä sovelluksesta.

2. (VK) Sinimuotoinen sähkömagneettinen aalto etenee tyhjiössä $+x$ -suuntaan. Aallon sähkökenttä on koko ajan y -akselin suuntainen, ja sen amplitudi on $3 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$. Aallon taajuus on $5.70 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$. Kirjoita vektorimuotoiset, ajasta riippuvat lausekkeet **a)** aallon magneettikentälle, **b)** aallon Poyntingin vektorille.

3. (VK+T) Matka eräälle maan suhteen levossa olevalle tähdelle on 120 valovuotta maasta mitattuna. Valovuosi on valon vuodessa kulkema matka. **a)** Jos avaruusalus etenee nopeudella $0.800c$ maan suhteen, kuinka pitkältä matka vaikuttaa sen kyydissä olevasta astronautista? Anna vastauksesi valovuosissa. **b)** Kuinka kauan matkassa kuluu aikaa aluksen koordinaatistossa mitattuna? **c)** Mikä on lepokoordinaatisto kohdan **a** mittauksessa? Entä kohdassa **b**?

4. (VK+T) **a)** Selitä lyhyesti, max. 8 rivillä, mitä tarkoittaa De Broglie -aineaallo. Mikä on De Broglie -aineaallon aallonpituuden yhteys hiukkasen massaan?

b) Tarkastellaan elektronia pitkässä orgaanisessa molekyylissä, jossa se käyttäytyy kuten hiukkanen potentiaalilaatikossa. Elektronilla on kolme sidottua tilaa, joista perustilan energia on 1.0 eV , ja viritettyjen tilojen vastaavasti 3.6 eV ja 7.6 eV . Mikä on fotonin aallonpituus, joka virittelee elektronin perustilalta toiselle viritetylle tilalle? **c)** Jatketaan **b)**-kohdan fotonin ja elektronin parissa. Mitä eri vaihtoehtoja elektronilla on palata toiselta viritetyltä tilalta takaisin perustilalle? Mitkä ovat eri vaihtoehtoisissa emittoituvien fotonien aallonpituudet?

5. (VK+T) Ukkospilvissä väitetään tapahtuvan kuvan mukainen ydinreaktioketju. Teoriaa selittävät kaksi havaintoa: isotoopin $^{13}_6\text{C}$ kohonnut pitoisuus ilmakehässä ukkosen jälkeen, ja gammasäteily, jonka energia on 0.511 MeV .

a) Mikä on ketjun lopputuotteena syntyneen fotonin aallonpituus, jos sen energia on 0.511 MeV ? Entä kuinka suurta lepomassan muutosta se vastaisi?

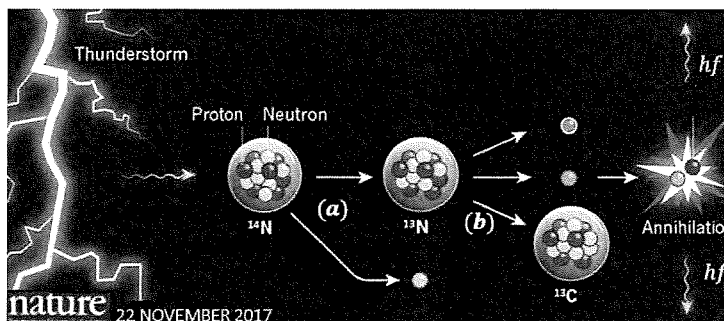
b) Kirjoita reaktioyhtälö (**b**), kun $^{13}_7\text{N}$ hajoaa $^{13}_6\text{C}$:ksi.

c) Osoita, että reaktio (**b**) voi tapahtua spontaanisti.

Saatat tarvita jotain seuraavista atomimassoista:

$$m(^{14}_7\text{N}) = 14.003074u, m(^{13}_7\text{N}) = 13.005739u,$$

$$m(^{13}_6\text{C}) = 13.003355u. \text{ Elektronin, protonin ja neutronin massat löytyvät kaavakokoelmasta.}$$

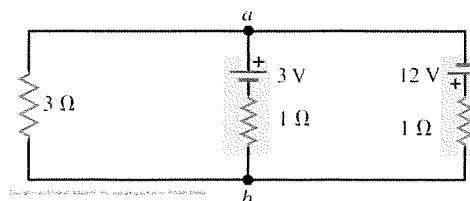


6. (T) Pitkän, sylinterimäisen johtimen ympyränmuotoisen poikkileikkauksen säde $R = 0.020 \text{ m}$. Johtimessa kulkee tasaisesti johtimen poikkipinta-alalle jakautunut vakiovirta $I = 2.50 \text{ A}$. Laske Ampèren lain avulla virran aiheuttaman magneettikentän suuruus kolmella eri etäisyydellä r johtimen keskiakselista:

a) $r = 0.010 \text{ m}$, **b)** $r = 0.020 \text{ m}$, ja **c)** $r = 0.030 \text{ m}$.

7. (T) Oheisessa kytkennässä on kaksi jännitelähdettä kytketty rinnan kuormavastuksen kanssa. **a)** Laske virrat piirin jokaisessa haarassa.

Muista merkitä myös virtojen suunnat. **b)** Kuinka suuri on ns. efektiivinen lähdejännite, eli jännite napojen **a** ja **b** välissä?



FYS-1130 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset / Niemi

Kokeessa mahdollisesti tarvittavia kaavoja ja vakioita

Kaavoja

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = AB \cos \phi$$

$$\vec{V} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k} \right)$$

1. välikokeen alue

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

$$\vec{E} = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

$$p = qd$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$$

$$W = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = -\Delta U$$

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i>1} \frac{q_i}{r_{0,i}}$$

$$V = \frac{U}{q_0}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

$$W_{ab} = q_0(V_a - V_b) = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{E} = -\nabla V$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$U = \frac{1}{2} QV$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$C = KC_0$$

$$E = \frac{E_0}{K}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\vec{J} = nq \vec{v}_d$$

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))$$

$$R = \rho \frac{d}{A}$$

$$V = RI$$

$$\mathcal{E} = V_{ab} = V_a - V_b$$

$$\Delta V_{circuit} = 0$$

$$P = V_{ab} I$$

$$\sum I = 0$$

$$q(t) = C\mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{\mu} = NI\vec{A}$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$B = \mu_0 n I$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl}$$

$$\vec{B} = K_m \vec{B}_0$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M}$$

2. välikokeen alue

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} (\Phi_E)$$

$$M = N_2 \frac{\Phi_{B2}}{i_1}$$

$$V_{ab} = L \frac{di}{dt}$$

$$L = N \frac{\Phi_B}{i}$$

$$U = \frac{1}{2} L i^2$$

$$u = \frac{1}{2K_m \mu_0} B^2$$

$$i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \right)$$

$$E = cB$$

$$c^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

$$\vec{E} = E_{max} \hat{j} \cos(kx \mp \omega t)$$

$$\vec{B} = \pm B_{max} \hat{k} \cos(kx \mp \omega t)$$

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{KK_m}$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$I = \frac{P_{ave}}{A} = S_{ave}$$

$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{max}^2$$

$$P_{rad} = I/c$$

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$$

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1-u^2/c^2}$$

$$x' = \gamma(x - ut)$$

$$y' = y; z' = z$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{ux}{c^2} \right)$$

$$v_x' = \frac{v_x - u}{1 - \frac{uv_x}{c^2}}$$

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$E = K + mc^2$$

$$E = \gamma mc^2$$

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

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

$$E = pc$$

$$K_{max} = hf - \Phi = eV_0$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$hf = E_f - E_i$$

$$E_n = -13.60 \text{ eV} \frac{1}{n^2}$$

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial}{\partial x^2} \psi(x) + \right.$$

$$\left. U(x) \psi(x) \right) = E \psi(x)$$

$$P(x) = |\Psi(x, t)|^2$$

$$P(x, x + dx) = |\Psi(x, t)|^2 dx$$

$$E_n = \frac{\hbar^2}{8mL^2} n^2$$

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

$$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$$

$$E_B = \Delta mc^2$$

$$Q = (\sum m_i - \sum m_f) c^2$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right|$$

Vakioita

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$m_e = 0.000548580 \text{ u}$$

$$u = 1.660538782 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$c^2 = 931.5 \text{ MeV/u}$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$