

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 $^{199}_{78}\text{Pt}$ on puoliintumisaika 30.8 min. Erään siitä valmistetun näytteen aktiivisuus on aluksi $1.36 \cdot 10^{11}$ Bq.
- a) Montako $^{199}_{78}\text{Pt}$ -ydintä on näytteessä alkutilanteessa? (2p)
 - b) Tarkastelet näytettä uudestaan 50.0 minuutin jälkeen. Kuinka monta $^{199}_{78}\text{Pt}$ -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 foton virittää elektronin valenssivyöltä johtavuusvyölle.
 - b) Laske lämpötilassa 320 K todennäköisyys sille, että piin johtavuusvyön pohjalla oleva tila on miehitytty 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 vetyatomien emittoivan ultraviolettista valoa muun muassa aallonpituuksilla 121.6 nm ja 102.6 nm.
- a) Laske emittoituvien fotonien energiat elektronivolteina näillä aallonpituuksilla. (2p)
 - b) Emissio johtuu vetyatomien 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 $\vec{S} = (12 \text{ W/m}^2) \hat{j} \cos^2[(79 \text{ rad/m})y - (1.6 \cdot 10^{10} \text{ rad/s})t]$. 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:

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$uc^2 = 931.5 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z)\hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\hat{k}$ Pallo: $A = 4\pi r^2, V = \frac{4}{3}\pi r^3$

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$

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

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

$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$

$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r} \quad V = \frac{U}{q_0}$

$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$

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

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

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

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

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

$C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0$

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

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

$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$

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

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

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

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

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

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

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

$\vec{\mu} = NIA\hat{A}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad E = cB$

$\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$

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

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

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

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

$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\text{max}}^2$

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

$z' = z$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$m\lambda = d \sin \theta$

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

$P = \int_{x_1}^{x_2} |\psi|^2 dx \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$

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

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

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

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

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

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

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

$E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{2}M)c^2$

$\beta^+ : Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$

$\beta^-, \text{ EC} : Q = (M_P - M_D)c^2$

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

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

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

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

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