

S-114.1327, Fysiikka III (Est), 2 VK 8.5.2007

1. Vaihtoehto kvanttifysiikalle-tapahtumassa Konttilyliopiston erikoistutkija **Rauno Murju** esitti seuraavia uusia tutkimustuloksia aineen mikrorakenteesta:

- (a) Pystyn selittämään alfa-hiukkasten siroamisen ohuesta metallikalvosta Thomsonin atomimallilla.
- (b) Olen havainnut vedylle viritetyn tilan $2d$.
- (c) Olen onnistunut mittaamaan yhtäaikaisesti $3p$ elektronin ratakulmalii kemäärävektorin kaikki kolme vektorikomponenttia kokeessa, jonka tulosten tarkkuutta rajoittavat vain mittalaitteiden virheet.
- (d) Olen havainnut sähköisen dipolisiirtymän $2s \rightarrow 1s$.

Myrskyisten suosionosoitusten tauottua teekkari NN käytti *lyhyen* puheenvuoron, jossa hän totesi tulokset (a)-(d) virheellisiksi vedoten neljään keskeiseen, aiemmin todeksi osoitettuun, atomifysiikan peruslakiin. Mitä hän sanoi?

2. Tarkastellaan ei-stationääristä kvanttitilaa

$$\Psi(x, t) = c \left[\phi_1(x) e^{-iE_1 t / \hbar} + \phi_2(x) e^{-iE_2 t / \hbar} \right], \quad (1)$$

joka on äärettömän kovan potentiaalilaatikon kahden alimman stationäärisen tilan superpositio. Aaltofunktiossa (1) ominaisenergiat ovat $E_1 = \hbar^2 \pi^2 / 2ma^2$, $E_2 = 4E_1$ ja aaltofunktiot ovat $\phi_n = \sqrt{2/a} \sin(n\pi x / a)$; $n = 1, 2$ missä a on laatikon leveys. a) Määritä yhtälössä esiintyvä vakio c siten, että funktio on normitettu kaikkina ajanhetkinä. b) Jos mittaamme aaltofunktion (1) omaavan hiukkasen energian, mitkä ovat mahdolliset mittaustulokset ja millä todennäköisyydellä ne esiintyvät usean peräkkäisen mittauksen sarjassa? c) Mikä on mittaustulosten keskiarvo?

3. Litiumatomissa ($Z = 3$) kaksi elektroneista on alimmalla energiatilalla ($n = 1$) ja kolmas elektroni seuraavalla orbitaalilla, jonka pääkvanttiluku $n = 2$. Ulomman elektronin energiaa ytimen ja sisempien elektronien muodostamassa potentiaalissa voidaan approksimoida lausekkeella

$$E = -Z_{eff}^2 \frac{E_1}{n^2}$$

missä Z_{eff} on ytimen efektiivinen varaus, joka ottaa huomioon sisempien elektronien varjostavan vaikutuksen ($Z_{eff} < 3$). Laske Z_{eff} kun tiedetään, että litiumin ensimmäinen ionisaatioenergia on 5,39 eV.

4. Molekyyleille kuten CO, joilla on pysyvä sähköinen dipolimomentti, rotaatiotilojen välisten sähködipolitransitioiden valintasääntö on $\Delta l = \pm 1$. (a) Laske CO:n hitausmomentti ja karakteristinen

rotaatioenergia E_{0r} , kun $r_0 = 0,113nm$. (b) Laske energiatasot $l = 0, \dots, 5$ ja (c) emittoituvien fotonien energiat kun $\Delta l = -1$. (d) Laske lisäksi emittoituvien fotonien aallonpituudet.

5. Sekä NaCl:lla että KCl:lla on pintakeskisen kuutiohilan (FCC) ionikiderakenne. NaCl-kiteelle Madelungin vakio on $\alpha = 1,7476$. KCl:n moolimassa on $74,55 \text{ g/mol}$ ja tiheys $1,984 \text{ g/cm}^3$.

a) Laske KCl-kiteessä vierekkäisten K+ ja Cl- ionien välinen etäisyys r_0 .

b) Laske KCl:n dissosiaatioenergia (ioniparia kohden) *neutraaleiksi atomeiksi*, kun repulsioenergiatermissä $E_{p,repulsio} = \frac{b}{r^n}$ parametri n saa arvon $n = 9$. Kaliumin ionisaatioenergia on $4,34$

eV ja kloorin elektroniaffiniteetti $3,62 \text{ eV}$.

Ohje: Ionin kokonaisenergia koostuu Coulombin energiasta ja repulsiotermistä. Ionien tasapainoetäisyyden avulla saat määrättyä b :n arvon. Saatuaasi ionin potentiaalienergian voit laskea ensin dissosiaatioenergian K+ ja Cl- ioneiksi ja annetuilla lisätiedoilla neutraaleiksi atomeiksi.

Vakioita

$m_e = 9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$\text{amu} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
$e = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$	$\hbar = 1,0545 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
$\epsilon_0 = 8,8544 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$	$K_e = 1 / 4\pi\epsilon_0$	$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$	$K_m = \mu_0 / 4\pi$
$\gamma = 6,670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{kg}^{-2}$	$N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

0 1 2 3 4 5
1, 2, 3, 4, 5, 10, 20

$\text{Js}^{-1} = \text{m}^2 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
 $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} = \text{kg m}^2$