

FYS-1130 Insinöörifysiikka II teoria ja laboratorioharjoitukset / Niemi

1. välikoe 16.10.2018

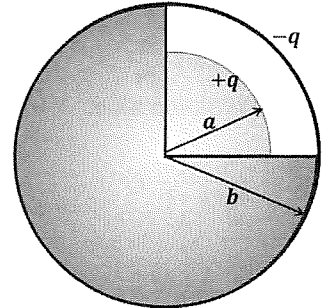
Kokeessa saa olla mukana laskin, jos se ei ole ohjelmoitava.

Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella.

1. Johdemateriaalista tehty pallokondensaattori koostuu umpinaisesta pallosta, jonka säde on a ja varaus $+q$, sekä ontosta pallonmuotoisesta metallikuoresta, säde b ja varaus $-q$ (voit olettaa kuoren paksuuden hyvin ohueksi).

a) Johda Gaussin lain avulla sähkökentän lauseke välillä $0 < r < a$, $a < r < b$ ja $r > b$. Muista perustella valitsemasi Gaussin pinta/pinnat ja merkitä sähkökentän suunta eri tilanteissa. (5p)

b) Kumpi kappaleista on korkeammassa potentiaalissa? (1p)



2. Kaksi samansuuntaista, toisistaan eristettyä metallilevyä on varattu yhtä suurilla, mutta vastakkaismerkkisillä varauksilla. Levyjen etäisyys on 0.380 cm ja niiden välissä on tyhjiö. Pintavaraustiheyksien suuruudet levyillä ovat 74.7 nC/m^2 .

a) Laske potentiaaliero levyjen välillä. (2p)

b) Laske sähkökentän elektroniin tekemän työn suuruus, kun elektroni (varaus $-e$) siirtyy levyltä toiselle. (2p)

c) Kun levyjen välinen tila täytetään eristeellä, potentiaaliero onkin enää vain puolet a-kohdan tuloksesta. Laske eristemateriaalin eristevakio. (2p)

3. Yhden kilometrin mittainen kaapeli, jonka poikkileikkaus on 0.500 cm^2 , valmistetaan puoliksi kuparista (resistiivisyys $\rho_{Cu} = 0.017 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$) ja puoliksi alumiinista ($\rho_{Al} = 0.028 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$). Kaapeli voidaan valmistaa punomalla kuparinen ja alumiininen osio vierekkäin tai juottamalla ne peräkkäin.

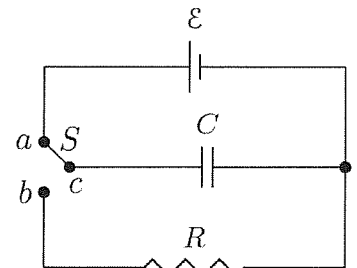
a) Laske kaapelin kokonaisresistanssi molemmissa tapauksissa. (4p)

b) Mikä on pienin teho, jolla energiaa kuluu kaapelissa, kun siinä kulkee 120 A:n virta? (2p)

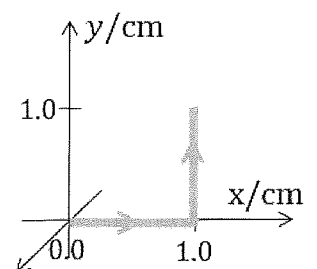
4. Kun oheisessa virtapiirissä kytkin S on kuvan mukaisessa asennossa, jännitelähde lataa kondensaattoria.

a) Kirjoita silmukkayhtälö ja laske kondensaattorin varaus, kun $\mathcal{E} = 12.0 \text{ V}$ ja $C = 6.0 \mu\text{F}$. (3p)

b) hetkellä $t=0$ kytkin S käännetään yläasennosta (c kytketty a:han) alasetoon (c kytketty b:hen). Kirjoita nyt silmukkayhtälö. Kuvaile sanallisesti, kuinka kondensaattorin varaus alkaa muuttua. Pohdi asiaa myös ajan kannalta eli mikä vaikuttaa varauksen muuttumiseen nopeuteen? (Kuvaajan tai kaavankin voi esittää, mutta sanallinen kuvaus riittää.) Resistanssin suuruus on $R = 10.0 \text{ k}\Omega$. (3p)



5. Tarkastellaan xy -tasossa sijaisevaa johdinta, jonka toinen pää on kuvan mukaisesti origossa ja toinen pisteessä $(1.0\text{cm}, 1.0\text{cm})$. Johtimessa kulkee 5.2 mA :n virta pois päin origosta. Laske johtimeen vaikuttava (vektorimuotoinen) kokonaisvoima, kun alueella vaikuttaa magneettikenttä $\vec{B} = (6.25\text{T/m})y\hat{i} - (2.25\text{T/m})y\hat{j}$. (6p)



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

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

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

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

$$p = qd$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$C = KC_0$$

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

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

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

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

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

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

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

$$V = RI$$

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

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

$$P = V_{ab} I$$

$$\sum I = 0$$

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

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

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

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

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

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

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

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

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

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

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

$$B = \mu_0 n I$$

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

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

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

2. välikokeen alue

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

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

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

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

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

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

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

$$U = \frac{1}{2} Li^2$$

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

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

$$E = cB$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E = K + mc^2$$

$$E = \gamma mc^2$$

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

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

$$E = pc$$

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

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

$$hf = E_f - E_i$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_B = \Delta mc^2$$

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

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

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

Vakioita

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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