

Laborator 4

DETERMINAREA ACTIVITĂȚII ABSOLUTE A UNEI SURSE DE RADIATII PRIN METODA UNGHIULUI SOLID

Alexandru Licuriceanu
alicuriceanu@stud.acs.upb.ro

| | |
|--------|------------------|
| Data: | 7 Noiembrie 2022 |
| Grupa: | 325CD |

1. Scopul lucrării

- 1.1. Determinarea activității absolute a unei surse de radiații prin metoda unghiului solid.
- 1.2. Determinarea eficacității detectroului din laborator.

2. Teoria lucrării

Detectoarele cu scintilație sunt alcătuite dintr-un cristal cu scintilație și un fotomultiplicator.

Radiațiile nucleare incidente pe cristal, pătrund în interiorul acestuia și interacționează cu atomii provocând scurte emisii de lumină (scintilații). Aceste cuante de lumină cad pe fotocatodul detectorului care emite electroni prin efect fotoelectric.

Electronii astfel produși sunt multiplicați cu ajutorul unui sistem de dinode și al unui preamplificator până la obținerea unui puls suficient de mare pentru a putea fi detectat cu ajutorul unui aparat de măsură și contorizat cu ajutorul unui numărător.

Corecția de unghi solid arată ce fracțiune din intensitatea radiației emise este incidentă pe suprafața detectorului și este necesară deoarece detectorul captează doar o parte din radiația emisă de sursă.

3. Instalația experimentală

Pentru a determina activitatea absolute a unei surse de radiații am folosit un detector cu scintilații (D) conectat la un calculator (C) care va număra impulsurile prin intermediul unui program software.

Detectorul este montat pe un suport la baza căruia se află un stativ cu tăviță mobilă în care va fi montată sursa (^{137}Cs) și care poate fi așezată la diferite distanțe față de detector cu ajutorul unei rigle (R). Instalația este ilustrată în figura 1.

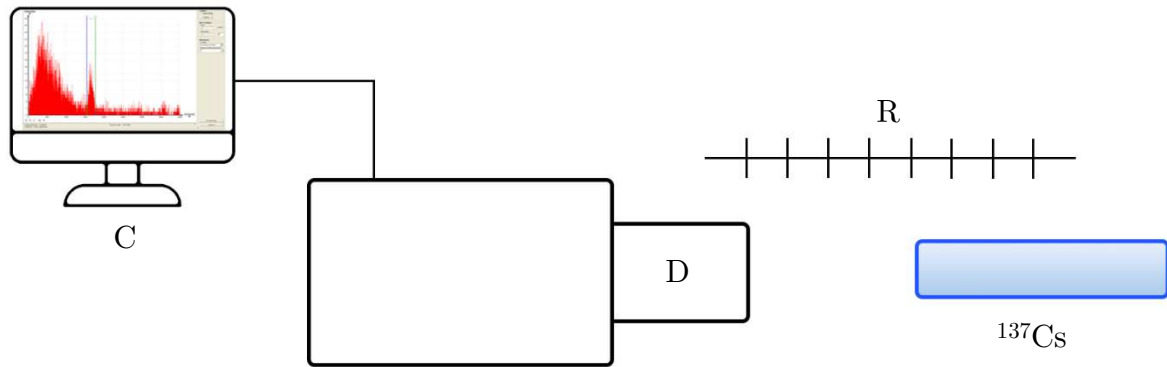


Figura 1. Instalația experimentală

4. Modul de lucru

4.1. Am înregistrat numărul de impulsuri efectuate la diferitele distanțe față de detector și le-am notat în tabelul 1. Am mers în pași de 1cm și am efectuat 10 astfel de măsurători. Am calculat numărul de impulsuri folosind un program software.

4.2. Am calculat corecția de unghi solid și am notat rezultatele în tabelul 1. Corecția de unghi solid este dată de formula:

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

Unde $D = 4.4\text{cm}$ reprezintă diametrul detectorului, iar r este distanța de la detector la sursă. Expresia de mai sus poate fi simplificată astfel, fără a influența semnificativ rezultatele:

$$\frac{\Omega}{4\pi} \approx \frac{D^2}{16r^2}$$

Am preferat totuși să nu folosesc aproximarea, așadar calculele au fost făcute cu prima formulă.

4.3. În figura 2, am reprezentat grafic ecuația:

$$n = f\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right)$$

4.4. Am calculat corecția de timp mort $n'' = \frac{n'}{1 - \tau n'}$, unde $\tau = 10^{-6}\text{ s}$.

4.5. Erorile de măsură sunt calculate astfel:

$$\sigma_n = \sqrt{N}$$

$$\sigma_{n'} = \frac{\sigma_N}{t}$$

$$\sigma_{n''} = \frac{\sigma_{n'}}{(1 - \tau n')^2}$$

$$\sigma_n = \sqrt{(\sigma_{n''})^2 + \sigma_f^2}, \text{ unde } \sigma_f = \frac{\sqrt{F}}{t}$$

4.6. De asemenea, știm că în 10 ianuarie 2007 sursa de ^{137}Cs măsoară activitatea de 292kBq cu timpul de înjumătățire de 30.17 ani.

Constanta de dezintegrare, $\lambda = \ln(2) \cdot (T_{1/2})^{-1}$, unde $T_{1/2}$ este timpul de înjumătățire $\rightarrow \lambda = \ln(2) \cdot \frac{100}{3017}$

Pentru a calcula radioactivitatea sursei în 7 noiembrie 2022, am folosit formula:

$\Lambda(t) = \Lambda_0 \cdot e^{-\lambda t}$, unde $\Lambda_0 = 292\text{kBq}$ și $t = 15.83$ ani (7/11/2022 – 10/01/2007)
 $\Lambda(15.83) = 292\text{kBq} \cdot e^{-\lambda \cdot 15.83} = 202.971\text{kBq} \approx 203\text{kBq}$ în 7 noiembrie 2022.

5. Prelucrarea datelor experimentale

5.1. Tabelul de date:

| ^{137}Cs | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|------------|-----------------------|---------------|------------------------------|----------|----------------|----------------|
| x (cm) | $\Omega / 4\pi$ | t (s) | N (imp) | $\sigma_N = \sqrt{N}$ | n' = N / t | $\sigma_{n'} = \sigma_N / t$ | n'' | $\sigma_{n''}$ | n = n'' - f |
| ∞ | 0 | 180 | 267 | 16.3401 | 1.4833 | 0.0907 | 1.4833 | 0.0907 | 0.4833 |
| 15.5 | 0.004962 | 90 | 16481 | 128.3783 | 183.1222 | 1.4264 | 183.1558 | 1.4269 | 182.1558 |
| 14.5 | 0.005658 | 90 | 17801 | 133.4204 | 197.7889 | 1.4824 | 197.828 | 1.4830 | 196.828 |
| 13.5 | 0.00651 | 90 | 19307 | 138.9496 | 214.5222 | 1.5438 | 214.5683 | 1.5445 | 213.5683 |
| 12.5 | 0.007569 | 90 | 21747 | 147.4686 | 241.6333 | 1.6385 | 241.6917 | 1.6393 | 240.6917 |
| 11.5 | 0.008906 | 90 | 24217 | 155.6181 | 269.0778 | 1.7290 | 269.1502 | 1.7300 | 268.1502 |
| 10.5 | 0.010626 | 90 | 28584 | 169.068 | 317.6 | 1.8785 | 317.7009 | 1.8797 | 316.7009 |
| 9.5 | 0.012891 | 90 | 31365 | 177.1017 | 348.5 | 1.9677 | 348.6215 | 1.9691 | 347.6215 |
| 8.5 | 0.01595 | 90 | 36296 | 190.5151 | 403.2889 | 2.1168 | 403.4516 | 2.1185 | 402.4516 |
| 7.5 | 0.020216 | 90 | 40975 | 202.4228 | 455.2778 | 2.2491 | 455.4852 | 2.2511 | 454.4852 |
| 6.5 | 0.026392 | 90 | 48368 | 219.9273 | 537.4222 | 2.4436 | 537.7112 | 2.4462 | 536.7112 |

| x(cm) | ∞ | 15.5 | 14.5 | 13.5 | 12.5 | 11.5 | 10.5 | 9.5 | 8.5 | 7.5 | 6.5 |
|------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| σ_n | 0.1283 | 2.0176 | 2.0969 | 2.1838 | 2.3178 | 2.4459 | 2.6574 | 2.7838 | 2.9948 | 3.1822 | 3.4576 |

Tabelul 1. Datele experimentale

5.2. În figura 2 am reprezentat grafic ecuația: $n = f\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right)$ și am trasat dreapta printre punctele experimentale, cu panta $m = 16798$.

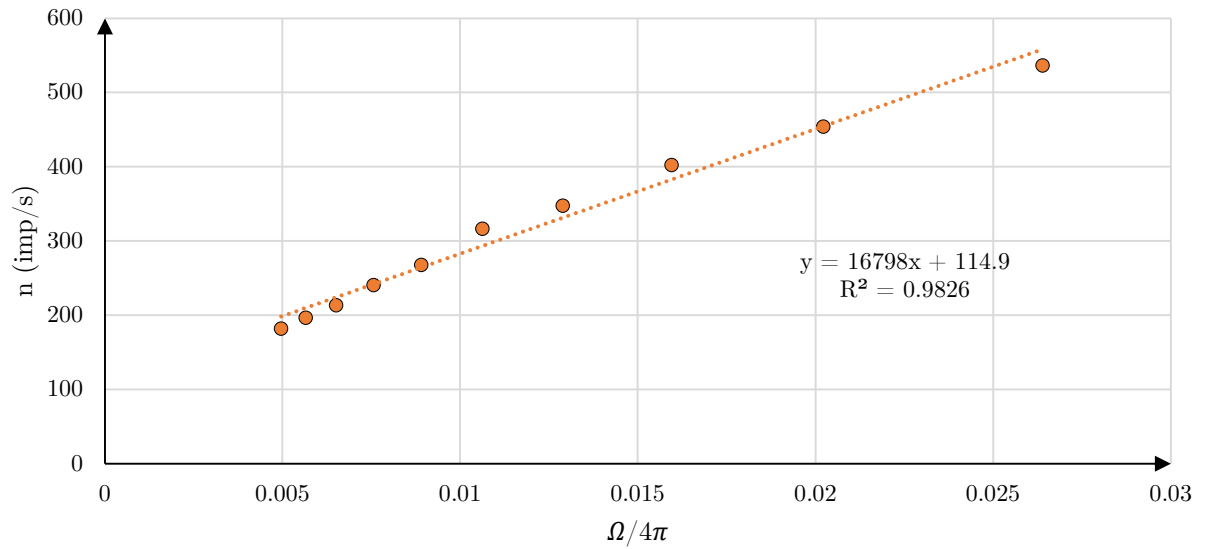


Figura 2

5.3. Pentru a calcula eficacitatea detectorului, am folosit formula: $\Lambda = \frac{m}{\varepsilon \cdot S}$ cu factorul $S = 2 \rightarrow \varepsilon = 0.4137$ sau altfel spus, detectorul este eficient în proporție de 41.37%.