

Säteilyannokset ja säteilyn vaimeneminen

Tapio Hansson

26. lokakuuta 2016

Säteilyannos

- ▶ Ihmisen saamaa säteilyannosta voidaan tutkia kahdella tavalla.
- ▶ *Absorboitunut annos* kuvaa absoluuttista energiamäärää, joka säteilystä jää kudokseen.
- ▶ Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos kuvaavat paremmin säteilyn haitallisuutta.

Absorboitunut annos D

- ▶ Absorboituneen energian suuruutta kuvaa kaksi suuretta: Kerma (K) ja Cema (C).
- ▶ Kerma (Kinetic energy release per mass unit) kuvaa *varauksettomien* hiukkasten luovuttamaa energiaa.
- ▶ Cema (Converted energy per unit mass) kuvaa energiaa, jonka varaukselliset hiukkaset menettävät kohteen atomeihin.
- ▶ Molempien yksikkö on $1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$ (Grey).
- ▶ Absorboitunut annos kuvaa siis suoraan yhteen kilogrammaan absorboituneen energian määrää.

Absorboituneiden annosten vaikutuksia

- ▶ 1-2 Gy: Säteilysairaus
- ▶ 2-6 Gy: Hengenvaarallinen annos, voi pelastua hoidolla
- ▶ >12 Gy: Potilas menehtyy viimeistään 2 viikon kuluessa
- ▶ >50 Gy: Potilas menehtyy 2 päivässä

Ekvivalenttiannos H_T

- ▶ Absorboitunut annos kuvaa vain energiamäärää, ei kunnolla säteilyn haitallisuutta, ts. eri säteilylajeilla on erilaisia biologisia vaikutuksia.
- ▶ Esim. 0,1 Gy α -säteilyä on huomattavasti haitallisempaa kuin vastaava määrä β - tai γ -säteilyä.
- ▶ Jokaisella säteilylajilla on oma painokerroin.



$$H_T = w \cdot D$$

eli ekvivalenttiannos saadaan kertomalla absorboitunut annos painokertoimella.

- ▶ Fotonien ja elektronien (γ , röntgen ja β) kerroin on 1. α -säteilyn ja fissiona syntyneiden ytimien 20.

Ekvivalenttiannoksen yksikkö

- ▶ Ekvivalenttiannoksen yksikkö on edelleen J/kg, mutta nyt sitä kutsutaan erikoisnimellä sievert (Sv).
- ▶ Säteilylajikohtainen painokerroin on siis yksikötön.
- ▶ Useimmiten törmää millisieverteihin (mSv) ja mikrosieverteihin μSv .
- ▶ Yhden sievertin annos lisää siis syöpäriskiä yhtä paljon riippumatta säteilylajista.
- ▶ 1 sievertin altistus lyhyessä ajassa aiheuttaa säteilytauti-oireita ja 8 sievertiä voi johtaa jo kuolemaan.

Efektiivinen annos E

- ▶ Jotta säteilyn vaikutuksia saadaan kuvattua vielä tarkemmin, tulee huomioida myös kohdekudos, sillä kaikki kudokset eivät ole yhtä herkkiä.
- ▶ Efektiivinen annos saadaan kertomalla ekvivalenttiannos kudokskohtaisella painokertoimella W_T

$$E = W_T \cdot H_T.$$

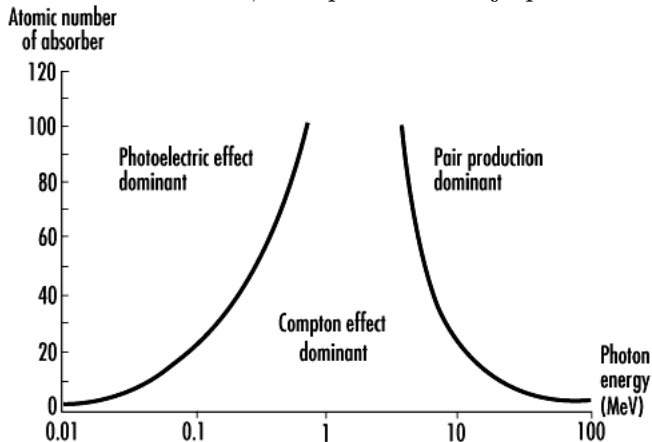
- ▶ Esimerkkejä painokertoimista:
 - ▶ iho ja luun pinta 0,01
 - ▶ kilpirauhanen, virtsarakko 0,05
 - ▶ luuydin, keuhkot, mahalaukku 0,12
 - ▶ kivekset ja munasarjat 0,20

Kotitehtävä

Otto saa kilpirauhaseen β -säteilyä ja Anu keuhkoihin α -säteilyä. Molempien absorboitunut annos on 50 mGy. Kumpi saa säteilystä suuremman terveydellisen haitan, kun kilpirauhasen kudskohtainen painokerroin on 0,05 ja keuhkojen 0,12.

Vaikutusmekanismit

Aine ja säteily vuorovaikuttavat kolmella mekanismilla, jotka ovat Valosähköinen ilmiö, Comptonin ilmiö ja parinmuodostus.



Lineaarinen absorptiolaki

Säteily vaimenee aineessa absorptiolain mukaisesti:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

jossa I on säteilyn intensiteetti väliaineen jälkeen, I_0 säteilyn intensiteetti ennen väliainetta, x väliaineen paksuus ja μ väliainekohtainen lineaarinen vaimenemiskerroin.

Lineaarinen vaimenemiskerroin riippuu säteilylajista ja väliaineen materiaalista.

Materiaalin puoliintumispaksuudeksi kutsutaan paksuutta jonka jälkeen säteilyn intensiteetti on laskenut puoleen.

Massavaimennuslaki

Toisinaan absorptiolaki tunnetaan muodossa

$$I = I_0 e^{-\mu_d x_d},$$

jossa x_d on aineen pintatiheys $x_d = \rho \cdot x$ ja μ_d on massavaimennuskerroin.

Pintatiheyden yksikkö on siis massanyksikkö jaettuna pinta-alan yksiköllä esim. $\frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$.

Eli se riippuu suoraan kappaleen koosta ts. kuvaa sitä kuinka paljon ainetta tietyn pinta-alan takana on.

Kotitehtävä

Kuinka paksu levy tarvitaan, jos halutaan pienentää gammasäteilyn intensiteetti kymmenesosaan alkuperäisestä? Käytetyn materiaalin lineaarinen vaimenemiskerroin gammasäteilylle on $0,23 \text{ 1/cm}$.

Käytettäessä erästä toista materiaalia, mitattiin säteilyn intensiteetin tippuneen kymmenesosaan 7 cm paksulla esteellä. Mikä tämän materiaalin lineaarinen vaimenemiskerroin?

Tehtävä 7

10 p

- a) (3 p)
Mikä on 140 keV:n gammasäteilyn puoliintumispaksuus NaI-kiteessä, kun 94,0 % säteilystä absorboituu 1,2 cm paksuiseen kiteeseen? (Puoliintumispaksuudella tarkoitetaan sitä absorboivan materiaalikerroksen paksuutta, jonka läpi kuljettuaan säteilyn intensiteetti putoaa puoleen alkuperäisestä.)
- b) (3 p)
Radioaktiivisesti saastuneessa näytteessä olevien isotooppien ^{132}I ja ^{133}I aktiivisuuksien suhteeksi on havaittu 0,30.
Kuinka kauan aikaa on kulunut siitä, kun näyte saastui, jos oletetaan isotooppien lukumääräsuhteeksi $N(^{132}\text{I}) / N(^{133}\text{I}) = 0,52$ saastumishetkellä? Isotooppien ^{132}I ja ^{133}I puoliintumisajat ovat $^{132}T_{1/2} = 2,3$ h ja $^{133}T_{1/2} = 21$ h.
- c) (4 p)
Erään pienen gammasäteilylähteen tuottama annosnopeus 1,0 m päässä on 32 mGy/h. Gammasäteilyn annosnopeus vaimenee käänteisen neliölain mukaisesti kuten aaltoliikkeen intensiteetti.
Kuinka paksu lyijysuoja tarvitaan, jotta annosnopeus 2,0 m päässä säteilylähteestä olisi alle 25 $\mu\text{Gy/päivä}$, kun kyseisen gammasäteilyn matkavaimennuskerroin (heikennyskerroin) lyijyssä on $0,578 \text{ cm}^{-1}$?

Säteilyturvallisuus

Säteilyltä suojautumiseen käytetään ns. ASE-periaatetta.

- ▶ Aika
- ▶ Suoja (fyysinen väliainekappale)
- ▶ Etäisyys

Kotitehtävä

Miten eroaa α -, β ja γ -säteilyltä suojautuminen?

Olet vastuussa työpaikkasi säteilylähteiden säilytyksestä ja hallinnoinnista. Mitä asioita sinun tulee ottaa huomioon?

Käytössä on kaikkia yllä mainittuja säteilylajeja.