FYS-1130 2016-02 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset
Petri Kaukasoina
1. välikoe, 2.3.2017

Kokeessa saa käyttää laskinta, joka ei ole ohjelmoitava.

1. Varaus on jakautunut tasaisesti pallomaiseen tilavuuteen: varaustiheys (varaus tilavuutta kohti) on vakio kaikkialla pallossa ja nolla pallon ulkopuolella. Koko pallon varaus on -21.0 nC ja pallon säde on 95.0 mm. Laske Gaussin lain avulla sähkökentän suuruus pisteessä, jonka etäisyys keskipisteestä on 35.0 mm. Ilmoita myös sähkökentän suunta.

2. Laske kuvan piiristä paristojen lähdejännitteet (emf) $\mathcal{E}_1$ ja $\mathcal{E}_2$.
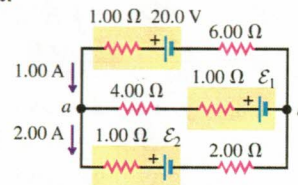
**3.** Tietyssä alueessa sähköinen potentiaali paikan funktiona on

$$640.0 \text{ V/m}^2 \left(x^2 - 3y^2 + z^2\right) + 90.0 \text{ V.}$$

a) Laske sähkökenttä pisteessä $(x, y, z) = (0.250 \text{ m}, 0.250 \text{ m}, 0.250 \text{ m})$. b) Kun testivaraus 1.50 μC siirtyy origosta pisteeseen $(0.250 \text{ m}, 0.250 \text{ m}, 0.250 \text{ m})$, laske sähkökentän testivaraukseen tekemä työ.

4. Kuvan pitkässä, suorassa johtimessa kulkee virta $I_1 = 12$ A ylöspäin ja suorakulmaisessa silmukassa kiertää virta $I_2 = 24$ A vastapäivään. Laske silmukkaan kohdistuvan nettovoiman suuruus ja suunta. (Vihje: suoraan kulkevan virran I aiheuttaman magneettikentän suuruus etäisyydellä r on $\mu_0 I/2\pi r$, jota ei nyt tarvitse johtaa.)
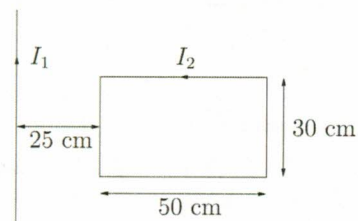
Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella!

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r} \quad p = qd$$

$$\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \quad \Phi_E = \int\vec{E}\cdot d\vec{A} \quad \Phi_E = \oint\vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0} \quad U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$$

$$V = \frac{U}{q_0} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r} \quad V_a - V_b = \int_a^b\vec{E}\cdot d\vec{l} \quad E_x =$$

$$-\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad C = \epsilon_0\frac{A}{d} \quad U = \frac{Q^2}{2C} \quad u =$$

$$\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \quad C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0 \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A} \quad \vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \vec{E} = \rho\vec{J}$$

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad V = IR \quad P = V_{ab}I \quad \sum I = 0$$

$$\sum V = 0 \quad \tau = RC \quad \vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B} \quad \Phi_B = \int\vec{B}\cdot d\vec{A} \quad \oint\vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$$

$$\vec{F} = I\vec{l}\times\vec{B} \quad d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B} \quad \vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B} \quad \vec{\mu} = NI\vec{A} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \quad \oint\vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{encl}} \quad \vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\text{total}}}{V} \quad \vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$$

$$\vec{B} = K_m\vec{B}_0 \quad \mu = K_m\mu_0 \quad \chi_m = K_m - 1 \quad \oint\vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(i_C + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt})_{\text{encl}}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad \oint\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad L = \frac{N\Phi_B}{i} \quad \mathcal{E} = -L\frac{di}{dt} \quad U = \frac{1}{2}LI^2$$

$$u = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad \frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad E = cB \quad \vec{E}(x,t) =$$

$$E_{\text{max}}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx - \omega t) \quad \vec{B}(x,t) = B_{\text{max}}\,\hat{k}\,\cos(kx - \omega t) \quad u = \epsilon_0 E^2 \quad S =$$

$$\epsilon_0 cE^2 \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B} \quad I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2}\epsilon_0 cE_{\text{max}}^2 \quad d\sin\theta = m\lambda \quad d\sin\theta =$$

$$(m + \frac{1}{2})\lambda \quad 2d\sin\theta = m\lambda \quad x = x' + ut \quad y = y' \quad z = z' \quad t = t'$$

$$v_x = v'_x + u \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad \Delta t = \gamma\Delta t_0 \quad l = \frac{l_0}{\gamma} \quad x' = \gamma(x - ut)$$

$$y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2} \quad v_x = \frac{v'_x + u}{1 + uv'_x/c^2}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \vec{p} = \gamma m\vec{v} \quad E = K + mc^2 \quad K = (\gamma - 1)mc^2 \quad E = \gamma mc^2$$

$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2 \quad E = hf \quad K_{\text{max}} = hf - \phi \quad E = pc \quad hf = E_i - E_f$$

$$L = n\frac{h}{2\pi} \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi) \quad \lambda = h/p \quad \hbar = h/2\pi \quad \Delta x\Delta p_x \geq$$

$$\frac{\hbar}{2} \quad \Delta E\Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi \quad \psi = \sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L) \quad E =$$

$$\frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} \quad \int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2 dx = 1 \quad \psi = A\cos kx + B\sin kx \quad \psi = Ce^{\kappa x} + De^{-\kappa x}$$

$$E = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega \quad -\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}) + U\psi = E\psi \quad E = -\frac{13.60\text{ eV}}{n^2}$$

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad L_z = m_l\hbar \quad S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad S_z = m_s\hbar \quad \Delta M =$$

$$ZM_H + Nm_n - _Z^A M \quad E_B = (ZM_H + Nm_n - _Z^A M)c^2 \quad A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

$$A(t) = \lambda N(t) \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad T_{mean} = \frac{1}{\lambda} \quad A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

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

Planckin vakio	$6.6260755\cdot 10^{-34}$ Js
elektronin massa	$9.1093897\cdot 10^{-31}$ kg
alkeisvaraus	$1.60217733\cdot 10^{-19}$ C
valon nopeus tyhjiössä	$2.99792458\cdot 10^8$ m/s
tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8.854187817\cdot 10^{-12}$ F/m
tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}$ Tm/A
atomimassayksikkö	1 u $= 1.660538782\cdot 10^{-27}$ kg
Avogadron luku	$N_A = 6.0221415\cdot 10^{23}$ 1/mol
pallon tilavuus	$\frac{4}{3}\pi r^3$
pallon ala	$4\pi r^2$
ympyrän ala	πr^2
ympyrän piiri	$2\pi r$