

DOZIMETRIA RADIATIILOR GAMA

Mărimi și unități dozimetrice

1) Doza de ioni (A) - este raportul între sarcina electrică totală Q a ionilor produși într-un anumit volum V de aer și masa volumului respectiv $A=Q/m$.

Unitatea de măsură a dozei de ioni este "roentgenul" (r). Roentgenul este doza de radiații X sau gama a cărei emisie asociată (electroni produși prin cele trei efecte) produce în condiții normale, în 1,293 mg de aer, ioni purtând sarcina electrică de $1/3$ nC de fiecare semn.

Numărul de ioni ce apar într-un cm³ cub de aer sub acțiunea dozei de 1r este $3,33 \cdot 10^{13} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,08 \cdot 10^8$ ioni.

Energia cedată de 1r într-un cm³ cub se poate găsi știind că pentru formarea unei perechi electron-ion este nevoie de 32,5 eV în cazul aerului. Ținând cont că densitatea aerului este 1,293 g/cm cub rezultă că un roentgen va ceda unui gram de aer 83,7 erg (1 erg = 10^{-7} J)

2) Raportind doza de radiație la timpul de expunere se obține mărimea numită doza debit, $d=A/t$, cu unitatea de măsură r/s.

3) Doza energetică, D depinde de energia W absorbită în țesut sau în altă substanță și reprezintă raportul dintre energia absorbită și masa substanței care a absorbit această energie. $D=W/m$

Unitatea dozei energetice este "radul", inițialele provenind de la "roentgen absorbed doze". Radul este cantitatea de radiație care cedează într-un kg de substanță o energie de 0,01 J. (1 rad = 0,01 J/kg)

4) Doza biologică, B este o mărime fizico-fiziologică dată de relația $B=\eta D$, unde η este eficacitatea biologică relativă definită ca raportul dintre energia absorbită de țesut la iradiere cu o radiație și o radiație standard pentru a obține efecte biologice cantitative și calitative identice. Unitatea ei de măsură este rem-ul, inițialele provenind de la "roentgen equivalent man".

5) Doza biologică debit, b , se definește prin relația $b=B/t$. Se măsoară în rem/s.

6) Doza maximă admisă este suma dozelor biologice primite prin expunere succesivă sau simultană la unul sau mai multe tipuri de radiații, provenite de la orice fel de sursă externă sau internă, care adăugându-se la doza provenită de la iradierea naturală nu produce efecte dăunătoare asupra individului adult normal.

Pentru persoanele expuse profesional doza totală pe întreaga viață nu poate să depășească 200 rem. Pe o durată de 40 de ani de activitate (în medie) revine o iradiere de 5 rem pe an și deci o iradiere de 100 mrem pe săptămână.

Se recomandă ca din doza totală de 200 rem individul să nu primească mai mult de 60 de rem până la 30 de ani.

Pentru persoanele expuse neprofesional, se admite o valoare maximă a dozei de 1,5 rem pe an.

Calculul dozelor de radiație primite la iradierea cu radiații electromagnetice

Pornim de la definiția dozei energetice, ca fiind energia absorbită pe unitatea de masă:

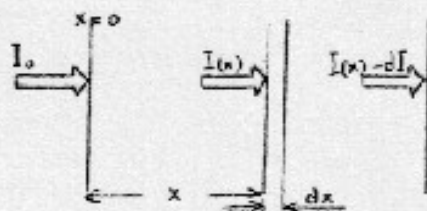
$$D = dW/dm = dW/\rho dV \quad (1)$$

unde dW este energia absorbită de la fluxul de radiații de intensitate I în masa dm , având volumul dV , ρ fiind densitatea corpului iradiat. Cum intensitatea radiațiilor absorbite scade după legea:

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

intr-un strat de grosime dx scăderea va fi (fig.1) :

$$dI = -\mu_a dx I_0 e^{-\mu_a x} = -\mu_a dx I \quad (3)$$



Prin intensitatea I a fasciculiului de radiații din relațiile (2) și (3) se înțelege energia transportată de fascicul în unitatea de timp și prin unitatea de suprafață normală la flux. Deci pierderea dI în intensitatea fasciculiului va duce la o energie absorbită de un corp cu suprafața S în timpul t conform relației :

$$dW = dI \cdot S \cdot t = \mu_a I dx S t \quad (4)$$

Împărțind relația (4) prin Δm obținem doza gama absorbită:

$$D = \frac{\mu_a I dx \cdot S \cdot t}{\rho \cdot V} = \frac{\mu_a}{\rho} I \cdot t \quad (5)$$

În cazul unei surse punctiforme de activitate A , care emite la fiecare dezintegrare mai multe cuante de energie E_i , avem:

$$I = \frac{\Delta \sum E_{si} S r_i}{4\pi r^2} \quad (6)$$

unde r este distanța de la sursă iar $S r_i$ este factorul de schemă (nr. de cuante gama cu energia E_i emise la o dezintegrare a nuclidului respectiv).

Tinând seama că doza biologică este $D = \eta D$ unde η este eficacitatea biologică relativă ($\eta_i = 1$ rem/rad) avem:

$$B_r = \eta_r \frac{\mu_a}{\rho} \frac{\Delta \sum E_{si} S r_i}{4\pi r^2} t \quad (7)$$

În relația (7) este coeficientul masic de absorbție a pesutului care depinde de energia radiațiilor gama. Acest coeficient pentru apă și în domeniul 0,2-2 MeV este aproximativ constantă și egal cu 0,03 cm²/g. Pentru radiații X de 40 KeV acest coeficient este dublu.

În cazul radiațiilor, cu parcurs (α, β) doza se calculează cu relația:

$$B_{d,p} = \eta_{d,p} \frac{dW}{dm} = \eta_{d,p} \frac{I}{R_m} t \quad (8)$$

unde I este intensitatea fascicului de radiație iar R_m este parcursul masic (R_m=ρR). Împărțind relațiile (7) și (8) prin t obținem debitul dozei:

$$b_{\gamma} = \eta_{\gamma} \frac{M_a}{\rho} \frac{\Delta \sum E_{\gamma i} \cdot S_{\gamma i}}{4\pi r^2} \quad (9)$$

Pentru a exprima doza în rem, relațiile (7) și (8) trebuie înmulțite cu 100. În acest caz pentru debitul dozei biologice măsurat în rem/s obținem relația:

$$b_{\gamma} = 10^2 \eta_{\gamma} \frac{M_a}{\rho} \frac{\Delta \sum E_{\gamma i} \cdot S_{\gamma i}}{4\pi r^2} \text{ (rem/s)} \quad (10)$$

toate celelalte mărimi fiind luate în S.I.

Dacă între sursa punctiformă și locul unde se calculează doza debit există un material atenuator se va ține cont de atenuarea fascicului de radiații și relația (10) devine:

$$b_{\gamma} = 10^2 \eta_{\gamma} \frac{M_a}{\rho} \frac{\Delta \sum E_{\gamma i} \cdot S_{\gamma i}}{4\pi r^2} e^{-\mu x} B_D \quad (11)$$

x fiind grosimea materialului atenuator, μ coeficient liniar de atenuare și B_D=B_D(μx) este un factor de corecție numit și factor de creștere a dozei și se definește ca raportul dintre intensitatea radiației ce ajunge la corp în absența materialului atenuator și cea care ajunge la corp în prezența sa, după efectuarea corecției de atenuare.

Pentru plumb și energii în domeniul 0,1-3 MeV acest factor se calculează aproximativ cu relația:

$$B_D = 1 + \frac{\mu x}{2}$$

Această constantă este tabelată într-o gamă largă de energii și pentru diferite materiale. În tabelul următor este dată această constantă pentru plumb pentru care μ=0,6 cm⁻¹ la o energie de 1 MeV.

Energia fotonilor
MeV

Grosimea în lungimi de relaxare
2 4 7 10 15

0.5

1

2

3

4

5

8

10

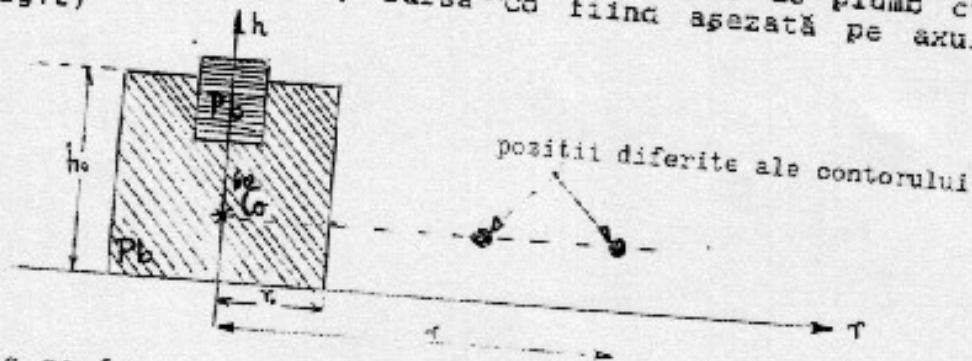
1,42	1,69	2,00	2,27	2,65
1,69	2,26	3,02	3,74	4,81
1,76	2,51	3,66	4,84	6,86
1,68	2,43	3,75	5,30	8,44
1,56	2,25	3,61	5,44	9,78
1,46	2,08	3,44	5,55	11,74
1,30	1,74	2,89	5,07	14,05
1,23	1,58	2,52	4,34	12,54

Modul de lucru

Scopurile acestei lucrări sînt:

1. Localizarea sursei gama din turnul de plumb.
2. Studiul variației cu distanța a dozei debit.
3. Determinarea activității sursei.

Pentru aceasta se va măsura doza debit (mrem/h) produsă de o sursă punctiformă de ^{60}Co închisă într-un castel de plumb cu grosimea peretelui de 10 cm, sursa ^{60}Co fiind așezată pe axul turnului. (fig.2)



Măsurătorile se fac cu un dozimetru tip DOZIPORT 537 echipat cu un contor Geiger-Müller cu grosimea de 10 cm încapsulat într-un cilindru de aluminiu pentru protecție.

1. Se va măsura doza debit datorată fondului, apoi se va măsura b_r la peretele turnului, la diferite înălțimi și se va reprezenta grafic $b_r=f(h)$. Din acest grafic va rezulta înălțimea la care se află sursa.
2. Se va măsura b_r la nivelul la care se află sursa, la diferite distanțe începînd de la r_0 (la peretele turnului) pînă la $r=40$ cm. Efectuînd apoi corecția de fond se va reprezenta grafic $b_r=f(r)$.
3. Activitatea sursei se determină din relația (11), în care $\eta_r=1$, $\mu_0/\rho=0,03$ cm²/g, iar B_0 se ia din tabelul anterior pentru $\mu_{0,6}$ la energia de 1 MeV și $r_0=10$ cm (debitul dozei este măsurat). Pentru calculul sumei din relația (11) se ține cont de schema de dezintegrare a ^{60}Co . Se obține în dez/s. Se va calcula A pentru doza debit măsurată la $r=r_0$; $r=2r_0$; $r=5r_0$. obs. b_r măsurat va fi corectat de fond.