

1. (2 p) Tarkastellaan luvun 5.2.1. (s. 194) Larmor-prekessiota spinille. Katso ensin, että ymmärrät, miten s. 195 tulos spinorille $\psi(t)$ on saatu. Tämän jälkeen näytä s. 195 laatikon tulokset spinien komponenttien odotusarvoille.
2. Muutetaan nyt tässä elektronin spinin Larmor-prekessioprobleemassa (s. 194) magneettikenttää siten, että lisätään siihen vähän x -komponenttia:

$$\mathbf{B} = B(\mathbf{e}_z + \frac{\sqrt{11}}{5}\mathbf{e}_x).$$

Magneettinen momentti on edelleen $\hat{\mu} = -\mu_B \frac{2}{\hbar} \hat{\mathbf{S}}$ ja $\hat{H} = -\hat{\mu} \cdot \mathbf{B}$.

- (1 p) Mitkä ovat systeemin mahdolliset energiatilat ja niitä vastaavat $\hat{H}$:n ominaisvektorit kannassa $|s = \frac{1}{2}, m_s = \pm \frac{1}{2}\rangle$?
- (1 p) Olkoon systeemi tilassa

$$|\psi\rangle = a|E_+\rangle + b|E_-\rangle,$$

missä a ja b ovat jotkin kertoimet sekä $|E_+\rangle$ ja $|E_-\rangle$ ovat suurempaa ja pienempää energian ominaisarvoa vastaavat energian ominaistilat. Mikä on tällöin tilaa kuvaava spinori?

3. (a) (1 p) Muodosta spin- $\frac{1}{2}$ -esityksen spin-matriisit S_x , S_y ja S_z (s. 189) käyttäen s. 186 tuloksia ($\hat{J}_i = \hat{S}_i$).
- (b) (1 p) Muodosta spin-1-esityksen spin-matriisit S_x , S_y ja S_z samaan tapaan.
Tämän tehtävän tarkoituksena on lähinnä opettaa lukemaan ko. kaavoja oikein. [Huom: Jos laskit b-kohdan oikein, et (vähän yllättäen?) tässä saanut s. 167–168 matriiseja Σ_i . Syy tähän on se, että kanta $|s, m_s\rangle$ on ns. pallokanta ja tarvitaan vielä yksi unitaarinen muunnos (joka toki on olemassa, ks. Cronström-Montonen), jolla saamasi matriisit voidaan palauttaa s. 167–8 generaattorimatriiseiksi – siis kaikki on kunnossa.]
4. (2 p) Tee s. 199–201 Stern-Gerlach-kokeen tarkastelu spin-1-hiukkaselle, tavoitteena identifioida ko. vektorihidun komponentin saamat z -suuntaiset liikemäärät ja miettiä, moneenko eri pistejoukkoon sironneet hidut varjostimella jakaantuvat.
5. (2 p) Todenna s. 209 pallokoordinaateissa lausutut tulokset pyörimismääräoperaattoreille $\hat{L}_x$, $\hat{L}_y$, $\hat{L}_z$ ja $\hat{L}^2$. Tässä tehtävässä tarvitset ketjusääntöä.
6. (0,5 lisäpistettä) Onko jokin asia jäänyt epäselväksi kurssilla tähän mennessä? Kysy jostain kurssin sisältöön tai aiheeseen liittyvää, niin asiaa selvitetään tarkemmin luennoilla, laskuharjoituksissa tai kurssin kotisivulla.