

Työ 55

Radioaktiivisuus ja säteily

Työvuoro **51** pari **4**

Juho Salmi 80391C
Jukka Kemppainen

Selostuksen laati *Juho Salmi*

Mittaukset suoritettu **11.11.2013**
Selostus palautettu **18.11.2013**

1 Johdanto

Atomit koostuvat sen ytimeen pakkautuneista protoneista ja neutroneista sekä ulkokehällä sijaitsevista elektroneista. Ytimen hiukkasten välillä on vahva vuorovaikutus, joka pitää atomiydintä koossa. Sähkömagneettinen vuorovaikutus saa puolestaan positiivisesti varautuneet ytimen protonit hylkimään toisiaan. Näiden voimien yhteisvaikutuksesta vain tietyn protoni- ja neutronimäärän sisältävät atomiytimet ovat stabiileja. [1, 2]

Epästabiilit atomiytimet pyrkivät stabiileiksi spontaanisti hajoamalla. Tätä kutsutaan radioaktiiviseksi hajoamiseksi. Hajoamisessa vapautuneiden hiukkasten sinkoutumista ympäristöön kutsutaan radioaktiiviseksi säteilyksi. [1, 2]

Tässä työssä tutkitaan alfa-, beeta- ja gammahajoamisia sekä -säteilyä. Alfahajoamisessa ydin emittoi kahden protonin ja neutronin muodostaman alfahiukkasen eli heliumytimen. Beetahajoamisessa protoni muuttuu neutroniksi tai päin vastoin. β^- -hajoamisessa ytimen neutroni muuttuu protoniksi vapauttaen elektronin ja antineutriinon. β^+ -hajoamisessa protoni muuttuu neutroniksi vapauttaen positronin ja neutriinon. Vapautuvia elektroneita tai positroneita kutsutaan beetahiukkasiksi ja -säteilyksi. [1, 2]

Alfa- ja beetahajoamisissa atomiydin voi jäädä virittyneeseen tilaan. Viritystilan lauetessa ydin emittoi viritysenergiansa gammafotonina. Tätä kutsutaan gammahajoamiseksi ja -säteilyksi. [1, 2]

Alfa- ja beetasäteilyä kutsutaan hiukkassäteilyksi, sillä niissä vapautuu hiukkasia, joilla on massa. Gammasäteily on puolestaan sähkömagneettista säteilyä. [1, 2]

Eri radioaktiivisen säteilyn tyypeillä on erilaiset ominaisuudet [1, 2]. Tässä työssä tutustutaan alfa-, beeta- ja gammasäteilyn kantamaan ilmassa sekä läpäisykykyyn erilaisissa väliaineissa.

2 Laitteisto ja menetelmät

Tämän luvun aliluvussa 2.1 tutkitaan alfa- ja beetasäteilyn ja aliluvussa 2.2 gammasäteilyn kantamaa ilmassa sekä läpäisyä eri väliaineissa.

Määritellään ja johdetaan työssä käytettävät termit ja fysikaaliset kaavat säteilyn kantaman ja läpäisyn mittaamiseksi.

Säteilynilmaisin eli detektori on laite, joka tuottaa jännitepulssin havaitessaan säteilyhiukkasen. Pulssitaajuus (\dot{n}) on pulssimäärä (n) aikayksikköä kohden. Detektori ei havaitse kaikkia siihen osuvia hiukkasia. Havaitsemistodennäköisyyttä kutsutaan detektorin efektiivisyydeksi (ϵ). Radioaktiivisten hajoamisten lukumäärä noudattaa Poisson-jakaumaa, joten pulssimäärän virhearviona voidaan käyttää sen neliöjuurta: $\Delta n = \sqrt{n}$.

Lähteen aktiivisuus A voidaan määrittää mittaamalla lähteen säteilyn pulssitaajuutta (\dot{n}). Oletetaan lähteen koko etäisyyteen nähden niin pienek-

si, että lähdettä voidaan käsitellä pistemäisenä. Oletetaan lisäksi detektori niin pieneksi, että sitä voidaan kuvata tasona. Gammasäteilyn kohdalla vuorovaikutustodennäköisyys ilman kanssa on niin pieni, ettei säteilyä absorboidu merkittävästi ennen sen osumista detektoriin. Tällöin detektorin havaitsema pulssitaajuus on

$$\dot{n} = \epsilon \cdot A \cdot n_A \cdot \frac{\Omega}{4\pi},$$

jossa n_A on yhdessä hajoamisessa emittoituvien gammakvanttien määrä, jossa lähde näkee detektorin. Detektorin pinta-ala on a_d , joten kaava voidaan kirjoittaa muotoon

$$\dot{n} = \epsilon \cdot A \cdot n_A \cdot \frac{a_d}{4\pi r^2},$$

jossa r on detektorin etäisyys lähteestä. Pulssitaajuus on siis kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön.

Säteilyn absorptiotodennäköisyys väliaineessa kasvaa väliaineen järjestysluvun funktiona ja pienenee fotonin energian funktiona. Gammasäteilyn intensiteetti φ vaimenee säteilyn väliaineessa kulkeman matkan x funktiona eksponentiaalisesti:

$$\varphi(x) = \varphi_0 \cdot e^{-\mu \cdot x},$$

jossa φ_0 on intensiteetti ennen väliaineeseen osumista. Matkavaimennuskerroin μ on väliaineesta ja fotonin energiasta riippuva absorptiotodennäköisyys pituusyksikköä kohden. Detektorin mittaama pulssitaajuus on suoraan verrannollinen säteilyn intensiteettiin:

$$\dot{n} = \epsilon \cdot \varphi \cdot a_d$$

2.1 Alfa- ja beetasäteily

Alfa- ja beetasäteilyn mittauksessa säteilylähteet ja detektori on asennettu muovikoteloon, jossa säteilylähteiden etäisyyttä detektorista voidaan säätää ruuvilla ja säteilylähde voidaan vaihtaa tappia vetämällä tai työntämällä. Detektoriin kytketystä mittalaitteesta voidaan lisäksi valita mitattavaksi haluttu säteilylaji. Alfa-säteilyn lähde koostuu Am-241-isotoopista ja beeta-säteilyn (β^-) lähde Sr-90-isotoopista.

2.2 Gammasäteily

3 Tulokset

4 Yhteenveto ja pohdinnat

Viitteet

- [1] Harjoitustyöohje: Työ 55 Radioaktiivisuus ja säteily,
<http://physics.aalto.fi/pub/kurssit/Tfy-3.15xx/materiaali/55.pdf>
[Viitattu 18.11.2013]
- [2] Wikipedia-artikkeli radioaktiivisuudesta,
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Radioaktiivisuus> [Viitattu 18.11.2013]

Liitteet

1. Mittauspöytäkirja