

DETERMINAREA DOZELOR DE RADIATIE SI A ACTIVITATII SURSELOR CU AJUTORUL RADIOMETRELOR

1. Scopul lucrării

În vederea protejării personalului care lucrează în mediu afectat de radiații ionizate este necesară determinarea rapidă a gradului de pericolozitate a zonei respective.

Scopul lucrării constă în determinarea de către studenți a mărimii fizice specifice măsurării radiațiilor nucleare precum și a utilizării radiometrului în vederea determinării activității unei surse radioactive.

2. Teoria lucrării

Distrugerile prin iradiere produse în țesuturile vii depind de energia ce a fost absorbită de către țesut de la radiația incidentă.

Doza de radiație D, numită și *doza energetică integrală de radiație*, măsoară energia disipată de radiație pe unitatea de masă de țesut biologic sau de substanța și absorbită complet de acel țesut sau acea substanță. Deci, prin definiție,

$$D = \frac{\Delta W}{\Delta m}.$$

Unitatea de măsură pentru doză este Gray-ul. Prin definiție, 1 Gray (1 Gy) reprezintă doza de radiație absorbită de substanță în condițiile unei energii primite și disipate integral în unitatea de masă având valoarea de 1 J/Kg. O unitate tolerată este rad-ul (1 rad = 10⁻²J/Kg).

Mărimea care măsoară efectele biologice ale radiațiilor nucleare este *echivalentul de doză (doză biologică)* a cărei unitate de măsură în S.I. este siver-ul. Prin definiție, la o doză de Gy corespunde o doză biologică de un Sievert dacă radiațiile ionizate sunt X sau γ . O unitate de măsură tolerată pentru doza biologică este rem-ul. 1 rem reprezintă doza biologică corespunzătoare unei doze energetice de un rad pentru radiațiile X sau γ .

În cazul radiațiilor γ , intensitatea I, adică energia ce traversează în unitatea de timp unitatea de arie perpendiculară pe direcția de propagare, scade exponențial cu grosimea x a substanței absorbante străbătute după legea:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

unde I_0 este intensitatea inițială, iar μ -coeficientul de atenuare al radiațiilor γ respective.

Rezultă:

$$dI = -\mu \cdot I \cdot dx = \frac{dW}{t \cdot Az}$$

$$\Delta W = -\mu \cdot t \cdot l \cdot A \cdot \Delta x = -\mu \cdot t \cdot i \cdot \Delta V$$

ΔV fiind volumul în care se produce absorbția, iar semnul "-" indicând scăderea energiei câmpului de radiații în urma absorbției de către substanță. Dacă substanța are densitatea ρ , doza de radiații este:

$$D = \frac{\Delta W}{\rho \Delta V} = \frac{\mu}{\rho} \cdot It.$$

Dezvoltăm raționamentul impunând unele condiții simplificatoare, adecvate însă experimentului real pe care îl efectuăm și anume:

- se consideră o sursă de radiații γ , pentru care absorbția în mediu în care lucrăm, aerul, poate fi în prima aproximație neglijată;
- sursa se presupune a fi punctiformă și emite fotoni cu energie E_γ .
- nu se ia în calcul fondul de radiații.

Mai reamintim că activitatea Λ a unei surse de radiații este definită ca numărul de dezintegrări ce au loc în sursă, în unitatea de timp:

$$\Lambda = \frac{dN}{dt}$$

având drept unitate în S.I. becquerel-ul (1 Bq=1 dezintegrare/secundă), și ca unitate de măsură tolerată Curie-ul (1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ dezintegrări/secundă).

În aceste condiții, intensitatea I a radiațiilor la distanța r de sursă, în absența oricărui absorbant intermediar, se scrie:

$$I = \frac{\Lambda s E \gamma}{4\pi r^2}$$

s fiind numărul de cuante emise la fiecare dezintegrare. Deci

$$D = \frac{\mu}{\rho} \cdot t = \frac{\Lambda s E \gamma}{4\pi r^2}$$

doza debit de radiație este doza primită în unitatea de timp de către substanța respectivă:

$$d = \frac{D}{t} = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{\Lambda s E \gamma}{4\pi r^2}$$

Pentru o anumită sursă și o anumită substanță absorbantă, termenii μ, ρ, E, γ, s sunt constanți.

Se notează

$$\Gamma = \frac{\mu s E \gamma}{4\pi \rho}$$

această constantă găsindu-se tabelată în literatura de specialitate. Doza debit, în condițiile considerate:

$$d = \frac{\Gamma \Lambda}{r^2}$$

3. Descrierea instalației experimentale

Orice radiometru are mai multe etaje principale care apar sub forma următoarei scheme bloc:



Detectorul, de tip Geiger-Müller, al radiometrului portabil "Doziport-537" dă la ieșire impulsuri a căror rată (număr de impulsuri/minut) este proporțională cu doza debit a radiațiilor ionizate ce cad asupra detectorului. Impulsurile venite de la sondă sunt amplificate, apoi standardizate ca amplitudine și durată de un formator. Circuitul integrator transformă aceste impulsuri standardizate într-o tensiune continuă, proporțională cu rata acestora, tensiune ce poate fi citită pe scala instrumentului indicator etalonată în mărimi radiometrice (milirem/oră). Fluctuația statistică se micșorează operând cu o constantă de timp de 5 sau 10 secunde.

Ca sursă de radiații γ se poate folosi un preparat de ^{137}Cs sau un preparat de ^{60}Co și vor fi puse la dispoziția studentului de către cadrul didactic.

4. Modul de lucru

- Se pornește dozimetrul, se fixează constanta de timp la valoarea maximă și scala de măsură la valoarea de 0,3 mrem/h
- Se înregistrează valoarea dozei debit în absența sursei de radiații (doza de fond) și se notează valoarea în tabel în dreptul valorii $r = \infty$
- Se fixează sursa la capătul bancului optic astfel încât mijlocul containerului cilindric ce conține preparatul radioactiv să fie la o distanță de 5 cm față de capătul riglei gradate.
- Se înregistrează dozele debit mutând detectorul din 5 în 5 cm pornind de la capătul riglei. Valoarea corespunzătoare lui $r = 5$ cm se înregistrează la capătul riglei gradate deoarece materialul radioactiv se află în mijlocul containerului cilindric.
- Datele obținute se trec în tabelul de mai jos:
- Se repetă operațiunile de mai sus de trei ori (se completează liniile I, II, III)
- Se calculează valorile medii (\bar{d}) pe fiecare coloană
- Se efectuează corecția de fond $d = \bar{d} - \bar{d}_\infty$ unde \bar{d}_∞ este valoarea din ultima coloană corespunzătoare distanței infinite față de sursă

r (cm)		5	10	15	20	25	30	∞
$1/r^2$ cm								
d	I							
	II							
	III							
\bar{d}								
$d = \bar{d} - \bar{d}_\infty$								

5. Prelucrarea rezultatelor experimentale

Se reprezintă grafic dozele debit medii găsite la distanțele menționate ca funcție de inversul pătratului acestor distanțe: $\bar{d} = f(1/r^2)$ și se aproximează punctele cu o dreaptă (abaterea sunt explicabile în condițiile simplificatoare menționate).

Din panta drepteii se determină activitatea sursei de radiații luând în calcul, pentru sursa de ^{137}Cs : $\Gamma = 3,49 \text{ rem} / \text{cm}^2 \cdot \text{mCi} \cdot \text{h}$ iar pentru sursa de ^{60}Co : $\Gamma = 1,76 \text{ rem} / \text{cm}^2 \cdot \text{mCi} \cdot \text{h}$

OBSERVAȚII*

1. Această lucrare este destinată să pregătească utilizatorii de radiație pentru a fi capabili să-și organizeze singuri protecția. Din acest motiv rugăm pe cei ce efectuează lucrarea să considere că propria siguranță poate depinde de măsurile luate.
2. La fondul de radiații contribuie toate sursele din laborator, inclusiv cea examinată. Se poate determina fondul, îndepărtând detectorul până unde doza este constantă.
3. Curba $\bar{d} = f(1/r^2)$ se apropie de o dreaptă, dar din cauza fenomenelor de împrăștiere și acumulare este doar cu bunăvoință apropiată de o dreaptă.

*Observațiile aparțin domnului profesor George Ionescu.