FYS-1130 2017-02 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset
Petri Kaukasoina
2. välikoe tai tentti, 7.5.2018

Kokeessa saa käyttää laskinta, joka ei ole ohjelmoitava.

Kirjoita vastauspaperin yläreunaan joko "2. VÄLIKOE", "TENTTI" tai "2. VÄLIKOE JA TENTTI". **Välikokeen** suorittajat vastaavat tehtäviin **1–4**, **tentin** suorittajat tehtäviin **2–6** ja molempia samanaikaisesti yrittävät vastaavat kaikkiin tehtäviin.

1. Laboratoriossa tehdään mittauksia hiukkassuihkusta. Laboratoriomittauksissa havaitaan, että suihkun mukana liikkuvien hiukkasten keskimääräinen elinaika on 21 ns laboratorion suhteen. Toisaalta samanlaisten laboratoriossa levossa olevien hiukkasten keskimääräinen elinaika on 7.5 ns. a) Laske hiukkassuihkun hiukkasten vauhti laboratorion suhteen. b) Jos hiukkasten mukana suihkussa liikkuisi kello samalla vauhdilla kuin hiukkaset, kuinka pitkä suihkun hiukkasten keskimääräinen elinaika olisi sen kellon mukaan?

2. Väriainelaserin orgaanisessa väriainemolekyylissä elektroni pääsee liikkumaan molekyyliä pitkin vapaasti päästä päähän, mutta ei pääse molekyylistä pois. Halutaan, että emittoituvan valon aallonpituus on 550 nm (vihreää valoa), kun elektroni siirtyy ensimmäiseltä viritetyltä tilalta perustilalle. Laske tarvittavan molekyylin pituus.

3. Koboltti-57 on epästabiili ydin, joka hajoaa vain elektronikaappauksella. a) Kirjoita hajoamisyhtälö. b) Laske, paljonko energiaa vapautuu elektronivoltteina yhden ytimen hajoamisessa. Atomimassoja: $^{4}_{2}$He 4.002602 u, $^{53}_{25}$Mn 52.941290 u, $^{57}_{26}$Fe 56.935399 u, $^{57}_{27}$Co 56.936296 u, $^{57}_{28}$Ni 56.939794 u.

4. Sähkömagneettisen aallon Poyntingin vektori on

$$\vec{S} = (480\ \mathrm{W/m^2})\ \hat{k}\ \cos^2[(1.05\ \mathrm{rad/m})\ z - (3.14 \cdot 10^8\ \mathrm{rad/s})\ t].$$

Laske a) aallonpituus, b) taajuus ja c) intensiteetti (eli keskimääräinen teho kohtisuoraa alaa kohti). d) Mihin suuntaan aalto etenee?

5. Umpinaisen metallipallon varaus on 25 nC ja säde on 85 mm. Laske varatun pallon aiheuttama sähkökenttä Gaussin lain avulla pisteessä, jossa etäisyys keskipisteestä on a) 45 mm ja b) 95 mm. Ilmoita myös kentän suunta.

6. Kahdella isolla, vaakasuoralla, johtavalla levyllä on vastakkaismerkkiset mutta yhtä suuret varaukset. Ylempi levy on negatiivinen ja alempi on positiivinen. Levyjen välimatka on 2.20 cm. Sähkökentän suuruus levyjen välissä on $3.00 \cdot 10^4$ V/m. a) Minkä suuntainen sähkökenttä on levyjen välissä? b) Kuinka suuri levyjen välinen potentiaaliero on itseisarvoltaan? c) Kumman levyn potentiaali on korkeampi? d) Hiukkanen, jonka varaus on $-e$ (e on alkeisvaraus), siirtyy ylemmältä levyltä alemmalle. Laske sähkökentän tekemä työ hiukkaseen (jouleina).

Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella!

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q\,q_0}{r^2}\,\hat{r}$ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\,\hat{r}$ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\,\hat{r}$ $p = qd$ $\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E}$ $\Phi_E = \int\vec{E}\cdot d\vec{A}$ $\Phi_E = \oint\vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$ $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$ $V = \frac{U}{q_0}$ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r}$ $V_a - V_b = \int_a^b\vec{E}\cdot d\vec{l}$ $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$ $E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$ $E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$ $C = \frac{Q}{V_{ab}}$ $C = \epsilon_0\frac{A}{d}$ $U = \frac{Q^2}{2C}$ $u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ $C = KC_0$ $\epsilon = K\epsilon_0$ $I = \frac{dQ}{dt}$ $J = \frac{I}{A}$ $\vec{J} = nq\vec{v}_d$ $\vec{E} = \rho\vec{J}$ $\rho(T) = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)]$ $R = \frac{\rho L}{A}$ $V = IR$ $P = V_{ab}I$ $\sum I = 0$ $\sum V = 0$ $\tau = RC$ $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ $\Phi_B = \int\vec{B}\cdot d\vec{A}$ $\oint\vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$ $\vec{F} = I\vec{l}\times\vec{B}$ $d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B}$ $\vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B}$ $\vec{\mu} = NI\vec{A}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$ $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$ $\oint\vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl}$ $\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{total}}{V}$ $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$ $\vec{B} = K_m\vec{B}_0$ $\mu = K_m\mu_0$ $\chi_m = K_m - 1$ $\oint\vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(i_C + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt})_{\text{encl}}$ $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\oint\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $L = \frac{N\Phi_B}{i}$ $\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$ $U = \frac{1}{2}LI^2$ $u = \frac{B^2}{2\mu_0}$ $\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$ $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ $E = cB$ $\vec{E}(x,t) = E_{\max}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx-\omega t)$ $\vec{B}(x,t) = B_{\max}\,\hat{k}\,\cos(kx-\omega t)$ $u = \epsilon_0 E^2$ $S = \epsilon_0 cE^2$ $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$ $I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2}\epsilon_0 cE_{\max}{}^2$ $d\sin\theta = m\lambda$ $d\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$ $2d\sin\theta = m\lambda$ $x = x' + ut$ $y = y'$ $z = z'$ $t = t'$ $v_x = v_x' + u$ $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$ $\Delta t = \gamma\Delta t_0$ $l = \frac{l_0}{\gamma}$ $x' = \gamma(x-ut)$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \gamma(t-ux/c^2)$ $v_x' = \frac{v_x-u}{1-uv_x/c^2}$ $v_x = \frac{v_x'+u}{1+uv_x'/c^2}$ $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ $\vec{p} = \gamma m\vec{v}$ $E = K + mc^2$ $K = (\gamma-1)mc^2$ $E = \gamma mc^2$ $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ $E = hf$ $K_{\max} = hf - \phi$ $E = pc$ $hf = E_i - E_f$ $L = n\frac{h}{2\pi}$ $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1-\cos\phi)$ $\lambda = h/p$ $\hbar = h/2\pi$ $\Delta x\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$ $\Delta E\Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$ $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi$ $\psi = \sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L)$ $E = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$ $\int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2dx = 1$ $\psi = A\cos kx + B\sin kx$ $\psi = Ce^{\kappa x} + De^{-\kappa x}$ $E = (n+\frac{1}{2})\hbar\omega$ $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}) + U\psi = E\psi$ $E = -\frac{13.60\text{ eV}}{n^2}$ $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$ $L_z = m_l\hbar$ $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$ $S_z = m_s\hbar$ $\Delta M = ZM_H + Nm_n - {}^A_Z M$ $E_B = (ZM_H + Nm_n - {}^A_Z M)c^2$ $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ $A(t) = \lambda N(t)$ $N(t) = N_0e^{-\lambda t}$ $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ $T_{mean} = \frac{1}{\lambda}$ $A(t) = A_0e^{-\lambda t}$ $Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$

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