

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCURESTI  
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

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

**DETERMINAREA TIMPULUI MORT AL UNUI  
DETECTOR DE RADIȚII NUCLEARE PRIN METODA  
CELOR DOUA SURSE DE RADIȚII**

# DETERMINAREA TIMPULUI MORT AL UNUI DETECTOR DE RADIATII NUCLEARE PRIN METODA CELOR DOUA SURSE DE RADIATII

## 1. Scopul lucrării.

a) Cunoașterea unor metode de determinare experimentală a timpului de rezoluție al unui sistem de detectare echipat cu detector Geiger-Muller sau cu scintilație.

b) Determinarea experimentală a timpului de rezoluție al unui detector Geiger-Muller prin metoda celor două surse.

## 2. Teoria lucrării.

La detectarea radiatiilor emise de un izotop radioactiv trebuie să se țină seama de faptul că procesele de înregistrare și de revenire a aparatului în starea inițială necesită un anumit timp finit. Particulele care intră în detector sunt distribuite în timp după legi statistice și, de aceea, există o anumită probabilitate ca unele din ele să ajungă în detector tocmai în intervalul de timp în care sistemul este incapabil să le înregistreze. Deci, chiar dacă s-ar lucra în regimul optim de funcționare al instalației de înregistrare, un anumit număr de scăpari este inevitabil și faptul trebuie luat în considerare la prelucrarea rezultatelor determinărilor. Când o particulă pătrunde în detector, ea ionizează gazul din interiorul acestuia și ionii pozitivi astfel formați ecranează anodul. Cât timp aceștia nu dispar ( nu se neutralizează ) detectorul este insensibil față de oricare altă particulă incidentă. Prezența ionilor pozitivi în jurul anodului face ca intensitatea câmpului electric din acea regiune să scadă temporar sub valoarea minimă la care se mai poate produce încă multiplicarea în gaz.

Un sistem de detectare al radiațiilor nucleare este format dintr-un detector de radiații și dintr-o instalație auxiliară de măsură. Procesele de ionizare, și în general procesele de interacțiune radiație-substanță au loc în detectorul de radiații, unde radiația incidentă cedează, parțial sau complet, energia sa detectorului. Instalația auxiliară de măsură transformă informația furnizată de detector într-un rezultat, care se exprimă printr-un număr de impulsuri, o viteză de numărare, un curent de ionizare, etc.

Intervalul de timp, începând de la amorsarea unui impuls (descărcare în gaz) și pînă la formarea unui nou impuls de descărcare (vezi fig.1), se numește timpul mort al detectorului și se notează cu  $\tau_m$ . Acest interval de timp poate fi considerat egal cu intervalul de timp în care ionii pozitivi produși în zona de câmp intens a firului anodic central al detectorului de radiații se deplasează pentru a ajunge la electrodul exterior cilindric, care constituie catodul detectorului. Intervalul de timp necesar pentru completarea ionilor pozitivi este:

$$t = \frac{(r_c^2 - r_a^2) p \ln \frac{r_c}{r_a}}{2\mu U} \quad (5)$$

unde:

- $r_c$  și  $r_a$  reprezintă raza catodului și a anodului într-un detector de formă cilindrică
- $p$  este presiunea gazului din detector

- $\mu$  este coeficient de mobilitate al ionilor
- $U$  este tensiunea între electrozi

În realitate, ceea ce detectăm într-o instalație pentru detectarea radiațiilor nu este nici timpul mort (vezi fig. 1.), nici timpul de colectare al ionilor pozitivi, ci timpul după care impulsurile de amplitudini tot mai mari produse de detector sunt capabile să depășească tensiunea de prag a detectorului,  $U_{\text{prag}}$ , și să producă o nouă înregistrare. Rezultă că există un interval de timp în care instalația de detectare nu înregistrează nici un impuls, și care se numește timp de rezoluție,  $\tau$ , al instalației de detectare. Acest interval de timp este determinat atât de detectorul de radiații, cât și de instalația electronică de măsură asociată acestuia.

Timpul mort al detectorului este determinat de caracteristicile constructive și de tensiunea aplicată detectorului. Mărimea lui este de ordinul microsecundelor. Pentru a se caracteriza complet instalația de detectare, vom defini și timpul de revenire al instalației: prin definiție, timpul de revenire al detectorului, este intervalul de timp ( $\tau_{\text{rev}}$ ), după care impulsul dat de detector atinge din nou amplitudinea inițială (normală) (vezi fig.1).

Din studiul fig.1 se observă că la sfârșitul intervalului de timp delimitat de durată ( $\tau_m + \tau_{\text{rev}}$ ), detectorul Geiger-Müller își regăsește condițiile de funcționare inițiale. Se vede că timpul mort al detectorului se poate determina direct din măsurătorile efectuate cu ajutorul unui osciloscop, care redă pe ecran o imagine identică celei din figura 1. Instalația electronică de măsură este caracterizată de tensiunea de prag  $U_p$ , care da pragul de sensibilitate al montajului electronic. Numai acele impulsuri ale caror amplitudini depășesc valoarea tensiunii de prag  $U_p$  vor fi înregistrate.

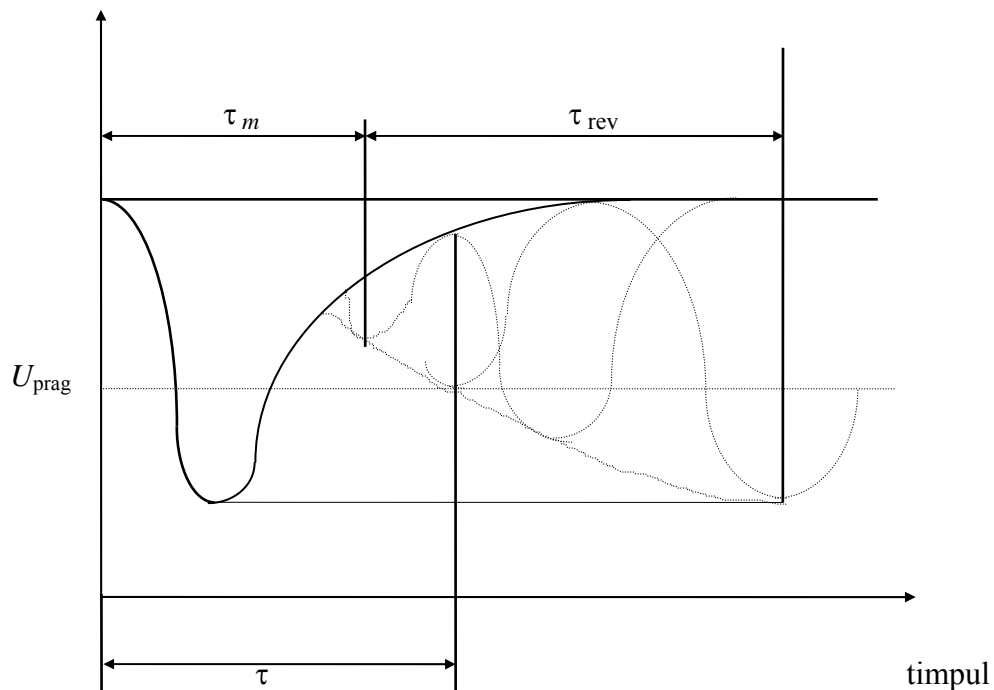


Fig. 1. Amplitudinea impulsului

Deci amplitudinea unui impuls dat de detector atinge din nou marimea  $U_p$  dupa un interval de timp egal cu timpul de rezolutie. Daca notam cu  $n'$  numarul de particule inregistrate de detector in unitatea de timp, inseamna ca pe o durata de timp egala cu  $n'\tau$ , unde  $\tau$  este timpul de rezolutie (care aproximeaza destul de bine timpul mort al detectorului), sosesc la detector un numar de particule  $\Delta n = t n = n n'\tau$  (unde  $\Delta n = n - n'$ ) care nu mai sunt inregistrate. Rezulta :

$$n = \frac{n'}{1 - n'\tau} \quad (6)$$

Cu aceasta formula se corectea viteza de numarare  $n'$  obtinuta experimental, pentru a gasi viteza de "numarare reala",  $n$ , de fapt cadenta particulelor care sosesc la detector. Timpul mort al unui detector de radiatii,  $\tau$ , se poate determina prin "metoda celor doua surse".

$$\tau = \frac{n'_{1f} + n'_{2f} - n'_{12f} - n'_f}{2(n'_{1f} n'_{2f} - n'_{12f} n'_f)} \quad (7)$$

unde:

- $n'_f$  este viteza de numarare penru fond (cu ambele surse ecranate)
- $n'_{1f}$  este viteza de numarare corespunzatoare primei surse de radiatii (sursa unu descoperita, sursa doi acoperita de ecranul de radiatii mobil din plumb inclusiv fondul de radiatii cosmic si al laboratorului),
- $n'_{2f}$  este viteza de numarare corespunzatoare celei de a doua surse de radiatii (inclusiv fondul):
- $n'_{12f}$  este viteza de numarare corespunzatoare descoperirii (inlaturarii ecranarii) ambelor surse de radiatii simultan (inclusiv fondul).

### 3. Descrierea instalatiei experimentale

Pentru determinarea timpului mort (de fapt, a timpului de rezolutie) al unui detector Geiger - Muller se folosesc doua surse  $\beta$  - active de activitati diferite asezate intr-o caseta de plexiglase si acoperite cu placute de aluminiu sau din plumb glisante, suficient de groase pentru a absorbi in intregime radiatia, un detector Geiger - Muller montat pe acelasi suport cu casetele surselor si un numarator electronic.

### 4. Modul de lucru

4.1- Se studiaza cu atentie modul de lucru, dupa care, in prezenta cadrului didactic, se pune in functiune lucrarea. Sursele si detectorul nu vor fi miscate din locul lor pe tot parcursul lucrarii. De asemenea, tensiunea aplicata detectorului trebuie sa fie mentinuta constanta.

4.2- Ambele surse fiind acoperite, se determina viteza de numarare a fondului pentru o durata de inregistrare de 10 minute.

4.3- Se descopera apoi una dintre surse si se fac 3 determinari de 3 minute, ale caror rezultate sa concorde in limita erorii date de distributia Poisson

4.4- Se acopera aceasta sursa si se descopera cealalta, facand 3 determinari de 3 minute.

4.5- Se fac 3 determinari de 3 minute cu ambele surse descoperite.

4.6- Se trec apoi datele in tabelul de mai jos, unde toate vitezele de numarare se exprima in impulsuri / secunda.

Tabel

$F$ [imp]	$n_f'$ [imp/min]	$N_1$ [imp]	$n_{1f}'$ [imp/min]	$N_2$ [imp]	$n_{2f}'$ [imp/min]	$N_{12}$ [imp]	$n_{12f}'$ [imp/min]	$\tau$ [s]

### 5. Indicii pentru prelucrarea rezultatelor experimentale.

Prelucrarea datelor consta in: a) medierea vitezelor de numarare; b) calcularea timpului mort se va face folosind formula (12) indicata in teoria lucrarii; c) calculul erorii cu care este determinat timpul mort folosind formula propagarii erorilor:

$$S_{\bar{\tau}} = \sqrt{\sum_{i=1}^5 \left( \frac{\partial \tau}{\partial n_i'} \right)^2 S_{n_i'}^2} ; S_{n_i'} = \sqrt{\frac{n_i'}{t}} \quad (8)$$

unde  $S_{\bar{\tau}}$  este abaterea standard asupra valorii medii a lui  $\tau$ , iar  $S_{n_i'}$  este abaterea standard a vitezei medii de numarare a fiecarei surse.

Rezultatul final se va scrie sub forma:

$$\tau = \bar{\tau} \pm S_{\bar{\tau}} \quad [s]$$

Referatul va cuprinde explicatia aparitiei timpului mort, prezentarea metodei celor doua surse, tabelul cu rezultatele experimentale si rezultatul final.

### ANEXA 1

Intervalul de timp necesar pentru completarea ionilor pozitivi poate fi calculat astfel. Fie:

$$E = \frac{U}{r_+ \ln \frac{r_c}{r_a}} \quad (1)$$

campul electric, existent intr-un detector de forma cilindrica, in care raza catodului si a anodului sunt  $r_c$ , respectiv  $r_a$ , intre electrozi fiind aplicata tensiunea  $U$ ,  $r_+$  fiind raza invelisului cilindric de ioni pozitivi formati prin ionizare, care se deplaseaza catre catodul cilindric exterior. Se admite in literatura ca viteza ionilor pozitivi este proportionala cu presiunea gazului din detector, factorul de proportionalitate fiind asa-numitul coeficient de mobilitate  $\mu$  al ionilor, adica:

$$v = \mu \frac{E}{p} = \frac{dr_+}{dt} \quad (2)$$

si inlocuind expresia campului electric, obtinem:

$$\frac{dr_+}{dt} = \mu \frac{E}{p} = \mu \frac{U}{pr_+ \ln \frac{r_c}{r_a}} \quad (3)$$

de unde:

$$\int_{r_a}^{r_c} r_+ dr_+ = \mu \frac{U}{p \ln \frac{r_c}{r_a}} \int dt \quad (4)$$

rezulta intervalul de timp necesar pentru completarea ionilor pozitivi:

$$t = \frac{(r_c^2 - r_a^2) p \ln \frac{r_c}{r_a}}{2\mu U} \quad (5)$$

## ANEXA 2

Timpul mort al unui detector de radiatii se poate determina prin “metoda celor doua surse”. Aceasta metoda consta in masurarea vitezelor de numarare in urmatoarele cazuri:

a) - fondul ( cu ambele surse ecranate ) ; se obtine viteza de numarare  $n'_f$ , deci viteza de numarare reala va fi:

$$n_f = \frac{n'_f}{1 - \tau n'_f} \quad (6)$$

b)- viteza de numarare corespunzatoare primei surse de radiatii (sursa unu descoperita, sursa doi acoperita de ecranul de radiatii mobil din plumb); se obtine viteza de numarare  $n'_{1f}$  (inclusiv fondul de radiatii cosmic si al laboratorului), deci viteza “reala” de numarare este:

$$n_{1f} = \frac{n'_{1f}}{1 - \tau n'_{1f}} \quad (7)$$

c)- viteza de numarare corespunzatoare celei de a doua surse de radiatii (inclusiv fondul):

$$n_{2f} = \frac{n'_{2f}}{1 - \tau n'_{2f}} \quad (8)$$

d)- viteza de numarare corespunzatoare descoperirii ( inlaturarii ecranarii ) ambelor surse de radiatii simultan ( inclusiv fondul ):

$$n_{12f} = \frac{n'_{12f}}{1 - \tau n'_{12f}} \quad (9)$$

Intreaga lucrare se bazeaza pe observatia ca , pentru viteza de numarare la care corectia de timp mort nu depaseste 10-20%:

$$n_{1f} + n_{2f} = n_{12f} + n_f$$

adica:

$$\frac{n'_{1f}}{1 - \tau n'_{1f}} + \frac{n'_{2f}}{1 - \tau n'_{2f}} = \frac{n'_{12f}}{1 - \tau n'_{12f}} + \frac{n'_f}{1 - \tau n'_f} \quad (10)$$

Efectuand calculele si neglijand termenii care il contin pe  $\tau$  la puterile 2, 3 si 4 se obtine:

$$\tau = \frac{n'_{1f} + n'_{2f} - n'_{12f} - n'_f}{2(n'_{1f} n'_{2f} - n'_{12f} n'_f)} \quad (11)$$