

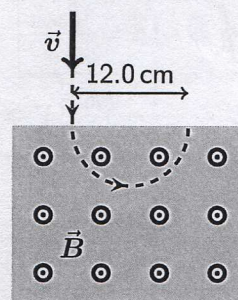
## 1. välikoe 20.10.2016

- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Jos et ole varma laskimestasi, kysy asiasta valvojalta **ennen** kuin aloitat tentin.
- Kääntöpuolella kaavoja ja tämän sivun alalaidassa vakioita.

① Ilmaeristeisen tasolevykondensaattorin levyt ovat neliöitä (pinta-ala  $200.0 \text{ cm}^2$ ) ja levyjen välinen etäisyys on  $0.20 \text{ mm}$ . Kondensaattoria on varattu pitkän aikaa akulla, jonka emf  $\mathcal{E} = 2.0 \text{ V}$  ja sisäresistanssi  $0.50 \Omega$ .

- Kuinka suuri varaus kummallakin levyllä on?
- Levyjen välinen tila täytetään kokonaan eristeellä, jonka eristevakio  $K = 1.25$ . Paristo pidetään kuitenkin koko ajan kytkettynä kondensaattoriin. Mikä on levyjen varaus nyt?
- Väliaine ei ole täydellinen eriste, vaan sen resistiivisyys  $\rho = 7.5 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{m}$ . Kuinka suuri virta eristeen läpi kulkee?

② Elektroni kiihdytetään jännitteellä  $V_0$  vakionopeuteen  $\vec{v}$ , minkä jälkeen se ohjataan kohtisuorasti tasaiseen magneettikenttään, jonka suuruus on  $B = 0.10 \text{ mT}$ . Elektronin liikerata on piirretty katkoviivalla oheiseen kuvaan. Magneettikenttä suuntautuu suoraan paperista ulos harmaalla pohjalla ja on muualla nolla.

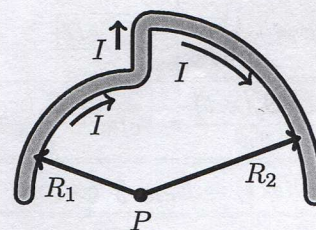


- Kuinka suuri elektronin vauhti on sen kulkiessa magneettikentässä? (vihje:  $a_{\text{rad}} = v^2/r$ )
- Kuinka suuri jännite  $V_0$  tarvittiin kiihdyttämään elektroni tähän vauhtiin olettaen, että se lähti alunperin levosta liikkeelle?

③ Pistevaraus  $q = 2.2 \mu\text{C}$  on tietyssä alueessa, jossa sähköinen potentiaali voidaan kirjoittaa muodossa  $V(x, y, z) = (2.0 \text{ V/m}^2)x^2 + (4.0 \text{ V/m})y + 1.2 \text{ V}$ . Pisteet  $A = (3.0 \text{ m}, 2.0 \text{ m}, 2.0 \text{ m})$  ja  $B = (1.0 \text{ m}, -3.0 \text{ m}, 0.0 \text{ m})$  kuuluvat kyseiseen alueeseen.

- Laske pistevaraukseen kohdistuva voima pisteissä  $A$  ja  $B$ .
- Laske sähkökentän tekemä työ, kun pistevaraus siirtyy pisteestä  $A$  pisteeseen  $B$ .

④ Viereisen kuvan johdin koostuu kolmesta palasta, joista yksi on suora ja kaksi neljännesympyröitä. Suoran osan pituus on  $\ell = 10.0 \text{ cm}$ . Toisen neljännesympyrän säde on  $R_1 = 20.0 \text{ cm}$  ja toisen  $R_2 = 30.0 \text{ cm}$ . Johtimessa kulkee virta  $I = 1.50 \text{ A}$  kuvassa osoitettuun suuntaan. Laske virran pisteeseen  $P$  aiheuttaman magneettikentän suunta ja suuruus Biot-Savartin lain avulla.  $P$  on kaarevia osia vastaavien ympyröiden keskipiste ja sijaitsee samassa tasossa kuin johdinkin.



⑤ Selosta lyhyesti, n. 6-7 riviä riittää.

- Erään suljetun pinnan sisään jäävät ainoastaan varaukset  $+1.0 \text{ nC}$  ja  $-3.0 \text{ nC}$ . Mikä on pinnan läpi menevän sähkövuon suuruus? Entä vastaavasti pinnan läpi menevän magneettivuon suuruus? (3p)
- Amperen lain avulla voidaan laskea pitkän suoran virtajohtimen aiheuttama magneettikenttä johtimen ympärillä. Lasku perustuu siihen että reitti-integraali  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$  voidaan kirjoittaa muodossa  $B2\pi r$ . Miksi näin voidaan tehdä, ja millainen reitti tällöin on valittu? (3p)

Vakioita:

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

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

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

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

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

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

$$k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$uc^2 = 931.5 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Käännä!

Huom! Kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin.

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

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad C = \epsilon \frac{A}{d} \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

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

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

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

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

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

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

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

$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}} \quad \sum V = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad E = cB$$

$$\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$$

$$\vec{E}(x,t) = E_{\text{max}} \hat{j} \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{B}(x,t) = B_{\text{max}} \hat{k} \cos(kx - \omega t)$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = 2\pi f$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\text{max}}^2$$

$$x' = \gamma(x - ut) \quad y' = y \quad z' = z$$

$$t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad \Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$l = \frac{l_0}{\gamma} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2}$$

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + uv'_x/c^2} \quad \vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$E = K + mc^2 \quad E = \gamma mc^2$$

$$E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$$

$$E_x = E'_x \quad E_y = \gamma(E'_y + uB'_z)$$

$$E_z = \gamma(E'_z - uB'_y) \quad B_x = B'_x$$

$$B_y = \gamma(B'_y - u/c^2 \cdot E'_z)$$

$$B_z = \gamma(B'_z + u/c^2 \cdot E'_y)$$

$$E = hf \quad E = pc \quad hf - \phi = eV_0$$

$$\lambda = h/p \quad p = h/\lambda$$

$$hf = E_f - E_i \quad hf = E_i - E_f$$

$$E_n = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2}$$

$$m\lambda = d \sin \theta$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2 \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar/2$$

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2} \quad \psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

$$I = I_s(e^{eV_b/kT} - 1)$$

$$E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{2}M)c^2$$

$$\beta^+: \quad Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$$

$$\beta^-, \text{ EC: } Q = (M_P - M_D)c^2$$

$$Q = (M_P - M_D - M_{\frac{1}{2}\text{He}})c^2$$

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad T_{\text{mean}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right| = \lambda N(t)$$

$$D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \quad H = RBE \times D$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + U(x)\psi(x) = E\psi(x) \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$$