

1. Mitä on otettava huomioon annosrajoja määritettäessä? Jos et tiedä, koita miettiä.
2. Määrittele saantiraja, annoskertymä ja annositouma. Missä yhteyksissä niitä käytetään?
3. Kudosalueen keskellä oleva  $^{24}\text{Na}$ -atomi säteilee  $0,549\text{ MeV}$   $\beta^-$ -hiukkasen ja neutriinin, jonka energia on  $0,844\text{ MeV}$ . Syntyvä epästabiili  $^{24}\text{Mg}$ :n viritystila laukeaa säteilemällä peräkkäin  $2,754\text{ MeV}$  ja  $1,369\text{ MeV}$  gammakvantit. Lopputuotteena on stabiili magnesiumin isotooppi  $^{24}\text{Mg}$ .
  - (a)  $\beta$ -hiukkanen luovuttaa koko energiansa kyseiseen kudosalueeseen.
  - (b)  $2,754\text{ MeV}$ :n fotonit tuottaa elektroni-positroniparin, jonka molemmat osapuolet luovuttavat liike-energiansa kyseiseen kudosalueeseen. Positronin annihiloituessa syntyvät kvantit karkaavat energiaa menettämättä.
  - (c)  $1,369\text{ MeV}$ :n gammakvantti siroaa siten, että comptonelektroni ( $e_1$ ) saa suurimman mahdollisen liike-energian,  $1,154\text{ MeV}$ . Sironnut kvantti siroaa toisen kerran tuottaen  $50\text{ keV}$ :n comptonelektronin ( $e_2$ ). Tässä sironnassa syntynyt kvantti poistuu tarkastelun kohteena olevasta alueesta.
  - (d) Comptonelektroni  $e_1$  luovuttaa osan liike-energiastaan kudokseen ja tuottaa  $0,385\text{ MeV}$ :n jarrutus säteilykvantin, joka karkaa kyseisestä kudosalueesta absorboitumatta. Kudosalueesta poistuessaan elektronilla on vielä  $220\text{ keV}$  liike-energiaa.
  - (e)  $50\text{ keV}$ :n elektronin kantama kudoksessa on vain  $30\ \mu\text{m}$ .

Kudosalueen massa on  $100\text{ mg}$ . Laske kerma ja absorboitunut annos.

4. Iäkkäälle potilaalle oli tehtävä kilpirauhasen ablaatio käyttäen  $7400\text{ MBq}$   $^{131}\text{I}$ -cocktailia. Potilas on pidätyskyvytön ja hänelle on asetettu katetri ja virtsankeräyspussi.

$^{131}\text{I}$  hajoaa beetahajonnalla lähettäen  $607\text{ keV}$ :n beetan ja  $81\%$  todennäköisyydellä  $364\text{ keV}$ :n gamman. Sen puoliintumisaika on  $8\text{ päivää}$ .

Tiedetään, että useimmissa tapauksissa radioaktiivinen hajoaminen ja biologinen poistuma vähentävät kilpirauhasablaatiopotilaille annostellun  $^{131}\text{I}$ :n aktiivisuuden puoleen ensimmäisen vuorokauden aikana.

$^{131}\text{I}$ :n kermanopeuskerroin  $\Gamma_\delta = 52,0 \cdot 10^{-15}\text{ Gy m}^2/\text{Bq h}$ .

Samansuuruisen kudoksen nopeuden aiheuttaa fotonikertymänopeus  $\varphi = 1,48 \cdot 10^{12}\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

$^{131}\text{I}$ :n biologinen puoliintumisaika kilpirauhasessa =  $138\text{ d}$ .

Kilpirauhasen massa =  $20\text{ g}$ .

- (a) Virtsapussia tultiin tyhjentämään ensimmäisen kerran 24 tunnin kuluttua  $^{131}\text{I}$ :n annostelusta. Pussiin oli kertynyt 1000 ml virtsaa. ”Pancake”-tyyppisellä laajaikkunaisella ilmaionisaatiokammioilla tehty annosnopeusmääritys osoitti pussiin kertyneen radiojodiaktiivisuuden aiheuttamaksi annosnopeudeksi 30 cm:n etäisyydellä 0,41 mGy/h. Kuinka paljon  $^{131}\text{I}$  virtsassa tällöin oli?
- (b) Potilas oli kovin riidanhaluinen ja paiskasi virtsapussin seinään. Pussi repesi, jodipitoinen virtsa levisi huoneeseen ja hoitajan oli pyydettävä paikalle sairaala-apulainen, jonka kanssa hän siivosi jäljet. Jostakin syystä hän muisti kertoa tästä vasta seuraavana päivänä. Päätit tarkistaa, oliko hoitaja saanut osansa kontaminaatiosta, mihin kuului ihon kontaminaation määrityksen lisäksi kvalitatiivinen kilpirauhaskartoitus. Käytettävissä olevaan tarkkailumittariin voitiin liittää anturiksi joko laajaikkunainen päätyikkuna-tyyppinen GM-laskuri tai ohutikkunainen NaI(Tl)-ilmaisim.
- Kumpi näistä mittareista soveltuu mielestäsi paremmin alustavaan kilpirauhaskartoitukseen, kumpi ihon kontaminoitumisen määrittämiseen? Perustele vastauksesi vertailemalla kyseisten anturien ominaisuuksia – olennaisimmat edut ja haitat kilpirauhaskartoitinkäytössä ja vastaavasti kontaminoitumisen määrityskäytössä.
- (c) Kartoitus osoitti, että hoitaja oli todella saanut kilpirauhaseensa radiojodia. Tarkempi kartoitus tehtiin kiinteästi asennetulla Ge-ilmaisinkartoittimella. 10 minuuttia kestäneen mittauksen aikana saatiin 0,364 MeV täysenergiapiikkiin 1800 pulssia. Ennen ja jälkeen varsinaisen mittauksen tehty taustan laskenta antoi tulokseksi kyseisellä spektrialueella keskimäärin 80 pulssia minuutissa. Ilmaisimen 0,364 MeV:n piikkitehokkuus oli  $1 \cdot 10^{-3}$ . Arvioi tästä hoitajan kilpirauhasen  $^{131}\text{I}$ -aktiivisuus mittauksen aloitushetkellä.
- (d) Samalla havaittiin, että siivoustyössä avustaneen sairaala-apulaisen kilpirauhaseen oli sitoutunut 4 MBq  $^{131}\text{I}$ . Mitä toimenpiteitä tulos edellyttää?
- (e) Voidaanko kilpirauhasen mitatun  $^{131}\text{I}$ -aktiivisuuden ja  $^{131}\text{I}$ :n saantirajan suhteesta johtaa luotettava efektiivisen annositouman arvo?

5. Kerää aikaisempien laskuharjoitusten esimerkeistä itsellesi taulukko, josta selviää miten annoslaskut tehdään  $\alpha$ -,  $\beta$ - ja  $\gamma$ -säteileville nuklideille, kun ne ovat ulkoisia lähteitä. Kunkin säteilytyypin taulukossa on yhtenä dimensiona etäisyys lähteen ja kohteen välillä (0 cm, 5 cm, 50 cm, 5 m) ja toisena dimensiona lähteen geometria (piste, viiva, pinta).

Kerää myös tieto siitä, miten lasketaan annosnopeudet sisäisen  $\alpha$ -,  $\beta$ - tai  $\gamma$ -säteilylähteen tapauksessa.

Taulukkoon saattaa tulla arvoja 0 ja  $\infty$  — perustele miksi.