TTY/FYS-1101 Insinöörifysiikka II, Paavilainen
Tentti 05.02.2018

- Tentin lisäksi tällä kokeella on myös mahdollista korvata kurssin 1. välikoe.
- **Ympyröidyt** kysymykset (1-5) kuuluvat **tenttiin**.
- **Neliöidyt** kysymykset (3-6, vain 4 kpl) kuuluvat **välikokeeseen**.
- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Kääntöpuolella kaavoja ja alhaalla vakioita.
- Kirjoita paperiin onko kyseessä "TENTTI", "VÄLIKOE" vai "TENTTI ja VÄLIKOE".

① Röntgenputkessa elektroneja kiihdytetään 4.00 MV:n jännitteellä.
a) Laske kiihdytetyn elektronin relativistinen kokonaisenergia ja nopeuden suuruus. (4p)
b) Laske kiihdytetyn elektronin relativistisen liikemäärän suuruus ja de Broglie-aallonpituus. (2p)

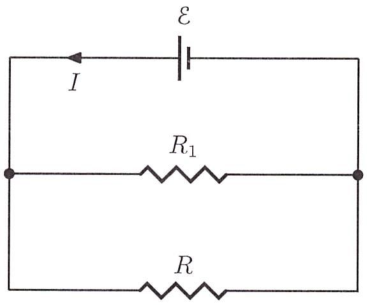
② Mallinnetaan tietyn molekyylin elektronin kokemaa potentiaalienergiaa yksiulotteisella potentiaalilaatikolla. Laatikossa olevan elektronin perustilan energiaksi saadaan tällöin $E_1 = 0.464$ eV.

a) Millainen energia on oltava fotonilla, joka virittää elektronin perustilalta tilalle $n = 3$? (2p)
b) Mitä eri vaihtoehtoja elektronilla on palata tilalta $n = 3$ takaisin perustilalle, ja mitkä ovat eri vaihtoehdoissa emittoituvien fotonien aallonpituudet? (4p)

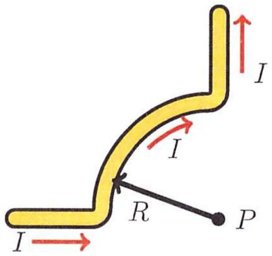
[3] Selitä lyhyesti (4-6 riviä/kohta riittää).
a) Miten eristeen lisääminen kondensaattorin levyjen väliin voi parantaa sen kykyä varastoida energiaa? Mainitse ainakin kaksi eristeen ominaisuutta, jotka parantavat tilannetta suhteessa ilmaeristykseen.
b) Kelan induktanssi L määriteltiin $L = \dfrac{N\Phi_B}{i}$. Selitä miksi L ei ole vakio, jos kelan sisus on täytetty jollain ferromagneettisella materiaalilla.

[4] Kuvan piirissä olevalla vastuksella R mitataan lämpötilaa hyödyntäen vastuksen resistanssin lämpötilariippuvuutta. Vastuksen R_1=12.0 Ω resistanssi ei riipu lämpötilasta. Jännitelähteen $\mathcal{E} = 2.50$ V ja sen sisäresistanssia ei tarvitse huomioida.

a) Lämpötilan ollessa 15.0°C jännitelähteen läpi kulkee virta $I = 453$ mA. Laske resistanssin R suuruus tuolloin.
b) Vastuksen resistanssin lämpötilakerroin on 0.016 K^{-1}. Mikä on jännitelähteen läpi kulkevan virran suuruus I lämpötilassa 25.0°C?



[5] Kuvan johdin koostuu kolmesta palasta, joista kaksi on suoria ja yksi neljännesympyrä. Kummankin suoran osan pituus on $\ell = 10.0$ cm. Kaareva osa on neljännesympyrä, jonka säde on $R = 20.0$ cm. Johtimessa kulkee kuvassa osoitettuun suuntaan virta $I = 1.50$ 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.



[6] Kaksi vierekkäistä, samansuuntaista metallilevyä on varattu yhtäsuurilla mutta vastakkaismerkkisillä varauksilla. Levyjen etäisyys on 1.2 cm, ja niiden välissä on tyhjiö. Pintavaraustiheyksien suuruudet levyillä ovat 12.0 nC/m^2.
a) Laske potentiaaliero levyjen välillä.
b) Laske sähkökentän elektroniin tekemä työ, kun elektroni siirtyy levyltä toiselle.

Vakioita:

$g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js	$m_e = 9.109 \times 10^{-31}$ kg
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$	$h = 4.136 \times 10^{-15}$ eVs	$m_p = 1.007276$ u
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{TmA^{-1}}$	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34}$ Js	$m_n = 1.008665$ u
$e = 1.602 \times 10^{-19}$ C	$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5}$ eV/T	$uc^2 = 931.5$ MeV
$c = 2.998 \times 10^8$ m/s	$k = 1.38065 \times 10^{-23}$ J/K	$1\,\mathrm{eV} = 1.602 \times 10^{-19}$ J
	u= 1.660539×10^{-27} kg	

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

$$\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = (A_yB_z - A_zB_y)\hat{\imath} + (A_zB_x - A_xB_z)\hat{\jmath} + (A_xB_y - A_yB_x)\hat{\boldsymbol{k}}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$z' = z$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$U = -\mu_zB = m_l\mu_BB$$

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

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

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

β^+: $Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

β^-, EC: $Q = (M_P - M_D)c^2$

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

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

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

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

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