

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 $\vec{v} = (3.00 \cdot 10^4 \text{ m/s}) \hat{j}$. Magneettikenttä on tasainen $\vec{B} = (1.63 \text{ T}) \hat{i} + (0.980 \text{ T}) \hat{j}$. Laske hiukkasen kiihtyvyysektori.

4. Protonin ja antiprotonin vauhdit ovat laboratorion suhteen $0.700c$. Hiukaset 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!

$$\begin{aligned}
\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} & \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 \\
\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_{\text{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_{\text{encl}} & \vec{M} &= \frac{\vec{\mu}_{\text{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})_{\text{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_{\text{max}} \hat{j} \cos(kx - \omega t) & & \vec{B}(x,t) &= B_{\text{max}} \hat{k} \cos(kx - \omega t) & u &= \epsilon_0 E^2 & S &= \\
\epsilon_0 c E^2 & & \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 & 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_{\text{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 \text{ 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 - \frac{A}{Z} M & & E_B &= (ZM_H + Nm_n - \frac{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_{\text{mean}} &= \frac{1}{\lambda} & A(t) &= A_0 e^{-\lambda t} \\
Q &= (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2
\end{aligned}$$

Planckin vakio	$6.6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
elektronin massa	$9.1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
alkeisvaraus	$1.60217733 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
valon nopeus tyhjiössä	$2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$
atomimassayksikkö	$1 \text{ u} = 1.660538782 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadron luku	$N_A = 6.0221415 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$
pallon tilavuus	$\frac{4}{3}\pi r^3$
pallon ala	$4\pi r^2$
ympyrän ala	πr^2
ympyrän piiri	$2\pi r$