

TTY/FYS-1101 Insinöörifysiikka II, (Paavilainen)

2. välikoe ja tentti 13.12.2013

- Ympyröidyt kysymykset (1, 2, 3, 4, 5) kuuluvat 2. välikokeeseen.
- Neliöidyt kysymykset (3, 4, 5, 6 ja 7) kuuluvat tenttiin.
- Välikokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava!
- Kääntöpuolella kaavoja ja alhaalla vakioita.
- Jos olet suorittanut laskuharjoitukset aiemmin, merkitse suoritusvuosi sekä kyseisen toteutus-kerran luennoitsijan nimi oman nimesi viereen.
- Kurssin itseopiskelumateriaaliin liittyvät osuudet merkittynä *::llä.

① Sinimuotoinen sähkömagneettinen aalto etenee tyhjiössä $+z$ -suuntaan. Aallon taajuus on $6.10 \cdot 10^{14}$ Hz. Magneettikenttä on y -akselin suuntainen ja sen amplitudi on $5.80 \cdot 10^{-4}$ T. Kirjoita vektorimuotoiset lausekkeet aallon sähkö- ja magneettikentille.

② Matti istuu junassa, joka etenee asemalla olevan Tepon mielestä nopeudella $0.35c$ $+x$ -suuntaan. Molemmat havaitsevat raketin lentävän junan ohitse $+x$ -suuntaan Tepon mitatessa sen vauhdiksi $0.70c$ (c on valonnopeus). a) Mikä on raketin nopeus Mattin mielestä? b*) Tepon ollessa asemalaiturilla junan puolivälin kohdalla hän toteaa veturimiehen heilauttavan kättään kohdassa $x = 112$ m ja konduktöörin kohdassa $x = -123$ m täsmälleen samaan aikaan. Laske heilautusten välinen aikaero Mattin koordinaatistossa. Kumpi heilautti kättään Mattin mielestä ensiksi (perustele)?

③ Huoneilmasta löytyvä radonin isotooppi ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ on alfa-hajoava nuklidi, jonka puoliintumisaika on 3.82 vuorokautta. a) Laske yhdessä tällaisessa alfa-hajoamisessa vapautuva energia. b) Säiliöön suljetaan viisi litraa ilmaa, jonka ${}^{222}_{86}\text{Rn}$:n aktiivisuus on aluksi 5.0 Bq. Laske kuinka paljon hajoamisissa vapautuu energiaa seuraavan 1.00 vuorokauden aikana.

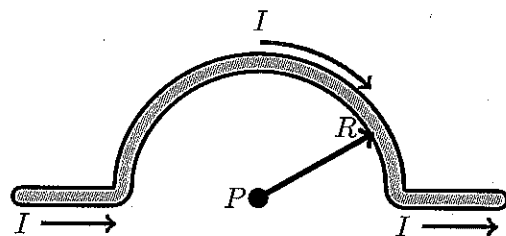
Tarvittavat atomimassat: ${}^{222}_{86}\text{M} = 222.017570$ u, ${}^{218}_{84}\text{M} = 218.008973$ u, ${}^4_2\text{M} = 4.002603$ u.

④ a) Kuvitteellisella atomilla on kolme energiatasoa, joista viritetyt tasot ovat 1.00 eV ja 3.50 eV perustason yläpuolella. Laske mitä kaikkia valon aallonpituuksia viritetyllä tilalla oleva atomi voi emittoida. b) Selosta lyhyesti (n. 5-6 riittää hyvin), miksi molekyylien emissiospektrissä on paljon enemmän viivoja kuin atomien emissiospektrissä (3p).

⑤ Tutkit valosähköistä ilmiötä natrium-pinnan avulla. Natriumin työfunktio on 2.7 eV. a) Mikä on elektronien maksimivauhti niiden irrotessa pinnasta, jos käytät tutkimuksessa valoa, jonka aallonpituus on 380 nm? b) Selosta lyhyesti (alle 10 riviä riittää varmasti) valosähköinen ilmiö, ja erityisesti, miksi sen selittäminen vaatii valon hiukkaskuvauksen aaltokuvauksen sijasta (3p).

⑥ Elektronin nopeus on $\vec{v} = (3.00 \cdot 10^4 \text{ m/s})\hat{j}$. Se kulkee alueessa, jossa on tasainen magneettikenttä $\vec{B} = (1.63 \text{ T})\hat{i}$ ja sähkökenttä $\vec{E} = (30.0 \text{ kV/m})\hat{k}$. a) Laske elektroniin kohdistuvan voiman suuruus. b) Sähkökenttä oli saatu aikaan tasolevykondensaattorilla, jonka levyjen välimatka oli 2.0 mm. Miten levyjen välimatkaa pitäisi muuttaa (pitäen levyjen välinen jännite samana), että varaus kulkisikin suoraan alueessa?

⑦ Tehtävänäsi on laskea virran I aiheuttaman magneettikentän suunta ja suuruus kuvan pisteessä P käyttäen Biot-Savartin lakia. Piste P ja johdin ovat samassa (paperin) tasossa. a) Perustele miksi kuvan suorien osuuksien virrat eivät aiheuta pisteeseen P magneettikenttää lainkaan. b*) Laske kaarevassa osuudessa kulkevan virran aiheuttama kenttä pisteessä P ja ilmoita tulos virran I ja säteen R avulla.



Vakioita:

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

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

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

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

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

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

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

$$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$c^2 = 931.5 \text{ MeV/u}$$

TTY/FYS-1101 Insinöörifysiikka II, 2013: Kaavakokoelma (Paavilainen)
 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad \vec{\mu} = NI\vec{A}$$

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

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

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

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

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

2. välikokeen alue:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E = \gamma mc^2$$

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

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

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

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

$$hf = E_i - E_f$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = (M_P - M_D - M_{\frac{1}{2}\text{He}})c^2$$

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

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

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

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

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$c = \lambda f$$