

1. Selitä lyhyesti:

- (a) α -säteilyltä suojautuminen (b) β -säteilyltä suojautuminen

2. Selvitä lyhyesti seuraavat käsitteet:

- (a) säteilytysnopeus (b) absorboitunut annos
(c) laatukerroin (d) säteilyn painotuskerroin
(e) efektiivinen annos (f) stokastiset ja deterministiset vaikutukset
(g) sisäinen ja ulkoinen annos (h) umpilähde ja avoin lähde

3. Selvitä miten radioaktiivisessa hajoamisessa vapautuva energia jakautuu hiukkasten kesken (a) ^{226}Ra :n α -hajoamisessa ja (b) ^{14}C :n β -hajoamisessa.

Vinkki: Hajoamiskaaviot löytyvät DDEP-palvelimelta <http://www.lnhb.fr/donnees-nucleaires/donnees-nucleaires-tableau/> ja sieltä nuklidikohdistaisesti linkistä "T" (Table).

4. Laske kudokseen absorboitunut annos, joka aiheutuu iholla olevasta avoimesta erittäin ohuesta ^{241}Am -lähteestä (α -säteilijä). Lähteen aktiivisuus on 3700 Bq ja halkaisija 6 mm. α -hiukkasten kantama on 5 mg/cm^2 ja energia 5,5 MeV. Lähde on iholla tunnin ajan.

5. Laske kudoksen saama säteilyannos, joka aiheutuu iholle pudonneesta ^{32}P -isotooppia (β -säteilijä) sisältävästä liuospisarasta. Lähteen tiedot: $A = 10 \text{ kBq}$, $\bar{E}_\beta = 0,69 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 14,3 \text{ d}$ ja $R_\beta = 0,8 \text{ g/cm}^2$.

(a) Laske ekvivalenttiannosnopeus alkuhetkellä.

(b) Laske ekvivalenttiannoksen kertymä, jos ihoaluetta ei puhdisteta. Ihon uudistumista kuvaava biologinen aikavakio on $T_{1/2,biol} = 25 \text{ h}$.

Tehtävien ideat ja ratkaisuvinkit

Edellä tehtävät ovat siinä muodossa, jossa ne voisivat esiintyä kurssin tentissä. Alla on joitakin vinkkejä tehtävien ratkaisemiseksi.

1. Tässä pari esimerkkiä tyypillisistä tentissä käytetyistä selitystehtävistä. Jotta pystyy kertomaan α - tai β -säteilyltä suojautumisesta, täytyy ensin kertoa mitä ne ovat, mistä niitä syntyy ja miten ne käyttäytyvät väliaineessa. Tietoa löytyy STUKin kirjasta 1 sekä lukion kurssin ”Aine ja säteily” oppikirjasta.
2. Tässä puolestaan muutama esimerkki tyypillisistä tentissä käytetyistä lyhemmistä selitystehtävistä. Kolmesta viimeisestä kysyttäisiin tentissä luultavasti jompikumpi käsite, ei molempia. Nämä termit, ja monta muuta, löytyvät STUKin kirjasta 1.
3. Tämän tehtävän ensimmäisenä asiana on oppia lukemaan hajoamiskaavioita esimerkiksi DDEP-verkkosivun antamassa formaatissa. Kaavioiden tulkitsemisohje löytyy kurssin MyCourses-sivustolta.

Toinen asia on laskea hajoamisenergian jakautuminen tytärtyimen ja hajoamistuotteiden kesken, mikä lähtee liikemäärän ja energian säilymislaeista. Alfahajoamiselle lasku on suoraviivainen, mutta beetahajoamisen yhteydessä tulee komplikaatioita, kun β -hiukkanen alkaa lähestyä valon nopeutta ja hajoamisessa syntyvä (anti)neutriino vie osan energiasta mennessään.

4. & 5. Näissä tehtävissä harjoitellaan kurssin tärkeintä laskutyyppiä eli annoslaskua. Lähdemme liikkeelle kahdesta helpoimmasta tapauksesta, missä äärellisen kokoinen α - tai β -lähde on kudoksen pinnalla. Alempana on yleisohje näihin ja myöhempien laskareiden annoslaskuihin.

Kun tehtävissä saadaan ensin laskettua absorboitunut annos tai annosnopeus (Gy tai Gy/s), niin siitä jatketaan ekvivalenttiannokseen ja efektiiviseen annokseen. Jälkimmäisessä tehtävässä esitellään lisäksi annoksen laskeminen aikaintegraalina, kun otetaan huomioon sekä fysikaalinen että biologinen hajoamisvakio.

Yleisohje kurssin annoslaskuihin:

1. Lasketaan ensin fysikaalinen suure eli absorboitunut annos yksikössä $\text{Gy} = \text{J/kg}$ (gray) tai annosnopeus $\text{Gy/s} = \text{J/(kgs)}$. Se on yksinkertaisesti vastaus kysymykseen: kuinka paljon energiaa (J) absorboituu väliainemassaan (kg), useimmiten aikayksikössä (s)?
2. Yksittäisen säteilyhiukkasen tai -kvantin energia on joskus annettu tai se saadaan selville, kun tunnetaan nuklidin hajoamiskaavio. Kun kerrotaan tämä energia lähteen aktiivisuudella (hajoamista/sekunti eli Bq), saadaan tietää paljonko energiaa tulee aikayksikössä (J/s). Usein täytyy pohtia kuinka suuri osa tästä energiasta kohdistuu ja absorboituu kohteena olevaan väliainemassaan.
3. Väliainemassa (kg) on saatettu antaa tehtävässä, mutta useimmiten sen joutuu laskemaan absorboivan tilavuuden ja väliaineen tiheyden tulona: $m = V\rho$. Tilavuuden joutuu monesti päättelemään hiukkasen kantaman perusteella, kun taas tiheys löytyy taulukoista.
4. Lopuksi lasketaan tehtävässä kysytty annossuure eli ekvivalenttiansnos(nopeus) tai efektiivinen annos(nopeus) käyttäen säteilylajin painoker-toimia w_R ja kudosten/elimien painokertoimia w_T .
5. Jos lasku tuottaa annosnopeuden alkuhetkellä, voidaan joutua laskemaan tiettyinä ajanjaksona kertyvä annos. Jos nuklidin puoliintumisaika on pitkä verrattuna ajanjaksoon, voidaan annosnopeus kertoa ajanjakson pituudella (annosnopeus pysyy vakiona), mutta yleisesti nuklidin eksponentiaalinen ha-joaminen (annosnopeus pienenee) joudutaan huomioimaan kokonaisannoksen laskemisessa.