TTY/ FYS-1101 Insinöörifysiikka II (Sami Paavilainen) syksy 2017

2. välikoe ja tentti 18.12.2017

- Ympyröidyt kysymykset (1-5) kuuluvat 2. välikokeeseen.
- Neliöidyt kysymykset (3-7) kuuluvat tenttiin.
- Kääntöpuolella kaavoja ja alhaalla vakioita.
- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Muista antaa kaikupalautetta.

(1) Radioaktiivisella nuklidilla $^{199}_{78}\mathrm{Pt}$ on puoliintumisaika 30.8 min. Erään siitä valmistetun näytteen aktiivisuus on aluksi $1.36 \cdot 10^{11}$ Bq.
a) Montako $^{199}_{78}\mathrm{Pt}$ -ydintä on näytteessä alkutilanteessa? (2p)
b) Tarkastelet näytettä uudestaan 50.0 minuutin jälkeen. Kuinka monta $^{199}_{78}\mathrm{Pt}$-ydintä on hajonnut tämän 50.0 minuutin aikana? Mikä on näytteen aktiivisuus tuolloin? (4p)

(2) Puhtaan piin energiarako E_g (eli valenssivyön ja johtavuusvyön välinen kielletty energiaväli) on 1.12 eV:n suuruinen. Fermi-energia on energiaraon puolivälissä.
a) Laske ja perustele voiko aallonpituuden 1350 nm omaava fotoni virittää elektronin valenssivyöltä johtavuusvyölle.
b) Laske lämpötilassa 320 K todennäköisyys sille, että piin johtavuusvyön pohjalla oleva tila on miehitetty elektronilla.

[3] Röntgenputkessa oleva elektroni kiihdytetään 5.00 MV:n jännitteellä.
a) Laske elektronin vauhti kiihdytyksen jälkeen.
b) Kiihdytyksen jälkeen elektroni ohjataan radalle, jonka pituus on laboratorion suhteen 4.3 cm elektronin nopeuden suunnassa. Laske kuinka kauan radan kulkemiseen kuluu aikaa elektronin koordinaatistossa.

[4] Theodore Lyman havaitsi vetyatomin emittoivan ultraviolettista valoa muun muassa aallonpituuksilla 121.6 nm ja 102.6 nm.
a) Laske emittoituvien fotonien energiat elektronivoltteina näillä aallonpituuksilla. (2p)
b) Emissio johtuu vetyatomin siirtymisestä energiatasolta toiselle. Mitkä ovat alku- ja lopputilan pääkvanttiluvut näissä emissioissa? Perustele laskemalla! (4p)

[5] Selitä lyhyesti (5-6 riviä riittänee):
a) Aallon Poyntingin vektori on $\vec{S} = (12\ \mathrm{W/m^2})\ \hat{\jmath}\ \cos^2[(79\ \mathrm{rad/m})\,y - (1.6 \cdot 10^{10}\ \mathrm{rad/s})\,t]$. Mitä eri aaltoa kuvaavia suureita voit selvittää tämän perusteella? Ei tarvitse laskea lukuarvoja, mutta kerro miten tai millä kaavalla voit ne laskea. (3p)
b) Mitä tarkoitetaan elektronidiffraktiolla? Miten sen avulla voidaan osoittaa elektroneilla olevan myös aaltoluonne? (3p)

[6] Tasolevykondensaattorin levyt ovat etäisyydellä 0.85 mm toisistaan. Levyjen välinen alue on täytetty materiaalilla, jonka eristevakio on 3.4. Levyt varataan paristolla siten, että niiden välinen potentiaaliero on 7.40 V.
a) Laske sähkökentän suuruus eristemateriaalin sisällä.
b) Laske metallilevyjen pintavaraustiheyksien suuruus.

[7] Hyvin pitkän, sylinterin muotoisen eristetangon poikkileikkauksen säde on R. Sylinteri on varattu tasaisesti siten, että sen varaustiheys ρ on vakio. Johda **Gaussin lain** avulla varauksen aiheuttama sähkökenttä (suuruus ja suunta) etäisyyden r:n funktiona tangon keskiakselista. Tarkastele erikseen alueita $r \leq R$ ja $r \geq R$. Muista perustella laskun välivaiheet!

Vakioita:

$g = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js	$m_e = 9.109 \times 10^{-31}$ kg
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$	$h = 4.136 \times 10^{-15}$ eVs	$m_p = 1.007276$ u
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{TmA^{-1}}$	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34}$ Js	$m_n = 1.008665$ u
$e = 1.602 \times 10^{-19}$ C	$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5}$ eV/T	$\mathrm{u}c^2 = 931.5$ MeV
$c = 2.998 \times 10^8$ m/s	$k = 1.38065 \times 10^{-23}$ J/K	$1\ \mathrm{eV} = 1.602 \times 10^{-19}$ J
	u$= 1.660539 \times 10^{-27}$ kg	

Huom! Kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin.

$\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = (A_y B_z - A_z B_y)\hat{\imath} + (A_z B_x - A_x B_z)\hat{\jmath} + (A_x B_y - A_y B_x)\hat{k}$

Pallo: $A = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$

$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ $\quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\hat{r}$

$p = qd$ $\quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

$\Phi_E = \int \vec{E}\cdot d\vec{A}$

$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\varepsilon_0}$

$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q q_0}{r}$ $\quad V = \frac{U}{q_0}$

$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$ $\quad V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r}$

$W_{a\to b} = q_0(V_a - V_b) = U_a - U_b$

$V_{ab} = V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$

$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$

$C = \frac{Q}{V_{ab}}$ $\quad C = \varepsilon\frac{A}{d}$ $\quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$U = \frac{Q^2}{2C}$ $\quad u = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$

$C = KC_0$ $\quad \varepsilon = K\varepsilon_0$

$I = \frac{dQ}{dt}$ $\quad J = \frac{I}{A}$

$\vec{J} = nq\vec{v}_d$ $\quad \vec{E} = \rho\vec{J}$

$\rho(T) = \rho_o[1 + \alpha(T - T_0)]$

$R = \frac{\rho L}{A}$ $\quad \rho = \frac{m}{ne^2\tau}$

$V = IR$ $\quad P = V_{ab}I$

$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}}$ $\quad \sum V = 0$

$q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC})$

$\vec{F} = q(\vec{v}\times\vec{B} + \vec{E})$

$\Phi_B = \int \vec{B}\cdot d\vec{A}$

$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$ $\quad \vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B}$

$\vec{\mu} = NI\vec{A}$

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $\quad B = \mu_0 nI$

$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$ $\quad \vec{B} = K_m\vec{B}_0$

$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{\text{totál}}}{V}$

$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\quad \oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\left(i_c + \varepsilon\frac{d\Phi_E}{dt}\right)_{\text{encl}}$

$M = \frac{N_2\Phi_{B,2}}{i_1}$ $\quad \mathcal{E}_2 = -M\frac{di_1}{dt}$

$L = \frac{N\Phi_B}{i}$ $\quad \mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$

$U = \frac{1}{2}LI^2$ $\quad u = \frac{B^2}{2\mu_0}$

$i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}(1 - e^{-tR/L})$

$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ $\quad E = cB$

$\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$

$\vec{E}(x,t) = E_{\max}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx - \omega t)$

$\vec{B}(x,t) = B_{\max}\,\hat{k}\,\cos(kx - \omega t)$

$f = \frac{c}{\lambda}$ $\quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$ $\quad \omega = 2\pi f$

$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$

$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 c {E_{\max}}^2$

$x' = \gamma(x - ut)$ $\quad y' = y$

$z' = z$

$t' = \gamma(t - ux/c^2)$ $\quad \Delta t = \gamma\Delta t_0$

$l = \frac{l_0}{\gamma}$ $\quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$

$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2}$

$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + uv'_x/c^2}$ $\quad \vec{p} = \gamma m\vec{v}$

$E = K + mc^2$ $\quad E = \gamma mc^2$

$E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$

$E = hf$ $\quad E = pc$ $\quad hf - \phi = eV_0$

$\lambda = h/p$ $\quad p = h/\lambda$

$hf = E_f - E_i$ $\quad hf = E_i - E_f$

$m\lambda = d\sin\theta$

$\Delta x\Delta p \geq \hbar/2$ $\quad \Delta E\Delta t \geq \hbar/2$

$P = \int_{x1}^{x_2}|\psi|^2 dx$ $\quad \int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2 dx = 1$

$E_n = \frac{n^2h^2}{8mL^2}$ $\quad \psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}}\sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$

$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + U(x)\psi(x) = E\psi(x)$

$E = -\frac{13.60\text{ eV}}{n^2}$ $\quad L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$

$L_z = m_l\hbar$ $\quad S_z = m_s\hbar$

$U = -\mu_z B = m_l\mu_B B$

$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$

$I = I_s(e^{eV_b/kT} - 1)$

$E_B = (ZM_{\text{H}} + Nm_{\text{n}} - {}^{A}_{Z}M)c^2$

β^+: $Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

β^-, EC: $Q = (M_P - M_D)c^2$

$Q = (M_P - M_D - M_{{}^4_2\text{He}})c^2$

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

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

$A(t) = \left|\frac{dN(t)}{dt}\right| = \lambda N(t)$

$D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$ $\quad H = \text{RBE}\times D$