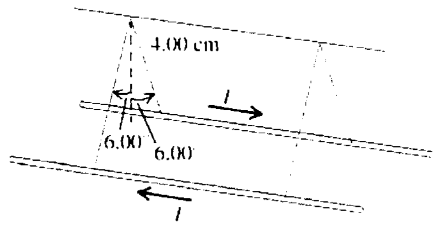
Fysiikka V: Sähkömagnetismi (FYSP105) **TENTTI 10.09.2010**

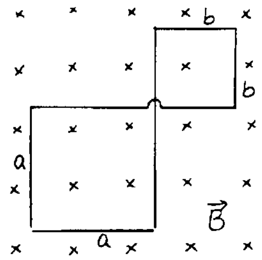
Sosiaaliturvatunnus vastauspaperiin

1. Kaksi pitkää suoraa yhdensuuntaista johdinta riippuu 4.00 cm pitkien lankojen varassa vaakasuorasta akselista. Johtimien pituusmassa on 0.0125 kg/m ja niissä kulkee yhtä suuri virta vastakkaisiin suuntiin. Laske virta, kun ripustuslangat muodostavat tasapainotilanteessa 6.00° kulman pystysuoran suhteen.



2. Litteä johdinlevy, jonka paksuus on 0.20 mm ja leveys 25.0 mm, ja jossa kulkee 150 mA virta, asetetaan levyä vastaan kohtisuoraan magneettikenttään. Laske kentän vuon tiheys, jos levyn laitojen välille indusoituu 45.0 mV suuruinen Hall-jännite. Johtimessa olevien vapaiden elektronien tiheys on 7.1×10^{22} kpl/m^3.

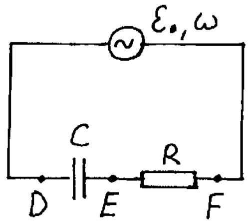
3. Suljettu "kahdeksikon" muotoinen virtasilmukka muodostuu kahdesta neliöstä, joiden sivut ovat a ja b ($a>b$; ks. kuva). Silmukkalangan sähkövastus pituusyksikköä kohti on λ. Silmukka on homogeenisessa silmukan tasoa vastaan kohtisuorassa magneettikentässä (suunta katsojasta poispäin), jonka vuon tiheys kasvaa tasaisesti vauhdilla dB/dt. Laske silmukkaan indusoituva sähkövirta ja ilmaise myös virran suunta.



4. Fyysikko kytkee erään kelan paristoon, jonka lähdejännite on 3.00 V. Tällöin piirin virta vakiintuu ajan myötä arvoon 24.5 A. Virran vakiinnuttua hän oikosulkee pariston yhtäkkisesti, jolloin hän toteaa piirin virran vaimenevan arvoon 12.0 A ajassa 12.5 s. Laske kelan induktanssi ja resistanssi. Piirin muiden osien resistanssia ei tarvitse ottaa huomioon.

5. Satelliitti 575 km korkeudella maan pinnasta lähettää sinimuotoista sähkömagneettista säteilyä, joka suuntautuu tasaisesti kaikkiin suuntiin. Lähetysteho on 25.0 kW ja taajuus 92.4 MHz.
   a) Laske säteilyn intensiteetti vastaanottimella, joka on maan pinnalla suoraan satelliitin alapuolella.
   b) Laske säteilyn sähkökentän ja magneettikentän vuon tiheyden amplitudit vastaanottimella.
   c) Kuinka suurella voimalla säteily vaikuttaa vastaanotinpaneeliin, joka on täysin absorboiva 15.0 cm × 40.0 cm kokoinen levy kohtisuorassa tulevaa säteilyä vastaan.

6. Vaihtovirtapiirissä on kuvion mukaisesti kytketty kondensaattori ja vastus sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cos(\omega t)$. Kytkettäessä vaihtojännitemittari (ts. mittari, joka mittaa kytkentäpisteiden välisen vaihtojännitteen tehollisen arvon) kuvion pisteiden D ja E välille, mittarilukema on 55.3 V. Vastaavasti pisteiden E ja F välille kytkettynä tulos on 37.5 V.
   a) Laske mittarilukema, kun mittaus tapahtuu pisteiden D ja F välillä.
   b) Mikä on piirin jännitteen ja virran välinen vaihesiirto?



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r} \qquad E = \frac{\eta}{2\varepsilon_0}$$

$$\vec{p} = q\vec{s} \qquad \vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \qquad U = -\vec{p}\cdot\vec{E}$$

$$\Phi_e = \oint_A \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{in}}}{\varepsilon_0}$$

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r}$$

$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad E = \frac{\Delta V}{d}$$

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

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \varepsilon_0\frac{A}{d} \qquad \varepsilon = \kappa\varepsilon_0$$

$$U_C = \frac{Q^2}{2C} = \tfrac{1}{2}C(\Delta V)^2 \qquad u = \tfrac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = nev_d A \qquad \vec{J} = ne\vec{v}_d$$

$$J = \sigma E \qquad \rho = \frac{1}{\sigma} \qquad R = \rho\frac{L}{A}$$

$$\Delta V = RI \qquad \Delta V_{\text{P}} = \mathcal{E} - Ir$$

$$P_{\text{R}} = I^2 R = \frac{\Delta V_{\text{R}}^{\ 2}}{R} \qquad P_{\text{P}} = I\,\Delta V_{\text{P}}$$

$$Q(t) = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC}) \qquad I(t) = I_0\,e^{-t/\tau}$$

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau}$$

$c = 2.9979 \times 10^8$ m/s
$e = 1.6022 \times 10^{-19}$ C
$\varepsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12}$ F/m
$(4\pi\varepsilon_0)^{-1} = 8.9876 \times 10^9\ \text{Nm}^2/\text{C}^2$
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m
$u = 1.66054 \times 10^{-27}$ kg $= 931.49\ \text{MeV}/c^2$
$m_e = 9.1094 \times 10^{-31}$ kg $= 0.51100\ \text{MeV}/c^2$
$m_p = 1.6726 \times 10^{-27}$ kg $= 938.3\ \text{MeV}/c^2$
$m_n = 1.6749 \times 10^{-27}$ kg $= 939.6\ \text{MeV}/c^2$
$h = 6.6261 \times 10^{-34}$ Js $= 4.1357 \times 10^{-15}$ eVs
$R = 8.3145\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
$N_A = 6.0221 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
$k = 1.3807 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2/\text{kg}^2$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\,\vec{v}\times\hat{r}}{r^2} \qquad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}I\,\frac{d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

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

$$B = \frac{\mu_0}{2}\frac{IR^2}{(z^2+R^2)^{3/2}} \qquad B = \frac{\mu_0}{2}\frac{NI}{R}$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{enc} \qquad \vec{B} = \kappa_m\vec{B}_0$$

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v}\times\vec{B} \qquad \Phi_m = \oint\vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$$

$$R = \frac{mv}{qB} \qquad f = \frac{qB}{2\pi m} \qquad \Delta V_{\text{Hall}} = \frac{IB}{tne}$$

$$d\vec{F} = I\,d\vec{s}\times\vec{B} \qquad \frac{dF}{ds} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\vec{\mu} = I\vec{A} \qquad \vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B} \qquad U = -\vec{\mu}\cdot\vec{B}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = \oint(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{s} = \oint\vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad \mathcal{E} = vBl$$

$$V_2/V_1 = N_2/N_1 \qquad V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$L = \frac{\Phi_B}{I} \qquad \mathcal{E} = -L\frac{dI}{dt}$$

$$M = \frac{\Phi_{m2}}{I_1} = \frac{\Phi_{m1}}{I_2} \qquad \mathcal{E}_2 = -M\frac{dI_1}{dt}$$

$$U = \tfrac{1}{2}LI^2 \qquad u_B = B^2/2\mu_0$$

$$\omega = 1/\sqrt{LC} \qquad \omega' = \sqrt{1/LC - R^2/4L^2}$$

$$I = I_0 e^{-t/\tau} \qquad I = \frac{\mathcal{E}}{R}(1 - e^{-t/\tau}) \qquad \tau = L/R$$

$$I_D = \varepsilon_0\frac{d\Phi_e}{dt} \qquad \oint\vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0(I_C + I_D)_{enc}$$

$$E = cB \qquad c = 1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} \qquad n = c/v$$

$$u = \varepsilon_0 E^2 \qquad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

$$I = S_{av} = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0} \qquad \frac{1}{A}\frac{dp}{dt} = \frac{S}{c} = \frac{EB}{\mu_0 c}$$

$$p_{rad} = \frac{S_{av}}{c} = \frac{I}{c} \qquad p_{rad} = \frac{2S_{av}}{c} = \frac{2I}{c}$$

$$i = I\cos(\omega t) \qquad v = V\cos(\omega t + \phi)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\tan\phi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \qquad V = IZ$$

$$P_{av} = \tfrac{1}{2}VI\cos\phi = V_{\text{rms}}\,I_{\text{rms}}\cos\phi$$