FYS-1101 2016-04 Insinöörifysiikka II

FYS-1130 2016-04 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset

Petri Kaukasoina

Kesäkurssin 2. välikoe tai tentti, 27.6.2017

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. 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 keskimääräinen elinaika olisi sen kellon mukaan?

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

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

4. Sähkömagneettisen aallon Poyntingin vektori on

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

Laske a) aallonpituus, b) taajuus ja c) intensiteetti (eli kohtisuoran pinnan lävistävän tehon keskimääräinen suuruus 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 yhtäsuuret 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!

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

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	$2\pi r$