FYS.103 Yliopistofysiikka 3, syksy 2022

Tentti 9.2.2023

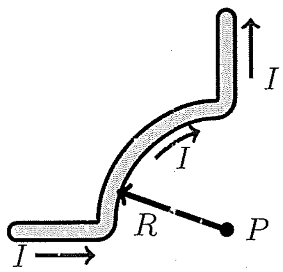
- **Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.**
- **Kokeessa saa olla mukana itse käsin kirjoitettu lunttilappu (yksi A4, molemmat puolet). Lunttilappu tulee palauttaa koepaperin mukana.**
- Kääntöpuolella kaavoja ja vakioita.

(1) Kaksi vierekkäistä, samansuuntaista metallilevyä on varattu yhtäsuurilla mutta vastakkaismerkkisillä varauksilla. Levyjen etäisyys on 1.2 mm, ja niiden välissä on tyhjiö. Pintavaraustiheyksien suuruudet levyillä ovat 12.0 nC/m^2.
a) Laske potentiaaliero levyjen välillä.
b) Laske sähkökentän tekemä työ, kun varaus $q_0 = 3.2\,\mu$C siirretään levyltä toiselle sähkökentän suunnassa.

(2) Maapallolla on sekä sähkö- että magneettikenttä. Tutkittavalla alueella sähkökenttä osoittaa suoraan Maan sisään, ja sen suuruus on 110 V/m. Magneettikenttä osoittaa pohjoiseen ja sen suuruus on 45 μT.
a) Laske, mikä elektronin nopeuden pitää olla, jotta siihen kohdistuva sähkömagneettinen kokonaisvoima (eli Lorentz-voima) on nolla, sen kulkiessa tällä alueella. Huomioi nopeuden suunta! (5p)
b) Miksi a-kohdan vastaus ei ole yksikäsitteinen. (1p)

(3) Kelojen A ja B välinen keskinäisinduktanssi $M = 6.2 \cdot 10^{-4}$ H. Kelan A virta kasvaa tasaisella nopeudella 180 A/s.
a) Minkä suuruinen emf indusoituu toiseen kelaan B?
b) Kelan B pinta-ala on 12.5 cm^2 ja kierrosten lukumäärä 530. Kelan B taso on kohtisuorassa kelan A tuottaman magneettikentän suuntaa vastaan. Laske magneettikentän muutosnopeus (yksiköissä T/s) kelan B sisällä olettaen, että magneettikenttä on siellä tasainen.

(4) Viereisen kuvan johdin koostuu kolmesta palasta, joista kaksi on suoria ja yksi neljännesympyrä. Kummankin suoran osan pituus on $\ell = 10.0$ cm. Kaareva osa on neljännesympyrä, jonka säde on $R = 20.0$ cm. Johtimessa kulkee kuvassa osoitettuun suuntaan virta $I = 1.50$ A. Laske virran pisteeseen P aiheuttaman **magneettikentän suunta ja suuruus** Biot-Savartin lain avulla. P on kaarevaa osaa vastaavan ympyrän keskipiste ja sijaitsee samassa tasossa kuin johdinkin. **Perustele laskun kaikki vaiheet!**



(5) a) Ovatko seuraavat väitteet Oikein vai Väärin? Merkitse kuhunkin kohtaan O tai V tai jätä tyhjäksi. Oikeasta vastauksesta +1p, väärästä -1/2p ja tyhjästä 0p. Kohdasta ei voi saada negatiivisia pisteitä.

(i) Tietyssä tilanteessa negatiivinen varaus q_0 kulkee tasaisessa sähkökentässä pisteestä a pisteeseen b **samaan suuntaan**, mihin sähkökenttävektori osoittaa. Tämä tarkoittaa, että sähköinen potentiaali kasvaa välillä $a \to b$.

(ii) Varauksenkuljettajien drift-nopeudella $\vec{v}_d$ tarkoitetaan niiden satunnaisliikkeestä aiheutuvaa nopeutta materiaalissa ja ne ovat suuruudeltaan jopa luokkaa 10^6 m/s.

(iii) Suljetun pinnan läpi menevän sähkökentän vuo riippuu vain sen sisään jäävästä nettovarauksesta (luonnonvakioiden lisäksi).

b) Kerro lyhyesti (max 7-8 riviä), mitä tarkoitetaan ferromagnetismilla ja mistä se johtuu. (3p)

FYS.103 Yliopistofysiikka 3, kaavakokoelma

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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