

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

1. Pallokondensaattori koostuu umpinaisesta sisäpallosta (säde R_1) ja tätä symmetrisesti ympäröivästä ontosta pallokuoresta (ohut, säde R_2). Molemmat on tehty johtavasta materiaalista ja niiden välissä on tyhjiö. Sisäpallo on varattu varaukseen $-Q$ ja ulkokuori varaukseen $+Q$. Kirjoita **Gaussin lain** avulla sähkökentälle lauseke etäisyydellä r sisäpallon keskipisteestä. Tarkastele tilannetta alueittain: a) $r < R_1$, b) $R_1 < r < R_2$ ja c) $r > R_2$. Perustele välivaiheet ja huomioi myös sähkökentän suunta!

2. Kahden kelan keskinäisinduktanssi on 2.0 mH. Molemmissa on 100 kierrosta. Kelojen resistanssit ovat $R_1 = 3.0 \Omega$ ja $R_2 = 2.0 \Omega$.

a) Kuinka suuri magneettikentän vuo menee kelan 2 läpi, kun kelassa 1 kulkee virta 2.0 A kelan 2 virran ollessa nolla?

b) Laske kelaan 2 indusoituneen virran suuruus, kun kelan 1 virta muuttuu nopeudella 120 A/s.

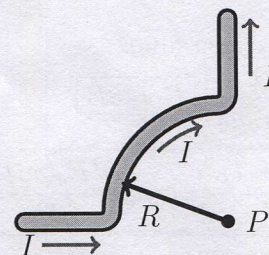
3. Tasokondensaattorin ympyrämuotoisten levyjen pinta-ala 0.050 m^2 ja levyjen välinen etäisyys on 0.20 mm. Levyjen välinen tila on täytetty eristeellä, jonka eristevakio $K = 1.25$. Levyillä on tietyllä hetkellä varaukset $+q$ ja $-q$, $q = 3.4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

a) Kuinka suuri potentiaaliero levyjen välillä on tuolloin?

b) Mikä on tuolloin kondensaattoriin varastoitunut potentiaalienergia?

c) Kondensaattorin varaaminen on tehty kytkemällä se suoraan tasajännitelähteeseen, jonka $\mathcal{E} = 2.46 \text{ V}$. Arvioi, mikä on jännitelähteen sisäresistanssi saanut korkeintaan olla, kun aluksi varaamaton kondensaattori varautui alle nanosekunnissa 50 prosenttiin maksimiarvosta.

4. Kuvan 1 johdin koostuu kolmesta palasta, joista kaksi on suoraa ja yksi neljännesympyrä. Kummankin suoran osan pituus on $\ell = 10.0 \text{ cm}$. Kaareva osa on neljännesympyrä, jonka säde on $R = 20.0 \text{ cm}$. Johtimessa kulkee kuvassa osoitettuun suuntaan virta $I = 1.50 \text{ A}$. Laske virran pisteeseen P aiheuttaman magneettikentän suunta ja suuruus Biot-Savartin lain avulla. P on kaarevaa osaa vastaavan ympyrän keskipiste ja sijaitsee samassa tasossa kuin johdinkin.



Kuva 1.

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

a) Kuvaile lyhyesti Hall-ilmiötä. Miten sen avulla voidaan mittaamalla selvittää varauksenkuljettajien merkki (positiivinen vai negatiivinen)?

b) Positiivinen varaus kulkee tasaisessa sähkökentässä pisteestä a pisteeseen b päinvastaiseen suuntaan kuin mihin sähkökenttä osoittaa. **Kommentoi** väittämiä käyttäen apuna sopivia kaavoja:

(i) Sähköinen potentiaali kasvaa välillä $a \rightarrow b$.

(ii) Systeemin potentiaalienergia kasvaa välillä $a \rightarrow b$.

(iii) Sähkökenttä tekee varaukseen positiivista työtä välillä $a \rightarrow b$.

Vakioita:

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

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

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

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

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

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

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

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k}$$

1. välikokeen alue:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\vec{\mu} = NI\vec{A} \quad nq = \frac{-J_x B_y}{E_z}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. välikokeen alue:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v' = \frac{v - u}{1 - uv/c^2} \quad v = \frac{v' + u}{1 + uv'/c^2}$$

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad E = K + mc^2$$

$$E = \gamma mc^2$$

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

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad E = pc$$

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

$$hf - \phi = eV_0 \quad hf = E_f - E_i$$

$$hf = E_i - E_f$$

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

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

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

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

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2}$$

$$\psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad L_z = m_l \hbar$$

$$S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad S_z = m_s \hbar$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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