UNIVERSITATEA "POLITEHNICĂ" DIN BUCUREŞTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ

LABORATORUL BN 031A

DETERMINAREA ACTIVITĂȚII ABSOLUTE A UNEI SURSE DE RADIAȚII PRIN METODA UNGHIULUI SOLID CUNOSCUT CU AJUTORUL UNUI DETECTOR CU SCINTILAȚIE

DETERMINAREA ACTIVITĂȚII ABSOLUTE A UNEI SURSE DE RADIAȚII PRIN METODA UNGHIULUI SOLID CUNOSCUT
CU AJUTORUL UNUI DETECTOR CU SCINTILAȚIE

1.Scopul lucrării

Determinarea activității absolute a unei surse de radiații prin metoda unghiului solid.

2. Teoria lucrării

Legătura dintre activitatea Λ a unei surse radioactive şi cadența R a unui detector de radiații cu scintilații (vezi anexa referitoare la structura şi funcționarea acestui tip de detector), adică între numărul de dezintegrări produse în sursă în fiecare secundă şi numărul de impulsuri înregistrate de detector în unitatea de timp, se poate scrie sub forma următoarei relații de proporționalitate :

$$R = g\Lambda = \frac{\Omega}{4\pi}\cdot f_{rs}\cdot f_{aa}\cdot e^{-\mu_{aer}x_{aer}} e^{-\mu_p x_p}\cdot f_{col}\cdot \varepsilon\cdot\Lambda\cdot S\cdot B(\mu r)$$

unde g este aşa- numitul "factor de detectare"; el are următoarea structură:

$\frac{\Omega}{4\pi} = \frac{S_{\text{detector}}}{4\pi r^2}$ este corecția de unghi solid, care va arăta ce fracțiune din intensitatea radiației emise este incidentă pe suprafața S_{detector} a detectorului aflat la distanța r de sursa de radiații;

f_{rs} - factorul de retroîmprăştiere al radiațiilor pe suportul sursei;

f_{aa} - factorul de corecție pentru a ține seama de autoabsorbția radiațiilor în însăşi grosimea sursei de radiații;

$e^{-\mu_{aer}x_{aer}}$ - factorul de atenuare, datorat atenuării în aer pe distanța sursă - detector;

$e^{-\mu_p x_p}$ - factorul de atenuare al radiațiilor în peretele detectorului;

f_{col} - un factor de atenuare datorat colimării fasciculului;

$B(\mu r)$ este un factor de corecție datorat «acumulării» radiației în detector prin «împrăştieri» multiple ; el depinde de coeficientul de absorbție μ al mediului sursă-detector, şi distanța r dintre sursă şi detector ;

ε - eficacitatea detectorului ;

S - factorul de schemă care ne arată câte cuante (sau electroni etc.) se emit la o dezintegrare.

Cu notația $f = f_{rs}\cdot f_{as}\cdot f_{col}$, putem pune relația precedentă sub forma :

$$R = g\Lambda = \frac{\Omega}{4\pi}\cdot f\cdot e^{-\mu_{aer}x_{aer}} e^{-\mu_p x_p}\cdot\varepsilon\cdot\Lambda\cdot S\cdot B(\mu r)$$

3. Dispozitivul experimental

Se citesc instrucțiunile de funcționare ale numărătorului de impulsuri, folosit în lucrare.

4. Modul de lucru

Se calculează unghiul solid, cu relația aproximativă:

$$\frac{\Omega}{4\pi} \approx \frac{S_{\det}}{4\pi r^2} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{4\pi r^2} = \frac{D^2}{16 r^2} \text{ , unde :}$$

D este diametrul cristalului scintilator, D = 2 cm, iar r este distanța sursă - cristal (în cm).

Se măsoară numărul de impulsuri N produs de sursă în detector în timp de $\Delta t = 10$ minute.

Se măsoară fondul F, timp de 10 minute.

Se calculează diferența : N - F şi neglijând atenuările radiației, adică folosind aproximațiile:

$$e^{-\mu_{aer} x_{aer}} \cong 1; \quad e^{-\mu_p x_p} \cong 1; \quad f \cdot B(\mu r) \cong 1$$

obținem relația:

$$\Delta N = N - F = \frac{\Omega}{4\pi} \cdot \varepsilon \cdot \Lambda \cdot S \cdot \Delta t \text{ sau } n = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Omega}{4\pi} \cdot \varepsilon \cdot \Lambda \cdot S \qquad (1)$$

unde pentru sursa de $^{60}\mathrm{Co}$ folosită avem $\varepsilon = 20\%,\ S = 2$.

METODA 1

Folosind determinările numărului de impulsuri efectuate la diferite distanțe, r_1, r_2, r_3 etc. se execută graficul $n = \frac{\Delta N}{\Delta t}$ în funcție de r. La intersecția graficului extrapolat cu axa ordonatelor se obține n extrapolat, adică $n_{r \to 0}$. La limita $r \to 0$, suprafața detectorului expusă sursei va capta radiațiile din toată semisfera ce conține sursa, (adică $\frac{\Omega}{4\pi} \xrightarrow[r \to 0]{} \frac{\frac{1}{2} \cdot 4\pi}{4\pi} = \frac{1}{2}$).

Relația (1) ne oferă valoarea activității absolute pentru acest unghi solid :

$$\Lambda = \frac{(\Delta N) r = 0}{\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot S \cdot t} \qquad (2)$$

Se va efectua un calcul aproximativ al erorii cu care este determinată activitatea absolută prin această metodă.

METODA 2

Să considerăm un detector având fereastra circulară cu diametrul D =2 cm şi o sferă cu raza R (vezi fig.1) unde planul ferestrei detectorului (plan aflat la distanța x de sursă) decupează o calotă sferică. Unghiul solid Ω sub care este văzuta fereastra detectorului din sursă, este dat de relația de definiție :

$$\Omega = \frac{\text{Aria calotei sferice}}{R^2} \qquad (3)$$

Prin definiție, aria calotei sferice este dată de $Aria_{\substack{calota\\sferica}} = 2\pi R(R - x)$; folosind relația $R = \sqrt{x^2 + (D/2)^2}$, relația (3) devine :

$$\Omega = \frac{2\pi R(R - x)}{R^2} = 2\pi\left(1 - \frac{x}{R}\right) = 2\pi\left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + D^2/4}}\right)$$

de unde:

$$\frac{\Omega}{4\pi} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4 + (D/x)^2}} . \qquad (4)$$

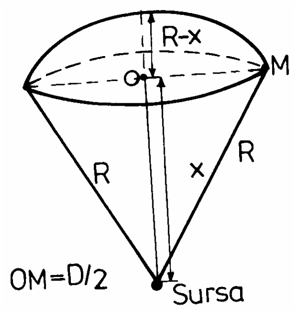

Fig. 1

Dar relația (1) privită ca o dependență $n = n\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right)$, defineşte o dependență liniară între mărimea n şi $\frac{\Omega}{4\pi}$; panta acestei drepte este :

$$m = \frac{\Delta n}{\Delta\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right)} = \varepsilon S \Lambda \qquad (5)$$

5. Prelucrarea datelor experimentale

Etapele necesare pentru finalizarea lucrării de laborator sunt :

1. Poziționând sursa la diferite distanțe față de detector (cu ajutorul unei plăcuțe-suport de plastic) şi stabilind un timp de măsură - etalon de 10 minute pentru fiecare poziție se înregistrează numărul corespunzător de particule N.

2. Se completează următorul tabel : ($n'' = n'$)

x (cm)	$\Omega/4\pi$	t (s)	N (imp)	$n' = N/t$	$n = n'' - f$
∞ (fond de radiații)	0				

unde n' este viteza de numărare în prezența fondului, n'' este viteza de numărare în prezența fondului corectată ținînd cont de timpul mort al detectorului, iar n este viteza de numărare datorată sursei radioactive $n = n'' - f$.

Corecția de timp mort determină $n'' = \dfrac{n'}{1-\tau \cdot n'}$ (unde $\tau = 10^{-6}$ s). Erorile de măsură sunt calculate astfel: $\sigma_f = \dfrac{\sqrt{F}}{t}$, $\sigma_n'' = \dfrac{\sigma_{n'}}{(1-\tau n')^2}$, $\sigma_n = \sqrt{(\sigma_n'')^2 + \sigma_f^2}$.

3. Folosind metoda 2, se reprezintă grafic dependența liniară : $n = f(\Omega / 4\pi)$

4. Se calculează panta dreptei duse prin/printre punctele experimentale şi se egalează rezultatul obținut cu produsul ε S Λ (vezi relația (4)). Cu valorile $\varepsilon = 0,2$ şi $S = 2$ se calculează valoarea activității absolute a sursei măsurate, $\Lambda = \dfrac{\mathrm{m}}{\varepsilon \cdot \mathrm{S}}$. Metoda 1 generează mai multe erori, dar poate fi folosită pentru aprofundarea noțiunii de extrapolare grafică.

$$n' = \frac{N}{\Delta t}; \qquad n'' = \frac{n'}{1-\tau \cdot n'}; \quad \tau = 10^{-7}\,\mathrm{s}; \qquad n = n'' - f; \qquad f = \frac{F(citit)}{10\,\mathrm{min}}.$$

6. Întrebări

1. Definiți activitatea unei surse de radiații. Care este unitatea ei de măsură în S.I. ? Ce altă unitate de măsură se foloseşte în mod obişnuit pentru activitate radioactivă ?
2. Ce sînt detectoarele cu scintilație ?
3. Ce este un fotomultiplicator ?
4. Ce sînt şi la ce folosesc dinodele din tubul fotomultiplicatorului ?
5. Ce înțelegeți prin «factorul de schemă» al unei dezintegrări radioactive ?
6. Cu ajutorul unui detector cu raza de 1 cm aflat la o distanță de 1 m de o sursă radioactivă punctiformă se numără 5000 impulsuri în timpul de 5 min în prezența sursei şi 1500 impulsuri în timpul de 10 min în absența sursei. Să se determine activitatea sursei. (Se dă $n = \varepsilon S \Lambda \cdot \dfrac{\Omega}{4\pi}$, unde ε = 10%, S = 3)
7. Cu ajutorul unui detector cu raza de 1 cm aflat la o distanță de 1 m de o sursă radioactivă punctiformă se numără 13000 impulsuri în timpul de 20 min iar la o distanță de 2 m de sursă se numără 4000 impulsuri în acelaşi timp. Să se determine activitatea sursei. (Se dă $n = \varepsilon S \Lambda \cdot \dfrac{\Omega}{4\pi}$, unde ε = 10%, S = 3)