

S-114.1327 Fysiikka III (EST) Tentti ja välikoeuusinnat 24.5.2011 Tittonen/Tulkki

Ensimmäinen välikoe tehtävät: 1-5

Toinen välikoe tehtävät: 6-10

Tentti tehtävät: 1,3,5,6,8,10

1. Vastaa lyhyesti 1p/kohta

- Mikä ainutlaatuinen ominaisuus liittyy harmonisen oskillaattoripotentialin energiatiloihin?
- Miten tiettyä aaltofunktiota vastaava liikemäärä saadaan laskettua kvanttimekaniikassa?
- Mikä on valon liikemäärä?
- Mikä on aaltopaketti?
- Mitä kaksoisrakokokeessa tapahtuu? Tarkastele erikseen sekä valoa että elektroneja (massallisia hiukkasia). Mitä nämä kokeet osoittavat?
- Miten Heisenbergin epätarkkuusrelaatio näkyy kvanttikaivon elektronin tiloissa?

2. Vetyatomeja pommitetaan kaasupurkausputkessa elektroneilla, joiden liike-energia on 12,2 eV.

- Mikä on korkein viritystila (eli pääkvanttiluvun n :n arvo), johon vetyatomit voivat tällöin virittyä?
- Kuinka monta erilaista spektriviivaa vedyn lähettämässä spektrissä nähdään tässä tapauksessa?

3. Comptonsirontakokeessa levossa oleva elektroni saa 0,100 MeV liike-energian, kun 0,500 MeV röntgenfotoni törmää siihen.

- Määritä sironneen fotonin aallonpituus.
- Määritä fotonin sirontakulma θ .

4. Kun kaliummetallia valaistiin valolla, jonka aallonpituus oli 450 nm, fotoelektronien pysäyttämiseen tarvittava jännite oli 0,52V. Jos valon aallonpituus muutettiin 300 nm:iin, vastaava jännite oli 1,90 V.

- Johda energian säilymlain avulla lauseke Planckin vakiolle
- Laske tämän yhtälön avulla Planckin vakion likiarvo sijoittamalla yhtälöön jännitteiden ja aallonpituuksien yllä annetut numeroarvot.
- Laske irrotustyö kaliumille.

5. Oletetaan, että protonin ja elektronin välinen vetovoima on verrannollinen suureeseen r ($F = -kr$) eikä

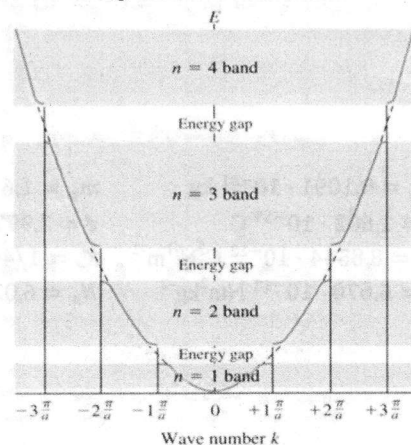
etäisyyden neliön käänteisarvoon ($F = -k/r^2$). Käytä kulmaliikemäärän kvantittumissääntöä ja osoita,

että stationääristen ratojen säteet ovat $r_n = (n\hbar / \sqrt{km})^{1/2}$ ja että energiat ovat $E_n = n\hbar\omega$, missä ω on

massan m omaavan hiukkasen kiertoliikkeen kulmataajuus tässä voimakentässä.

6. Oheinen kuvaa kiinteässä säännöllisessä kidehilassa olevien elektronien energiarakenteita aaltoluvun k funktiona. Vastaa vähintään 10 lauseella per kohta.

- Kuvaile miten oheiset jatkuvat vyöt syntyvät lähtien yksittäisissä atomeissa olevien elektronien diskreeteistä tiloista (2p)
- Selitä miten metallien, puolijohdeiden ja eristeiden sähkönjohtavuus voidaan selittää käyttäen kuvaa apuna (2p)
- Miksi elektronit eivät voi saavuttaa sähkökentässä $F = qe$ äärettömän suuren johtavuuden edes metallienkaan tapauksessa? Miksi vastaavasti sähkökentässä eristeet eivät johda sähköä? (2p)



7. Piirrä ja selitä ytimekkäästi.

- Kerro miten NH_3 -molekyylit syntyvät? (3p)
- Miten hiilivetyjen kaksois-sidos syntyy? (3p)

8. Tarkastellaan normaalia Zeeman efektiä vedyn sähköisessä dipolitransitiossa $2p \rightarrow 1s$. Oletetaan, että sekä spinmagneettinen momentti, että spin-ratavuorovaikutus voidaan jättää huomiotta. a) Mitkä ovat $2p$ energiatason magneettisten alitilojen energiat? b) Mitkä ovat sallitut sähködipolitransitiot ja näiden energiat? Magneettivuon tiheys on $2,0\text{T}$.

9. Oletetaan, että saunan kiukaan tulipesää voidaan pitää likimain mustana kappaleena, jonka lämpötila on 1200°C .

- Miten tulipesän lämpösäteilyn fotonien tiheys riippuu fotonien taajuudesta (selitä mistä kahdesta tekijästä fotonitiheys määräytyy ja selvitä minkälainen funktio taajuudesta fotonitiheys on, taajuudesta riippumattomat vakiotekijät voit jättää pois)?
- Miten lämpösäteilyn kokonaisenergiatiheys riippuu lämpötilasta?
- Kiukaan tulipesän luukku avataan (oletetaan, että avaaminen ei häiritse lämpösäteilyä tulipesässä) Mikä on aukosta ulos virtaavan lämpösäteilyn energiavuo (yksikköpinnan läpäisevä energia sekunnissa)? Ohje: fotonien energiatiheyden voidaan ajatella muodostavan vuon samaan tapaan kuin molekyyli- ja kaasuvuon muodostuu kaasusäiliössä. Fotonien nopeus on tietenkin valon nopeus ja molekyyli- ja kaasuvuon lausekkeessa esiintyvä molekyylien lukumäärätiheys korvautuu vastaavasti virtaavan suureen tiheydellä.
- Laitat kätesi avatun luukun eteen. Oletetaan, että kaikki emittoituvat lämpösäteily absorboituu ihollesi yhden kymmenyksen millimetrin paksuiseen pintakerrokseen, jonka tiheys on $1,0\text{kg}/\text{dm}^3$ ja ominaislämpö sama kuin veden eli $4,186\text{kJ}/(\text{kgK})$. Missä ajassa ihon pintakerroksen lämpötila on 100°C ?

Apuneuvo: Molekyyli- ja kaasuvuon $\Phi = \frac{dN}{Adt} = \frac{1}{4}nv_{ave}$ ja Stefan Boltzmannin vakion arvo on

$$7,56 \times 10^{-16} \text{J}/(\text{m}^2\text{K}^{-4}).$$

10.

- Laske kaliumin Fermienergia alhaisissa lämpötiloissa, olettamalla että jokainen atomi luovuttaa yhden elektronin johtovyöhön. Johtavuuselektronit muodostavat vapaan vuorovaikuttamattoman elektronikaasun. Kaliumin tiheys on $8,51 \text{g}/\text{cm}^3$ ja yhden kalium atomin paino on $6,49 \times 10^{-26} \text{kg}$. Käytä elektronitilojen tiheydelle lauseketta $g(E) = \frac{4\pi}{h^3}(2m)^{3/2} E^{1/2}$.
- Laske elektronien keskimääräinen liike-energia nollalämpötilassa.
- Arvioi kuinka paljon elektronin keskimääräinen liike-energia poikkeaa b)-kohdan arvosta huonelämpötilassa, perustele vastauksesi.

$$m_e = 9,1091 \cdot 10^{-31} \text{kg}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

$$\epsilon_0 = 8,8544 \cdot 10^{-12} \text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

$$\gamma = 6,670 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

$$m_p = 1,6725 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{m/s}$$

$$K_e = 1/4\pi\epsilon_0$$

$$N_A = 6,0225 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

$$m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

$$\hbar = 1,0545 \cdot 10^{-34} \text{Js}$$

$$K_m = \mu_0/4\pi$$

$$R = 8,3143 \text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$\text{amu} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

$$\mu_B = 9,2732 \cdot 10^{-24} \text{JT}^{-1}$$

$$\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{mkgC}^{-2}$$

$$k_B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \text{JK}^{-1}$$