

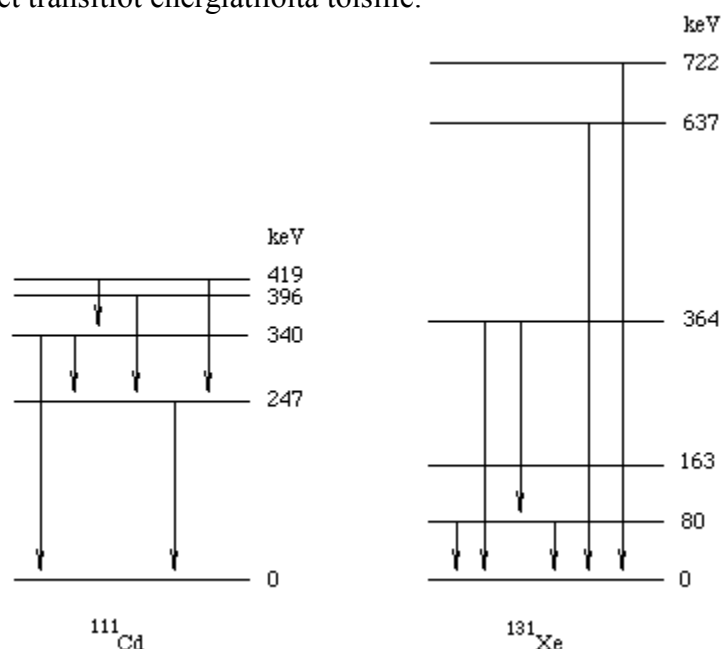
## 1.3 GAMMASÄTEILYN ENERGIASPEKTRI

### 1.3.1 $\gamma$ -säteilyn synty

Gammasäteilyksi kutsutaan sähkömagneettisen spektrin korkeaenergisintä osaa n. 10 keV:sta ylöspäin. Gammasäteilyä syntyy, kun atomin ydin siirtyy energiatilalta toiselle. Koska ytimien lähettämä gammaspektri on diskreetti, ytimissä on oltava tiettyjä diskreettejä energiatasoja samaan tapaan kuin elektroneilla on diskreettejä energiatasoja atomeissa. Ytimissä tasojen syntymekanismi on kuitenkin monimutkaisempi, koska ytimessä olevien protonien välisten sähkömagneettisten vuorovaikutusten lisäksi ytimessä vaikuttaa ydinvoimia, jotka eivät riipu sähkövarauksesta, ts. ydinvoima on samanlainen kahden neutronin, kahden protonin ja neutronin ja protonin välillä (protonia ja neutronia kutsutaan tästä syystä yhteisesti nukleoneiksi). Ytimen energiatasot ovat kullekin ytimelle tunnusomaisia, joten ytimien gammaspektriä tutkimalla voidaan selvittää, mistä ytimestä on kyse.

Ytimen viritystilat voidaan jakaa partikkeliviritystiloihin ja kollektiivisiin viritystiloihin. Partikkeliviritystiloihin yksi tai useampia nukleoneja siirtyy ylemmille energiatasojen siten, että muiden nukleonien energiatila muuttuu hyvin vähän. Partikkelieksitaatioiden energiat ovat MeV:n suuruusluokkaa. Kollektiivissa eksitaatioissa kaikkien nukleonien energiatila muuttuu. Värähtelytilojen muutoksissa ydin käyttäytyy samaan tapaan kuin nestepisara, jonka pinnanmuodossa voi esiintyä oskillaatioita tasapainoa vastaavan pallopinnan ympärillä. Kollektiivisia eksitaatioita voi tapahtua myös ytimen mahdollisten pyörimistilojen välillä.

Stabiili ydin voi joutua viritystilaan absorboidessaan fotonin tai kun se kokee epäelastisen törmäyksen nopean hiukkasen (esim. protoni tai neutroni) kanssa. Jos ytimestä siroava hiukkanen on varattu, prosessia kutsutaan coulombin eksitaatioksi. Viritystilaan joutunut ydin voi luovuttaa ylimääräisen energiansa ja siirtyä takaisin perustilaansa lähettämällä sähkömagneettista säteilyä, jota historiallisista syistä kutsutaan gammasäteilyksi. Kuvassa 1 on esitetty kahden ytimen mahdolliset transiitot energiatiloita toisille.

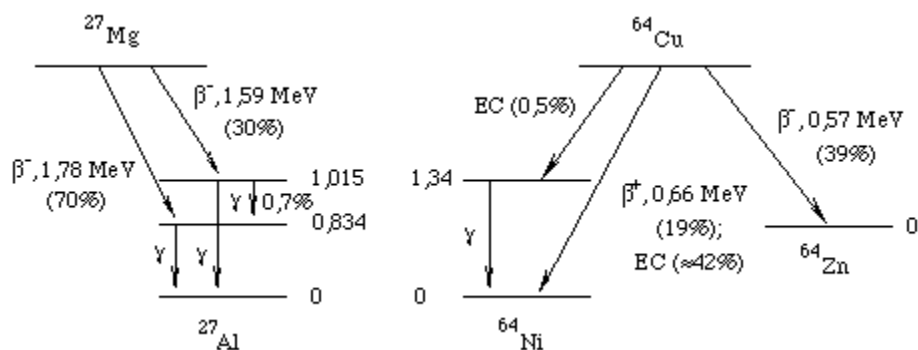


**Kuva 1:**  $^{111}\text{Cd}$ - ja  $^{131}\text{Xe}$ -ydinten viritystilojen purkautuminen

Stabiilien eli pysyvien ytimien lisäksi on olemassa joukko ei-stabiileja eli radioaktiivisia ytimiä. Radioaktiiviset ytimet pyrkivät stabiiliin lähettämällä radioaktiivista säteilyä, joka voi olla joko  $\alpha$ -säteilyä (heliumatomien ytimiä),  $\beta^+$ -säteilyä (positroneja),  $\beta^-$ -säteilyä (elektroneja) tai raskaampia atomiosia (fissio). Joskus radioaktiivinen ydin voi myös muuttua toiseksi ytimeksi absorboimalla yhden elektronikuorillaan olevista elektroneista (elektronikaappaus). Tavallisesti radioaktiivisessa hajoamisessa syntyvä hajoamistuote, ns. tytärudin, jää viritystilaan, joka purkautuu gammaemissiolla. Radioaktiiviseen hajoamiseen liittyy siis tavallisesti gammasäteilyä. Kuvassa 2 on esitetty kahden  $\beta$ -aktiivisen ytimen hajoamiskaaviot.

### 1.3.2 Mittaukset

Laboratoriotyössä mitataan joidenkin radioaktiivisten ydinten lähettämän gammasäteilyn spektrit tietokonepohjaisen monikanava-analysaattorin avulla. Mittausten ensimmäisessä vaiheessa laitteisto kalibroidaan käyttämällä gammaenergioiltaan tunnettuja ytimiä, ja toisessa vaiheessa mitataan tutkittavien ydinten spektrit, joista määritetään gammaemissiopiikkien energiat. Kirjallisuudesta (esim. C. M. Lederer ja V. S. Shirley, Table of Isotopes (Wiley, 1978)), etsitään tutkittavien ytimien hajoamiskaaviot ja verrataan niitä mitattuihin spektreihin.



**Kuva 2:**  $^{27}\text{Mg}$ - ja  $^{64}\text{Cu}$ -ydinten hajoamiskaaviot