

## FYS-1101 Insinöörifysiikka II

### FYS-1130 Insinöörifysiikka II: teoria ja laboratorioharjoitukset

#### 2. välikoe ja tentti 20.8.2019, kesäkurssi / Niemi

Kirjoita vastauspaperin etusivulle, suoritatko kurssin FYS-1101, 7op vai kurssin FYS-1130, 9op.

Mainitse myös, mikäli olet sopinut luennoijan kanssa erityisjärjestelyistä.

Halutessasi voit tehdä 2. välikokeen (tehtävät 1-3), tentin (tehtävät 2-6) tai molemmat (tehtävät 1-6).

Kokeessa saa olla mukana laskin, jos se ei ole ohjelmoitava. Kaavoja ja vakioita kääntöpuolella.

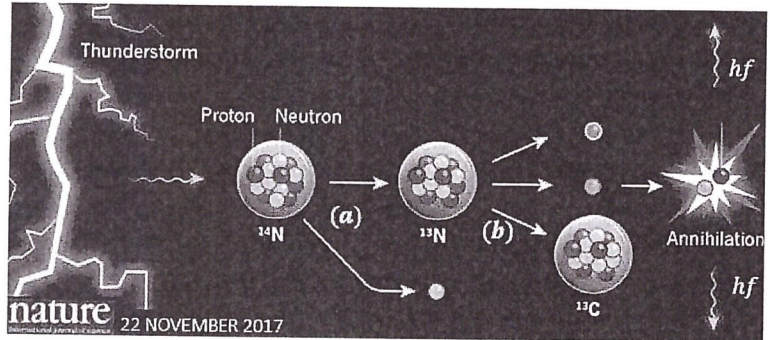
1. (VK) Ukkospilvissä väitetään tapahtuvan kuvan mukainen ydinreaktioketju. Teoriaa selittävät kaksi havaintoa: isotoopin  $^{13}\text{C}$  kohonnut pitoisuus ilmakehässä ukkosen jälkeen, ja gammasäteily, jonka energia on 0.511 MeV.

a) Mikä on ketjun lopputuotteena syntyneen fotonin aallonpituus, jos sen energia on 0.511 MeV? Entä kuinka suurta lepomassan muutosta se vastaisi?

b) kirjoita reaktioyhtälö (b), kun  $^{13}\text{N}$  hajoaa  $^{13}\text{C}$ :ksi.

c) Osoita, että reaktio (b) voi tapahtua spontaanisti.

Saatat tarvita jotain seuraavista atomimassoista:  $m(^{14}_7\text{N}) = 14.003074\text{u}$ ,  $m(^{13}_7\text{N}) = 13.005739\text{u}$ ,  $m(^{13}_6\text{C}) = 13.003355\text{u}$ . Elektronin, protonin ja neutronin massat löytyvät kaavakokoelmasta.



2. (VK+T) a) Selitä lyhyesti, max. 8 rivillä, mitä tarkoittaa De Broglie –aineaalto. Mikä on De Broglie –aineaallon aallonpituuden yhteys hiukkasen massaan?

b) Tarkastellaan elektronia pitkässä orgaanisessa molekyylissä, jossa se käyttäytyy kuten hiukkanen potentiaalilaatikossa. Elektronilla on kolme sidottua tilaa, joista perustilan energia on 1.0 eV, ja viritettyjen tilojen vastaavasti 3.6 eV ja 7.6 eV. Mikä on fotonin aallonpituus, joka viritää elektronin perustilalta toiselle viritetylle tilalle?

c) Jatketään b)-kohdan fotonin ja elektronin parissa. Mitä eri vaihtoehtoja elektronilla on palata toiselta viritetyltä tilalta takaisin perustilalle? Mitkä ovat eri vaihtoehtoisissa emittoituvien fotonien aallonpituudet?

3. (VK+T) Röntgenputkessa elektroneja kiihdytetään 5.00 MV:n jännitteellä.

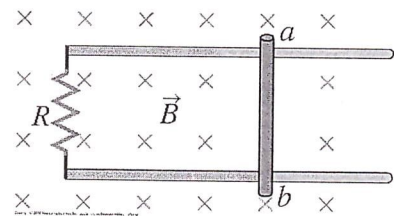
a) Laske elektronin lepoenergia ja kiihdytetyn elektronin kokonaisenergia (elektronivoltteina).

b) Laske kuinka pitkä röntgenputki on kiihdytetyn elektronin mielestä, kun putken lepopituus on 4.3 cm.

4. (T) Kuvan pystysuoraa johdinkappaletta, jonka pituus on 36 cm, liu'utetaan vasemmalle nopeudella  $v = 5.90\text{ m/s}$ . Johdin muodostaa virtapiirin vaakasuorien johtimien ja vastuksen,  $R = 45.0\ \Omega$ , kanssa, ja piiri on tasaisessa magneettikentässä,  $B = 0.750\text{ T}$ .

a) Kuinka suuri sähkömotorinen voima piiriin muodostuu?

b) Kuinka suuri ja mihin suuntaan on indusoitunut virta piirissä? Voit olettaa johtimet vastuksettomiksi.



5. (T) Varaus  $q = 12.0\ \mu\text{C}$  liikkuu alueella, jossa sähköinen potentiaalifunktio on  $V = (14.0\text{ V/m}^3)x^3 - (16.5\text{ V/m}^2)zx - 1.20\text{ V}$ .

a) Laske alueella vaikuttava sähkökenttä.

b) Varaus liikkuu pisteestä  $(0.10\text{ m}, 0, 0)$  pisteeseen  $(0.30\text{ m}, 0, 0\text{ m})$ . Laske kentän tekemä työ.

c) Mitä tapahtuu varauksen potentiaalienergialle?

6. (T) Pitkän, sylinterimäisen johtimen ympyränmuotoisen poikkileikkauksen säde  $R = 0.020\text{ m}$ . Johtimessa kulkee tasaisesti johtimen poikkipinta-alalle jakautunut vakiovirta  $I = 2.50\text{ A}$ . Laske Ampèren lain avulla virran aiheuttaman magneettikentän suuruus kolmella eri etäisyydellä  $r$  johtimen keskiakselista:

a)  $r = 0.010\text{ m}$ , b)  $r = 0.020\text{ m}$ , ja c)  $r = 0.030\text{ m}$ .

# FYS-1101 ja FYS-1130 Insinöörifysiikka II / Niemi

Kokeessa mahdollisesti tarvittavia kaavoja ja vakioita

## Kaavoja

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

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = AB \cos \phi$$

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

$$\text{Pallon pinta-ala } A = 4\pi r^2, \text{ tilavuus } V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

## 1. välikokeen alue 2019

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

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

$$p = qd$$

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

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

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

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

$$W = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = -\Delta U$$

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i>1} \frac{q_i}{r_{0,i}}$$

$$V = \frac{U}{q_0}$$

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

$$W_{ab} = q_0(V_a - V_b) = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

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

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$U = \frac{1}{2} QV$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$C = KC_0$$

$$E = \frac{E_0}{K}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d$$

$$\vec{E} = \rho\vec{J}$$

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

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$V = RI$$

$$\mathcal{E} = V_{ab} = V_a - V_b$$

$$\Delta V_{circuit} = 0$$

$$P = V_{ab}I$$

$$\sum I = 0$$

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

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

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

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

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

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

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

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

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

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

$$B = \mu_0 nI$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl}$$

$$\vec{B} = K_m \vec{B}_0$$

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

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

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

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} (\Phi_E)$$

$$M = N_2 \frac{\Phi_{B2}}{i_1}$$

$$V_{ab} = L \frac{di}{dt}$$

$$L = N \frac{\Phi_B}{i}$$

$$U = \frac{1}{2} Li^2$$

$$u = \frac{1}{2K_m \mu_0} B^2$$

$$E = cB$$

$$c^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

$$\vec{E} = E_{max} \hat{j} \cos(kx \mp \omega t)$$

$$\vec{B} = \pm B_{max} \hat{k} \cos(kx \mp \omega t)$$

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{KK_m}$$

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

$$I = \frac{P_{ave}}{A} = S_{ave}$$

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

$$P_{rad} = I/c$$

## 2. välikokeen alue 2019

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a}$$

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

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$$

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1-u^2/c^2}$$

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

$$y' = y; z' = z$$

$$t' = \gamma \left( t - \frac{ux}{c^2} \right)$$

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

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$E = K + mc^2$$

$$E = \gamma mc^2$$

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

$$E_f = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = pc$$

$$K_{max} = hf - \Phi = eV_0$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$hf = E_f - E_i$$

$$E_n = -13.60 \text{ eV} \frac{1}{n^2}$$

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\left( -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial}{\partial x^2} \psi(x) + \right.$$

$$\left. U(x) \psi(x) \right) = E \psi(x)$$

$$P(x) = |\Psi(x, t)|^2$$

$$P(x, x + dx) =$$

$$|\Psi(x, t)|^2 dx$$

$$E_n = \frac{\hbar^2}{8mL^2} n^2$$

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

$$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$$

$$E_B = \Delta mc^2$$

$$Q = (\sum m_i - \sum m_f) c^2$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right|$$

## Vakioita

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

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

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

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

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

$$m_e = 0.000548580 \text{ u}$$

$$u = 1.660538782 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$c^2 = 931.5 \text{ MeV/u}$$

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

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