

# BÉTA-SUGÁRZÁS ABSZORPCIÓJÁNAK MÉRÉSE

A béta-sugárzás kölcsönhatásba lépve az anyaggal, annak atomjait vagy molekuláit gerjeszti, vagy a béta részecskék az atommagok erőterének hatására megváltoztatják haladási irányukat. A kölcsönhatás eredményeként a részecskék kinetikus energiájuk egy részét, vagy egészét elektronoknak adják át, vagy az atom belsejében lévő elektromos erőterben "fékeződnek", és röntgen fotonok kibocsátásával veszítenek energiájukból. Tehát a béta-részecskék egy része az anyagot irány- és energiaváltozással hagyja el: szóródik, más része pedig mozgási energiáját teljesen elvesztve az anyag belsejében marad: abszorbeálódik. Méréstechnikai szempontból az abszorpció és a szóródás is intenzitás csökkenést jelent. Az intenzitás csökkenését  $dx$  vastagságú anyagon történő áthaladás után a lineáris abszorpciós együttható -  $\mu'$  - jellemzi:

$$-dI = I\mu' dx$$

$x$  : az abszorbens rétegvastagsága,  $[x] = \text{cm}$

$\mu'$  : az abszorpciós együttható,  $[\mu'] = \text{cm}^{-1}$ .

A fenti egyenlet megoldásából kapjuk az ún. abszorpciós egyenletet:

A változókat szeparálva a

$$-\frac{dI}{I} = \mu' dx$$

differenciálegyenlethez jutunk, amelynek megoldása

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

$I$  : mért intenzitás az abszorbensen való áthaladás után,  $[I] = \text{cpm}$

$I_0$  : mért intenzitás abszorbens nélkül,  $[I_0] = \text{cpm}$ .

Mivel az abszorpciós együttható elég jó közelítéssel arányos az abszorbeáló közeg sűrűségével ( $\rho$ ), célszerű a kettő hányadosával számolni:

$$\frac{\mu'}{\rho} = \mu : \text{tömegabszorpciós együttható, } [\mu] = \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$$

Amennyiben az arányosság fennáll,  $\mu$  közelítőleg független az abszorbens anyagi minőségétől. Ebből következően az abszorpciós egyenlet:

$$I = I_0 \cdot e^{-\left(\frac{\mu'}{\rho}\right)(\rho \cdot x)} = I_0 e^{-\mu \cdot d}$$

$d$  : az ún. felületi sűrűség,  $[d] = \text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$

A továbbiakban mindig tömegabszorpciós együtthatóval számolunk, és a rétegvastagságot  $\text{g}/\text{cm}^2$ -ben adjuk meg. Ennek előnye akkor mutatkozik meg, amikor a sugárzás különböző anyagokból álló rétegeken halad át. Ha a rétegvastagságokat felületi sűrűségben vesszük számításba, közös tömegabszorpciós együtthatóval lehet számolni. Tehát az egyes rétegek lineáris abszorpciós faktorait nem kell külön kiszámítani, hanem egyetlen faktorról számolunk, és a  $\text{g}/\text{cm}^2$ -ben megadott rétegvastagságok összegét helyettesítjük:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu(d_1+d_2)}$$

**Felezési rétegvastagság:**  $/d_f/$ . Az az abszorbens rétegvastagság, amelynél az intenzitás a felére csökken,

$[d_f] = \text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$

Kimutatható, hogy

$$d_f = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$

**Maximális hatótávolság:**  $R$ . Az a rétegvastagság, melyen túl a  $\beta$ -részecskék gyakorlatilag nem jutnak el. A gyakorlatban azt a vastagságot lehet közelítőleg a maximális hatótávolságnak tekinteni, ahol az intenzitás az eredetinek  $10^4$ -ed részére csökken,  $[R] = \text{g/cm}^2$

Az abszorpcióképeség és a sugárzás maximális energiájának összefüggése: Az abszorpciós együttható jelentősen függ a sugárzás maximális energiájától, annak egyértelmű függvénye, mely meghatározza a tömegabszorpciós együtthatót vagy a hatótávolságot. A maximális hatótávolság és a sugárzás maximális energiája között az alábbi tapasztalati összefüggések állnak fenn. Ezek az összefüggések az adott értelmezési tartomány határpontjaiban egymáshoz illeszkednek.

$$\text{I.} \quad R = \frac{1}{1,5} E_{\max}^{5/3} \quad E_{\max} < 0,2 \text{ MeV} \\ R < 46 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{II.} \quad R = 0,407 E_{\max}^{1,38} \quad 0,15 < E_{\max} < 0,8 \text{ MeV} \\ 0,03 < R < 0,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{III.} \quad R = 0,542 E_{\max} - 0,133 \quad 0,8 < E_{\max} < 1,0 \text{ MeV} \\ 0,3 < R < 0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{IV.} \quad R = 0,571 E_{\max} - 0,161 \quad E_{\max} > 1,0 \text{ MeV} \\ R > 0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### A béta-sugárzás abszorpciós görbéje

Az intenzitás-abszorbens vastagság összefüggés exponenciális, ezért célszerű a különböző abszorbens rétegeknél mért impulzusszámok természetes alapú logaritmusait ábrázolni a rétegvastagság függvényében. Ekkor az

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\mu d$$

egyenlet szerint egyenest kell kapnunk, ahol az egyenes meredeksége  $m = -\mu$  és a  $\mu$  ismeretében a felezési rétegvastagság egyszerűen kiszámítható.

(A gyakorlatban a fenti egyenlet sohasem írja le pontosan a viszonyokat, a  $\ln(I/I_0)$ -d görbe nem egyenes, hanem a legtöbb esetben lefelé görbül. Magyarázata az, hogy az energia csökkenésével a fajlagos ionizáció nő, tehát a gyengülés rohamosabb. Sok esetben a görbe a hatótávolságnak megfelelő rétegvastagság közelében csaknem függőlegesbe megy át. Ilyen esetben a hatótávolság viszonylag pontosan meghatározható. Gyakran előfordul az az eset is, hogy a görbe vége a vízszintes felé hajlik. Ez a béta-sugárzást kísérő, nagy áthatolóképességű gamma-sugárzás jelenlétére mutat.)

### Feladat:

Határozzuk meg a béta-sugárzó preparátum tömegabszorpciós koefficiensét a megadott abszorbensekre! Számítsuk ki a felezési rétegvastagságot, a hatótávolságot és a sugárzás maximális energiáját!

### Eszközök:

Szkéler, detektor, ólomtorony, különböző vastagságú abszorpciós lemezek, csipeszek.

Anyag: béta-sugárzó preparátum.

Útmutatás: Először meghatározzuk a háttérrel, majd a preparátumot csipesz segítségével az ólomtoronyba helyezzük és megmérjük a beütésszámokat. Ezután különböző vastagságú abszorbenseket (legfeljebb ötöt) helyezünk a preparátumra.

3 x 1 perces méréseket végzünk. Ezek számtani középértékéből levonva a háttérrel, a különböző rétegvastagságokhoz tartozó  $I$  értékekhez jutunk.

A  $\mu$  abszorpciós együttható értékét a  $\ln(I/I_0)$ -d görbe alapján határozzuk meg. A  $\mu$  ismeretében kiszámítjuk a felezési rétegvastagságot, a maximális hatótávolságot, illetve a sugárzás maximális energiáját.