

Mérési jegyzőkönyv a 2024-es Országos Szilárd Leó Fizikaversenyen

A jegyzőkönyv dokumentuma alapvetően írásos anyagrészeket vár el, hivatkozhatók az Excel táblázat adatai és ábrák. Az alábbi dokumentum részletesebb, mint ami egy diáktól elvárható lenne a mérésre a Versenyen rendelkezésre álló 90 perc alatt. Ugyanakkor fontosnak tartottuk, hogy ilyen formában és ilyen részletességgel is rögzítsük a méréssel és kiértékeléssel kapcsolatos különböző tudnivalókat.

A mérés célja, előzetes várakozások

A mérés célja béta-sugárzás elnyelődésének mérése GM-csővel és ismeretlen bétaforrás beazonosítása.

A mérés eszközei

Vékony alumínium lapokat, GM-szondát, mérőszoftvert, állványt, bétaforrást és Excel-t használtunk a méréshez.

A méréshez használt módszerek, indoklás

Megfelelően vékony **alumínium lemezek bizonyos mértékben elnyelik**, bizonyos mértékben **átengedik** a béta-sugárzást. Tudjuk, hogy a sugárzás intenzitásának csökkenése **exponenciális jelleget** mutat:

$$I = I_0 \cdot e^{-\text{konst} \cdot x}.$$

Felhasználunk még egy **tapasztalati nemlineáris összefüggést is** E_{max} meghatározásához, ami ugyan-csak az alumíniumnak és béta-sugárzásnak a kapcsolatára vonatkozik. **Méréstanilag megfelelő** mérési bizonytalanság értékelést használunk.

A mérés körülményei, menete, tevékenységek, paraméterek

Állványba rögzített **végablakos GM-szonda ismeretlen bétaforrás** fölött méri a béta és gamma beütéseket. Alumínium **lapocskák akadályozzák** a béta részecskék áthaladását **4 db mérési ponton**.

A mért adatok/értékek (amik még nem mért eredmények, mert a bizonytalanságot külön részben értékelem)

A mért és beállított adatokat az alábbi táblázatban ismertetem

1. táblázat

Megnevezés	Alumínium vastagság	Beütésszám	Beütésszám-összegzési idő
Jelölés [mértékegység] \ Mérési pont	x [m]	N [db]	t [s]
1.	0,0000	380	310
2.	0,0002	360	420
3.	0,0004	340	500
4.	0,0006	330	600
természetes háttérsugárzás		400	880
mesterséges háttérsugárzás		400	100000

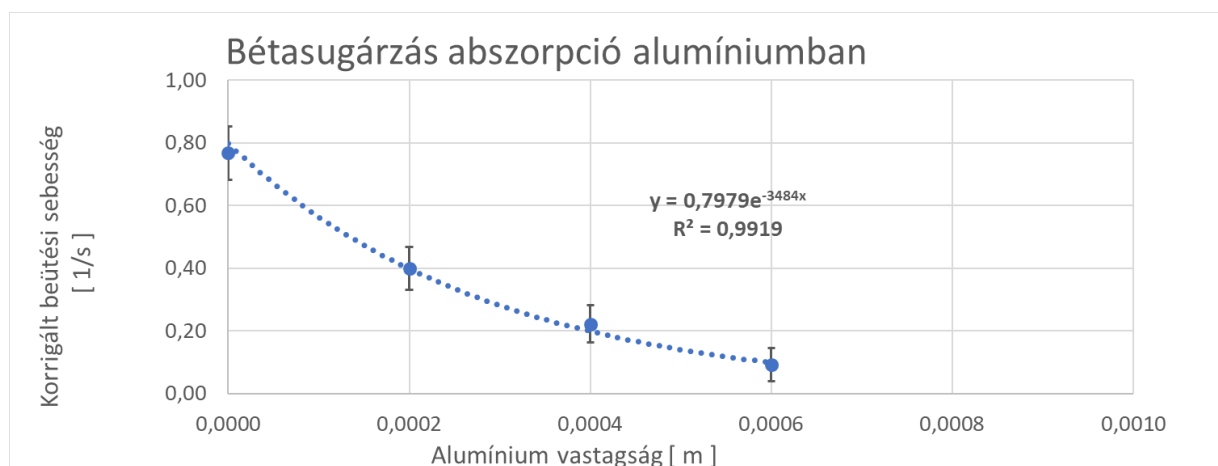
A számított adatok, számítás menete

A számítások több lépcsőben történtek (itt bizonytalansági kalkuláció nélkül):

Ki kell számítani a beütési sebességeket, majd korrigálni azokat a háttérsugárzás értékekkel (2. táblázat), majd ábrázolni és függvényillesztéssel kiértékelni a beütési sebességeket az abszorbensek vastagságának függvényében (1. ábra). Meghatároztam az illesztett paraméter együtthatójából az alumínium tömegabszorpciós együtthatóját, majd a maximális béta energiát $E_{\max} = \frac{1,457}{\mu^{0,67}}$, és a jelölésekre és mértékegységekre is odafigyeltem (3. táblázat).

2. Táblázat

Megnevezés	Alumínium vastagság	Beütésszám	Beütés-szám-összegzési idő	Beütési sebesség	Háttérsugárzással korrigált beütési sebesség
Jelölés [mértékegység] \ Mérési pont	x [m]	N [db]	t [s]	N/t [1/s]	N/t* [1/s]
1.	0,0000	380	310	1,23	0,767
2.	0,0002	360	420	0,86	0,399
3.	0,0004	340	500	0,68	0,221
4.	0,0006	330	600	0,55	0,091
természetes háttérsugárzás		400	880	0,45	
mesterséges háttérsugárzás		400	100000	0,0040	



1. ábra

3. táblázat

Megnevezés	Jelölés [mértékegység]	Érték
Tömegabszorpciós együttható számolás:		
Illesztett exponenciális függvény kitevő x paraméterének együtthatója	$\mu \cdot \rho$ [1/m]	3424
Alumínium sűrűsége	ρ [kg/m ³]	2699
Alumínium tömeg abszorpció e.h.	μ [m ² /kg]	1,27
Maximális bétarészecske-energia számolás:		
Maximális bétarészecske energia	$E_{\max}$ [MeV]	1,24

A mérési bizonytalanságok

A számított értékek mellett a bizonytalanságok értékelése (számítások) is létrejöttek: a „közvetlen” bizonytalanságok tovább terjedtek több lépcsőben a számított értékekre annak rendje és méréstani módja szerint, Excelben olvashatók a képletek (4. táblázat). Bár az illesztésből származó együttható abszolút bizonytalanságának megállapítása (amit a feladatkiírók megadtak) hagy kívánni valókat maga után (5. táblázat).

4. táblázat

Megnevezés	Alumínium vastagság	Beütésszám	Beütésszám abszolút statisztikus bizonytalansága	Beütésszám relatív statisztikus bizonytalansága	Beütésszám- összegzési idő	Beütési sebesség	Beütési sebesség abszolút bizonytalansága	Háttérsugárzással korrigált beütési sebesség	Háttérsugárzással korrigált beütési sebesség abszolút bizonytalansága	Háttérsugárzással korrigált beütési sebesség relatív bizonytalansága
Jelölés [mértékegység] \ Mérési pont	x [m]	N [db]	u_N [db]	u_N/N [%]	t [s]	N/t [1/s]	u [1/s]	N/t* [1/s]	u* [1/s]	u*/N/t*
1.	0,0000	380	19,5	5,1	310	1,23	0,063	0,767	0,086	11,2
2.	0,0002	360	19,0	5,3	420	0,86	0,045	0,399	0,068	17,1
3.	0,0004	340	18,4	5,4	500	0,68	0,037	0,221	0,060	27,0
4.	0,0006	330	18,2	5,5	600	0,55	0,030	0,091	0,053	58,2
természetes háttérsugárzás		400	20,0	5,0	880	0,45	0,023			
mesterséges háttérsugárzás		400	20,0	5,0	100000	0,0040	0,000		Relatív bizonytalanságok átlaga [%]:	28,4

5. táblázat

Megnevezés	Jelölés [mértékegység]	Érték
Tömegabszorpció együttható számolás:		
Illesztett exponenciális függvény kitevő x paraméterének együtthatója	$\mu \cdot \rho$ [.../...]	3424
Az illesztésből származó együttható abszolút bizonytalansága	$U_{\mu \cdot \rho}$ [.../...]	971
Alumínium sűrűsége	ρ [kg/m ³]	2699
Alumínium tömeg abszorpció e.h.	μ [.../...]	1,27
Alumínium tömeg abszorpció e.h. abszolút bizonytalansága	U_{μ} [.../...]	0,36
Maximális bétarészecske-energia számolás:		
Maximális bétarészecske energia	$E_{\max}$ [MeV]	1,24
Maximális bétarészecske-energia abszolút bizonytalansága [MeV]	$U_{E_{\max}}$ [MeV]	0,22
Maximális bétarészecske-energia relatív bizonytalansága [%]	$U_{E_{\max}} / E_{\max}$ [%]	17,5

A mérési hibák

Mérési hibaként a következők merültek fel, és ezek miatt korrigálásokat kellett elvégezni:

- A GM-szonda szoftverének működése miatt (másodpercenként fordult a számítógéphez) a beütésszámok időnként kicsivel túlszaladtak a beállított értéken (elhanyagolható hibák)
- A természetes és mesterséges gamma háttérsugárzást (szisztematikusan) le kellett vonni a közvetlenül mért jelből. (A mérendő jelhez képest nagy hibát okozna a természetes háttérsugárzás jelének nem-levonása, de a mesterséges háttérsugárzás elhanyagolható)
- A beütésszámokon kívül minden adatot pontosnak és precíznek vettem, ezért a maximális béta energia végeredményre vonatkoztatva mérési hibát lehet megállapítani a (feltételezetten) beazonosított K-40 forrás béta energiájához képest, mert az elérhető irodalmi adatokat helyes értéknek veszem (6. táblázat)

6. táblázat

Bétaforrás beazonosítás		
Béta sugárzó radionuklid	Maximális bétarészecske-energia [MeV]	Relatív eltérés az irodalmi adathoz képest [%]
S-35	0,17	631
Tl-204	0,76	63
K-40	1,31	-5
Y-90	2,28	-46
K-42	3,53	-65
Használt forrás		1,24

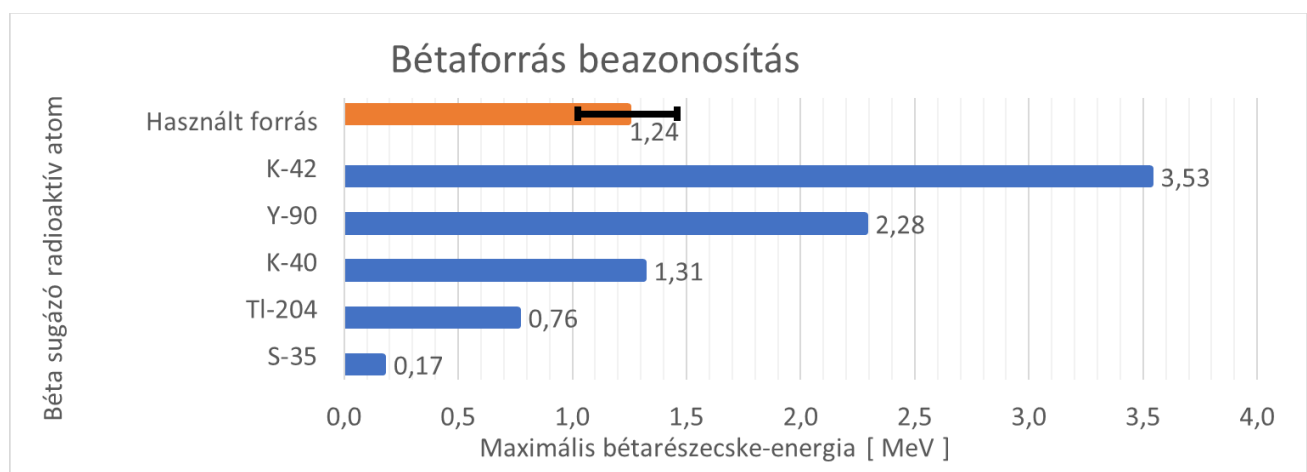
Összehasonlítás az előzetes várakozással, a céllal

A 7. táblázat segít az összehasonlításban:

7. táblázat

Bétaforrás beazonosítás			
Béta sugárzó radionuklid	Maximális bétarészecske-energia [MeV]	Relatív eltérés az irodalmi adathoz képest [%]	Az abszolút eltérés aránya az abszolút bizonytalansághoz képest
S-35	0,17	631	4,9
Tl-204	0,76	63	2,2
K-40	1,31	-5	0,3
Y-90	2,28	-46	4,8
K-42	3,53	-65	10,5
Használt forrás	1,24		
Használt forrás maximális bétarészecske-energiájának abszolút bizonytalansága [MeV]	0,22		

A maximális béta energia és a beazonosításhoz az alábbi ábrát használtam



A kiértékelt mért eredmények szöveges értékelése, konklúziók

Minőségi beazonosítás a kiszámolt maximális béta energia alapján a K-40-nek adódik, mert 5% az eltérés az irodalmi adathoz képest, a mérési bizonytalanság 17,5%, azaz beleesik a K-40 irodalmi adat a bizonytalansági intervallumba. A mérési bizonytalanság nagysága miatt a többi nem valószínű, nem esik bele más, kb. 2 ; 5 ; 10 szerez szorzók adódnak. Ha az irodalmi értékek helyes értékeknek vehetők, akkor a mérésünk pontossága K-40-re vonatkoztatva (az 5% elérés a K-40 től) jónak mondható. A precizitás a mérési bizonytalanságból adódik, mivel nem esik más irodalmi érték az intervallumba megfelelőnek mondható a beazonosításhoz.

A következő radioaktív atomok lehetnek a forrásban mivel CSAK maximális béta energiákat állapítottam meg: K-40; Tl-204 és S-35

Megjegyzések

Kevés volt az idő a mérésre és a mérés részletes kiértékelésére!