

# S o k c s a t o r n á s   A n a l i z á t o r

## BEVEZETÉS

Sokszor előfordul, hogy a kapott információk, adatok igen nagy sűrűséggel (intenzitással) érkeznek, ilyenkor a bejövő jelek számunkra fontos jellemzőit azonnal, - lehetőleg még a következő jel beérkezése előtt - fel kell dolgozni. Ilyen jellemző adat lehet, pl. a jel nagysága (amplitúdója). Erre a feladatra alkalmazhatjuk a sokcsatornás amplitúdó analizátort. Működésének lényege, hogy a bejövő vizsgálandó jelet azonnal a nagyságának megfelelő rekeszbe eltárolja, így rekeszben (memóriában) található szám mindig az addig beérkezett aktuális nagyságú jelek darabszáma. Az igazság kedvéért meg kell jegyeznünk, hogy az intenzitás is, - amely az időegység alatt beérkező adatok száma - sok esetben hordozhat a részünkre valami lényeges jellemzőt az adott rendszerről. Az egyik ilyen speciális terület például a nukleáris technika, ahol a jelek amplitúdó eloszlásából - természetesen a detektorok típusától erősen függően (pl. szcintillációs, félvezető stb. detektorok) - a radioaktív izotópok anyagára, míg az intenzitásból az aktivitásra kaphatunk hasznos információkat. A nukleáris módszert igen sok területen használjuk. Főbb területek, pl. az orvosi terápia és gyógyászat, mezőgazdaság, ipari anyagvizsgálat, nyomjelzéses technika, régészet, energiatermelés, környezetvédelmi mérések stb. Összefoglalva: a mért sokcsatornás spektrumból következtethetünk, pl. a sugárzó anyag izotóp összetételére, mennyiségére, lebomlási állapotára stb.

Ennek a mérésnek az a célja, hogy megismerkedjünk a számítógépes sokcsatornás mérési technikával és a berendezés kezelésének trükkjeivel, méghozzá azért, hogy a jövőbeli méréseknél már rutinosan dolgozzunk az ilyen típusú mérési módszerekkel. Ezeneken felül (igaz nagyon kis mértékű, és csak bevezető jellegű) betekintést kapunk a bennünket körülvevő és állandóan sugárzó világ egészségügyi és környezetvédelmi szempontból érdekes jellemzőiről.

A radioaktív sugárzással kapcsolatos néhány minimális, de a mérés elvégzéséhez feltétlen szükséges információt meg kell ismernünk. Ezek az ismeretek a sugárvédelmi kioktatásban már szerepeltek, így a következő részben csak egy rövid összefoglalót adunk.

**Radioaktív sugárzás fajtái: (  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $X$ ,  $n$ ,  $nr$  )**

1. Az  $\alpha$  sugárzás, - a lényegét tekintve - egy elektronjaitól megfosztott hélium atom. Ebből adódik, hogy nagy a tömege, töltése, és így igen nagy az anyagban leadott fajlagos (egységnyi hosszra vonatkoztatott) energiája. Éppen ez a tulajdonság okozza azt, hogy az  $\alpha$  sugárzás hatótávolsága már levegőben is csak néhány cm, és egy vékony papír, vagy műanyag lap is elnyeli. **Szervezetbe jutva rendkívül veszélyes!**

2. A  $\beta$  sugárzásnak nevezzük a negatív, vagy pozitív töltésű (pozitron) elektronokat. Kis tömegük, és töltésük van. Levegőben a hatótávolságuk egy méter alatt van, tized-milliméteres, milliméteres vastagságú szilárd anyagok már teljesen elnyelik. **Szervezetbe jutva erősen veszélyes!**

3. A  $\gamma$  és az  $X$  sugárzás tulajdonképpen egy elektromágneses hullám, amelynek frekvenciája nagyobb, (a hullámhossza kisebb ) mint az ultraibolya sugárzásé. A  $\gamma$  az atommagban keletkezik, míg az  $X$  - vagy más néven röntgen - sugárzás az atomhéjban jön létre. **Kívülről**, vagy **belülről** – a nagy áthatoló képessége miatt - elvileg **közel egyformán veszélyes**, de a szervezetbe jutva nyilván veszélyesebb, hiszen így teljes térszögben sugároz bennünket, és ekkor van „legközelebb” hozzánk! Védekezni ellene nagy atomsúlyú anyagokkal, például vastag ólommal, vassal, nehéz betonnal stb. lehet.

4. Az  $n$  (neutron) sugárzás egy proton tömegű, de töltés nélküli részecske. A semlegessége miatt a nagy tömegszámú magokat tartalmazó anyagokon (pl. vastag vas, ólom stb.) – kis energia veszteséggel pattogva, de – könnyedén áthatol. Kis rendszámú (protonhoz közeli, pl. hidrogén tartalmú anyagok: víz, parafin stb.) anyagokban viszont minden ütközésnél jelentős energia veszteséget szenved, így jelentősen gyengül az intenzitása. **Rendkívüli veszélyessége** abban a képességében rejlik, hogy amelyik nukliddal magreakcióba lép, az a **mag** gerjesztett állapotba kerülve **radioaktív izotóppá válik, és sugároz!**

5. Az **nr** nehéz, hasadvány részecskéket jelent. Ezek részecskék magreakciónál, vagy un. spontán, magától történő maghasadásnál (pl. az urán) keletkezhetnek. **Veszélyessége** - a nagyobb tömeg és töltés miatt - **nagyobb az  $\alpha$  sugárzásnál**, de a védekezés ellene elvileg hasonló.

\*A 4-es és 5-ös pontokban említett magreakciók legjellemzőbben a nukleáris reaktorokban, atombombában, gyorsítóknak vagy mesterséges  $n$  forrásokban (Ra-Be, Po-Be, Am-Be stb.) fordulnak elő. Ezekeken felül meg kell még említeni, - bár az intenzitásuk az előzőekhez képest elenyésző – hogy a talajban előforduló bizonyos természetes izotópok spontán bomlanak, illetve a kozmikus sugárzás is okozhat magreakciókat.

**A sugárzások gyengülése:**

Jellemző az intenzitás térbeli változására – elfogadható közelítéssel – hogy, egyrészt az izotóptól mért távolság négyzetével :

$$I_R = \frac{I_0}{R^2}$$

, másrészt az anyagra jellemző elnyelési tényezővel és az anyag vastagságával arányosan csökken. A képletekben:  $R$  a távolság az izotóptól,  $\mu$  az anyagra jellemző elnyelési tényező és  $x$  az anyag vastagsága.

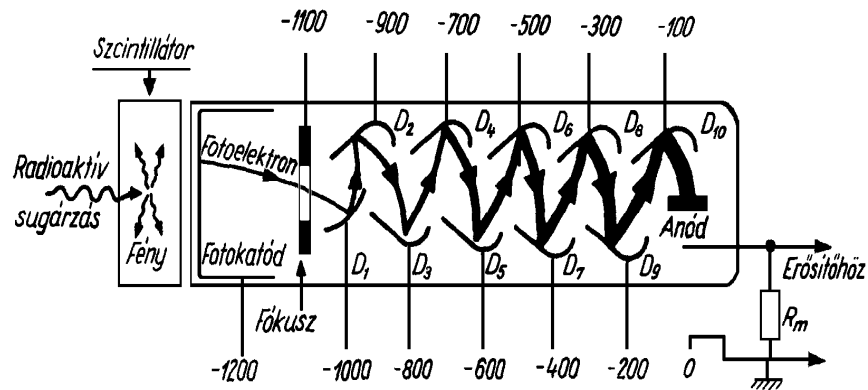
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

A radioaktív izotópok intenzitásának időbeli változására az un.  $\tau_f$  felezési idő a jellemző. Ennyi idő alatt bomlik el az aktív atomok fele:

### A sugárzások detektálása:

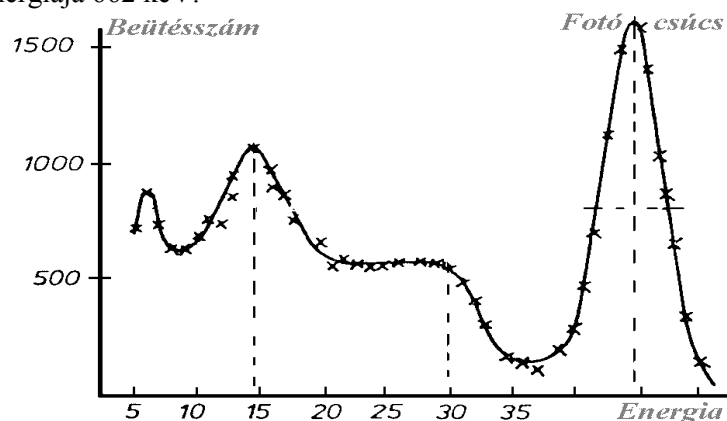
A bevezetőben említett szcintillációs, és félvezetős detektálási módon kívül, még sok lehetőség van a radioaktív sugárzások észlelésére, és mérésére. (Geiger-Müller cső, ionizációs kamra, stb.) Amíg a detektorok döntő többségéből kijövő jel tartalmaz a sugárzás energiájára jellemző valamilyen adatot, addig a G.-M. cső elektromos impulzusai valójában csak darabszámukban hordozzák az információt (izotóp sugárzási intenzitása!). A laborunkban a sokcsatornás méréshez, a jó hatásfoka és energia felbontása miatt, a szcintillációs detektálást választottuk.

A 1. ábrán ennek a detektor típusnak felépítését, és elvi működési vázlatát látjuk.



1. ábra.

A szcintillációs detektálásra jellemző, hogy ha egy monóenergiás  $\gamma$  sugárzás érkezik be a detektorba, akkor egy - 2. ábrán látható - jellegzetes spektrumot kapunk, rajta a legnagyobb energiák felé egy csúcs látható. Ennek a neve régen fotó, ma összenergiás csúcs. Az ábrán – mert radioaktív cézium 137.-es izotópot választottunk – a csúcs energiája 662 keV.



2. ábra

A vízszintes tengelyen az energia, (vagy, - ami ezzel ekvivalens - a csatornaszám van jelölve), hiszen az elnyelt sugárzást, általában - annak energiájával arányos nagyságú (amplitudójú) - jelle alakítja át a detektor. Ezek a jelek viszont a nagyságuknak megfelelő számú csatornában gyűlnek össze.

A laboratóriumunkban négy ismert, és egy vagy két - a mérést végző hallgató számára - "ismeretlen" radioaktív izotóppal végzünk méréseket. Ezeknek a fontosabb adatait az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

Izotóp (nuklid) neve:	Felezési ideje:	Aktivitása: (1993 X. 1.-án.)
$^{241}\text{Am}$	157850 nap ( 432 év)	393 kBq
$^{133}\text{Ba}$	3862 nap (10.6 év)	378 kBq
$^{137}\text{Cs}$	11020 nap (30.2 év)	387 kBq
$^{60}\text{Co}$	1925 nap (5.27 év)	343 kBq

Az ismeretlen izotópról csak az alábbi adatokat adjuk meg: 1./ Az anyaga fém.

2./ Felezési időtartománya: 1-10 év.

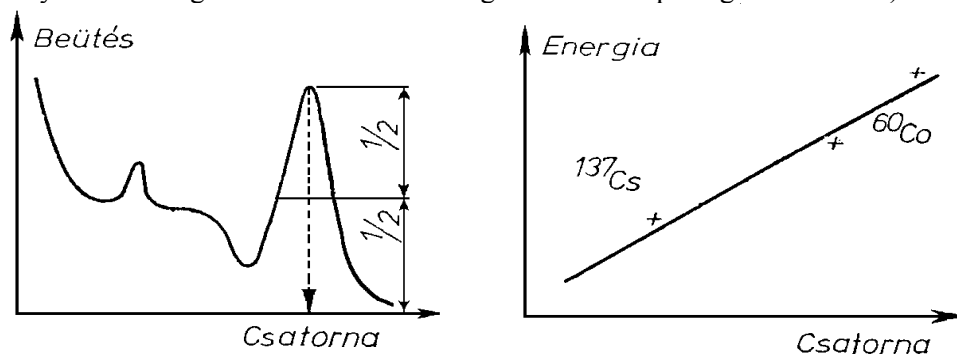
3./ Jellemző sugárzása: gamma.

Becquerel " Bq " a másodpercenkénti bomlások száma. Célszerű a régebbi, de közismert „curie” egységben is megadni az aktivitást ( $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}$  bomlás/sec), így a fenti izotópok kb.  $10 \mu\text{Ci}$ -sek.

A számítógépben található " RADDEC " nevű program segítségével megtudhatjuk a radioaktív izotópok szükséges adatait. A program használatáról a következőt kell tudni. A RADDEC aldirektory-n belül megtalálhatjuk a gamma energia szerint sorba rakott adatfájlt. Az „A” jel az  $\alpha$ , „B” a  $-\beta$ , „P” a  $+\beta$ , és a „G” jel a  $\gamma$ , valamint az X sugárzást jelölik.

Az elvégzendő mérés célja, hogy próbáljuk az ismeretlen radioaktív izotóp anyagát (nuklidját) meghatározni. Ehhez először elegendő pontossággal felvesszük mind a négy ismert és az egy ismeretlen sugárforrás amplitúdó spektrumát. (A hibaszámítás azt mondja, hogy az „n” beütés-számnak „ $\sqrt{n}$ ” a szórása ( $\approx$ hibája), ezért, ha néhány % pontosságot akarunk elérni, akkor ezt úgy tehetjük meg, hogy a fotócsúcsnak megfelelő csatornába néhány ezer beütést kell összegyűjtenünk.) A négy ismert izotóp öt hitelesítő pontot ad, mivel a kobalt két  $\gamma$  fotont bocsát ki, (így dupla fotócsúcsa van két hitelesítő energiával). A csatornaszámot a képernyőről, míg az energiát táblázatból, vagy pl. a RADDEC nevű programból olvashatjuk ki. Az alábbi grafikonok (3. ábra.) a hitelesítés vázlatos megoldását mutatják be.

(Az ábrán látható  $\frac{1}{2}$ -es jelölések a fotócsúcs félérték szélességének esetleges meghatározáshoz ad segítséget, amennyiben szükségünk van a detektor energia felbontó képességének adataira.)



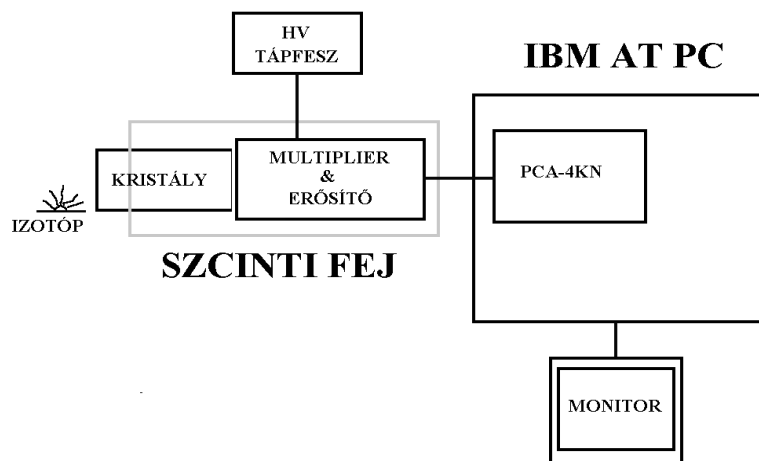
3. ábra.

A fenti módszert alkalmazhatjuk mind a négy izotópra, és így elkészíthetjük az öt hitelesítő pontra illesztett energia / csatornaszám kalibrációs " görbét ".

Az ismeretlen izotóp energia csúcsát ebből a „görbéből” kiszámolhatjuk. Ezeket az adatokat felhasználva például a RADDEC programból kiválaszthatunk néhány izotópot, amelyek ilyen energiájú  $\gamma$  sugárzást bocsátanak ki. Természetesen túl kevés az információ (önmagában az energia adat sok izotópot enged meg), de józan megfontolásokkal erősen le tudjuk szűkíteni a kört. Ilyenek például az anyag szilárd állapota, a felezési idő nagysága, - ami valószínűleg több mint egy év (miért?), - és hogy jellemzően csak egyenergiájú  $\gamma$  fotont bocsát ki, stb.

### MÉRÉSI ÖSSZEÁLLÍTÁS:

A mérőberendezés bloksémáját a 4. ábrán tekinthetjük meg. Itt láthatjuk a már említett szcintillációs fejet (1. ábra.), a nagyfeszültségű tápegységet (HV), és az IBM computerbe betett sokcsatornás mérőkártyát (PCA-4KN). Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a detektor részére általában 1000 - 1500 Volt szükséges, de mindig nézzük meg a készüléken az aktuális kiírást, vagy ha bizonytalanok vagyunk jobb, ha megkérdezzük az oktatóktól. A mérő-összeállítás az alábbi:



4. ábra.

### A SZOFTVER ISMERTETÉSE

Az MCAFLEX szoftverrendszer a PCA-4KN kártyára alapozott adatgyűjtő és kiértékelő rendszer. E saját memóriával rendelkező kártya lehetővé teszi, hogy miközben az adatgyűjtés folyik, a számítógép minden részét ( a PCA-4KN kártyát kivéve ! ) egyéb célokra felhasználjuk - azaz visszatérhetünk, pl. a DOS, vagy WINDOWS rendszerbe, ahol végezhetünk szövegszerkesztő, táblázatkezelő, adatbázis-kezelő munkát, vagy tetszés szerinti más programot futtathatunk.

Ezeket az ún. " egyéb " munkákat befejezve újra elindítjuk a kártya működtető programját (EPCAMAIN. EXE-t) és így beelépünk az adatgyűjtést - egyfolytában és akkor is - végző rendszerbe. Módunk van továbbá arra is, hogy mialatt az adatgyűjtés folyik a programon belül az analízáló üzemmódról a kiértékelő üzemmódrá térjünk át. Az is szempont volt, hogy a világon elterjedt sokcsatornás analízátorok által biztosított, a felhasználók által megkedvelt szolgáltatások elérhetőek legyenek. A mérés és kiértékelés közben az üzemmódnak megfelelő segítség (HELP) menük az Alt/H betűtűvel azonnal aktivizálhatók. Az MCAFLEX szoftverrendszer jellemzői:

Teljesen menüvezérelt működés, kétpontos (lin.) energia kalibráció, automatikus csúcskeresés.

Képernyő funkciók: Display mód: Pont ábra, hisztogram ábra, vonalas ábra.

□

Vertikális mód: Lineáris, automatikus, logaritmikus. Tartomány:  $8 - 10^7$ .

□

Horizontális tartomány: 8 - 4096 csatorna között tetszőleges.

□

Kurzor: egyetlen kurzor, csatornaszám, energia, csatornatartalom kijelzéssel.

Marker: bal és jobb marker, csatornaszám, energia, csatornatartalom

Fontos tartományok (REGIONS OF INTEREST - ROI): 256 ROI választható ki a markerekkel, vagy az automatikus csúcskereséssel, az aktív ROI világosabb színű, paraméterei a képernyőn megjelennek.

### **MCAFLEX FŐMENÜ (MAIN MENÜ)**

Amint az a főmenüből látható, az MCAFLEX több alrendszerből áll. Az első az adatgyűjtés (DATA COLLECTION), a második a spektrum kiértékelés (SPECTRUM EVALUATION), a harmadik és negyedik az egyébként a mérés, ill. kiértékelés közben mindig hívható segítség (ANALYZER HELP, EVALUATION HELP) alrendszerek, valamint az adatfájl-ok nyomtatását elvégző nyomtatási alrendszerek (PRINT DATA FILE). Ezeknek az ún. alrendszereknek a részletes leírását (kb. 20 oldal) a helyszínen a mérés mellett találjuk meg, itt most csak legfontosabb, az elinduláshoz szükséges néhány alapvető információt említünk meg. Fontos tudni, hogy **minden menüben**, ha lenyomjuk az **Alt/H** billentyű kombinációt, **segítséget (Help)** kaphatunk

A főmenüből (**main menu**) az adatgyűjtési (**data collection menu**) menün keresztül belépünk az amplitúdó analízis (**pulse height analysis**) üzemmódba. Ebben a menüben tudjuk az aktuális spektrumot felvenni és eltárolni. Itt az **analízálás** az **F1**, a **megállítás** az **F2** gomb lenyomásával, az aktuális spektrum **törlése (!)** a **Ctrl/Alt/F4** billentyű kombinációval lehetséges. A leállítás után a mért spektrum **eltárolható** az **Alt/T** gomb lenyomásával. Az eltárolt spektrumnak max. 8 karakteres nevet kell adnunk, a kiterjesztése automatikusan „,SPM” lesz.

A görbék megrajzolásához a gépben egy SPM2DAT.exe nevű program található, melynek segítségével az „SPM” típusú fájlból „DAT” típusút tudunk generálni.