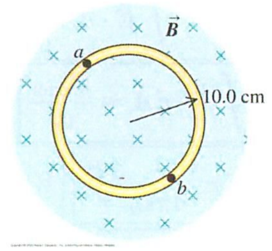
1. välikoe 18.10.2017

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

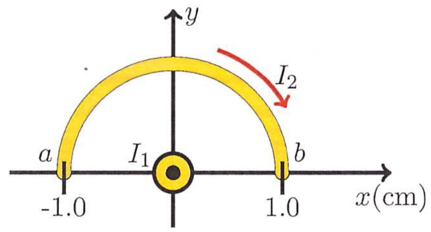
① Sähköinen potentiaali tietyssä alueessa riippuu paikasta: $V(x,y,z) = 16.0\,\mathrm{Vm}\left(\frac{3}{x}+\frac{1}{y}\right)$. Varattu hiukkanen Q (massa $1.20\cdot10^{-5}$ kg, varaus $1.40\cdot10^{-7}$ C) kulkee alueen sisällä pisteestä $a = (0.50\,\mathrm{m}, 0.50\,\mathrm{m}, 0.50\,\mathrm{m})$ pisteeseen $b = (1.50\,\mathrm{m}, 1.00\,\mathrm{m}, 1.50\,\mathrm{m})$.
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: $B(t) = 1.2\,\mathrm{mT} - (2.00\cdot10^{-4}\ \mathrm{T/s^2})t^2$. Kelan tason normaali on magneettikentän suuntainen.
a) Laske kelaan indusoituneen sähkömotorisen voiman (emf) suuruus hetkellä $t = 2.0\,\mathrm{s}$. (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 $2.5\cdot10^{12}\,\Omega\mathrm{m}$. 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 $I_1 = 4.00\,\mathrm{A}$ 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 $a \to b$) kulkee virta $I_2 = 2.00\,\mathrm{A}$ 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:

$g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$	$h = 6.626\times10^{-34}\,\mathrm{Js}$	$m_e = 9.109\times10^{-31}\,\mathrm{kg}$
$\varepsilon_0 = 8.854\times10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$	$h = 4.136\times10^{-15}\,\mathrm{eVs}$	$m_p = 1.007276\,\mathrm{u}$
$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{TmA^{-1}}$	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055\times10^{-34}\,\mathrm{Js}$	$m_n = 1.008665\,\mathrm{u}$
$e = 1.602\times10^{-19}\,\mathrm{C}$	$\mu_B = 5.788\times10^{-5}\,\mathrm{eV/T}$	$\mathrm{u}c^2 = 931.5\,\mathrm{MeV}$
$c = 2.998\times10^8\,\mathrm{m/s}$	$k = 1.38065\times10^{-23}\,\mathrm{J/K}$	$1\,\mathrm{eV} = 1.602\times10^{-19}\,\mathrm{J}$
	$\mathrm{u} = 1.660539\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$	

FYS-1101 Insinöörifysiikka II, Paavilainen, kaavakokoelma

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

$\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = (A_y B_z - A_z B_y)\hat{\imath} + (A_z B_x - A_x B_z)\hat{\jmath} + (A_x B_y - A_y B_x)\hat{\boldsymbol{k}}$

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

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \qquad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

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

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

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\varepsilon_0}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q q_0}{r} \qquad V = \frac{U}{q_0}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r} \qquad V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

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

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

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

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

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

$$C = KC_0 \qquad \varepsilon = K\varepsilon_0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} \qquad E = cB$$

$$\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$$

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

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

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

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

$$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c E_{\max}{}^2$$

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

$$z' = z$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$hf = E_f - E_i \qquad hf = E_i - E_f$$

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

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

$$P = \int_{x1}^{x_2}|\psi|^2 dx \qquad \int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2 dx = 1$$

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

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

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

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

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

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

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

$$E_B = (ZM_{\text{H}} + Nm_{\text{n}} - {}^A_Z M)c^2$$

β^+: $Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

β^-, EC: $Q = (M_P - M_D)c^2$

$$Q = (M_P - M_D - M_{{}^4_2\text{He}})c^2$$

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

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

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

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