

Absorption af γ -stråling

SH

1999x

1 Teorien bag absorption af γ -stråling

Når γ -stråling (= fotoner) rammer et stof, bremser en vis brøkdel af strålingen for hver mm den trænger ind gennem stoffet. Dvs. strålingen bliver svagere og svagere jo tykkere et lag stof den passerer.

Svækkelsen sker ved tre processer:

Fotoelektrisk effekt hvor fotonen afgiver sin energi til en elektron der bruger energien til at gå op i en skal med et højere energiniveau.

Compton-effekt hvor fotonen afgiver en del af sin energi til en elektron der herved rives løs og bevæger sig væk fra atomet. Resten af fotonens energi går til at danne en ny foton med lavere energi end den oprindelige foton, som forsvinder.

Pardannelse hvor fotonen har så meget energi at den kan danne en elektron og en positron ud fra Einsteins berømte ligning:

$$E = mc^2 \tag{1}$$

Fotonen skal have en energi på $1,022 \text{ MeV} = 1,637 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ for at det kan lade sig gøre idet en elektron har massen $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. I vores forsøg har fotonerne kun energien $0,662 \text{ MeV}$, og derfor kan der ikke ske pardannelse i det.

Da svækkelsen sker fordi fotonerne vekselvirker med stoffets elektroner, må vi forvente størst svækkelse i stoffer med mange elektroner per cm^3 . Da disse stoffer også har mange kerner per cm^3 , har de stor massefylde, ρ , og således forventer vi at stoffer med stor massefylde er mere effektive til at bremse strålingen. I forsøget kan vi se om denne forventning opfyldes.

2 Den matematiske beskrivelse

Vi måler strålingens intensitet I som er strålingseffekt per arealenhed. Vi forestiller os nu at en plade af absorberende stof står på x -aksen så den begynder ved $x = 0$. Her lige før stoffet begynder, er I endnu ikke påvirket af stoffet, og vi kalder den for I_0 .

Vi vil nu finde I som funktion af x , dvs. vi søger en funktion $I(x)$ så vi kan beregne intensiteten når vi ved hvor tykt et stoflag x strålingen er trængt igennem.

Når strålingen har passeret et tyndt lag med tykkelsen Δx , har den fået en tilvækst som må være negativ: $-\Delta I$. Den brøkdel af strålingen der absorberes, afhænger af tykkelsen Δx og af selve stoffet (stoffer er jo forskellige). Den faktor der varierer fra stof til stof, kalder vi absorptions-koefficienten μ .¹ Det kan sammenfattes således:

$$\frac{-\Delta I}{I(x)} = \mu \Delta x \quad (2)$$

Denne ligning omformer vi nu således:

$$\frac{\Delta I}{\Delta x} = -\mu \cdot I(x) \quad (3)$$

Her står at vi skal finde en funktion $I(x)$ med den egenskab at når den differentieres, får vi funktionen selv gange en konstant. Disse krav opfylder eksponentialfunktionen når den har $-\mu x$ som argument:

$$I(x) = e^{-\mu x} \quad (4)$$

Nu mangler vi blot at tilpasse vores funktion sådan at I bliver I_0 når x er 0 cm. Da $e^{-\mu \cdot 0 \text{ cm}}$ er 1, skal vi blot gange med I_0 så vores færdige funktion bliver:

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (5)$$

Som man kan se, minder udtrykket meget om henfaldsloven, og på samme måde som man finder halveringstiden, kan man finde halveringstykkelsen $x_{\frac{1}{2}}$:

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (6)$$

3 Rapporten

Rapporten bygges op som sædvanligt, jf. min tidligere vejledning heri.

Udfør forsøget efter vejledningen, det er dog nok hvis I når at måle på bly, aluminium, vand og spegepølse. Hvorfor er det oplysende at måle på spegepølse?

Man må gerne lave graferne i et regneark, men det kræver lidt arbejde at få usikkerheden med. Det får I således:

1. Stil data op i kolonner med rækkefølgen x , $N_{\text{korrigeret}}$ og $\sqrt{N_{\text{korrigeret}}}$ — tællertallet N tager vi som udtryk for intensiteten.
2. Lav en X-Y-graf med x og $N_{\text{korrigeret}}$.
3. Vælg **Format Data Series, Y Error Bars**, klik ved **Custom** og sæt kolonnen med $\sqrt{N_{\text{korrigeret}}}$ ind ved både + og -.
4. Gør grafen færdig med fornuftige akser, tendenslinje, funktion, navn og tekst til akserne.

¹ μ , udtales *my*, er det græske bogstav svarende til vores 'm'.