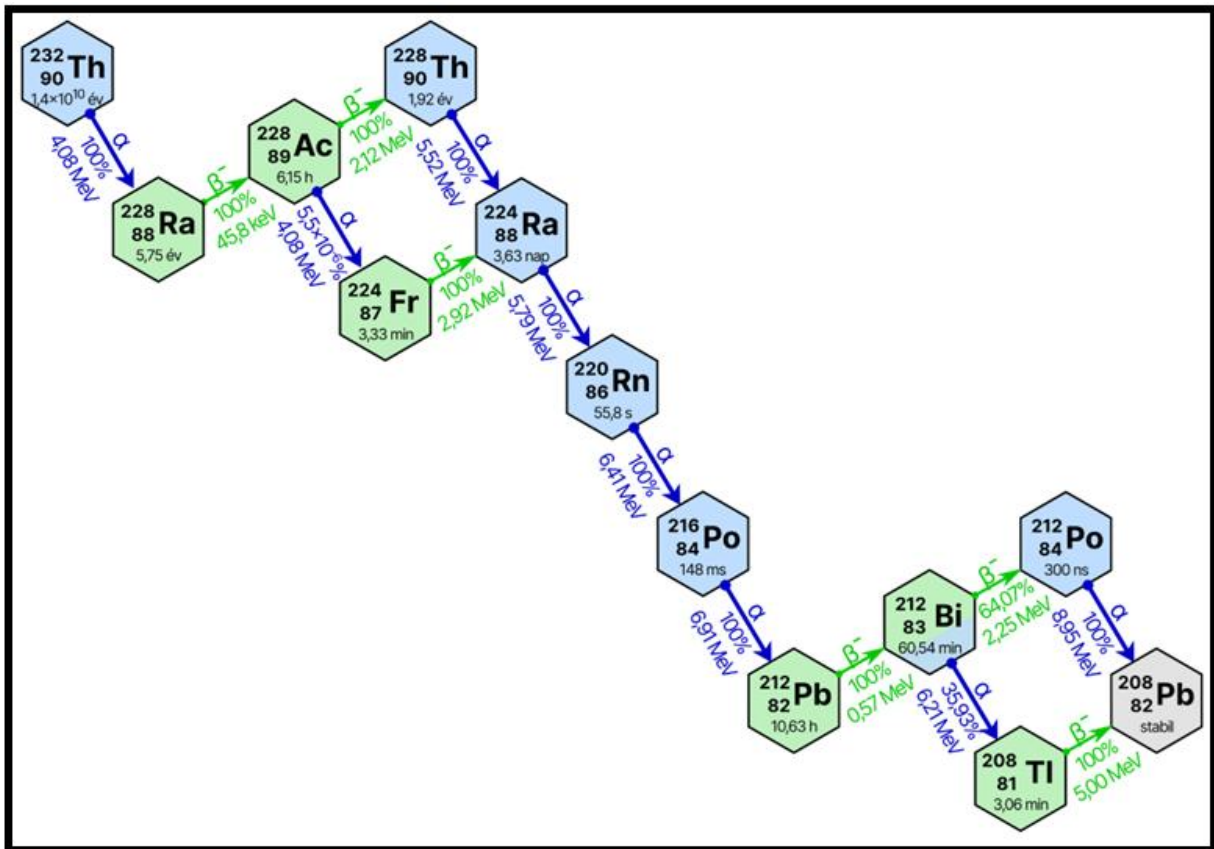


Végablakos GM-cső alfa és béta sugárzás mérési hatékonyságának és ismeretlen béta sugárzó aktivitásának meghatározása

Bevezető

Magas tórium tartalmú anyagok alfa, béta és gammasugárzást bocsátanak ki, ezáltal aktivitásuk mérhető végablakos GM-cső mérőeszközzel. A természetben a ^{232}Th -es tömegszámú tórium fordul elő, amely alfa bomló és felezési ideje $14 \cdot 10^9$ év. Bomlási sora a ^{228}Ra -mal kezdődik és a ^{208}Pb stabil atomfajtaiban (nuklidban) végződik (1. ábra).



A ^{232}Th bomlási sorban az összes leányelemnek sokkal kisebb a felezési ideje, mint magának a ^{232}Th -nak. Ezáltal, ha a ^{232}Th tartalmú anyagban a leányelemek nincsenek kémiai elválasztva, ún. szekuláris egyensúly jön létre. Ez azt jelenti, hogy a sor összes leányelemének ugyanakkora az aktivitása. Az 1. ábra a bomlási sort mutatja be alfa és béta bomlási valószínűségekkel (alfa és maximális béta részecske energiákkal, valamint felezési időkkel). A bomlási sorban az ^{228}Ac apró alfa bomlási valószínűségét elhanyagoljuk, a ^{212}Bi csak 35,9 % valószínűséggel alfa bomló és 64,1 %-osan béta bomló. A ^{220}Rn nemesgáz 56 s felezési idejű, ezért a gázatomoknak tulajdonképpen nincs idejük kilépni/eltávozni az anyagból. Ezt a radon atomfajta úgy is hívják, hogy toron, utalva a tórium sorára, megkülönböztetendő az urán soros ^{222}Rn -től.

Egy megfelelően elkészített, csak ^{232}Th -t és leányelemeit tartalmazó mintából kilépő összes alfa és összes béta részecske gyakorisága kiszámolható a ^{232}Th atomfajta aktivitásának ismeretében. A GM-cső alfa és külön bétasugárzás mérési hatékonysága (adott mérési elrendezésre) kiszámítható a mért részecskegyakoriság (sebesség) és a mintából kilépő összes azonos fajtájú részecske kibocsátási gyakoriságának hányadosaként:

$$\varepsilon := \frac{\text{GM cső (alfa vagy béta) beütési gyakoriság} \left[\frac{\text{beütés}}{\text{s}} \right]}{\text{Etalon minta összes (alfa vagy béta) részecske kibocsátási gyakoriság} \left[\frac{1}{\text{s}} \right]} =$$

$$= \frac{\text{GM cső (alfa vagy béta) beütési gyakoriság} [\text{beütés/s}]}{\text{Etalon minta részecske aktivitás } A_{\text{alfa vagy béta}} [\text{Bq}]}$$

Azaz az alfa és külön bétasugárzás mérési hatékonyság megfogalmazható úgy is, mint összes alfa vagy összes béta aktivitáshoz viszonyított jelmérő képesség.

Az alfa és külön bétasugárzás mérési hatékonyság természetesen részecskeenergia függő, de ezzel most nem foglalkozunk, függetlennek, állandónak vesszük. A ^{232}Th és sorának alfa és maximális béta energiái széles tartományt fednek le. Ezt a meghatározott alfa és béta hatékonyságot általánosítjuk erre a tartományra, és feltételesen állandónak vesszük ezen a tartományon. Ezért innentől tájékoztató jellegű aktivitás meghatározásra más atomfajtáknál is alkalmazható ezzel a mérési elrendezéssel és ezzel a mintatartóval.

Mérési eszközök:

- Kupakkal rendelkező műanyag Petri csésze alján kb. 3 cm²-nyi területen fehér ragasztóra vékony rétegben felvitt tóriumos poranyag egyenletesen szétosztva, 50 Bq ^{232}Th aktivitással, mint etalon minta (alfa részecskét áteresztő, átlátszó fóliával felülről leragasztva; (A mérés során használt minta aktivitása az ú.n. mentességi szint alatt van.)
- GM cső mérőeszköz Bunsen állványban, számítógépes vezérléssel.
- papírlap
- 3 mm vastag alumínium lap
- Ismeretlen bétasugárzó anyag (barna színű szalaggal leragasztott Petri csészébe töltve).
- Excel-fájl, előre elkészített munkalapokkal.

Feladatok

- I. Az 1. ábrát felhasználva az Excel-fájl **Kibocsátási gyakoriság** nevű munkalapjának számoló táblázatában a ^{232}Th aktivitás bevitele/begépelése után kiadódik nekünk a mintából (önabszorpció elhanyagolásával) elméletileg kilépő összes alfa és külön összes béta részecske kibocsátási gyakoriság, azaz más néven az összes alfa és összes béta aktivitás, az alábbi összefüggés felhasználásával

kibocsátási gyakoriság := atomfajta aktivitás * bomlásfajta valószínűsége

Az értékek automatikusan átvezetődnek a **Mérés** munkalapra. [1 pont]

- II. Határozzuk meg az 50 Bq aktivitású ^{232}Th etalonminta alfa és külön béta részecskebeütési gyakoriságát (sebességét)! Ehhez az alábbi esetekben mérjük meg az Excel-fájl **Mérés** munkalapján beírt beütésszámhoz tartozó összegzési időket a mért értékeket írjuk be a megfelelő helyre! Mivel a végablakos GM-cső minden részecskét mér egyszerre és nem tudhatjuk melyik beütés milyen részecskétől származik, ezért egy manuális elválasztási technikát kell alkalmazni az alábbiak szerint. (A természetes háttérsugárzást előre megmértük, amit majd a számításaink során figyelembe kell venni!) [4 pont]

1. Mérjük meg letakarás nélkül az etalonminta alfa, béta és gamma együttes „összsugárzását”!
2. Papírlap használatával válasszuk le, zárjuk ki a mérésből az alfa sugárzást, és mérjük meg így az etalonminta béta és gamma együttes „összsugárzását”!
3. A 3 mm vastag alumínium lemez használatával zárjuk ki a mérésből a béta sugárzást és mérjük meg a csak gamma „összsugárzását”!
4. Számítsuk ki a beütési gyakoriságot ezen a 4 mérési ponton! Használjuk a mérési segédletet!

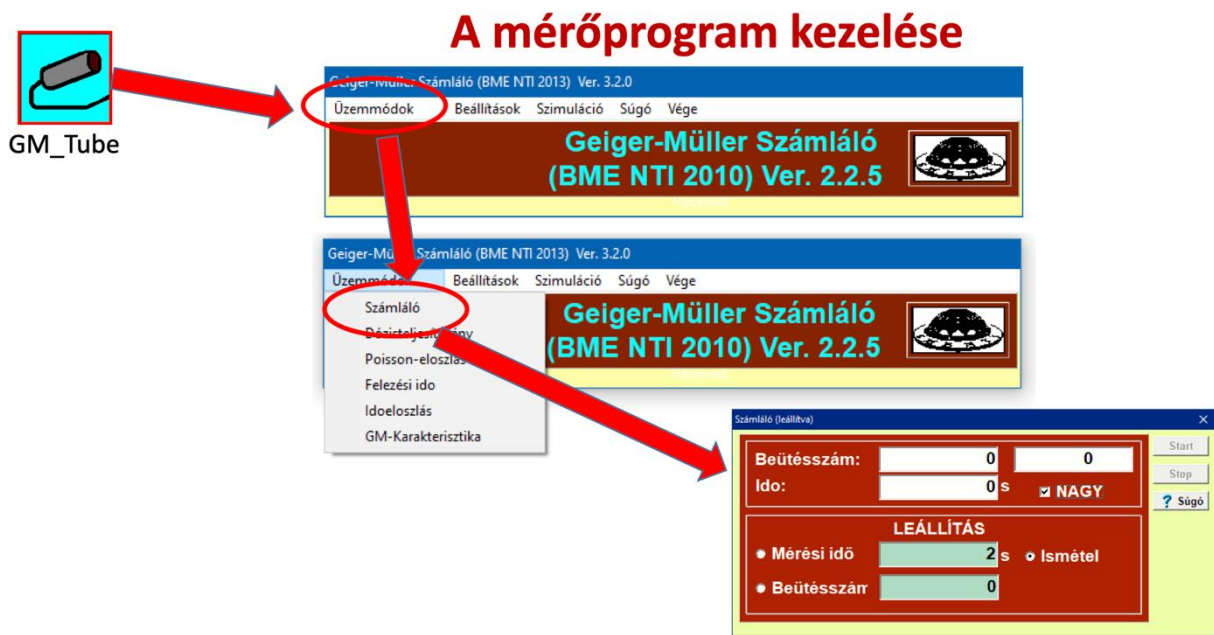
- III. Határozzuk meg a GM-cső alfa és béta sugármérési hatékonyságát (ϵ)! [5 pont]

- IV. A meghatározott béta-sugárzás hatékonysági érték felhasználásával határozzuk meg az ismeretlen, csak béta-sugárzó minta aktivitását! Ehhez mérjük meg a rendelkezésre álló ismeretlen minta esetén 400 beütésszám összegzési idejét! A mért értéket rögzítsük az Excel fájl Mérés munkalapján a megfelelő helyen! [3 pont]

- V. Minden mérési pont esetén becsüljünk és értékeljünk bizonytalanságot. Foglalkozzunk a statisztikus bizonytalanság terjedésével egészen a hatékonyságig, illetve aktivitásig! Használjuk a mérési segédletet! [6 pont]

- VI. Említsünk meg az ideális mérési esettől olyan eltéréseket, hibaforrásokat, amelyek az eddigieken kívül is befolyásolják az eredményeket! [1 pont]

- VII. A mérésről készítsünk jegyzőkönyvet. A jegyzőkönyvet készíthetjük a mérőhelyen rendelkezésre álló számítógépen található szövegszerkesztő szoftver segítségével, illetve kézzel írva is. Ha számítógéppel készítjük, akkor is kell egy „kézi” jegyzőkönyvet beadni, azonban azon elegendő megjelölni, hogy a számítógépen milyen fájlnev alatt található a gépi jegyzőkönyv. Pl.: „Gépi jegyzőkönyv fájlneve: 25.docx” (Itt a „25” a versenyző kódja). A fájlnevben tilos a saját névre bármilyen utalást tenni (pl. név kezdőbetűi). A fájl mentési helyét illetően kövessük a mérésvezetők utasítását, ezzel is segítve a fájlok forduló utáni összegyűjtését. [5 pont]



A GM-cső egy ún. véglablakos GM-cső. A vékony és érzékeny véglablakon jutnak be a részecskék (pl. alfa-részecskék vagy az elektronok). A cső kb. 500 V feszültséggel működik. Az illesztőeszköz ezt a feszültséget biztosítja számára, és jeleket közvetít a számítógép felé az USB-porton.

Az ábra mutatja a GM számláló programjának elindítását:

Keressük meg a program ikonját, azzal indul a program. A menüben az **Üzem módok**-ra kell kattintani, és a **Számológó** opciót kell kiválasztani. (A programnak egyéb funkciói is vannak, amiket most nem használunk.)

A megnyíló ablakban a **LEÁLLÍTÁS** részben kattintsunk a **Beütésszám** melletti kijelölő körre, és állítsuk be a kívánt beütésszámot a zöld mezőben. Eddig fog összegezni és időt mérni a program, az értékeket a felső ablakrészben fogja megjeleníteni. Figyeljünk arra, hogy a beírt beütésszám a mérés végén átbillenhet néhány beütéssel, ekkor korigáljunk az Excelben.