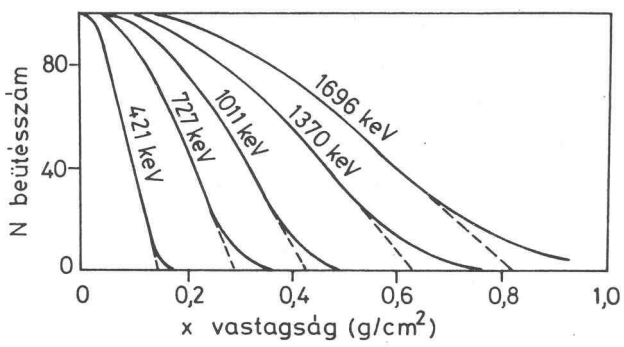
10. Radioaktív sugárzások abszorpciójának vizsgálata

A MÉRÉS CÉLJA:

A γ-sugárzás, és a β-sugárzás vizsgálati módszereinek megismerése, a sugárzás elleni védekezés lehetőségei a radioaktív sugárzás elnyelésével.

ELMÉLETI ISMERETEK

A radioaktív sugárzások anyaggal történő kölcsönhatása igen összetett folyamat. A **töltött atomi részek** (pl. α vagy β sugárzás) és az **elektromágneses sugárzás** az anyagban **fékeződik**, **elnyelődik** és különböző **szekunder folyamatokat kelt**. Nehéz részecskék, elektronok energiaveszteségeiben az **ionizáció, a gerjesztés és a sugárzási veszteségek** a meghatározóak. Az *α-sugárzást* már néhány centiméter vastagságú levegőréteg, vagy a bőr felső hámrétege is elnyeli. Az elektronok és az anyag kölcsönhatása erősen függ az elektronok energiájától (10.1. ábra), így *β-sugárzás* esetén az abszorpció jellemzésére az **átlagos behatolási mélység** (R_0) szolgál. Az átlagos behatolási mélység azon anyagvastagság, amelyben az elektronok száma a felére csökken.



10.1. ábra: Különböző energiájú β^- sugárzások elnyelődése az abszorbens vastagságának függvényében

A γ-sugárzás vizsgálata

A *γ-sugárzás* a magfolyamatokban keletkező elektromágneses sugárzás elnevezése; anyagban történő gyengülésében három jelenség dominál:

- a γ-fotonok kölcsönhatása a szabad és gyengén kötött elektronokkal (Compton-szórás),
- a fotoeffektus (γ-kvantum elnyelődésével egy elektron kilép az atomból)
- párkeltés (egy elektron jelenlétében egy kellően nagy energiájú γ-foton elektron-pozitron párt hoz létre)

A *γ-sugárzás* abszorpcióját az

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu y} \qquad (10.1)$$

összefüggés írja le, ahol I_0 az eredeti intenzitás (impulzus/s), y az elnyelő réteg vastagsága (cm), I az y vastagságú rétegen áthaladt sugárzás intenzitása, μ az abszorpciós együttható, értéke az anyagtól és valójában a sugárzás energiájától is függ. Az (1) összefüggést szokás még a sűrűséggel (ρ) kifejezni:

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} y\rho} = I_0 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} x}, \qquad (10.2)$$

ahol μ / ρ a cm^2/g-ban mért, úgynevezett **tömegabszorpciós együttható**. A rétegvastagságot ekkor az $x = y \cdot \rho$ mennyiséggel fejezzük ki, g/cm^2 egységben. A (10.2) egyenletet logaritmizálva:

$$\ln I = -\frac{\mu}{\rho} x + \ln I_0 \qquad (10.3)$$

vagyis az $\ln I$ értékeket az x függvényében ábrázolva egyenest kapunk, amelynek meredeksége megadja a μ / ρ tömegabszorpciós együtthatót. Azt a rétegvastagságot, amely az eredeti intenzitást felére csökkenti, **felezési rétegvastagságnak (D)** nevezzük. Az

$$I = \frac{I_0}{2} \qquad \text{és} \qquad x = D$$

értékek (10.2) egyenletbe való helyettesítésével D-t – a tömegabszorpciós együttható ismeretében – a

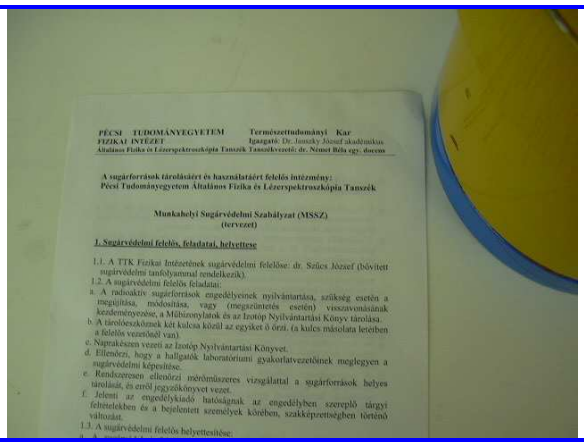
$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\ln 2}{D} \qquad (10.4)$$

egyenlet alapján határozhatjuk meg.

ESZKÖZÖK, A MÉRÉS MENETE

- Ólomtorony,
- Radioaktív preparátumok,
- Különböző vastagságú alumínium és ólomlemezek,
- Tolómérő,
- GM-cső,
- Számláló,

10.2. Radioaktív preparátumok, Al-lapok



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM Természettudományi Kar
FIZIKAI INTÉZET Igazgató: Dr. Janszky József akadémikus
Általános Fizika és Lézerspektroszkópia Tanszék Tanszékvezető: dr. Németh Béla egy. docens

A sugárforrások tárolásáért és használatáért felelős intézmény:
Pécsi Tudományegyetem Általános Fizika és Lézerspektroszkópia Tanszék

Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat (MSSZ)
(tervezet)

1. Sugárvédelmi felelős, feladatai, helyettese

1.1. A TTK Fizikai Intézetének sugárvédelmi felelőse: dr. Szűcs József (bővített sugárvédelmi tanfolyamunat rendelkezik).
1.2. A sugárvédelmi felelős feladatai:
a. A radioaktív sugárforrások engedélyeinek nyilvántartása, szükség esetén a megújítása, módosítása, vagy (megszüntetés esetén) visszavonásának kezdeményezése, a Műszerolyatok és az Izotóp Nyilvántartási Könyv tárolása.
b. A tárolóeszközöknek két kulcsa közül az egyiket ő őrzi. (a kulcs másolata letétben a felelős vezetőnél van).
c. Naprakészen vezeti az Izotóp Nyilvántartási Könyvet.
d. Ellenőrzi, hogy a hallgatók laboratóriumi gyakorlatvezetőinek meglegyen a sugárvédelmi képesítése.
e. Rendszeresen ellenőrzi mérőrnűszeres vizsgálattal a sugárforrások helyes tárolását, és erről jegyzőkönyvet vezet.
f. Jelenti az engedélykiadó hatóságnak az engedélyben szereplő tárgyi feltételekben és a bejelentett személyek körében, szakképzettségben történő változást.
1.3. A sugárvédelmi felelős helyettesítése:

10.3.Sugárvédelmi Szabályzat

Sugárforrás	Sugárzás típusának adatai
^{90}Sr	β^-, E_β = 0,54 MeV
^{137}Cs	γ, E_γ = 0,66 MeV, β^-, E_β = 0,51 MeV

Az ólom sűrűsége 11,34 g/cm^3, az alumínium sűrűsége 2,7 g/cm^3.
A felezési rétegvastagság ólomra, E_γ = 0,66 MeV energia esetén D = 6 g/cm^2.

10.4. Számláló GM-csővel

10.5. GM cső, mintatartó, fémlemezek

10.6. Ólomtorony egyben

10.7. Ólomtorony szétszedve

FELADATOK, EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

1. Mérjük meg a háttérintenzitást, értékét minden további eredményből vonjuk ki!
2. Mérjük meg a **β-sugárzó preparátum (^{90}Sr)** sugárzásának intenzitását abszorbens nélkül, majd alumínium abszorbenssel, annak vastagságát folyamatosan növelve! Az eredményeket foglaljuk táblázatba! A rétegvastagságot g/cm^2 egységben fejezzük ki!
3. Végezzük el a mérést a **γ-sugárforrással (^{137}Cs)** is; abszorbensként ólomlemezt alkalmazzunk! Mivel a γ-sugárzás általában valamilyen részecskesugárzás kísérője, ezért az előző feladatban végzett mérések alapján a kiadott preparátum β-sugárzását árnyékoljuk megfelelő vastagságú alumínium lemezzel!
4. Készítsünk mindkét sugárforrás esetén ***I*(*x*) grafikont**!
   a. A β- abszorpciónál a grafikonból határozzuk meg az átlagos behatolási mélységet (R_0), vagyis a maximális beütésszám feléhez tartozó anyagvastagságot!
   b. A γ-abszorpció esetén ábrázoljuk $ln\, I$ –t x függvényében, amelyre egyenest illesztve, annak meredekségéből határozzuk meg a **tömegabszorpciós együtthatót**, és abból (10.4) alapján számolással a **felezési rétegvastagságot**!
5. Értékeljük a kapott eredményeket! Hasonlítsuk össze a γ-abszorpció vizsgálatánál kapott felezési rétegvastagságot az irodalmi értékkel!

TÁBLÁZATTERV

KÉRDÉSEK

10.1. Milyen folyamatok eredményezik az anyagba érkező sugárzások gyengülését?
10.2. Milyen veszteségek lépnek fel a töltött atomi részek anyagon történő áthaladása során?
10.3. Mit értünk a *β-sugárzás* esetén az átlagos behatolási mélység fogalom alatt?
10.4. Írja fel a *γ-sugárzás* abszorpcióját leíró összefüggést!
10.5. Milyen jelenségek dominálnak a γ-sugárzás anyagban történő gyengülésében?
10.6. Adja meg a tömegabszorpciós együttható értelmezését és mértékegységét!
10.7. Mit értünk a γ-sugárzás esetében felezési rétegvastagság alatt?
10.8. Sorolja fel, milyen eszközökkel végzi a gyakorlatot!
10.9. Mire szolgál az ólomtorony?
10.10. Mennyi az ólom felezési rétegvastagsága 0,66 MeV-os γ-sugárzás esetében?
10.11. Melyik elem, melyik izotópját használjuk β-sugárzó preparátumnak?
10.12. Melyik elem, melyik izotópját használjuk γ-sugárzó preparátumnak?
10.13. Hogyan választjuk le a β-sugárzást a γ-sugárzás vizsgálata esetében?
10.14. Milyen függvény írja le az intenzitás rétegvastagság méréseredményeit, az $I(x)$ grafikont?
10.15. Mire szolgál a GM-cső és a számláló?
10.16. Mekkorára választják egy GM-cső üzemi feszültségét?

Dr. Német Béla, Szász János
Pécs, 2008. március 18.