TTY/Fysiikan laitos **FYS-1101 Insinöörifysiikka II, Au+Mat**

Välikoe I, 8.3.2013 Kirjoitusvälineiden lisäksi funktiolaskin on sallittu.

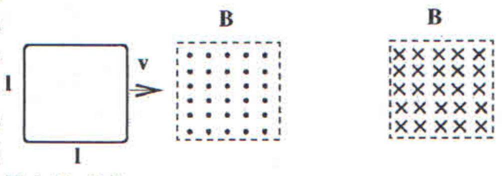
1. Kondensaattori ($C_0 = 12.5\mu F$) varataan jännitelähteellä, jonka lähdejännite on $24.0V$. Varaamisen jälkeen kondensaattori kytketään irti jännitelähteestä. (a) Mikä on tällöin kondensaattorin levyjen varaus? (b) Levyjen väliin sijoitetaan eristekappale, jolloin levyjen välinen potentiaaliero laskee arvoon $10V$. Mikä on eristeen dielektrisyyskerroin, ja mikä on kondensaattorin kapasitanssi ja varaus eristeen asettamisen jälkeen? (c) Eriste jätetään paikalleen, ja kondensaattori kytketään uudelleen samaan jännitelähteeseen. Mikä on kondensaattorin varautumisen jälkeen potentiaaliero kondensaattorilevyjen välillä, ja mikä on levyillä oleva varaus?

2. Auringosta lähteneessä purkauksessa maan magneettikenttään tulee elektroneja ja protoneja. Oleta niille nopeus $400km/s$. Saapuessaan maan magnetosfääriin ne kokevat magneettikentän, jonka voimakkuus on $5nT$. Hiukkaset alkavat kiertää ruuviviivaa maan magneettikentässä. (a) Lähtien keskihakukiihtyvyyden lausekkeesta ja varatun hiukkasen magneettikentässä kokemasta voimasta osoita, että ympyräliike tapahtuu kulmataajuudella

$$\omega = \frac{qB}{m}.$$

(b) Määritä hiukkasten syklotronitaajuus ja niiden kiertämien ratojen säde? Onko eroa elektronin ja protonin välillä? (c) Kun hiukkaset tulevat napa-alueilla syvemmälle maan ilmakehään, on kenttä luokkaa $0.01mT$. Mikä on hiukkasten ratojen säde tuolloin?

3. Oheisessa kuvassa on kuvitteellinen kovalevyn lukupään johdinsilmukka sekä kaksi vastakkaiseen suuntaan magnetoitua aluetta ($\times$ kuvaa paperin sisään suuntautuvaa magneettikenttää, $\cdot$ paperista ulospäin suuntautuvaa magneettikenttää). Oleta, että magnetoidut alueet ovat saman kokoisia ja muotoisia kuin silmukka. Silmukka etenee vakionopeudella magnetoitujen alueiden yli vasemmalta oikealle. Magnetoitujen alueiden välinen etäisyys on l.



Tehtävä 3.

(a)Piirrä kuvaaja silmukan läpäisevästä magneettikentän vuosta ajan funktiona silmukan kulkiessa magnetoitujen alueiden yli. (b) Piirrä myös silmukkaan indusoituva lähdejännite ajan funktiona. (c) Mikä on silmukkaan indusoituva maksimijännite, kun kentän voimakkuus on $0.01T$? Silmukka ylittää magnetoidun alueen ajassa $2.0\mu s$ ja neliönmuotisten silmukan ja magnetoitujen alueiden sivun pituus on $l = 1.0\mu m$.

4. Kuparijohtimen läpi (halkaisija $2.05mm$) kulkee sähkölamppuun $5.00A$:n virta. Kuparilla on 8.5×10^{28} vapaata elektronia kuutiometrissä. (a) Montako elektronia kulkee joka sekunti sähkölampun läpi? (b) Mikä on virrantiheys johtimessa? (c) Mikä on tyypillisen elektronin nopeus missä tahansa johtimen kohdassa? (d) Miten vastaukset muuttuisivat, jos johtimen halkaisija kaksinkertaistuisi?

5. Suljetun onton metallipallon (pinta-ala $6.0 \times 10^{-2}m^2$) kokonaisvaraus on $Q = 0$. Kuitenkin sen pinnalta mitataan ulospäin suuntautuva sähkökenttä, jonka pintaa vastaan kohtisuora komponentti on keskimäärin $1.00 \times 10^5 N/C$. (a) Päättele **Gaussin lain avulla**, että pallon sisällä on jokin varattu kappale.
(b) Mikä on palloon suljetun varauksen merkki? (c) Mikä on sähkökentän vuo pallon pinnan läpi? (d) Kuinka suuri on pallon sisällä oleva varaus?

—

Käännä.

Ohessa vakioita ja kaavoja

Vakioita:
$g = 9.80 m/s^2$, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$ ja $e = 1.602 \times 10^{-19} C$. $1eV = 1.602 \times 10^{-19} J$, $c = 3.0 \times 10^8 m/s$, elektronin massa $m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$, protonin massa $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

Matemaattisia kaavoja: $sin^2(\alpha) + cos^2(\alpha) = 1$,
Pallon pinta-ala $A = 4\pi r^2$, pallon tilavuus $4\pi r^3/3$.
Ympyrän kehän pituus $l = 2\pi r$ ja ympyrän pinta-ala $A = \pi r^2$.

Ohessa sekalainen kokoelma kaavoja, joista voi olla hyötyä. Huomaa, että kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$ $\quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ $\quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$ $\quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r}$

$p = qd$ $\quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$ $\quad U = -\vec{p}\cdot\vec{E}$ $\quad U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$ $\quad V = \frac{U}{q_0}$ $\quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ $\quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r}$

$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$ $\quad E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$ $\quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$ $\quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$ $\quad E_r = -\frac{\partial V}{\partial r}$ $\quad C = \frac{Q}{V}$ $\quad C = \epsilon_0\frac{A}{d}$

$U = \frac{Q^2}{2C}$ $\quad u_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ $\quad C = KC_0$ $\quad \epsilon = K\epsilon_0$ $\quad I = \frac{dQ}{dt}$ $\quad J = \frac{I}{A}$ $\quad \vec{J} = nq\vec{v}_d$

$$\oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc}$$

$$\oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}, \quad \oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{A} = 0, \quad \oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\left(I_{enc} + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}\right), \quad \oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{tai } \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt})$$

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

$\vec{E} = \rho\vec{J}$ $\quad R = \frac{\rho L}{A}$ $\quad V = IR$ $\quad P = V_{ab}I$ $\quad \tau = RC$

$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B})$ $\quad \vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ $\quad \vec{F} = I\vec{l}\times\vec{B}$ $\quad d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B}$ $\quad \omega_c = \frac{v}{R} = \frac{|q|B}{m}$.

$\vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B}$ $\quad U = -\vec{\mu}\cdot\vec{B}$ $\quad \vec{\mu} = NI\vec{A}$ $\quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$ $\quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\, d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$

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

$\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$ $\quad U = \frac{1}{2}Li^2$ $\quad u_B = \frac{B^2}{2\mu}$

$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ $\quad \mu = K_m\mu_0$

$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$, $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$, $x = x_0 + \int_0^t v dt$, $v = v_0 + \int_0^t a dt$, $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, $v = v_0 + at$, $a_{rad} = \frac{v^2}{R}$, $v = \frac{2\pi R}{T}$, $v = \omega R$, $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, $\mathbf{J} = \Delta\mathbf{p}$, $\sum\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, $\sum\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$, $\mathbf{F}_{ab} = -\mathbf{F}_{ba}$, $K = \frac{1}{2}mv^2$, $W = \mathbf{F}\cdot\Delta\mathbf{s}$, $W = \int_1^2 \mathbf{F}\cdot d\mathbf{l} = -\Delta U$, $W_{tot} = \Delta K$, $J = F_{ave}\Delta t$, $\mathbf{J} = \int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}dt$, $K = \frac{1}{2}I\omega^2$, $\mathbf{L} = \mathbf{r}\times\mathbf{p}$, $\bar{\tau} = \mathbf{r}\times\mathbf{F}$, $L = I\omega$, $\sum\bar{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$.