TAU/ FYS-1130 2019-03 Insinöörifysiikka II / Kylänpää

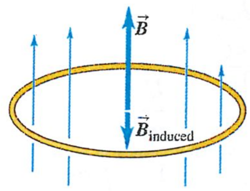
1. Välikoe, 15.10.2019

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

---

1. Onton johdepallon varaus on q ja pallon keskipisteessä on pistevaraus, jonka varaus on Q.
a) Käyttäen muuttujia q ja Q, määritä miten varaus on jakautunut ontossa johdepallossa.
b) Jos $q = 3.0$ nC ja sähkökentän suuruus $E = 8.988$ V/m pallon ulkopuolella etäisyydellä $r = 1.0$ m pallon keskipisteestä, niin mikä tällöin on varaus Q. **Käytä apuna Gaussin lakia!**
c) Jos $Q = 1.0$ nC ja $q = -3.0$ nC, mikä on pistevaraukseen $q_0 = 1.0$ C kohdistuvan voiman suuruus ja suunta, kun q_0 on pallon ulkopuolella etäisyydellä $r = 1.0$ m pallon keskipisteestä.

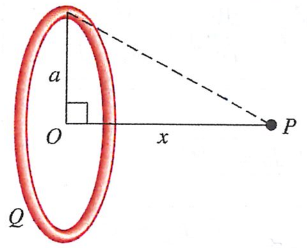
2.
a) Kuvassa 1 ulkoinen magneettikenttä on ylöspäin ja indusoitunut magneettikenttä on alaspäin. Kasvaako vai pieneneekö ulkoinen kenttä kyseisellä hetkellä? Mihin suuntaan indusoitunut virta kulkee johdinsilmukassa?
b) Tyhjiössä olevan magneettikentän suuruus on 0.60 T. Kuinka suuri tilavuus tarvitaan, kun magneettikenttään halutaan varastoida $3.60 \cdot 10^6$ J energiaa?
c) Virtapiirissä on sarjassa 12 V lähdejännite, 2 Ω sisävastus ja 8 μF kondensaattori. Kirjoita piirille silmukka yhtälö käyttäen symboleita $\mathcal{E}$, r, q, i, ja C. Kuinka paljon energiaa on varastoituneena kondensaattoriin ajanhetkellä, jolloin piirissä kulkee virta $i = 2.0$ A.



Kuva 1

---

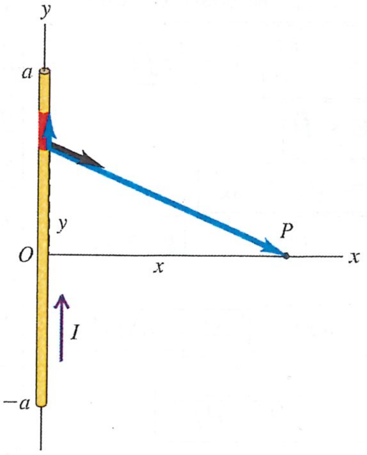
3. Positiivinen varaus on jakautunut tasaisesti ympyrän kehällä kuvan 2 mukaisesti.
a) Laske potentiaali symmetria-akselilla pisteessä P. Ilmoita vastaus x:n ja a:n avulla.
b) Symmetrian takia sähkökenttä pisteessä P voi olla vain x-suuntainen. Määritä sähkökenttävektorin x-komponentti ja sen suunta pisteessä P.
c) Millainen ulkoisen magneettikentän pitäisi olla (suuruus ja suunta), jotta nopeudella $\vec{v} = v\hat{\jmath}$ (eli y-suuntaan) kulkevan elektronin kiihtyvyys olisi nolla x-akselilla, kun $x > 0$.



Kuva 2

---

4. Suorassa johtimessa kulkee virta kuvan 3 mukaisesti.
a) Määritä virta-alkion aiheuttama magneettikenttä (vektori) pisteessä P käyttäen muuttujia x, y ja dy. Huom! Älä siis laske koko johtimen kenttää.
b) Määritä äärettömän pitkän, ohuen ja suoran johtimen aiheuttama magneettikenttä johtimen ulkopuolella etäisyydellä r sen keskiakselista käyttäen Amperen lakia. Johtimessa kulkee virta I.



Kuva 3

---

g=9.80 m/s^2	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$TmA^{-1}	$u = 1.660539 \times 10^{-27}$kg
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$C^2/N $\cdot$ m^2	$e = 1.602 \times 10^{-19}$C	$m_e = 9.109 \times 10^{-31}$kg

Kaavakokoelma: FYS-1130, Kylänpää

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

$\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = (A_yB_z - A_zB_y)\hat{\imath} + (A_zB_x - A_xB_z)\hat{\jmath} + (A_xB_y - A_yB_x)\hat{k}$ | Pallo: $A = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}$

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

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

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

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

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

$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r}$ | $V = \frac{U}{q_0}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$z' = z$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$m\lambda = d\sin\theta$

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

$P = \int_{x1}^{x2} |\psi|^2 dx$ | $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$

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

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

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

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

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

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

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

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

β^+: $Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

β^-, EC: $Q = (M_P - M_D)c^2$

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

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

$N(t) = N_0e^{-\lambda t}$ | $T_{\text{mean}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$

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

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

$M = \frac{B}{\mu_0}$ $\quad V = \frac{\mu_t}{M} = \frac{IA}{M} = \frac{IA\mu_0}{B}$ $\quad \frac{1}{2}\frac{N\Phi_B I^2}{I} = \frac{1}{2}N\Phi_B I$ $\quad BL = \mu_0 I$ $\quad L = \frac{\mu_0 I}{B}$ $\quad \frac{r^{-1}}{-1} = -\frac{1}{r}$

$AB = \mu I$

$V = \frac{BLA\mu_0}{B\mu_0} = LA$ $\quad \frac{2U}{I^2} = \frac{\Phi}{I}$ $\quad A = \frac{\mu I}{B}$ $\quad I = \sqrt{\frac{2U}{L}}$ $\quad I = \frac{BL}{\mu_0}$

$U = \frac{1}{2}\cdot\frac{\mu_0 I^3}{B}$ $\quad I = \sqrt[3]{\frac{2UB}{\mu_0}}$ $\quad A = \frac{BI}{\mu_0 B} = \frac{I}{\mu_0}$ $\quad BL = \mu_0 I$