FYS-1101 Insinöörifysiikka II (Petri Kaukasoina)
tentti, 4.4.2016

Kokeessa saa käyttää laskinta, joka ei ole ohjelmoitava.

Jos teet koko kurssin tentin, vastaa tehtäviin **1–5** (ei siis tehtävään 6 !). Jos teet vain 1. välikokeen, vastaa tehtäviin **1–3**. Jos teet vain 2. välikokeen, vastaa tehtäviin **4–6**. Kirjoita vastauspaperin ruutuun "Huomautuksia tarkastajalle" joko "TENTTI", "1. VÄLIKOE" tai "2. VÄLIKOE".

1. Pallon muotoinen varausjakauma on varautunut tasaisesti kauttaaltaan (koko tilavuudeltaan): varaustiheys eli varaus tilavuutta kohti on vakio. Pallon säde on 12.3 cm ja sen kokonaisvaraus on positiivinen 23.4 nC. Lähde *Gaussin laista* ja laske varausjakauman aiheuttama sähkökenttä etäisyydellä 9.87 cm pallon keskipisteestä. Perustele riittävästi. Ilmoita myös kentän suunta.

2. Kylpyhuoneen lattialämmitys on toteutettu pienjännitteellä (24 V), joka saadaan muuntajasta. Lämmitysvastuksena toimii lattiaan asennettu "lämmitysmatto", joka on tehty resistiivisestä kaapelista. Yhden maton teho on 165 W (jännitteellä 24 V). a) Laske yhden lämmitysmaton resistanssi. b) Kaksi mattoa kytketäänkin sarjaan ja sarjaankytkentään syötetään jännite 24 V. Laske nyt kahteen mattoon yhteensä kuluva teho.

3. Hiukkasen massa on $1.81 \cdot 10^{-4}$ kg ja sen varaus on $1.22 \cdot 10^{-9}$ C. Hiukkanen liikkuu avaruudessa painottomassa tilassa (gravitaatiota ei siis tarvitse huomioida). Eräänä hetkenä hiukkasen nopeus on $\vec{v} = (3.00 \cdot 10^4 \text{ m/s})\ \hat{\jmath}$. Magneettikenttä on tasainen $\vec{B} = (1.63 \text{ T})\ \hat{\imath} + (0.980 \text{ T})\ \hat{\jmath}$. Laske hiukkasen kiihtyvyysvektori.

4. Protonin ja antiprotonin vauhdit ovat laboratorion suhteen $0.700c$. Hiukkaset törmäävät suoraan toisiaan päin. Laske antiprotonin vauhti protonin suhteen ennen törmäystä.

5. Laske vedyn lähettämän valon aallonpituus, kun valo on peräisin transitiosta vetyatomin ensimmäiseltä viritystilalta perustilalle.

6. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ on uraanin hajoamissarjassa esiintyvä epästabiili ydin, joka hajoaa alfa-hajoamisella. Puoliintumisaika on 3.82 vuorokautta. Suomen pientalojen sisäilman radonin aktiivisuus kuutiometrissä ilmaa on keskimäärin 121 Bq/m^3. Laske, montako Rn-atomia kuutiometrissä ilmaa on.

Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella!

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

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	$1\text{ u} = 1.660538782 \cdot 10^{-27}$ 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	$2\pi r$