FYS-1101 Insinöörifysiikka II (Petri Kaukasoina)
2. välikoe, 12.12.2014

Kokeessa saa käyttää laskinta, joka ei ole ohjelmoitava.

*Huom!* Kirjoita vastauspaperin yläreunaan joko "2. VÄLIKOE", "TENTTI" tai "2. VÄLIKOE JA TENTTI". **Välikokeen** suorittajat vastaavat tehtäviin 1–5, **tentin** suorittajat tehtäviin 3–7 ja molempia samanaikaisesti yrittävät vastaavat kaikkiin tehtäviin. (Tai jos haluat suorituksen opintojaksosta FYS-1120 Insinöörifysiikka IIb, mainitse siitä, ja vastaa vain tehtäviin 1–4).

**1.** Avaruusasema kulkee suoraan maata kohti vauhdilla $0.600c$ maan suhteen. Avaruusasemalta laukaistaan luotain kohti maata vauhdilla $0.750c$ avaruusaseman suhteen. Laske luotaimen vauhti maan suhteen.

**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.** Valitse kuhunkin kohtaan a–f oikea vaihtoehdoista A, B, ... . Tasan yksi vaihtoehto on oikein joka kohdassa. Ei perusteluja. Oikeasta vastauksesta 1 p, väärästä tai puuttuvasta vastauksesta 0 p.

a) Youngin kokeessa valo kulkee kahden raon läpi (rakojen väli $d$) ja muodostuu kirkkaita ja pimeitä juovia varjostimelle. Jos käytetäänkin kymmentä rakoa (sama rakojen väli $d$), miten kuvio muuttuu? Kirkkaat juovat siirtyvät A. kauemmaksi, B. lähemmäksi toisiaan, tai kirkkaat juovat pysyvät paikoillaan mutta ne C. kapenevat, D. levenevät.

b) Hyvin nopea juna liikkuu Springfieldistä Shelbyvilleen päin. Matkan puolivälissä sekä Springfieldistä että Shelbyvillestä tulee aikamerkki "kello on 12". Springfieldin aikamerkki tulee A. ennen, B. jälkeen, C. samaan aikaan Shelbyvillen aikamerkkiin verrattuna.

c) Tutkit valosähköistä ilmiötä valaisemalla metallipintaa monokromaattisella sinisellä valolla. Kun kasvatat valon intensiteettiä pitäen valon värin samana, A. sekunnissa irtoavien elektronien lukumäärä kasvaa, B. elektronien kineettinen energia kasvaa, C. sekä elektronien määrä että energia kasvavat, D. elektronien määrä ja energia pysyvät samoina.

d) Päästetään elektroneja kahden raon kautta fluoresoivalle varjostimelle, jonne syntyy interferenssikuvio. Eräs elektroni sattuu osumaan varjostimen keskikohdan yläpuolelle. Kyseisen elektronin on pitänyt A. kulkea ylemmän raon kautta, B. kulkea alemman raon kautta, C. on mahdoton sanoa kumman raon kautta elektroni on kulkenut tai se kulki molempien rakojen kautta.

e) Potentiaalilaatikossa hiukkasen löytymistodennäköisyystiheys laatikon reunojen kohdalla on A. suurimmillaan, B. sama vakio kuin kaikkialla muuallakin, C. pieni, mutta nollaa suurempi, D. nolla.

f) Mitataan elektronin spinliikkeen kulmaliikemäärän suuruutta ja sen z-komponenttia. A. Sekä suuruudella että z-komponentilla on kaksi mahdollista eri arvoa. B. Suuruudella on vain yksi mahdollinen arvo ja z-komponentilla on kaksi mahdollista eri arvoa. C. Suuruudella on kaksi mahdollista eri arvoa ja z-komponentilla on vain yksi mahdollinen arvo. D. Sekä suuruudella että z-komponentilla on vain yksi mahdollinen arvo.

**4.** Amerikium-241 on alfa-aktiivinen nuklidi, jonka puoliintumisaika on 432.2 vuotta. Sitä on palovaroittimessa. Ilma pääsee kulkemaan säteilylähteen läheltä, jolloin ilmaa ionisoituu ja pieni sähkövirta kulkee ilman läpi. Savun hiukkaset muuttavat kyseistä virtaa, mikä laukaisee hälytyksen. Laske palovaroittimen sisältämien amerikium-ytimien lukumäärä, kun säteilylähteen aktiivisuus on 33 kBq.

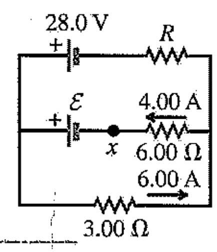
**5.** Tyhjiössä etenevän sähkömagneettisen aallon sähkökentän lauseke on

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

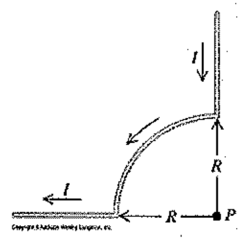
a) Laske aallonpituus. b) Laske taajuus. c) Laske *magneettikentän* amplitudi. d) Ylläolevan sähkökentän lausekkeen mukaan kosinin ollessa positiivinen sähkökenttä on yksikkövektorin $\hat{\boldsymbol{k}}$ suuntainen. Minkä suuntainen magneettikenttä on kyseisessä kohdassa samaan aikaan?

**6.** Laske kuvan 1 piirin lähdejännite eli emf $\mathcal{E}$ ja vastuksen resistanssi $R$.

**7.** Johtimessa kulkee virta $I = 12.0$ A kuvan 2 mukaan. Johdin koostuu kahdesta suorasta, pitkästä osasta ja $R$-säteisen ympyrän neljänneksestä ($R = 0.230$ m). Laske virran aiheuttaman magneettikentän suuruus ja suunta pisteessä $P$ lähtien liikkeelle jostakin arkin kääntöpuolen peruslaista.




Kuva 1.




Kuva 2.

**Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella!**

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\hat{r} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\,\hat{r} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\,\hat{r} \quad p = qd$

$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \Phi_E = \int \vec{E}\cdot d\vec{A} \quad \Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\mathrm{encl}}}{\epsilon_0} \quad U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$

$V = \frac{U}{q_0} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r} \quad V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} \quad E_x =$

$-\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad C = \epsilon_0\frac{A}{d} \quad U = \frac{Q^2}{2C} \quad u =$

$\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \quad C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0 \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A} \quad \vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \vec{E} = \rho\vec{J}$

$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad V = IR \quad P = V_{ab}I \quad \sum I = 0$

$\sum V = 0 \quad \tau = RC \quad \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad \Phi_B = \int \vec{B}\cdot d\vec{A} \quad \oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$

$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B} \quad d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \quad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad \vec{\mu} = NI\vec{A} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \quad \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\mathrm{encl}} \quad \vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\mathrm{total}}}{V} \quad \vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$

$\vec{B} = K_m\vec{B}_0 \quad \mu = K_m\mu_0 \quad \chi_m = K_m - 1 \quad \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(i_C + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt})_{\mathrm{encl}}$

$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad \oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad L = \frac{N\Phi_B}{i} \quad \mathcal{E} = -L\frac{di}{dt} \quad U = \frac{1}{2}LI^2$

$u = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad \frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad E = cB \quad \vec{E}(x,t) =$

$E_{\max}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx - \omega t) \quad \vec{B}(x,t) = B_{\max}\,\hat{k}\,\cos(kx - \omega t) \quad u = \epsilon_0 E^2 \quad S =$

$\epsilon_0 cE^2 \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E} \times \vec{B} \quad I = S_{\mathrm{av}} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c{E_{\max}}^2 \quad d\sin\theta = m\lambda \quad d\sin\theta =$

$(m + \frac{1}{2})\lambda \quad 2d\sin\theta = m\lambda \quad x = x' + ut \quad y = y' \quad z = z' \quad t = t'$

$v_x = v_x' + u \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \quad \Delta t = \gamma\Delta t_0 \quad l = \frac{l_0}{\gamma} \quad x' = \gamma(x - ut)$

$y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad v_x' = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2} \quad v_x = \frac{v_x' + u}{1 + uv_x'/c^2}$

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad \vec{p} = \gamma m\vec{v} \quad E = K + mc^2 \quad K = (\gamma - 1)mc^2 \quad E = \gamma mc^2$

$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2 \quad E = hf \quad K_{\max} = hf - \phi \quad E = pc \quad hf = E_i - E_f$

$L = n\frac{h}{2\pi} \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi) \quad \lambda = h/p \quad \hbar = h/2\pi \quad \Delta x\Delta p_x \geq$

$\frac{\hbar}{2} \quad \Delta E\Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi \quad \psi = \sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L) \quad E =$

$\frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} \quad \int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2 dx = 1 \quad \psi = A\cos kx + B\sin kx \quad \psi = Ce^{\kappa x} + De^{-\kappa x}$

$E = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega \quad -\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}) + U\psi = E\psi \quad E = -\frac{13.60\ \mathrm{eV}}{n^2}$

$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad L_z = m_l\hbar \quad S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad S_z = m_s\hbar \quad \Delta M =$

$ZM_H + Nm_n - \frac{A}{Z}\,M \quad E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{Z}\,M)c^2 \quad A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$

$A(t) = \lambda N(t) \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad T_{mean} = \frac{1}{\lambda} \quad A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$

| | |
|---|---|
| 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 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 | $\pi r^2$ |
| ympyrän piiri | $2\pi r$ |