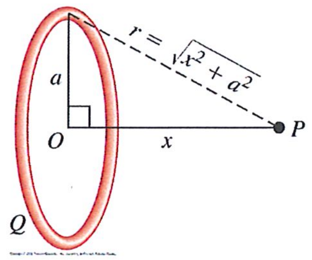
FYS.103 Yliopistofysiikka 3, syksy 2022

Etätentti 7.12.2022

- **Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.**
- **Kokeessa saa olla mukana itse käsin kirjoitettu lunttilappu (yksi A4, molemmat puolet). Lunttilappu tulee palauttaa koepaperin mukana.**
- Kääntöpuolella kaavoja ja vakioita.

(1) Tiettyä vastusta halutaan käyttää lämpötilamittarina, sillä sen resistanssin suuruus riippuu lämpötilasta. Tätä tarkoitusta varten vastus kytketään jännitelähteeseen, jonka $\mathcal{E} = 4.50\,\mathrm{V}$ ja sisäresistanssi $r \approx 0$. Mitattaessa vastuksen läpi kulkevaa virtaa saadaan tulokseksi $15.0\,\mathrm{mA}$, kun lämpötila on $10.0°\mathrm{C}$ ja $16.2\ \mathrm{mA}$ lämpötilan ollessa $20.0°\mathrm{C}$.
a) Mikä on vastuksen resistanssin lämpötilakerroin?
b) Mikä on vastuksen läpi kulkevan virran suuruus lämpötilassa $25.0°\mathrm{C}$?

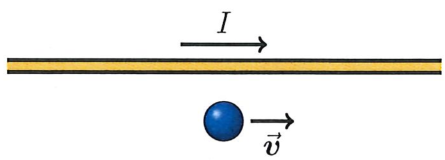
(2) Positiivinen varaus $Q = 2.0\,\mathrm{nC}$ on jakautunut tasaisesti ympyrän kehälle viereisen kuvan mukaisesti. Varauksen Q aiheuttama potentiaali symmetria-akselin pisteessä P (x-akselilla kuvassa) voidaan kirjoittaa muodossa



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{\sqrt{x^2+a^2}},$$

missä $a = 5.0\,\mathrm{cm}$ on kehän säde ja x etäisyys ympyrän keskipisteestä. Varaus Q kiihdyttää elektronia, joka kulkee x-akselia pitkin. Mikä on elektronin vauhti sen kulkiessa ympyrän keskipisteen läpi, jos se lähtee levosta kaukaa ympyrästä ($x \approx \infty$) liikkeelle?

(3) Negatiivinen pistevaraus ($q = -2.0\,\mathrm{nC}$) kulkee pitkän, suoran johtimen vieressä nopeudella, jonka suuruus on $1.5 \cdot 10^4\,\mathrm{m/s}$ ja suunta on sama kuin johtimessa kulkevan virran ($I = 1.2\,\mathrm{A}$).



a) Laske varaukseen kohdistuvan magneettisen voiman suuruus, kun varauksen etäisyys johtimen keskiakselista on $1.2\,\mu\mathrm{m}$. Voit laskea virtajohtimen aiheuttaman magneettikentän käyttäen sopivaa kaavakokoelman kaavaa tai Ampèren lain avulla. (4p)
b) Selvitä perustellen varaukseen kohdistuvan voiman suunta. (2p)

(4) Ympyränmuotoisen poikkileikkauksen omaava kela toimii vaihtojännitelähteenä. Kelan säde on 5.00 cm ja siinä on tasan 200 kierrosta. Kela on tasaisessa magneettikentässä, jonka suuruus on $0.250\,\mathrm{T}$. Kelan taso on kohtisuorassa magneettikentän suuntaa vastaan ajan hetkellä $t = 0$ ja sitä pyöritetään vakiokulmanopeudella $295\,\mathrm{rad/s}$ magneettikenttää vastaan kohtisuoran akselin ympäri.
a) Kirjoita kelaan indusoituneen emf:n suuruus ajan funktiona.
b) Kela on kytketty vastukseen, siten että piirin kokonaisresistanssi on $6.2\ \mathrm{k\Omega}$. Kuinka suuri virta kulkee vastuksen läpi hetkellä $t = 50.0$ ms?

(5) Selitä lyhyesti (n. viisi riviä/kohta riittää).
a) Amperen lain avulla voidaan laskea pitkän suoran virtajohtimen aiheuttama magneettikenttä johtimen ympärillä. Lasku perustuu siihen että reitti-integraali $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ voidaan kirjoittaa muodossa $B2\pi r$. Miksi näin voidaan tehdä, ja millainen reitti tällöin on valittu? (3p)
b) Millä tavoin eristeen lisääminen kondensaattorin levyjen väliin parantaa kondensaattorin ominaisuuksia? Mainitse ainakin kolme eristeen ominaisuutta, jotka parantavat tilannetta suhteessa ilmaeristykseen. (3p)

FYS.103 Yliopistofysiikka 3, kaavakokoelma

$g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$
$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{TmA^{-1}}$
$e = 1.602 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$
$m_e = 9.109 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$
$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5}\,\mathrm{eV/T}$
$k = 1.381 \times 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$

$\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = (A_yB_z - A_zB_y)\hat{\boldsymbol{\imath}} + (A_zB_x - A_xB_z)\hat{\boldsymbol{\jmath}} + (A_xB_y - A_yB_x)\hat{\boldsymbol{k}}$

Pallo: $A = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \qquad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

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

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

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

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

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r} \qquad V = \frac{U}{q_0}$$

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

$$W_{a\to b} = q_0(V_a - V_b) = U_a - U_b$$

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

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \qquad C = \epsilon\frac{A}{d}$$

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

$$U = \frac{Q^2}{2C} \qquad u = \frac{1}{2}\epsilon E^2$$

$$C = KC_0 \qquad \epsilon = K\epsilon_0$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad J = \frac{I}{A}$$

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d \qquad \vec{E} = \rho\vec{J}$$

$$\rho(T) = \rho_o\,[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \qquad \rho = \frac{m}{ne^2\tau}$$

$$V = IR \qquad P = V_{ab}I$$

$$\sum I_{\mathrm{in}} = \sum I_{\mathrm{out}} \qquad \sum V = 0$$

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

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B} + \vec{E})$$

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

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \qquad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

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

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

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

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

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

$$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\mathrm{total}}}{V}$$

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

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0\left(i_c + \epsilon\frac{d\Phi_E}{dt}\right)_{\mathrm{encl}}$$

$$M = \frac{N_2\Phi_{B,2}}{i_1} \qquad \mathcal{E}_2 = -M\frac{di_1}{dt}$$

$$L = \frac{N\Phi_B}{i} \qquad \mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \qquad u = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}(1 - \mathrm{e}^{-tR/L})$$