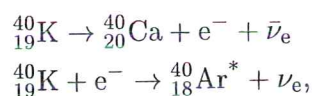


1. Kerro, mistä on kyse ytimen kuorimallissa ts. mitkä ovat mallin perusideat ja mitkä ytimen ominaisuudet pystytään selittämään kuorimallin avulla. Kerro myös, milloin kuorimalli toimii erinomaisen hyvin ja milloin taas mennään pahasti metsään. Vertaile lopuksi kuorimallia ja ytimen kollektiivimalleja toisiinsa. Älä unohda antaa esimerkkejä eri mallien ennusteista ja vastaavuudesta todellisuuden kanssa. (6p)
2. a) Luonnonkalium (atomimassa 39,089 u) sisältää 0,0118 atomiprosenttia isotooppia  $^{40}\text{K}$ , jolla on kaksi eri hajoamiskanavaa:



- missä isotoopin  $^{40}_{18}\text{Ar}$  virittynyt tila purkautuu perustilalle emittoimalla yhden  $\gamma$ -kvantin. Ensimmäisessä reaktiossa syntyy keskimäärin  $2,7 \cdot 10^4$  elektronia kilogrammaa luonnonkaliumia kohti sekunnissa ja jälkimmäisessä reaktiossa puolestaan 12  $\gamma$ -kvanttia 100 emittoitunutta elektronia kohti. Määritä näiden tietojen avulla  $^{40}\text{K}$ :n keskimääräinen elinaika. (1,5p)
- b) Tippavaaran isännän takaniitylle pudonnut meteoriitti sisältää tarkkojen analyysien perusteella 1 g kaliumia ja  $10^{-5}$  g argonia, joka on syntynyt yksinomaan  $^{40}\text{K}$ :n hajotessa. Olettamalla, että yhtään argonia ei ole päässyt karkuun, määritä meteoriitin ikä. (3p)
  - c) Vertaile lopuksi eri reaktioissa syntyvien hiukkasten — elektronien, neutriinujen ja  $\gamma$ -kvanttien — vaarallisuutta keskenään. (1,5p)
3. a) Reaktiossa  $^{14}_7\text{N} + n \rightarrow p + ^{14}_6\text{C}$  havaitaan resonanssi neutronin energialla 3,1 MeV. Typpiydin on aluksi paikoillaan. Mikä on reaktiossa muodostuva väliydin sekä sen viritystilan energia? Koordinaatistosta toiseen siirtymistä helpottaa muunnoskaava  $\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{v}_{\text{CM}}$ , missä pilkuton suure tarkoittaa nopeutta laboratorikoordinaatistossa ja  $\mathbf{v}_{\text{CM}}$  massakeskipisteen nopeutta. Kahden hiukkasen (massat  $m_1$  ja  $m_2$ ) tapauksessa  $\mathbf{v}_{\text{CM}} = (m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2)/(m_1 + m_2)$ . (3p)
  - b) Suurienergisten  $\pi$ -mesonien liikemäärä pystytään määrittämään spektrometrillä, jossa hiukkasia poikkeutetaan alkuperäisestä liikesuunnastaan voimakkaan magneetin avulla ja ohjataan ulostullut hiukkassuihku detektorille, jonka edessä on kapea kollimointirako. Käytössäsi olevassa spektrometrissä magneettivuon tiheys on  $B = 1,5$  T ja magneetin pituus on 2 m; kollimointiraon leveys on puolestaan 3 mm. Olet kiinnostunut pioneista, joiden liikemäärä on  $50 \text{ GeV}/c$ .  
Näytä nyt, että liikemäärä on  $p \propto RB$ , missä  $R$  on hiukkasen radan kaarevuussäde. Laske tämän jälkeen, kuinka kauas magneetista kollimointirako (ja detektori) pitäisi sijoittaa, jotta detektori näkisi vain ne hiukkaset, joiden liikemäärä poikkeaa korkeintaan 1 % tavoitearvosta. (3p)
4. Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti mutta kattavasti (1,5p kustakin kohdasta).
    - a) Mitä ovat baryonit ja mesonit? Minkälaisia otuksia ne ovat kvarkkimallin mukaan?
    - b) Mitä tarkoitetaan kvarkkien värillä? Mihin väriä tarvitaan ja miten se liittyy vahvaan vuorovaikutukseen?
    - c) Mitä ovat Cabibbon kulma ja CKM-matriisi? Mihin tällaisia käsitteitä tarvitaan ja mitä tekemistä niillä on heikon vuorovaikutuksen kanssa?
    - d) Mikä on sähköheikko vuorovaikutus? Miksi ja mihin tätä kurssilta tuttua käsitettä tarvitaan?