

1. mérési gyakorlat:

Radioaktív izotópok sugárzásának vizsgálata

A méréseknél β -szcintillációs detektorokat alkalmazunk. A β -szcintillációs detektorok alapvetően két fő részre oszthatók, a sugárzás hatására szcintilláló "kristályra" és a fotoelektron-sokszorozóra. A szcintillátor feladata, hogy lehetőleg mindnél jobb hatásfokkal fényé alakítsa azt a gerjesztési energiát, amely a sugárzás hatására keletkezett. A fotoelektron-sokszorozó a szcintillátorból kilépő fotonokat (fényt) alakítja át elektromos jellé- áram illetve feszültség impulzussá. A szcintillációs detektorok munkafeszültségének beállításánál arra törekszünk, hogy lehetőség szerint mindnél érzékenyebb rendszert tudjunk létrehozni, ugyanakkor az elektromos zajokat ne erősítsük olyan mértékben, ami a méréseinket zavarná.

A mérések során rendszerint ólom árnyékolást használunk a kozmikus és a primordiális radionuklidok sugárzásának (háttérsugárzás) okozta hiba csökkentésére. Előnyös a nagy tömegszámú ólom alkalmazása, mert fajlagosan vékonyabb rétegben alkalmazva is jelentős a sugárzás elnyelése. A gyakorlatban a viszonylag képlékeny ólom helyett betont, nehéz betont (barittal- BaSO_4 -el töltött) acéllal társított betont alkalmaznak. Az ólom azonban helyet kap az erőművi technológiai rendszereknél is rendszerint, mint átmeneti sugárzás ellen épített fal, gyakran acél keretbe foglalják az ólom téglákat, hogy a mechanikai stabilitását növeljék az így kialakított védelemnek.

1. Radioaktív bomlás statisztikus jellegének vizsgálata

A radioaktív jelenségeket és hatásait különböző mérésekre alapozva írjuk le, illetve minősítjük. Ezért fontos a radiometriai mérések hibáival is foglalkozni. A radiometriai mérések hibaelemzését alapvetően a sztochasztikus mérési modellre építjük, mivel

- egyrészt az atommagokban és/vagy a maghéjakban lejátszódó vizsgált jelenségek (pl. röntgen-kvantumok kibocsájtása vagy az atomok elbomlása véletlenszerűen következnek be,

- másrészt az atommag- vagy röntgen-sugárzások akkor válnak mérhetővé, ha kölcsönhatásba lépnek a detektor anyagával, amely kölcsönhatás szintén véletlen eseményfolyamat,
- harmadrészt pedig a méréselrendezés okozta rendszeres hibák ingadozásai is véletlenszerűen következnek be.

A mérési gyakorlat során szcintillációs detektorral vizsgáltuk egy ^{90}Sr forrás által kibocsátott radioaktív sugárzás intenzitását. A méréssorozat 20 db egyenként 20 másodperces mérési idejű intenzitásmérésből állt, melyeket egyrészt a klasszikus - determinisztikus - mérési modellre alapozva, másrészt pedig a sztochasztikus modell alapján is kiértékelünk.

A determinisztikus modell alapján az egyes mérések és a középérték korrigált standard eltérése

$$\sigma_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum (n_i - \bar{n})^2}{z-1}},$$

ahol \bar{n} a "z" számú egyedi n_i mérés aritmetikai átlaga.

A sztochasztikus mérési modell alapján a radioaktív bomlás statisztikus jellegéből következő szórás

$$\sigma_2 = \pm \sqrt{\bar{n}}$$

Mérési adataink az alábbiak voltak:

Sorszám	Beütés- szám	Sorszám	Beütés- szám	Sorszám	Beütés- szám	Sorszám	Beütés- szám
1	58	6	66	11	65	16	63
2	57	7	63	12	53	17	57
3	60	8	67	13	64	18	51
4	50	9	65	14	54	19	61
5	65	10	46	15	58	20	59

Az előző összefüggések alapján mérési adatainknak a kétféle mérési modellre számított standard eltérései a következő értékeknek adódtak:

$$\sigma_1 = 27 \text{ cpm},$$

ill.

$$\sigma_2 = 22 \text{ cpm},$$

tehát eltérnek egymástól.

2. A radioaktív sugárzás intenzitásának távolság függése

Mint minden sugárzásnak a radioaktív anyagok által kibocsátott sugárzás intenzitásának is jelentős a távolság függése. Az adott sugárzótól kétszer akkora távolságra még adszorbenst nem tartalmazó térben is jelentősen csökken (negyedére) a sugárzás intenzitása.

Ezt a jelenséget jól kamatoztathatjuk a sugárzás elleni védelemben, megfelelő távolságot tartva a sugárzó anyagoktól minden esetben biztonságos munkavégzésre nyílik lehetőség.

Állítsunk össze egy olyan mérési elrendezést, amelyben rögzítjük a detektor helyét (β -szcintillációs detector), és ehhez képest változtatjuk a ^{90}Sr sugárforrás távolságát 1 cm-enként.

A sugárforrás elhelyezése után 3-szor 40 másodpercig mérjük a beütésszámot, majd a beütésszámokat megátlagoljuk és az átlagokat ábrázoljuk a távolság függvényében.

3. A β -sugárzás abszorpciójának vizsgálata

A magbomlások során kisugárzott részecskék (α , β , γ) a környező anyagokban kisebb vagy nagyobb mértékben elnyelődnek. Míg a nagy tömegű, jelentős töltéssel rendelkező alfa-részecskék már pár cm-es levegőrétegben is maradéktalanul elnyelődnek, addig a nagy áthatolóképeségű gamma fotonok még a nagy sűrűségű anyagok (pl. ólom) vastag rétege esetén sem nyelődnek el teljesen...

A béta részecskék elnyelődésének mértéke a két előző sugárzás fajtaéhoz képest közepesnek mondható, amennyiben a béta sugárzás hatásának csökkentésére nagy rendszámú adszorbenst szeretnénk alkalmazni, feltétlenül figyelembe kell venni, hogy a nagy energiájú beta részecskék fékezési röntgensugárzást válthatnak ki, így olyan sugárzás jön létre, amelynek az áthatolóképesége nagyobb, mint az eredeti béta-sugárzásé volt. Ennek elkerülésére az árnyékolások sugárforrás felé eső oldalát célszerű alacsony átlagos rendszámú anyaggal bélelni, így az átlagos beta energiát annyira lecsökkenthetjük, hogy már nem jön létre fékezési röntgensugárzás.

Átlagos körülmények között a beta részecskék közel 100%-a ionizációs kölcsönhatásba lép a környező anyagokkal, ezért jó hatásfokkal detektálható az ionizációs elven működő detektorokkal (ionizációs kamra, GM-cső), ezek a detektorok gáztöltésűek, ennek köszönhetően meg van az esélye annak, hogy a beta részecske a gáztöltéssel nem lép kölcsönhatásba, azaz nem detektálható.

Nagyobb hatásfokkal végezhető el a detektálás a szcintillációs detektorokkal, ezek azonban rendszerint drágábbak és sérülékenyebbek, mint a GM-csövek, ez indokolja azt, hogy nem tudták kiszorítani utóbbiakat a béta-sugárzás méréstechnikájából.

Mérési feladat:

Szcintillációs detektorral szerelt mérő berendezés segítségével határozzuk meg a háttérintenzitás nagyságát három párhuzamos méréssel (60-120 másodperces mérési idővel).

A méréshez ^{90}Sr radioaktív preparátumot használunk. A preparátumot a szcintillációs detector végablakától 20-30mm-re helyezzük be az ólomtoronyba, majd 10 mm-el fölé a kolimátor lemezt (1mm vastag alumínium lemez közepén kb. 15 mm-es furattal) a kolimátor faladata a sugárnyaláb párhuzamosítása és az adszorbens lemezek tartása.

Adszorbens lemezek nélkül három párhuzamos méréssel meghatározzuk a kezdeti I_0 beütésszám értéket, majd Alumínium illetve cellulóz-acetát lemezeket helyezünk a sugárforrás és a detektor közé.

Az alumínium lemezek vastagsága:

3 db. egyenként 0,05mm

1 db. 0,15mm

A cellulóz-acetát lemezek vastagsága

3 db. egyenként 0,20mm

Az egyes lemezek segítségével azokét egyenként egymásra helyezve növekvő rétegvastagságú abszorbens réteget építünk fel.

Az abszorbensekből a kolimátor-lemezre csak azonos fajtájú anyagot helyezünk be.

Az egyes abszorbens-réteg értékek mellett három párhuzamos méréssel határozzuk meg az aktuális beütésszám értéket.

Ábrázolni kell az egyes abszorbensek rétegvastagságának függvényében a beütésszám értékeket.

Az abszorpciós összefüggés alapján:

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

Ahol: I és I_0 beütésszámok,

μ' abszorpciós együttható (cm^{-1})

x az abszorbens rétegvastagsága (cm)

Ki kell számítani a két abszorbens abszorpciós-együtthatóját.

A gyakorlatban rendszerint a tömegabszorpciós együtthatót és a felületi sűrűséget alkalmazzák, mert a tömegabszorpciós együttható jó közelítéssel független az abszorbens anyagi minőségétől, ezért például egy sugárvédelmi abszorbens rendszer könnyebben tervezhető a tömegabszorpciós együttható felhasználásával.

A fenti összefüggés ebben az esetben így módosul:

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

Ahol: I és I_0 beütésszámok,

μ tömegabszorpciós együttható (cm^2/g)

d felületi sűrűség (g/cm^2)

A tömegabszorpciós együtthatót az abszorpciós együttható és az adott abszorbens sűrűségének hányadosaként írhatjuk fel.

Az alumínium sűrűsége: $2,7 \text{ g}/\text{cm}^3$

A cellulóz-acetát sűrűsége: $1,2 \text{ g}/\text{cm}^3$

Beadandó:

1. A mérések rövid leírása
2. A méréseknél alkalmazott mérési összeállítás(ok) vázlata
3. A mérési adatok táblázatai
4. A mérési adatok értékelése

Ellenőrző kérdések:

1. Milyen sugárforrást alkalmazunk a méréseknél?
2. Milyen detektort alkalmazunk a beütésszámok meghatározására?
3. Milyen jelenségek okozzák a beütésszámok statisztikus szórását?
4. Milyen függvénnyel jellemezhetjük a sugárforrás és a detector távolságától függő beütésszámot?
5. Hogyan függ a beütésszám az abszorbens rétegvastagságától?
6. Mit nevezünk felületi sűrűségnek?