

Tfy-99.201 Moderni fysiikka I

kesätent

Honkonen, Lauranto

Huomaa pisteytys!

1. Kvanttimekaaninen hiukkanen liikkuu 1-dimensioisessa potentiaalilaatikoossa, potentiaali

$$V(x) = \begin{cases} 0, & \text{kun } 0 \leq x \leq a \\ \infty, & \text{kun } x < 0 \text{ tai } x > a \end{cases}$$

Kirjoita systeemin aikakehitystä kuvaava yhtälö ja laske sen ratkaisu ajan hetkellä $t = 0$ hiukkasta kuvaava aaltofunktio

$$\psi_0(x) = \begin{cases} 1/\sqrt{a}, & \text{kun } 0 \leq x \leq a \\ 0, & \text{kun } x < 0 \text{ tai } x > a \end{cases}$$

Älä nyt välitä aaltofunktion epäjatkuvuudesta kohdissa $x = 0$ ja $x = a$. (8 p)

2. Kvanttimekaanista hiukkasta kuvaava ajan hetkellä t aaltofunktio $\psi(\vec{r}, t)$. Jos mitään t hiukkasen sellaista fysikaalista ominaisuutta F , joka klassisessa fysiikassa on liikemäärän lauseke eli $F = F(\vec{r}, \vec{p})$, niin millä ehdolla mittaustuloksesi on yksikäsitteissä? Jos mittaustulos ei ole yksikäsitteissä, niin F :n mittaustulosten todennäköisyysjakauman odotusarvon ja hajonnan? (4 p)
3. Piirrä energiatasokaavio vedyn $4f$ - ja $3d$ -tiloille, kun voimakas magneettikenttä osoittaa, että transitiossa $4f \rightarrow 3d$ syntyy kolme spektriviivaa. Ovatko viivat e ja jos kentän magneettivuon tiheys on 0,5 T ja spektrometrin erotuskyky 10^{-11} m? (4 p)
4. Vetymolekyylin H_2 dissosiaatioenergia on 4,46 eV ja deuteronimolekyylin D_2 energia on 4,54 eV. Laske vetymolekyylin H_2 värähtelyenergia. (6 p)
5. Ideaalikaasu klassisessa fysiikassa ja kvanttifysiikassa. (6 p)

Vakioita ja kaavoja:

$$m_e = 511 \text{ keV}/c^2 = 0,911 \cdot 10^{-30} \text{ kg},$$

$$m_p = 1,007 \text{ amu} = 938,3 \text{ MeV}/c^2 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg},$$

$$\text{amu} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg},$$

$$e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

$$h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Js},$$

$$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

$$\mu_B = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ J/T},$$

$$\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ H/m},$$

$$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ F/m},$$

$$k_B = 1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ J/K},$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\int_0^b \sin(n\pi y/b) \sin(m\pi y/b) dy = \delta_{nm} b/2 \quad (\delta_{nm} = 1 \text{ kun } n = m \text{ ja } \delta_{nm} = 0 \text{ muulloin})$$

MB-kaasun nopeusjakauma: $dN/dv = 4\pi N [m/(2\pi k_B T)]^{3/2} v^2 \exp[-mv^2/(2k_B T)]$.

Elektronikaasun tilatiheys: $g(E) = 8\pi V(2m^3)^{1/2} E^{1/2}/h^3$.