

Tentti 11.06.2025

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

1 Paikalleen kiinnitetyn eristepallon säde on 3.0 cm, ja se on varattu symmetrisesti nettovarauksen $Q = 89 \text{ nC}$. Pistevaraus ($q_0 = 1.8 \text{ nC}$, $m = 1.3 \mu\text{g}$) ammutaan suoraan kohti varattua palloa.

a) Kuinka suuri sähköinen voima pistevaraukseen kohdistuu etäisyydellä 10.0 cm varauspallon keskipisteestä?

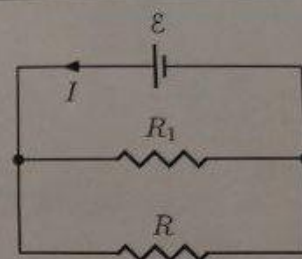
b) Kuinka suuri vauhti pistevarauksella tulee olla etäisyydellä 10.0 cm varauspallon keskipisteestä, jotta vauhti riittää viemään pistevarauksen varauspallon pinnalle saakka?

Vihje: Pallomaisen varausjakauman tietyt suureet voi laskea samoilla kaavoilla kuin pistevarauksen vastaavat suureet, kun tutkitaan pisteitä pallon ulkopuolella. Voit käyttää näitä suoraan.

2 Kuvan piirin jännitelähde $\mathcal{E} = 2.50 \text{ V}$ ja vastus $R_1 = 12.0 \Omega$ ovat vakioämpötilassa. Sen sijaan vastus R on tilassa, jonka lämpötila muuttuu. Sen resistanssin lämpötilakerroin on 0.016 K^{-1} .

a) Vastuksen R lämpötilan ollessa 25.0°C , sen resistanssi on 10.2Ω . Kuinka suuri virta I kulkee tällöin jännitelähteen läpi?

b) Mikä on jännitelähteen läpi kulkeva virta, kun vastuksen R lämpötila on 10.0°C ?



3 Kondensaattoria varataan käyttäen paristoa, jonka $\mathcal{E} = 5.0 \text{ V}$ ja sisävastus 2.0Ω . Kondensaattorin kapasitanssi $3.0 \mu\text{F}$ ja se on aluksi varaamaton.

a) Mikä on kondensaattorin lopullinen varaus varaamisprosessin jälkeen?

b) Mikä on kondensaattorin jännite $9.0 \mu\text{s}$ sen jälkeen, kun paristo on kytketty kondensaattorin rinnalle?

4 Pitkän, suoran kuparijohtimen poikkileikkaus on ympyränmuotoinen säteen ollessa $R = 2.00 \text{ mm}$. Johtimessa kulkee tasaisesti johtimen poikkipinta-alalle jakautunut vakiovirta $I = 2.50 \text{ A}$.

a) Laske virrantiheys johtimessa. (1p)

b) Laske varauksenkuljettajien keskivauhti eli drift-nopeus johtimessa. (1p)

c) Laske **Ampèren laista** lähtien johtimen virran aiheuttaman magneettikentän suuruus johtimen sisällä etäisyydellä $r = 1.50 \text{ mm}$ johtimen keskiakselista. (4p)

Kupari: varauksenkuljettajien lukumäärätiheys $8.5 \cdot 10^{28} \text{ kpl/m}^3$, resistiivisyys $1.72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$

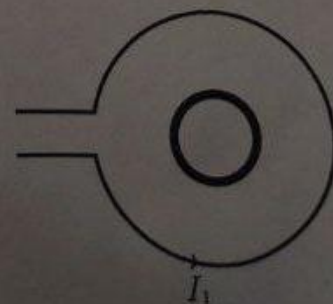
5 Selitä lyhyesti (4-6 riviä/kohta riittää).

a) Ferromagneettisen materiaalin magnetisaatio on aluksi nolla. Materiaali laitetaan ulkoiseen magneettikenttään, jonka suuruus kasvaa nolasta alkaen tasaisesti (lineaarisesti) ajan funktiona. Kerro tai hahmottele kuvaajaan, miten magneettikenttä materiaalin sisällä muuttuu ajan funktiona.

b) Viereisen kuvan ison silmukan virta I_1 kulkee vastapäivään ja kasvaa ajan funktion tasaisesti (lineaarisesti). Pieneen, silmukan keskellä olevaan renkaaseen (resistanssi R) indusoituu tällöin virta I_2 .

(i) Miten virta I_2 muuttuu ajan funktiona?

(ii) Kulkeeko virta I_2 myötä- vai vastapäivään?



Yleisiä vakioita

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

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

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

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

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

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

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k} \quad \text{Pallo: } A = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$21: \quad \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad p = qd \quad \tau = pE \sin \phi$$

$$22: \quad \Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$$

$$23: \quad V = \frac{U}{q_0} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad W_{a \rightarrow b} = q_0(V_a - V_b) \quad V_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k}\right)$$

$$24: \quad C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad C = \epsilon \frac{A}{d} \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad U = \frac{Q^2}{2C} \quad u = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \quad C = K C_0 \quad \epsilon = K \epsilon_0$$

$$25: \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A} \quad \vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \vec{E} = \rho \vec{J} \quad \rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad V = IR \quad P = V_{ab} I$$

$$26: \quad \sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}} \quad \sum V = 0 \quad q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC})$$

$$27: \quad \vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B} + \vec{E}) \quad \Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \tau = \mu B \sin \phi \quad \vec{\mu} = NI \vec{A}$$

$$28: \quad \vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad B = \mu_0 n I \quad \vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M} \quad \vec{B} = K_m \vec{B}_0$$

$$29: \quad \mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{\text{encl}}$$

$$30: \quad M = \frac{N_2 \Phi_{B,2}}{i_1} \quad \mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt} \quad L = \frac{N \Phi_B}{i} \quad \mathcal{E} = -L \frac{di}{dt} \quad U = \frac{1}{2} L I^2 \quad u = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-tR/L})$$

$$32: \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad E = cB \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = 2\pi f \quad \vec{E}(x, t) = E_{\text{max}} \hat{j} \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{B}(x, t) = B_{\text{max}} \hat{k} \cos(kx - \omega t) \quad I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\text{max}}^2$$