

## FYS-1130 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset

Tentti, 11.10.2012

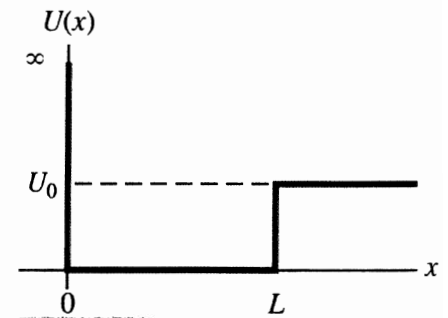
**1.** Positiivinen pistevaraus  $+q$  sijoitetaan pisteeseen  $(x, y) = (0, -a)$  ja negatiivinen varaus  $-q$  pisteeseen  $(0, +a)$ . (a) Johda kaava potentiaalille  $x$ -akselilla. Sijoita nollakohta äärettömyyteen. (b) Piirrä potentiaalikuvaaja välillä  $x \in [-4a, +4a]$ .

**2.** Tasolevykondensaattorin levyjen välissä on tyhjä. Kun kondensaattori varataan, sen levyjen välinen sähkökenttä on  $3.20 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ . Kun levyjen välinen tila täytetään eristeellä, sähkökenttä muuttuu arvoon  $2.50 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ . Laske (a) eristeen pinnalle muodostuva pintavaraustiheys ja (b) eristeen dielektrisyysvakio. Tasolevykondensaattorin kenttä on  $E = \sigma / K \epsilon_0$ .

**3.** Käämin poikkipinta-ala on  $3.20 \text{ cm}^2$ , kierrosmäärä 120 ja resistanssi  $60.0 \Omega$ . Käämi kytketään varausta mittaavaan laitteeseen, jonka resistanssi on  $45.0 \Omega$ . Alussa magneettikenttä on käämin tasoa vastaan kohtisuorassa. Kun käämiä käännetään nopeasti niin, että magneettikentästä tulee käämin tason suuntainen, varausmittari näyttää lukemaa  $3.56 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ . Laske magneettikentän suuruus.

**4.** Kaliumin työfunktio on  $2.3 \text{ eV}$ . Näytteen pinnalle tulee säteilyä aallonpituudella  $250 \text{ nm}$ . Laske (a) pysäytyspotentiaali, (b) elektronien kineettisten energioiden maksimi elektronivolteissa ja (c) näiden elektronien nopeus.

**5.** Kirjoita kuvan systeemille Schrödingerin yhtälö alueissa  $0 < x < L$  ja  $x > L$ , kun partikkelin energia on  $E < U_0$ . Muodosta aaltofunktiolle reunaehtojen vaatimusten mukaiset yhtälöt kohdassa  $x = L$ .



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

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

## FYs-1130 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset

### Sähkökenttä

$$\vec{F}_{ab} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_a q_b}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

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

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

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

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i}$$

$$V = \frac{U}{q_0}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i}$$

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

$$V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

$$V = - \int_{\infty}^P \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

### DC-piirit

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$$

$$K = \frac{V_0}{V}$$

$$C = \sum C_i$$

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

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

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$\vec{j} = nq\vec{v}_d$$

$$j = \frac{I}{A}$$

$$V = RI$$

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

$$\sigma = 1/\rho$$

$$R = \sum R_i$$

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$

$$P = VI$$

$$\sum V = 0$$

$$\sum i_{\text{tulevat}} = \sum i_{\text{lähtevät}}$$

$$\tau = RC, \tau = L/R$$

### Magneettikenttä

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = \int I d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

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

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

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

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

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \sum i$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell}$$

$$= \mu_0 \left( \sum i + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$$

### Induktio ja AC-piirit

$$E = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$E = -L \frac{di}{dt}$$

$$Li = N\Phi_B$$

$$L = \mu_0 n^2 S \ell$$

$$U = \frac{1}{2} Li^2$$

$$\tau = L/R$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_C = 1/\omega C$$

$$X_L = \omega L$$

$$\omega = 2\pi f$$

### Magnetisaatio

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$\vec{m} = - \frac{e}{2m_e} \vec{L}$$

$$\vec{m} = - \frac{e}{m_e} \vec{S}$$

$$\vec{M} = \frac{C\vec{B}}{\mu_0 T}$$

$$\vec{B} = \mu\vec{H} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$$

### Sähkömagn. aallot

$$c = 1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$$

$$E_0 = cB_0$$

$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

$$B_z = B_0 \sin(kx - \omega t)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$k = 2\pi/\lambda$$

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

### Suhteellisuusteoria

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma \left( t - \frac{vx}{c^2} \right)$$

$$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

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

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$K = mc^2(\gamma - 1)$$

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

### Kvantimekaniikka

$$P = e\sigma AT^4$$

$$E = nhf$$

$$R_f = \frac{2\pi hf^3}{c^2 (e^{hf/kT} - 1)}$$

$$K_{\max} = hf - \phi$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\theta)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

$$L = \frac{nh}{2\pi}$$

$$E_n = - \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

$$h\nu = E_i - E_f$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$h = h/2\pi$$

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$dP = |\psi(x, y, z)|^2 dV$$

$$- \frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + U\psi = E\psi$$

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

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

$$E_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega = (n + \frac{1}{2})hf$$

$$E_n = - \frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$L = \sqrt{\ell(\ell + 1)}\hbar$$

$$L_z = m_\ell \hbar$$

### Kiint. olom. fysiikka

$$g(E) = \frac{L^3 (2m)^{3/2}}{2\pi^2 \hbar^3} \sqrt{E}$$

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

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n_e)^{2/3}$$

### Ydin fysiikka

$$A = Z + N$$

$$R \approx R_0 A^{1/3}$$

$$B = (ZM_H + Nm_n - M_a)c^2$$

$$B = C_1 - C_2 A^{2/3} - C_3 Z(Z - 1)/A^{1/2}$$

$$A = -dN/dt$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$Q_{\beta^-} = (M_P - M_D)c^2$$

$$Q_{\beta^+} = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$$

$$a + X \rightarrow Y + b$$