

Béta sugárzás elnyelődése alumínium abszorbensben

Bevezető

A mai mérési feladatban béta-sugárzás anyaggal (alumínium) való kölcsönhatását, anyagokban való elnyelődését (abszorpcióját) vizsgáljuk, és ennek alapján következtetünk a béta-sugárzás maximális energiájára. A detektor (végablakos GM-szonda) a kísérleti elrendezésünkben béta-sugárzást mér, a béta-részecskék beütéseit számolja, összegezi. A beütések összegzésével szimultán mérjük az időt. Ha N beütést t idő alatt mérünk, akkor a beütési sebesség: N/t . A beütési sebesség arányos a belépőablakon bejutó béta-sugárzás intenzitásával. A béta-sugárzás elnyelődését alumíniumban úgy vizsgáljuk, hogy különböző vastagságban (0,0 mm; 0,2 mm; 0,4 mm; 0,6 mm) alumínium lapokat/lemezeket helyezünk a forrás és detektor közé. Ismert, hogy a béta-sugárzás intenzitása (és ezzel a GM-szonda beütési sebessége) exponenciálisan csökken az alumínium abszorbens vastagságával. Az exponenciális függvény kitevője határozza meg a csökkenés „ütemét”. A kitevő háromtényezős szorzata a következőknek: μ tömegabszorpciós együttható, ρ sűrűség (2699 kg/m^3) és x vastagság. Az összefüggés egyenlete:

$$\frac{N}{t} = \left(\frac{N}{t}\right)_{x=0} \cdot e^{-\mu \cdot \rho \cdot x} \quad (1)$$

Ez megteremti kapcsolatot a GM-szonda beütési sebessége (N/t) és az alumínium anyag tömegabszorpciója (μ) között. A mérési feladat során négy alumínium vastagság segítségével felvett négy mérési ponton az exponenciális függvény négy pontját határozzuk meg. Illesszünk a négy pontra kétparaméteres exponenciális függvényt az Excel segítségével. A tömegabszorpciós együttható a függvény vastagságparaméter (x) együtthatójának ($\mu \cdot \rho$) ismeretében meghatározható. (Gondoljuk át, hogy milyen dimenziója /mértékegysége/ van a μ tömegabszorpciós együtthatónak ahhoz, hogy az exponenciális kitevőjében dimenziótlan szám álljon!) Ugyanakkor az alumínium tömegabszorpciós együtthatójának ismeretében a következő tapasztalati összefüggés felhasználásával a bétasugárzás maximális részecske-energiája E_{max} [MeV] is kiszámítható:

$$E_{max} = \frac{1,457}{\mu^{0,67}} \quad (2)$$

A detektor gammasugárzást is mér (szimultán a bétával), amely effektus, mint hiba, illetve korrekció jelentkezik a kiértékelésben. Egyrészt mérésünkben jelen van a természetes gamma háttérsugárzás, másrészt jelen lehet a forrásból származó gamma és röntgensugárzás, amit „mesterséges háttérsugárzásnak” nevezhetünk. A jegyzőkönyvkészítésben és a kiértékelésben a rendelkezésre bocsátott Excel munkafüzetet használjuk (mentsük másként a kódnevünkkel a munkánkat), amely üres táblázatosan tartalmazza a kívánt mérendő és kiszámítandó adatokat. A természetes és mesterséges gamma háttérsugárzás 400 beütésszámahoz tartozó összegzési idő értékét segítségként megadtuk.

A mérési feladat kiértékelésekor a beütésszámok és a beütésszámok statisztikus bizonytalanságain kívül minden más fizikai adatot (pl.: idő, sűrűség, vastagság) precíznek, azaz elhanyagolható bizonytalanságúnak vehetünk és pontosnak is, azaz elhanyagolható hibájúnak.

A méréshez szükséges eszközök: 1. Alumínium abszorbensek (3 db x 0,2 mm), 2. GM-szonda mérőeszköz befogó állványban beállítva megfelelő magasságra és mérőszoftver, 3. Béta-forrás, 4. Excel-fájl.

A mérés és kiértékelés menete

1. Végezzük el az Excel fájlban megadott/ajánlott beütési számhoz tartozó akkumulációs/összegzési időmérést négy mérési ponton. Az állványban rögzített GM-szonda alá helyezzük a bétaforrást („X” jelöléssel felfelé). A GM-szonda belépő ablaka lefelé tekint. A magasságát a forráshoz viszonyítva az állványban előre optimálisan beállítottuk, azon a mérés során ne változtassunk. A

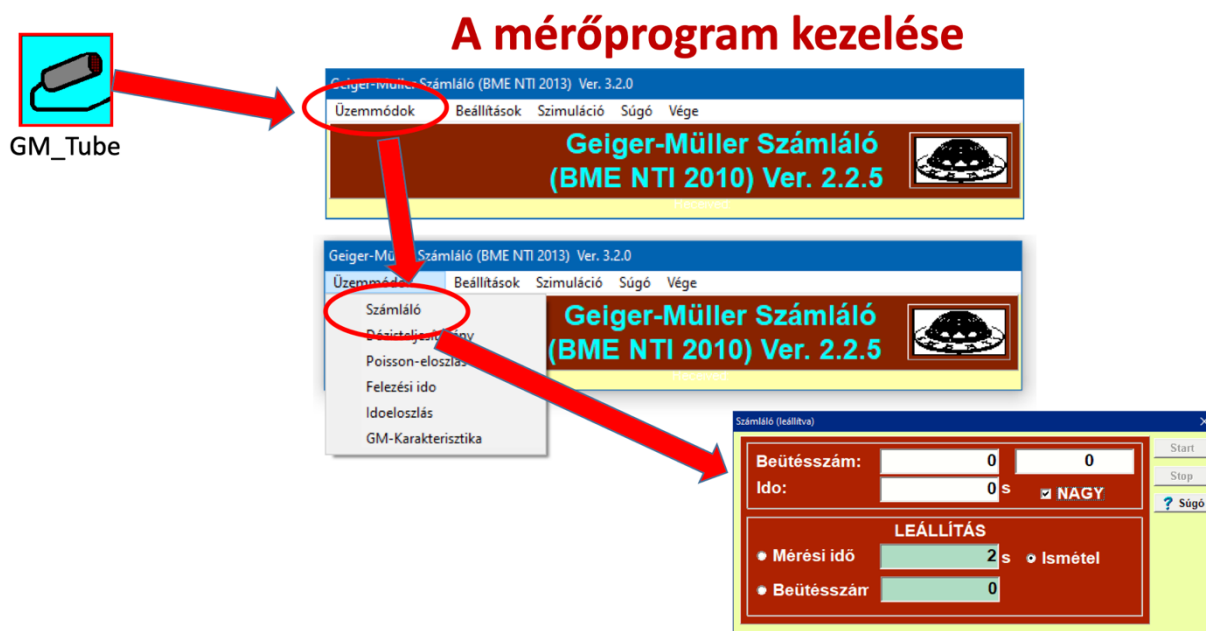


belépőablakon bejutó béta részecskéket alumínium lapokkal „akadályozzuk”. Az alumínium lapkákat mindenkinek önállóan kell behelyeznie a forrás és detektor közé a mérési pontokat létrehozva. A négy mérési ponton a detektor és a forrás egymáshoz képest ugyanúgy álljon. A méréseket érdemes a „nullavastagságú” abszorbenssel kezdeni, a megadott beütésszámokkal ez lesz a leggyorsabb mérési pont. Az Excel munkafüzetben megadott beütésszámot adott mérési ponton állítsuk be a szoftverben, és indítsuk a mérést. Amikor a beállított beütésszámot elértük, az időmérés megáll, ha kicsit túlszaladt a beütésszám a beállítottnál, akkor korrigáljuk a tényleges adatra a beütésszámot az Excelben. **[4 pont]**

2. Egy N beütésszámmal elvégzett mérési pont abszolút statisztikus bizonytalansága $\sqrt{N}$, relatív statisztikus bizonytalansága pedig: $\frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}$. Számítsuk ki ezeket és írjuk az Excel munkafüzet megfelelő oszlopába. **[2 pont]**
3. Számítsuk ki a beütési sebességeket, majd a beütési sebesség abszolút bizonytalanságát is, ami alapvetően a beütésszám statisztikus bizonytalanságából ered. Az időmérés bizonytalanságát hanyagoljuk el. A bizonytalanságok ún. terjedésének számításánál használjuk a „Méréstani útmutató” lapon található képleteket. **[2 pont]**
4. A háttérsugárzások beütési sebességeivel végezzünk korrekciót/helyreigazítást a négy mérési pont beütési sebességein, mivel a háttérsugárzások gamma beütései, mint hiba jelentkeznek a mérésben. Számítsuk ki a korrigált beütési sebességek abszolút és relatív bizonytalanságait az „Méréstani útmutató” lapon található képletek segítségével, és a relatív bizonytalanságok átlagát. **[5 pont]**
5. Az Excel munkafüzetben található első grafikonon megjelennek a korrigált beütési sebességek és bizonytalanságaik az alumínium vastagságának függvényében. Ha megfelelőek a mérési adataink, akkor a mérési pontjainkra illesztett trendvonal egyenlete is megjelenik. A tömegabszorpciók együttható kiszámításához olvassuk le az illesztett exponenciális függvény kitevő x paraméterének együtthatóját, és használjuk fel az Excel munkafüzetben található sűrűség adatot és az (1)-es összefüggést a μ tömegabszorpciók együttható kiszámításához. Írjuk be az értéket a fájl megfelelő cellájába. Az illesztésből származó együttható bizonytalanságából fog származni a tömegabszorpciók együttható bizonytalansága, amit az Excel fájl kiszámít számunkra. Az illesztésből származó együttható abszolút bizonytalanságát és a tömegabszorpciók együttható abszolút bizonytalanságát is megadja az Excel munkafüzet. **[2 pont]**
6. A maximális béta-energia kiszámításához használjuk fel a bevezetőben közölt (2)-es képletet és a μ kiszámított értékét. A maximális béta-energia abszolút bizonytalanságát is megadja a fájl. **[1 pont]**
7. A maximális bétarészecske-energia értékének és bizonytalanságának ismeretében végezzünk minőségi beazonosítást a bétaforrás tekintetében az alábbi táblázatban felsorolt bétasugárzó radioaktív atomok segítségével (ez az Excel munkafüzetben is megtalálható, és a 2. grafikonon is látható). A kimért és kiszámított maximális béta-energia értéke közel esik a közölt maximális részecskeenergiák egyikének irodalmi értékéhez, és ez az irodalmi érték jobb esetben beleesik az abszolút bizonytalansággal (az érték körül) képzett intervallumba. Milyen távol esik a legközelebbi (beazonosított) irodalmi érték? Amennyiben nem esik a bizonytalansági intervallumba irodalmi érték, hányszorosára kellene növelni a fél intervallumot (abszolút bizonytalanságot), hogy elérje a legközelebbit és a többit? Az előbbi két kérdés és azokra adott válasz kapcsolatban áll a mérésünk pontosságával és precizitásával. Hogyan? Milyen radioaktív atomok alkotják a használt bétaforrást? **[4 pont]**

Radioaktív atom	Maximális bétarészecske energia [MeV]
S-35	0,17
Tl-204	0,76
K-40	1,31
Y-90	2,28
K-42	3,53

8. 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 fájlnevből 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]**



Az ábra mutatja a GM számláló programjának elindítását:

- Keressük meg a program ikonját, azzal indul a program.
- A menüben balra fönt (Üzem módok) kell kattintani,
- és a számláló 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.

A GM-cső egy ún. végeablakos GM-cső. A vékony és érzékeny végeablakon jutnak be 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.