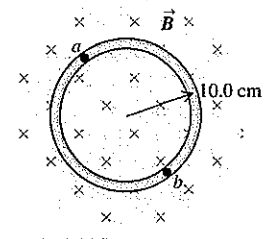


1. välikoe 18.10.2017

- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Kääntöpuolella kaavoja ja tämän sivun alalaidassa vakioita.

- ① Sähköinen potentiaali tietyssä alueessa riippuu paikasta: $V(x, y, z) = 16.0 \text{ Vm} \left(\frac{3}{x} + \frac{1}{y} \right)$. Varattu hiukkanen Q (massa $1.20 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$, varaus $1.40 \cdot 10^{-7} \text{ C}$) kulkee alueen sisällä pisteestä $a = (0.50 \text{ m}, 0.50 \text{ m}, 0.50 \text{ m})$ pisteeseen $b = (1.50 \text{ m}, 1.00 \text{ m}, 1.50 \text{ m})$.
- a) Laske kuinka suuren työn potentiaalia vastaava sähkökenttä tekee hiukkaseen Q sen siirtyessä pisteestä a pisteeseen b .
- b) Laske hiukkaseen Q kohdistuva sähköinen voima pisteessä b .

- ② Ympyränmuotoisen poikkileikkauksen (säde 10.0 cm) omaavassa kelassa on 150 kierrosta. Kela on tasaisessa magneettikentässä, jonka suuruus muuttuu ajan funktiona: $B(t) = 1.2 \text{ mT} - (2.00 \cdot 10^{-4} \text{ T/s}^2)t^2$. Kelan tason normaali on magneettikentän suuntainen.

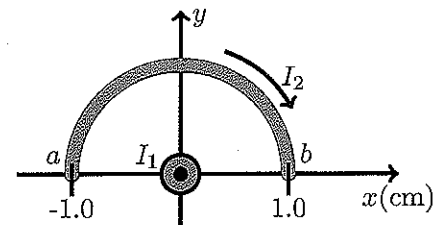


- a) Laske kelaan indusoituneen sähkömotorisen voiman (emf) suuruus hetkellä $t = 2.0 \text{ s}$. (4p)
- b) Jos tilanne on hetkellä $t = 0$ viereisen kuvan mukainen, mihin suuntaan virta kiertää kelassa? Perustele Lenzin lain avulla. (2p)

- ③ Tasolevykondensaattorin kapasitanssi on ilman eristeainetta 42 nF . Levyjen etäisyys toisistaan on 0.10 mm . Levyjen välinen tila täytetään eristemateriaalilla, jonka eristevakio on 3.7 . Tämän jälkeen kondensaattori varataan siten, että sen levyjen välinen potentiaaliero on 12.0 V .

- a) Laske pintavaraustiheys kondensaattorin levyillä.
- b) Eristemateriaali ei ole täydellinen eriste vaan sen resistiivisyys on $2.5 \cdot 10^{12} \Omega \text{ m}$. Laske virrantiheyden suuruus eristeen läpi.
- c) Kuvaile miten eristeen läpi menevä virta muuttuu ajan myötä kondensaattorin varauksen purkautuessa sen läpi.

- ④ Pitkässä, suorassa johtimessa 1 kulkee viereisen kuvan mukaisesti virta $I_1 = 4.00 \text{ A}$ z -akselia pitkin positiiviseen z -suuntaan (paperista ulospäin).



- a) Laske johtimen 1 aiheuttaman magneettikentän \vec{B}_1 suuruus etäisyydellä 1.0 cm johtimesta. Voit käyttää valmista kaavaa tai johtaa lausekkeen Amperen lain avulla. (2p)
- b) Mihin suuntaan magneettikenttä \vec{B}_1 osoittaa? (1p)
- c) Johtimessa 2 (puoliympyrä $a \rightarrow b$) kulkee virta $I_2 = 2.00 \text{ A}$ kuvan mukaiseen suuntaan. Laske johtimen 1 johtimeen 2 kohdistaman magneettisen voiman suuruus. (3p)

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

- a) Magnetoitumatonta ferromagneettista materiaalia laitetaan suoran solenoidin sisälle, jossa ei kulje aluksi virtaa. Selosta miten magneettikenttä materiaalin sisällä muuttuu, kun solenoidin virta kasvaa vakionopeudella.
- b) Tutkit r -säteistä pallopintaa, jonka sisällä on vain yksi pistevaraus q . Jos pistevaraus on pallon keskipisteessä, sähkökentän vuo $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$ pinnan läpi voidaan kirjoittaa muodossa $E4\pi r^2$, missä E on pistevarauksen aiheuttaman sähkökentän suuruus. Perustele matemaattisesti, miten tämä onnistuu. Muuttuuko vuo, jos pistevaraus on pallon sisällä mutta ei sen keskipisteessä?

Vakioita:

$g = 9.80 \text{ m/s}^2$	$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
--------------------------	--	--	---------------------------------------	-------------------------------------

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$	$k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$
--	---	---	---	---

$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1.007276 \text{ u}$	$m_n = 1.008665 \text{ u}$	$uc^2 = 931.5 \text{ MeV}$	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	--

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\vec{\mu} = NIA\hat{n}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$z' = z$

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

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

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

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

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

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

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

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

$hf = E_f - E_i$ $hf = E_i - E_f$

$m\lambda = d \sin \theta$

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

$P = \int_{x_1}^{x_2} |\psi|^2 dx$ $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$

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

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

$E = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2}$ $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$

$L_z = m_l \hbar$ $S_z = m_s \hbar$

$U = -\mu_z B = m_l \mu_B B$

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

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

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

β^+ : $Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

β^- , EC: $Q = (M_P - M_D)c^2$

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

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

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

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

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