S-114.1327 Fysiikka III (EST) (6 op) Välikoe 1. 10.3. 2008 Ilkka Tittonen/Jukka Tulkki

1. Kerro jokaisesta seuraavasta kolmesta kokeesta seuraavat 2 asiaa (2p/kohta)
   Mitä kussakin kokeessa tarkkaan ottaen tapahtuu (piirrä kuva)
   Mitkä modernin fysiikan kannalta merkittävät tulokset liittyvät kokeeseen (sekä sanallisesti että käyttäen esim. kaavakokoelmaa tai itse johdettuja tuloksia)? Kokeet ovat: 1) Compton-sirontakoe, 2) Stern-Gerlach-koe ja 3) kaksoisrakokoe massallisille hiukkasille

2. Elektroni on suljettu ohuen 1-ulotteisen, käytännössä äärettömän korkean suorakulmaisen kvanttikaivon sisään. Matalaenergisimmän elektronitransition seurauksena syntyy fotoneja, joiden aallonpituus on 400 nm. Mikä on kvanttikaivon paksuus (= leveys)? (6p)

3. Laske harmonisen oskillaattorin perustilan liikemäärän epätarkkuus. (6p)

4. Tarkastellaan vetyatomin elektronia perustilassa (= alin mahdollinen tila). (a) Osoita, että klassisen fysiikan mukaan elektroni, jolla on vedyn perustilan energia (-13.6 eV) ei pääse lähemmäksi kuin $2a_0$:n päähän protonista. (2p) (b) Mikä on todennäköisyys, että elektroni sijaitsee kuitenkin todellisuudessa klassisesti kielletyllä alueella? (4p)

5. Vastaa mahdollisimman tarkasti seuraaviin kysymyksiin, käytä vastauksessasi apuna myös kaavakokoelmaa (2p/kohta)
   (a) Klassisen fysiikan mukaan kiihtyvässä liikkeessä oleva varaus säteilee sähkömagneettista säteilyä, jolloin ko. hiukkasen energia vähenee. Miksi elektroni ei kuitenkaan orbitaalillaan menetä kineettistä energiaansa ja törmää lopulta ytimeen, vaan pysyy omalla "radallaan" erossa ytimestä?
   (b) Miten spin eroaa rataliikkeen kulmaliikemäärästä?
   (c) Mitä ovat ja miten määräytyvät pääkvanttiluku, sivukvanttiluku, magneettinen kvanttiluku ja spinkvanttiluku?

$$a_0 \equiv \frac{(4\pi\varepsilon_0)\hbar^2}{me^2} = 0.0529 \text{ nm}$$

TABLE 7.3 Angular solutions: Spherical harmonics

ℓ, m_ℓ	$\Theta_{\ell,m_\ell}(\theta)\Phi_{m_\ell}(\phi)$
0, 0	$\sqrt{\frac{1}{4\pi}}$
1, 0	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta$
1, ±1	$\sqrt{\frac{3}{8\pi}}\sin\theta e^{\pm i\phi}$
2, 0	$\sqrt{\frac{5}{16\pi}}(3\cos^2\theta - 1)$
2, ±1	$\sqrt{\frac{15}{8\pi}}\cos\theta\sin\theta e^{\pm i\phi}$
2, ±2	$\sqrt{\frac{15}{32\pi}}\sin^2\theta e^{\pm 2i\phi}$
3, 0	$\sqrt{\frac{7}{16\pi}}(5\cos^3\theta - 3\cos\theta)$
3, ±1	$\sqrt{\frac{21}{64\pi}}(5\cos^2\theta - 1)\sin\theta e^{\pm i\phi}$
3, ±2	$\sqrt{\frac{105}{32\pi}}\cos\theta\sin^2\theta e^{\pm 2i\phi}$
3, ±3	$\sqrt{\frac{35}{64\pi}}\sin^3\theta e^{\pm 3i\phi}$

Gaussian Integrals

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a(z-b)^2}dz = \sqrt{\frac{\pi}{a}} \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-az^2+bz}dz = e^{b^2/4a}\sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} ze^{-a(z-b)^2}dz = b\sqrt{\frac{\pi}{a}} \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} z^2e^{-az^2}dz = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{a^3}}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} z^2e^{-a(z-b)^2}dz = \left(\frac{1}{2a} + b^2\right)\sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

TABLE 7.4 Radial solutions of (7-31)

n, ℓ	$R_{n,\ell}(r)$
1, 0	$\frac{1}{(1a_0)^{3/2}}2e^{-r/a_0}$
2, 0	$\frac{1}{(2a_0)^{3/2}}2\left(1 - \frac{r}{2a_0}\right)e^{-r/2a_0}$
2, 1	$\frac{1}{(2a_0)^{3/2}}\frac{r}{\sqrt{3}a_0}e^{-r/2a_0}$
3, 0	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}}\left(2 - \frac{4r}{3a_0} + \frac{4r^2}{27a_0^2}\right)e^{-r/3a_0}$
3, 1	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}}\frac{4\sqrt{2}r}{9a_0}\left(1 - \frac{r}{6a_0}\right)e^{-r/3a_0}$
3, 2	$\frac{1}{(3a_0)^{3/2}}\frac{2\sqrt{2}r^2}{27\sqrt{5}a_0^2}e^{-r/3a_0}$