

Spektrometrija žarkov γ s scintilatorskim spektrometrom

Samo Krejan

januar 2026

1 Uvod

Energije žarkov ne moremo meriti neposredno, ampak le tako da izmerimo energijo elektronov, ki jo ti prejmejo od žarkov γ pri fotoefektu ali Comptonovem sipanju ali pa energijo tvorbo parov pozitron-elektron iz procesa tvorbe parov. Pri scintilacijskem detektorju uporabljamo v ta namen monokristale NaJ z dodatkom okoli 1% talija kot nečistoče. Pri potovanju hitrih nabitih delcev skozi kristal ostane za njimi razdejanje v obliki sledi elektron-vrzel. Ponovno združevanje med elektroni in vrzelmi poteka energijsko ugodnejše v bližini atoma nečistole. Tu vrzeli vzamejo elektron atomom nečistoče in jo ionizirajo. Odvečno energijo oddajo bodisi sosednjim atomom v kristalni mreži in tako povečajo termično gibanje ali pa z izsevanje fotonov vidne svetlobe. Število scintilacijskih fotonov določimo s pomočjo fotopomnoževalke. Višina signala iz fotopomnoževalke je sorazmerna številu fotonov in torej tudi energiji, ki jo hitri nabit delec izgubi v scintilatorju.

1.1 Fotoefekt

Pri fotoefektu žarek γ izbije elektron iz enega od vezanih stanj. Najverjetneje je to elektron iz lupine K. Atom, ki je po emisiji elektrona K v vzbujenem stanju, se vrne v osnovno stanje tako, da zapolni vrzel z elektronom iz višjih stanj in pri tem izseva karakterističen žarek X. Tudi ta v scintilatorju lahko doživi fotoefekt in dobimo dva elektrona katerih energija je približno enaka prvotnemu fotou γ . Nekateri karakteristični žarki pa uidejo iz scintilatorja in s tem dobimo vrh pobega fotona pri $E = E_\gamma - E_K$, kjer je E_K vezavna energija elektrona.

1.2 Comptonovo sipanje

Comptonovo sipanje je neelastično sipanje fotona na skoraj prostem elektronu. Pri sipanju se seveda ohranjata energija in gibalna količina. Spekter comptonsko sipanih elektronov je zvezzen.

1.3 Tvorba parov

Kadar ima žarek γ dovolj energije ($E_\gamma \geq 1.02 \text{ MeV}$), se lahko v bližini jedra spremeni v par pozitron-elektron s skupno kinetično energijo $E_\gamma - 2m_0c^2$, odvečno gibalno količino pa prevzame jedro. Nastala delca se gibljeta pretežno v smeri naprej. V scintilatorju se zaustavita in mu predata svojo kinetično energijo. Ob upočasnitvi se poziton anihilira z enim od elektronov, ki jih sreča na

svoji poti. Nastaneta dva kolinearna žarka γ . Možno je da pobegneta oba, samo en ali pa da oba ostaneta v scintilatorju. Tako dobimo vrh dvojnega pobega, vrh pobega in vrh polne absorbcije