

Aineen rakenne I

Harjoitus 7

kevät 2009

Tämä harjoitus käsitellään suoraan ("rasti ruutuun") ti 3.3. klo 10-12 ja ke 4.3. klo 14-16 salissa D117.

Koe on to 5.3. klo 9-13 Exactumin salissa **A111**.

Kurssi tarvitsee kehittämisekseen palautetta!! Täytä palautelomake: Sähköinen palautelomake on kolmannen periodin osalta avoinna 15.3 asti. Palautelomake löytyy laitoksen kotisivuilta sekä verkko-osoitteesta

<https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/1926/lomake.html>

1. Tarkastellaan vetyatomia, jonka kiertoliikemäärä on ℓ . Käytä yrittäenä muotoa

$$\psi(\mathbf{r}) = N r^\ell e^{-r/b}$$

olevaa aaltofunktiota ratkaise kaikki tarvittavat vakiot ja energia. Mitä muita ratkaisuja voisi olla (ei tarvitse laskea)?

2. Laske elektronin ϕ -suuntainen virta vetyatomin tilassa $\psi_{nlm}(\mathbf{r})$. T.s. käytä todennäköisyysvirran tiheyden lausekkeessa "liikemääräoperaattorina" operaattoria $p_\phi = -i\hbar r^{-1} \partial/\partial\phi$. Miten tulkitsisit tuloksen? Jos $n = 2$, $l = 1$ ja $m = 1$ ja voisit käyttää tarvittaessa elektronin etäisyytenä ytimeistä sen odotusarvoa liikemäärän laskemiseen välittämättä epätarkkuusrelaatiosta, niin mikä olisi sen nopeus?
3. Laske odotusarvot $\langle E \rangle$, $\langle \mathbf{L}^2 \rangle$ ja $\langle L_z \rangle$ vetyatomin tilassa

$$\Psi(\mathbf{r}) = N [\psi_{100}(\mathbf{r}) + 2\psi_{200}(\mathbf{r}) - \psi_{211}(\mathbf{r})],$$

missä $\psi_{nlm}(\mathbf{r})$:t ovat vetyatomin "perusratkaisuja". Mitä voit kvalitatiivisesti sanoa epätarkkuuksista eri suureissa?

4. Laske spinin y -komponentin odotusarvo tilassa $\psi = 1/\sqrt{2}(|+\rangle + |-\rangle)$. Entä tilassa $\psi = 1/\sqrt{2}(|+\rangle + i|-\rangle)$? Kokeilepa operoida näihin tutkiaksesi ovatko nämä operaattorin ominaistiloja. Voitko tehdä mitään arvausta spinin suunnasta?
5. Tarkastellaan aaltofunktiota

$$\Psi = \sqrt{\frac{2}{3}} Y_{11}(\theta, \phi) |-\rangle - \sqrt{\frac{1}{3}} Y_{10}(\theta, \phi) |+\rangle.$$

Mikä on tässä tilassa avaruudellinen (suunta-) jakauma? (Tarkoitetaan todennäköisyysjakaumaa.) Entä $\langle L_z \rangle$ ja $\langle S_z \rangle$?