

Măsurarea parcursului particulelor α și determinarea energiei E_α

Radioactivitatea α se observă de obicei la elementele grele ($Z \geq 81$) în special la cele care posedă o radioactivitate naturală. Particulele α emise de un radionuclid au practic toate aceeași energie, care se măsoară prin lungimea parcursului în aer la temperatura de 15°C și presiunea de 760 mm col. Hg.

Parcursul este distanța pe care particula α o străbate în mediul respectiv până își pierde energia. Parcursul particulelor α se micșorează cu creșterea greutății atomice a elementului absorbant. Parcursul în diferite substanțe poate fi calculat cu o precizie de $\sim 10\%$ cu formula empirică a lui Bragg:

$$R = 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{R_0}{\rho} A^{1/2}, \quad (1)$$

unde R este parcursul în substanța dată caracterizată prin densitatea ρ și numărul de masă A , iar R_0 este parcursul în aer.

În lichide și solide parcursul este cu atât mai mic cu cât densitatea substanței este mai mare. Pentru compararea acțiunii de absorbție a diferitelor substanțe se utilizează mărimea denumită “putere de frânare relativă”.

$$S = \frac{R}{A} \rho / \frac{R_0}{A_0} \rho_0 \quad (2)$$

unde R și A caracterizează substanța utilizată, iar R_0 , A_0 și ρ desemnează mărimile caracteristice aerului.

Puterea de frânare arată, pentru substanța studiată și pentru aer, raportul dintre grosimile straturilor de absorbție totală, exprimate în g/cm^2 și raportate la unitatea de greutate atomică a elementului absorbant.

Parcursul particulelor într-o substanță cu numărul de masă A și densitatea ρ se determină cu formula (1), unde ρ este densitatea mediului respectiv (hârtie, emulsii nucleare, zinc, aluminiu: $\rho_{\text{Al}} = 2,7 \text{ g/cm}^3$). Se constată că particulele α sunt ușor absorbite chiar de o foaie de hârtie.

Dacă comparăm densitatea emulsiei fotografice $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$, $Z = 29$ și $n = 7,9 \cdot 10^{22}$ atomi/cm³ se ajunge la concluzia că emulsia seamănă cu aluminiul. De exemplu, dacă am

iradia emulsia cu protoni , legătura între energia protonilor și parcursul lor este $E_\alpha = 0,26 \cdot R^{0,58}$ unde E_α este exprimată în MeV și R în μm ($1\mu\text{m}=10^{-4} \text{ cm}$).

Energia depusă pe unitatea de parcurs (numită ionizare specifică) pentru particula nucleară, este direct proporțională cu pătratul sarcinii particulei bombardante, cu densitatea electronilor n_e din mediul respective și depinde de energia particulei (sau viteza ei) astfel:

$$\frac{dE}{dx} \approx z^2 \cdot n_e \cdot \phi(v) \quad (3)$$

Scoțând pe dx din relația (3) și integrând după energia particulei de la E_{\max} până la $E=0$ (cât are la finalul cursei) se obține parcursul mediu al particulei în mediul respectiv. Deci:

$$\bar{R} = \int_{E_{\max}}^0 dx = \int_{E_{\max}}^0 \frac{dE}{z^2 n_e \phi(v)} = F(E_{\max}) \quad (4)$$

Pentru particule α in aer, parcursul se poate calcula cu relația lui Geiger

$$\bar{R}(\text{cm}) = 0,318 \cdot E^{3/2}(\text{MeV}) \quad (5)$$

valabila pentru energii mici care îndeplinesc relația $3 < \bar{R}_0 < 7 \text{ cm}$. Cu relația (5) putem calcula energia particulelor α măsurate.

În lucrarea de față după determinarea lui \bar{R} se va trece la calculul energiei medii a particulelor α și compararea relației (5) cu determinări de pe graficul anexat, (Fig. 1).

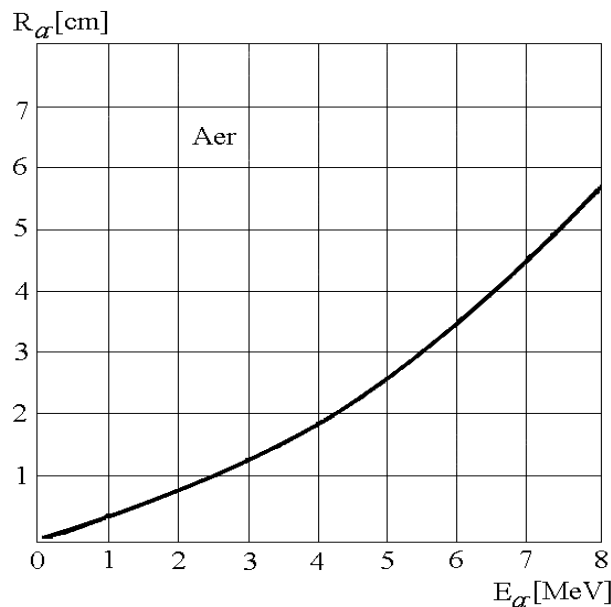


Fig. 1. Parcursul particulelor α în funcție de energie pentru aer

Pentru detectarea particulelor α în lucrarea de față, se folosesc scintilațiile produse în unele materiale ca: sulfura de zinc, platinocianura de bariu, naftalen, antracen, stilben, etc. iar

numărarea scintilațiilor se face cu fotomultiplicatorul. Aceste substanțe sub acțiunea radiațiilor produse de substanțele radioactive, emit cuante de lumină prezentând fenomenul de fluorescență. La revenirea moleculei excitate de particulele α în starea fundamentală (durata medie a stării de excitație fiind de 10^{-8} sec.) se emit cuante de lumină. Dacă revenirea la starea fundamentală se face mai complicat, emisia de lumină se face cu întârziere, fenomenul fiind cel de fosforescență. Substanțele fluorescente trebuie să satisfacă condițiile necesare detectării radiațiilor:

- să aibă dimensiuni suficient de mari pentru ca radiațiile incidente să cedeze cât mai multă energie.
- să fie transparente pentru lumina proprie încât scintilațiile să ajungă în fotomultiplicator
- să emită acele radiații luminoase a căror λ se situează în domeniul de lucru al fotomultiplicatorului

Aceste condiții sunt satisfăcute de către monocristale, cele mai răspândite fiind cristalele anorganice, de exemplu NaI și cristalele organice ca: naftalenul și antracenu și altele.

Luminescența este transformată în semnale electrice de către fotomultiplicator.

Particulele α pătrund în fotomultiplicator printr-o fereastră subțire de aluminiu care are o acțiune ușor absorbantă asupra radiațiilor.

Ca instalație de numărare se folosește un analizor monocanal de impulsuri, care înregistrează numărul de impulsuri ce apar în contor cu ajutorul unui numărător mecanic. Se apropie sursa radioactivă de ecranul fotomultiplicatorului până apar primele impulsuri.

Se notează poziția sursei față de fotomultiplicator și se numără timp de trei minute impulsurile. Se calculează o viteză de numărare medie pentru distanța respectivă. Apoi se micșorează distanța, la început din doi în doi, milimetri și se determină viteza de numărare pentru fiecare poziție. Datele se trec într-un tabel:

Distanța x (cm)	Timpul t (min)	Numărul de impulsuri	Viteza de numărare dN/dt (imp/min)

Deoarece se urmărește determinarea parcursului α în aer, se poate introduce o corecție pentru fereastra de aluminiu a manșonului fotomultiplicatorului ținând cont de faptul că aceasta absoarbe parțial fascicolul α incident. Se trasează curba vitezei de numărare în funcție de distanța sursei de fotomultiplicator.

Lungimea care se obține prin prelungirea părții aproape rectilinii de la sfârșitul curbei până la intersecția ei cu axa absciselor se numește parcurs extrapolat, R_{ext} , parcursul mediu este \bar{R}_0 iar intersecția curbei cu abscisa determină parcursul maxim R_{max} (Fig.2).

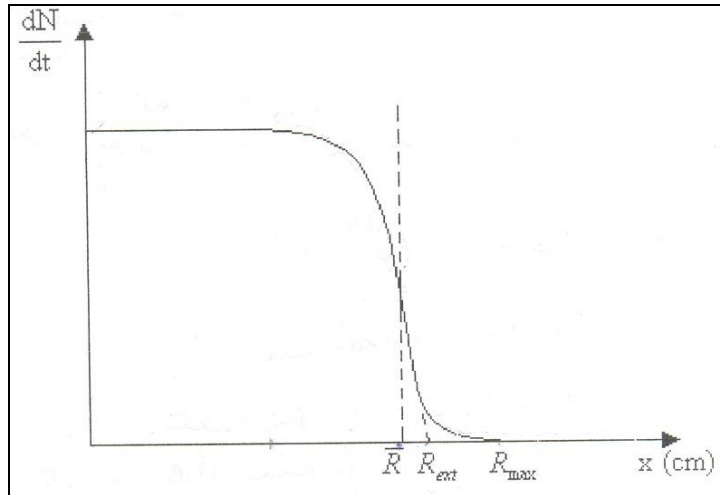


Fig. 2. Parcursul particulelor α in aer

Cunoscând parcursul se trece la calculul energiei E_α cu relația (5) sau cu ajutorul graficului anexat.

