FYS-1101 Insinöörifysiikka II (Petri Kaukasoina)
Tentti, 23.2.2015.

Kokeessa saa käyttää laskinta, joka ei ole ohjelmoitava.

**1.** Tarkastellaan hyvin pitkää, suoraa, onttoa metalliputkea. Putken ulkosäde on 85 mm ja sisäsäde on 55 mm. Putken varaus on positiivinen; varausta on putken pituusyksikköä kohti 12.3 nC/m. Laske Gaussin laista lähtien sähkökentän suuruus pisteessä, jonka etäisyys putken akselista on a) 23 mm, b) 78 mm, c) 99 mm.

**2.** Sähköinen potentiaali on

$$(3.00\ \mathrm{V/m^2})xy - (2.00\ \mathrm{V/m^2})y^2 + (5.00\ \mathrm{V/m})y.$$

Laske sähkökentän suuruus (itseisarvo) pisteessä, jonka koordinaatit ovat $x = 2.00$ m, $y = 3.00$ m, $z = 4.00$ m.

**3.** Satelliitin lähetinantenni säteilee *isotrooppisesti*: kaikkiin suuntiin yhtä voimakkaasti (pallosymmetrisesti). Antennista lähtevän tehon aikakeskiarvo on 5.0 kW. Taajuus on 244 MHz. Vastaanotin pystyy ottamaan signaalin vastaan, mikäli sähkömagneettisessa aallossa sähkökentän amplitudi on vähintään 2.1 mV/m. Laske suurin mahdollinen etäisyys lähettimen ja vastaanottimen välillä.

**4.** Vetyatomin energia on $-1.362 \cdot 10^{-19}$ J. Elektronin ratakulmaliikemäärän z-komponentti on $-3.164 \cdot 10^{-34}$ kgm$^2$/s. Kyseessä on "spin alas"-elektroni. Mitkä elektronin kvanttilukujen $n$, $l$, $m_l$, $m_s$ arvot tällöin ovat?

**5.** Aleksandr Litvinenko murhattiin Lontoossa teehen lisätyllä polonium-210:llä. Po-210 on alfa-aktiivinen nuklidi, jonka puoliintumisaika on 138.38 vuorokautta ja atomimassa on 209.98287 u. Litvinenko sai poloniumia noin 10 $\mu$g. a) Laske Litvinenkon nielemän poloniumin aktiivisuus (Bq). b) Kirjoita Po-210:n hajoamisyhtälö. c) Po-210 tuotetaan Venäjällä ydinreaktorin neutronisäteilyllä. Neutroneilla pommitetaan ainoaa luonnossa esiintyvää vismutin isotooppia Bi-209. Tapahtuu ensin yhden neutronin absorptio ja siinä syntynyt nuklidi hajoaa sen jälkeen beetahajoamisella (puoliintumisaika 5.0 vrk) Po-210:ksi. Kirjoita reaktioyhtälöt lähtien Bi-209:stä Po-210:een asti.

Eräiden alkuaineiden järjestyslukuja: vety H Z=1, helium He Z=2, elohopea Hg Z=80, tallium Tl Z=81, lyijy Pb Z=82, vismutti Bi Z=83, polonium Po Z=84, astatiini At Z=85, radon Rn Z=86.

**Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella!**

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\hat{\boldsymbol{r}}$ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\,\hat{\boldsymbol{r}}$ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\,\hat{\boldsymbol{r}}$ $p = qd$ $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$ $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\mathrm{encl}}}{\epsilon_0}$ $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$ $V = \frac{U}{q_0}$ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r}$ $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$ $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$ $E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$ $E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$ $C = \frac{Q}{V_{ab}}$ $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ $U = \frac{Q^2}{2C}$ $u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ $C = KC_0$ $\epsilon = K\epsilon_0$ $I = \frac{dQ}{dt}$ $J = \frac{I}{A}$ $\vec{J} = nq\vec{v}_d$ $\vec{E} = \rho\vec{J}$ $\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$ $R = \frac{\rho L}{A}$ $V = IR$ $P = V_{ab}I$ $\sum I = 0$ $\sum V = 0$ $\tau = RC$ $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$ $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$ $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$ $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ $\vec{\mu} = NI\vec{A}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$ $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\mathrm{encl}}$ $\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\mathrm{total}}}{V}$ $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$ $\vec{B} = K_m\vec{B}_0$ $\mu = K_m\mu_0$ $\chi_m = K_m - 1$ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0(i_C + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt})_{\mathrm{encl}}$ $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $L = \frac{N\Phi_B}{i}$ $\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$ $U = \frac{1}{2}LI^2$ $u = \frac{B^2}{2\mu_0}$ $\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$ $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ $E = cB$ $\vec{E}(x,t) = E_{\mathrm{max}}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx - \omega t)$ $\vec{B}(x,t) = B_{\mathrm{max}}\,\hat{\boldsymbol{k}}\,\cos(kx - \omega t)$ $u = \epsilon_0 E^2$ $S = \epsilon_0 cE^2$ $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E} \times \vec{B}$ $I = S_{\mathrm{av}} = \frac{1}{2}\epsilon_0 cE_{\mathrm{max}}{}^2$ $d\sin\theta = m\lambda$ $d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $2d\sin\theta = m\lambda$ $x = x' + ut$ $y = y'$ $z = z'$ $t = t'$ $v_x = v_x' + u$ $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$ $\Delta t = \gamma\Delta t_0$ $l = \frac{l_0}{\gamma}$ $x' = \gamma(x - ut)$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \gamma(t - ux/c^2)$ $v_x' = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2}$ $v_x = \frac{v_x' + u}{1 + uv_x'/c^2}$ $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ $\vec{p} = \gamma m\vec{v}$ $E = K + mc^2$ $K = (\gamma - 1)mc^2$ $E = \gamma mc^2$ $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ $E = hf$ $K_{\mathrm{max}} = hf - \phi$ $E = pc$ $hf = E_i - E_f$ $L = n\frac{h}{2\pi}$ $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$ $\lambda = h/p$ $\hbar = h/2\pi$ $\Delta x\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$ $\Delta E\Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$ $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi$ $\psi = \sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L)$ $E = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$ $\int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2 dx = 1$ $\psi = A\cos kx + B\sin kx$ $\psi = Ce^{\kappa x} + De^{-\kappa x}$ $E = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$ $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}) + U\psi = E\psi$ $E = -\frac{13.60\ \mathrm{eV}}{n^2}$ $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$ $L_z = m_l\hbar$ $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$ $S_z = m_s\hbar$ $\Delta M = ZM_H + Nm_n - {}^A_Z M$ $E_B = (ZM_H + Nm_n - {}^A_Z M)c^2$ $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ $A(t) = \lambda N(t)$ $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ $T_{mean} = \frac{1}{\lambda}$ $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ $Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$

| | |
|---|---|
| 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 | $1\ \mathrm{u} = 1.660538782 \cdot 10^{-27}$ 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 | $\pi r^2$ |
| ympyrän piiri | $2\pi r$ |