

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCURESTI  
CATEDRA DE FIZICA**

**LABORATORUL DE FIZICĂ ATOMICĂ ȘI NUCLEARĂ  
BN 030**

**DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE  
ATENUARE MASICĂ PENTRU RADIAȚIA  
GAMMA**

**2016**

# DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE ATENUARE MASICĂ PENTRU RADIAȚIA GAMMA

## 1. Scopul lucrării

Scopul lucrării este determinarea coeficientului de atenuare masică a radiațiilor  $\gamma$  pentru diferite materiale în vederea verificării legii de atenuare a radiației  $\gamma$  în substanță și a folosirii rezultatelor obținute în diferite aplicații (măsurarea grosimilor și densităților materialelor incandescente, a nivelului unui lichid inaccesibil etc.).

## 2. Teoria lucrării

Fenomenul de atenuare a intensității radiației  $\gamma$ , la trecerea printr-un strat de substanță se datorește atât unor fenomene de absorbție a energiei cuantelor  $\gamma$  de către atomii substanței, cât și unor fenomene de împrăștiere (difuzie) a acestor cuante. La energiile pe care le au cuantele (fotonii)  $\gamma$  emise de sursele radioactive (100 KeV... 3 MeV) principalele procese de interacțiune ale radiației cu substanța sunt următoarele: 1)- efectul fotoelectric și 2)- formarea de perechi ( fenomene care conduc în principal la absorbție de energie) precum și 3)- efectul Compton ( care este în principal un fenomen de difuzie, însoțit însă numai de absorbția parțială a energiei cuantelor).

Efectul fotoelectric are loc la întâlnirea unui foton cu un electron aflat în învelișul electronic al unui atom. Fotonul cedează întreaga sa energie electronului, smulgându-l din atom dacă energia de legătură este inferioară energiei cedate de fotonul incident, diferența de energie fiind preluată de electron sub forma de energie cinetică. Probabilitatea procesului este cu atât mai mare cu cât energia fotonului este mai apropiată de energia de legatură a electronului și crește cu numărul de ordine al absorbantului.

Efectul Compton are loc la întâlnirea fotonului cu un electron liber sau slab legat în atom. Fotonul cedează numai o parte din energia sa electronului (pe care acesta o preia ca energie cinetică), fotonul fiind deviat după interacțiune sub un anumit unghi și având o energie mai mică decât cea inițială; fotonul nu dispăre, ci doar își mărește lungimea de undă asociată. Frațiunea de energie preluată de electron este cu atât mai importantă cu cât este mai mare energia fotonului incident și unghiul de recul al electronului.

Formarea de perechi electron- pozitron are loc în prezența unui nucleu atomic sau a altei particule, dacă energia fotonului este mai mare decât 1,02 MeV, adică energia corespunzătoare masei de repaus a celor două particule nou create (energia de prag a fenomenului generării de perechi). Diferența dintre energia fotonului incident și 1,02 MeV apare ca energie cinetică a electronului și a pozitronului formați și a nucleului de recul.

Considerând un strat de substanță cu grosimea  $dx$ , pe suprafața căruia cade normal un fascicul de radiații  $\gamma$  cu intensitatea  $I$  (exprimată în particule/cm<sup>2</sup>s), atenuarea produsă de acest strat va fi:

$$-dI = \mu I_0 dx \quad (1)$$

unde  $\mu$  reprezintă coeficientul de atenuare al substanței, adică tocmai parametrul care trebuia determinat.

Integrând relația (1), obținem:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

unde  $I_0$  reprezintă intensitatea fasciculului de radiații la intrarea în substanță ( $x = 0$ ), iar  $I$  este intensitatea fasciculului după traversarea stratului de grosime  $x$ . De aici se vede că  $\mu$  reprezintă inversul grosimii pentru care intensitatea fasciculului se reduce de  $e$  ori. Valoarea lui depinde de energia cuantelor  $\gamma$ , precum și de natura materialului atenuator.

Raportul dintre coeficientul de atenuare și densitatea materialului, adică  $\frac{\mu}{\rho}$  poartă numele de coeficient de atenuare masică și se exprimă în  $\text{cm}^2/\text{g}$ . La aceeași energie a cuantelor  $\gamma$ , acest coeficient are valori apropiate pentru diversele materiale.

Dacă se logaritmează expresia (2) se obține:

$$\ln I = \ln I_0 - \mu x \quad (3)$$

Aceasta este tocmai ecuația unei drepte într-o reprezentare a lui  $\ln I = f(x)$ . Ordonata la origine este  $\ln I_0$  iar panta este  $m = -\mu$ .

### 3. Descrierea instalației experimentale.

Sursa de radiații  $\gamma$  este de forma unei capsule, care conține un preparat de  $^{60}\text{Co}$ . Sursa este ecranată cu un castel de plumb care asigură protecția contra efectului nociv al radiațiilor. Fasciculul de radiații necesar se obține prin orificiul unui colimator de plumb.

Instalația de măsură este formată dintr-un detector cu scintilații așezat în fața colimatorului și conectat la un calculator. Analiza datelor transmise către computer se face cu ajutorul soft-ului CASSYlab.

Plăcuțele de Pb, Al, și Fe se așază pe rând între colimator și detector.

Fasciculul de radiații  $\gamma$  emis de sursa de radiații, ecranată de ecran și colimat de colimator, trece prin proba de măsurat, ajungând la detectorul de radiații, unde produce impulsuri electrice, care conțin informația căutată.

Semnalul transmis de detector este înregistrat în computer sub forma unei spectrograme. Aria cuprinsă sub graficul acestei spectrograme este proporțională cu intensitatea radiației detectate și poate fi utilizată în locul lui  $I$  în formula (3).

### 4. Modul de lucru

- În prezența asistentului, se pune în funcțiune lucrarea. În timpul efectuării lucrării detectorul nu va fi mișcat din locul lui și nici sursa, deoarece numărul de cuante care ajung la detector depinde de unghiul solid sub care sursa "vede" detectorul. Tensiunea aplicată detectorului trebuie să rămână constantă ( $U = 670 \text{ V}$ ).

- Se deschide programul CASSYlab și apare o fereastră "Settings". Se activează canalul de măsurare (butonul roșu) și se continuă în fereastra "Measuring Parameters" în care se selectează opțiunea "Multichannel", apoi "New Spectrum" și "1024" (numărul de canale). Se stabilește timpul de măsurare la 60 s și se închid cele două ferestre. Acum se poate porni înregistrarea spectrului energetic al radiațiilor gama.
- Se înregistrează spectrograma radiației de fond (sursa este acoperită de castelul de plumb) și se calculează aria de sub grafic astfel: se dă click dreapta în orice punct al spațiului de lucru și se selectează opțiunea "Calculate Integral" -> "Area to X-axis" apoi se selectează pe rând, fiecare din cele două fotopeak-uri slab conturate specifice spectrului pentru  $^{60}\text{Co}$ . Valoarea ariei apare în colțul din stânga jos al ecranului. Se notează în tabelul 1 valoarea pentru fotopeak-ul de 1173keV și în tabelul 2 pentru fotopeak-ul de 1332 keV în dreptul valorii  $x = \infty$ .
- Se descoperă colimatorul și se determină intensitatea radiației emise direct de sursă (fără mediu atenuator). Se notează ariile peak-urilor pentru  $x = 0$  în cele două tabele.
- Se repetă măsurătorile pentru fiecare dintre materialele amintite ( Pb, Fe, Al) la cel puțin trei grosimi. Placuțele vor fi puse pe rând deasupra colimatorului (sursei) măbind astfel treptat grosimea de atenuator. Pentru fiecare grosime se determină intensitatea radiației transmise într-un interval de timp de 60 s.

Rezultatele experimentale se trec în tabelul de mai jos în care  $x$  reprezintă grosimea placuțelor,  $t$  este timpul,  $A$  este aria cuprinsă între spectrogramă și axa Ox fără corecția de fond,  $A'$  este intensitatea corectată iar  $f$  este intensitatea radiației de fond.

Tabel 1: Pentru fotopeak-ul 1173 keV

mat	gros $x$ [cm]	$t$ [s]	$A'$ [div]	$A = A' \cdot f$	$\ln A$	$\mu$
Aer	$\infty$	600				
Pb	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				
Fe	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				
Al	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				

Tabel 2 pentru fotopeak-ul 1332 keV

mat	gros x [cm]	t [s]	A' [div]	A = A'-f	ln A	$\mu$
Aer	$\infty$	600				
Pb	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				
Fe	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				
Al	0	30				
	0,5	30				
	1,0	30				
	1,5	30				

### 5. Indicații pentru prelucrarea datelor experimentale.

Pentru a afla coeficientul de atenuare vom lua în considerare faptul că aria măsurată este proporțională cu intensitatea  $I$  a fasciculului, așa încât putem transforma relația (2) în:

$$A = A_0 e^{-\mu x} \quad (6)$$

Cu ajutorul datelor din tabel vom face reprezentarea grafică punând în abscisă grosimea plăcuțelor atenuatoare,  $x$  (în centimetri), iar în ordonată logaritmul ariei. Din grafic se calculează panta acestei drepte:

$$m = \Delta(\ln n) / \Delta x \quad (7)$$

De aici se obține coeficientul de atenuare pentru materialul respectiv :

$$\mu = m \quad (8)$$

Se calculează apoi coeficientul de atenuare masică  $\frac{\mu}{\rho}$  exprimat în  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Densitățile care ne interesează sunt:

$$\rho_{\text{Pb}} = 11,34 \text{ g / cm}^3 ; \rho_{\text{Fe}} = 7,80 \text{ g / cm}^3 ; \rho_{\text{Al}} = 2,70 \text{ g / cm}^3 ; \rho_{\text{Cu}} = 8,90 \text{ g / cm}^3$$

Referatul va cuprinde un rezumat al teoriei, dispozitivul experimental, graficul  $\ln A = f(x)$ , calculul pantei, al coeficientului de atenuare și al coeficientului de atenuare masică.