

Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló
2013. április 20.
Számítógépes feladat

A feladat során egy ismeretlen minta összetételét fogjuk meghatározni a minta – neutron aktivációt követő – gamma-spektrumának analízise alapján. A kristályos minta anyagát atomreaktorban előzetesen már besugározták, amelynek következtében a minta egyes atomjai befogták a neutronokat, és ezáltal radioaktívvá váltak. A radioaktív atommagok leányelemei az elemre jellemző energiájú gamma-fotonokat bocsátanak ki. Egy (szcintillációs) detektorral a gamma-sugarak energiaspektrumát fel tudjuk venni. Ha meghatározzuk a kibocsátott gamma-sugarak energiáját, a gamma-sugarak táblázatából meghatározhatjuk, hogy milyen atommagok bocsátották ki a sugarakat. Ez a minőségi (kvalitatív) analízis. A feladat során csak ilyen analízist kell elvégezzünk.

Megjegyzés: A minta egyes komponenseinek mennyiségét is meg lehet határozni a kibocsátott gamma-fotonok intenzitásának mérésével. Ehhez azonban a detektor (és a detektálási geometria) teljes hatásfokát is ismerni kell a gamma-energia függvényében. A mostani feladat során mennyiségi (kvantitatív) analízist nem kell végezni, ezért nincs szükség a hatásfok-függvény ismeretére sem. .

Feladatok

- 1) **A detektor energia-kalibrálása.** Ehhez vegyük fel külön-külön a két rendelkezésre álló standard sugárforrás (^{137}Cs és ^{60}Co) spektrumát. Ezek gamma-kvantumainak pontos energiáját keressük ki a gamma-energia táblázatból (a táblázat PDF formátumban a Sűgő menüpontból érhető el, a használatát lásd lentebb)! A „kalibrálás” azt jelenti, hogy meghatározzuk, hogy a detektor mely „csatornába” teszi a beérkező, különböző energiájú gamma-fotonok jeleit. Feltételezhetjük, hogy a detektorunk válasza lineáris, azaz a gamma-energia (E) és a csatornaszám (C) között a következő összefüggés áll fenn: $E = a \cdot C + b$. Az energia-kalibrálás lényegében az a és b konstansok meghatározását jelenti.
- 2) **Vegyük fel az ismeretlen minta spektrumát** egy új spektrumba, és az előző pontban elvégzett energia-kalibráció segítségével határozzuk meg a detektort ért gamma-kvantumok energiáját.
- 3) A gamma-energiák ismeretében a táblázat felhasználásával **határozzuk meg, hogy milyen elemekből állhat** a besugárzott kristályos minta.
- 4) Az elvégzett mérésekből **készítsünk jegyzőkönyvet!** Ebben minden fontos adatnak és eljárásnak szerepelni kell. A jegyzőkönyvnek olyannak kell lenni, hogy annak alapján bárki reprodukálhassa (és ellenőrizhesse) a mérést. Szerepeljenek benne a „nyers” mérési adatok, az adatok feldolgozási módszere, a következtetések és az indoklások. Célszerű néhány képet is kimenteni a zsűri számára (a kép kimentésének módját lásd a Program használati útmutatójának végén). A jegyzőkönyvben jelezzük, hogy miről készültek képek! **A zsűri a jegyzőkönyvek alapján pontozza a versenyzők munkáját!**

A γ -energia táblázat használata

- a) A táblázat első oszlopa **E(keV)** a kibocsátott gamma-foton energiáját mutatja;
- b) a második oszlop (**Intensity**) azt mutatja meg, hogy 100 bomlásból átlagosan hány gamma-foton bocsátódik ki ilyen energiával (lényegében a bomlásonkénti százalékos arány);
- c) a harmadik oszlop (**Nuclide**) az anyagot mutatja, utána zárójelben a bomlási mód, és a felezési idő.

Például:

E(keV)	Intensity	Nuclide		
γ -energia	%	Anyamag	Bomlási mód	Felezési idő
249.794(15)	90.	Xe-135	B-	9.14 H

A bemutatott példa azt jelenti, hogy a ^{135}Xe atommag 9.14 h felezési idővel, negatív béta-bomlással (B-) bomlik (^{135}Cs -re, de ez nincs jelölve), és a bomlást követően az esetek 90%-ban kibocsátódik egy 249.794 keV energiájú γ -foton, amelynek az energiáját ± 0.00015 keV pontosan ismerjük (az energia után zárójelben lévő szám).

SEGÍTSÉG

A spektrum kiértékelésénél, a csúcsok azonosításánál emlékezzünk arra, hogy még egy monoenergiás γ -fotonokat kibocsátó forrás spektruma sem mindig csak egyetlen csúcsot tartalmaz (kiszökési csúcsok)!

Útmutató a szimulációs program kezeléséhez

1. A program indítása a Windows asztalon (desktop) található Szilard2013.exe parancsikonnal történik.
2. Indítás után a program kéri a verseny során használt azonosítót. Ezt adjuk meg a felugró ablakban.
3. Ezután a program főablaka jelenik meg.

A FŐABLAK

A kísérleti elrendezés vázlata

A képernyőn a kísérleti elrendezés vázlatos rajza látható. A kísérlethez a következők kelleneek:

- a detektor (lila téglalap)
- a kalibráló sugárforrások (kék és piros pont)
- az ismeretlen, besugárzott radioaktív minta (zöldes színű pont)
- az „árnyékolások” (fekete területek), amelyek az éppen nem használt sugárforrásokat leárnyékolják a detektor elől.

A „Detektor” nevű panel

- a „*Detektor mozgatása*” csúszka segítségével tudjuk változtatni a detektor pozícióját
- a „*Detektor bekapcsolása*”, a „*Detektor megmutatása*” és a „*Detektor kikapcsolása*” gombok szolgálnak a detektor kezelőablakának megjelenítésére, illetve kikapcsolására. A detektorablak kezelését és leírását lásd lentebb.

„Sugárforrások” nevű panel

A detektor kalibrálásához használható kalibráló sugárforrásokat (^{137}Cs és ^{60}Co forrás) a „*Sugárforrások*” feliratú panelen lehet kezelni. A választott forrást jelölő mező bejelölésével a forrás kivehető az árnyékolás mögül, ekkor olyan helyzetbe kerül, hogy a detektor érzékeli a kibocsátott gamma-fotonokat. Egyszerre csak legfeljebb egy sugárforrást lehet kihozni az árnyékolás mögül.

A paneleken található funkciók a *menüsor*ból is hozzáférhetők.

A DETEKTOR KEZELŐABLAKA

A spektrum, és kalibrációja

A képernyő legnagyobb részét a spektrum ábrázolására szolgáló fekete terület foglalja el. A detektorból kijövő feszültségimpulzusok amplitúdóját egy analóg-digitális konverter (ADC) egész számokká alakítja. A vízszintes tengelyen ezek a számok (ún. csatornák) láthatók, a függőleges tengelyen pedig az, hogy adott csatornában hány darab fotont érzékelt a detektor a mérés ideje alatt. A detektor jeleinek amplitúdója függ a bejövő gamma foton energiájától. Azt azonban, hogy ezt az ADC milyen számokká alakítja, nem tudjuk előre. Ezért a mérőrendszerünket *kalibrálni kell*: ismert energiájú gamma-fotonokat kibocsátó sugárforrásokat kell a detektor elé helyezni, felvenni a gamma-spektrumukat, majd meghatározni, hogy a sugárforrások ismert energiájú gamma-vonalai mely koordináta-értékhez tartoznak. Ehhez a detektált csúcs „helyét” – a csúcs vízszintes koordinátáját – kell meghatározni. Ennek módját ld. alább, a kurzor leírásánál. A felvett

koordináta – energia pontpárookra fektessünk egyenest! Ezt akár a méréshez adott milliméter-papíron is megtehetjük, vagy a méréshez adott számítógépen megtalálható valamely ismert program segítségével (pl. EXCEL). A kalibráció birtokában bármely koordináta-értékről meg tudjuk majd határozni, hogy az milyen energiának felel meg. A kalibrációhoz használt módszert mindenképpen írjuk le a jegyzőkönyvben! Ha milliméter-papírt használtunk, azt is csatoljuk a jegyzőkönyvhöz!

Nyomógombok

A „**Start**” gomb megnyomásával indul a mérés. A „**Törlés**” gomb minden esetben törli a spektrumot, a „**Stop**” gomb megnyomása leállítja a mérést. A mérés megállítása után újra a detektor kezelőablaka jelenik meg:

Tengelyek

A függőleges tengely maximumát a bal felső sarokban lévő panelen lehet beállítani, az ablak kinyitásakor alapértelmezett értéke 100. Az „**Auto**” jelölőnégyzet bejelölésével a függőleges tengely automatikusan újraskálázódik, valahányszor a csatornatartalmak „kilógnának” a képből.

A vízszintes tengely („csatornák”) minimumát és maximumát a tengely alatti panel bal- és jobb oldalán lehet beállítani, alapértelmezett értékük 0, illetve 4096.

Kurzor kezelése

A sárga vonallal jelölt **kurzort** kétféleképpen mozgathatjuk:

- ha az egérrel a képre kattintunk, a kurzor odaugrik
- a jobb vagy bal **nyíl** lenyomásával is mozgathatjuk jobbra vagy balra, miközben az **Alt** gombot is nyomva tartjuk.

A vízszintes tengely alatti sötétebb csíkban a program kiírja a kurzor koordinátáit: X (ezt a kalibráció segítségével át kell majd számoljuk a gamma foton energiájába, pl. keV-be), Y pedig, hogy az adott csatornába hány beütés érkezett a mérés ideje alatt.

Csúcs paramétereinek meghatározása

A spektrumban egy csúcs paramétereinek meghatározásához **ki kell jelölni** a vizsgált csúcspot. Ehhez a kurzort mozgassuk a csúcs egyik szélére, majd a **Ctrl** és **Alt** billentyűk lenyomása mellett a megfelelő irányú nyíl folyamatos nyomva tartásával vigyük a kurzort a csúcs másik széléhez.

Fontos, hogy közben a billentyűket ne engedjük fel, mert a program ezzel a csúcskijelölést befejezi. Az újbóli gombnyomást újabb csúcskijelölés kezdeteként értelmezi, és így láthatóan hibás eredményt kapunk!

A terület kijelölést pontosítani lehet, ha a bal oldali, **Tartomány** feliratú panelen, ha megadjuk a kijelölni kívánt terület legkisebb és legnagyobb X koordinátáját, majd megnyomjuk az „**Elfogad**” gombot. A program a „**Csúcs helye**” mezőben kijelzi azt az X értéket (csatornaszám), amelyet a kijelölt tartomány átlagos csatornaszámának – a csúcs helyének – tart (*Megjegyzés: a program nettó beütésszámokkal súlyozott átlagot számol*). A „**Bruttó**” mezőben leolvasható a kijelölt tartományban regisztrált összes beütésszám. A program a kijelölt terület első és utolsó pontja közé egyenest húz be, és az alatta levő területet „háttérként” értelmezi. A háttér területének az értéke a „**Háttér**” mezőben látható, a „**Nettó**” mezőben pedig a teljes csúcsterület és a meghatározott háttér-terület különbségét mutatja meg.

Az ablak képként történő kimentése

A spektrumra az ***egér jobb gombjával*** kattintva lehetőség nyílik az aktuális ablak képként való kimentésére. A kimentés után a program közli, hogy milyen néven mentette ki a képet.

VIGYÁZAT! A program újraindítása után a belső kép-számláló törlődik, és a képek számozása előlről kezdődik. Ezért a program **felülírja** a korábban kimentett képeket!