FYS.103 Yliopistofysiikka 3, syksyn toteutus, (Paavilainen)

Tentti 04.02.2025

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

1

Varattu hiukkanen ($q = 5.2\cdot10^{-6}$ C) kulkee nopeudella $2.8\cdot10^4$ m/s $\hat{\imath}$ alueessa, jossa on tasainen sähkökenttä $\vec{\boldsymbol{E}} = 12.0\,\mathrm{kN/C}\,\hat{\jmath}$. Samassa alueessa on myös tasainen magneettikenttä $\vec{\boldsymbol{B}}$.

a) Kuinka suuren voiman sähkökenttä kohdistaa hiukkaseen?

b) Kuinka suuri magneettikentän on oltava, jotta sen hiukkaseen kohdistama voima olisi yhtä suuri kuin sähkökentän kohdistama voima?

c) Mihin suuntaan magneettikentän pitää osoittaa, jotta hiukkanen kulkisi alueessa suoraan?

2

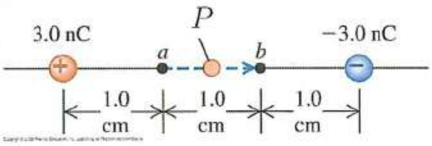
Polyetyleenieristeisen tasolevykondensaattorin levyt ovat neliöitä (sivun pituus 14 cm) ja levyjen välinen etäisyys on 0.23 mm. Polyetyleenin eristevakio on 3.1 ja läpilyöntikestävyys $8.0\cdot10^7$ V/m.

a) Kuinka suuri varaus kondensaattorin levyillä on, kun se on varattu paristolla, jonka emf $\mathcal{E} = 2.5$ V?

b) Mikä on suurin mahdollinen varaus, johon tämä kondensaattori voidaan varata?

3

Hiukkanen P kulkee alueessa, jossa sen lähistöllä on vain kaksi muuta pistevarausta (kuvan 3.0 nC ja −3.0 nC), jotka on kiinnitetty paikoilleen. Hiukkasen massa $m = 5.0\cdot10^{-9}$ kg ja varaus $q_0 = 2.0$ nC. Se lähtee levosta pisteestä a ja kulkee suoraan pisteeseen b eikä siihen kohdistu sähköisten voimien lisäksi muita voimia.

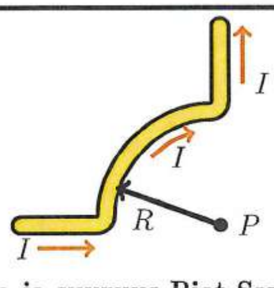


a) Laske hiukkasen P kokema potentiaali pisteissä a ja b.

b) Laske hiukkasen vauhti pisteessä b.

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. Piste P on kaarevaa osaa vastaavan ympyrän keskipiste ja sijaitsee samassa tasossa kuin johdinkin.

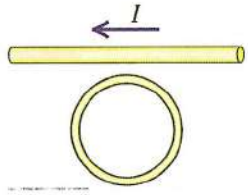


Laske virran I pisteeseen P aiheuttaman **magneettikentän suunta ja suuruus Biot-Savartin lain** avulla. Perustele laskun kaikki vaiheet!

5

a) Tutkitaan r-säteistä pallopintaa, jonka sisällä on vain yksi pistevaraus q. Jos pistevaraus on pallon keskipisteessä, sähkökentän vuo $\oint \vec{\boldsymbol{E}}\cdot d\vec{\boldsymbol{A}}$ pinnan läpi voidaan kirjoittaa muodossa $E4\pi r^2$, missä E on pistevarauksen aiheuttaman sähkökentän $\vec{\boldsymbol{E}}$ suuruus pallopinnalla. Perustele matemaattisesti välivaiheet esittäen, miten tämä onnistuu.

b) Viereisen kuvan ympyränmuotoinen johdinsilmukka on suoran johtimen vieressä. Suorassa johtimessa kulkeva virta I on kasvamassa. Minkä suuntainen virta indusoituu tällöin johdinsilmukkaan? Perustele väitteesi vaiheittain.



Yleisiä vakioita

$g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$

$\epsilon_0 = 8.854\times 10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$

$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{TmA^{-1}}$

$e = 1.602 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$

$m_e = 9.109 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$

$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5}\,\mathrm{eV/T}$

$k = 1.381 \times 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}}$$

$$\sum V = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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