FYS-1101 Insinöörifysiikka II
2. välikoe ja tentti, 20.8.2012

Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta ohjelmoitavaa laskinta ei saa käyttää.

Huom! 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. (Tai jos haluat suorituksen opintojaksosta FYS-1120 Insinöörifysiikka IIb, mainitse siitä, ja vastaa vain tehtäviin **1–3**).

1. Avaruusasema kulkee suoraan maata kohti vauhdilla $0.50c$. a) Maasta lähetetään radiosignaali (vauhti c) kohti avaruusasemaa. Minkä tuloksen avaruusasemalla olija saa mitatessaan tulevan radiosignaalin etenemisvauhtia? b) Avaruusasemalta laukaistaan luotain kohti maata vauhdilla $0.40c$ avaruusaseman suhteen. Laske luotaimen vauhti maan suhteen.

2. Hiukkanen on yksiulotteisessa laatikossa kvantittuneella tilalla, jonka kvanttiluku on 3. Laatikon vasen reuna on kohdassa $x = 0$ ja oikea reuna kohdassa $x = L$. Laatikon sisällä hiukkasen potentiaalienergia on nolla ja ulkopuolella ääretön. a) Piirrä tilan aaltofunktio. b) Mitä voit sanoa hiukkasen löytymisen todennäköisyydestä kohdan $x = L/6$, c) kohdan $x = 2L/6$ ja d) kohdan $x = 3L/6$ tienoilla?

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. Atomimassayksikkö $1\ \mathrm{u} = 1.660538782 \cdot 10^{-27}$ kg.

4. Tyhjiössä etenevän sähkömagneettisen aallon sähkökentän lauseke on

$$(120\ \mathrm{V/m})\cos[(1.2\ \mathrm{rad/m})y + (3.6 \cdot 10^{8}\ \mathrm{rad/s})t]\ \hat{\boldsymbol{k}}.$$

Laske a) magneettikentän lauseke ajan ja paikan funktiona, b) Poyntingin vektorin lauseke ajan ja paikan funktiona.

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. *Huom!* Perustelujakin pitäisi löytyä riittävästi.

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 kääntöpuolella!

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

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
pallon tilavuus	$\frac{4}{3}\pi r^3$
pallon ala	$4\pi r^2$
ympyrän ala	πr^2
ympyrän piiri	$2\pi r$