STUDIUL FLUCTUATIILOR STATISTICE IN MASURATORI RADIOACTIVE CU CONTORI GEIGER-MULLER

Introducere

In fizica nucleară, un număr mare de mărimi au un caracter statistic, adică măsurate fiind în aceleaşi condiţii experimentale, rezultatele obţinute diferă unele de altele. Aceste abateri sunt proprii însuşi fenomenului fizic şi nu se datorează procesului de măsurare ca şi în cazul altor mărimi fizice. Din această categorie fac parte fenomenele ca dezintegrarea radioactivă, interacţiunea radiaţiei cu materia etc.

Mărimile caracteristice se exprimă prin legi statistice ce conţin valorile medii ale mărimilor respective. Abaterile individuale de la aceste valori medii se numesc fluctuaţii statistice, cunoaşterea lor fiind esenţială pentru aprecierea rezultatului experimental măsurat. Verificarea experimentală a legilor statistice se poate face numai repetând de un număr foarte mare de ori experienţa respectivă şi făcând media valorilor obţinute.

Pentru studiul unui fenomen, este esenţial să se cunoască modul cum variază probabilitatea de apariţie P a valorii x în funcţie de valoarea ei, adică care este P_i corespunzător lui x_i. Acestă dependenţă a probabilităţii de valoarea variabilei aleatorii (statistice) se numeşte funcţie de distribuţie şi se notează cu P(x), unde x poate varia atât continuu cât şi discontinuu.

Scopul lucrării de faţă este verificarea caracterului statistic al fenomenului de dezintegrare radioactivă. Ca urmare, se doreşte găsirea funcţiei de distribuţie a dezintegrării radioactive. In acest caz, mărimea statistică x este numărul de dezintegrări într-un interval de timp t şi ea poate lua valorile 1, 2, 3 ...etc.

Ne interesează care este probabilitatea de a avea în intervalul de timp t, x dezintegrări provenite din N_0 nuclee radioactive, adică P(x). Dacă p este probabilitatea de dezintegrare a unui nucleu atunci q=1-p este probabilitatea aceluiaşi nucleu de a nu se dezintegra. Deci, probabilitatea evenimentului compus: x nuclee se dezintegrează şi N_0-x rămân nedezintegrate este:

$$p^x(1-p)^{N_0-x}$$

Cum aceste x dezintegrări pot proveni din oricare din cele N_0 nuclee, pot avea loc de $C_{N_0}^{x}$ ori şi:

$$P(x) = \frac{N_0!}{(N_0 - x)!x!} p^x (1-p)^{N_0 - x}$$

Această lege se numeşte lege de distribuţie binomială.

Un caz limită al distribuţiei binomiale este **distribuţia Poisson**, care se aplică acelor evenimente întâmplătoare în care probabilitatea de apariţie este foarte mică, $p<<1$, în timp ce numărul de probe N_0 este atât de mare încât produsul N_0p rămâne constant, lucru ce se întâmplă şi în cazul nostru. In aceste condiţii, după o serie de calcule care nu sunt redate aici, funcţia de distribuţie a dezintegrării radioactive are următoare formă:

$$P(x) = \frac{(\overline{x})^x}{x!} e^{-\overline{x}}$$

Această funcţie de distribuţie este valabilă şi în cazul măsurătorilor cu un contor Geiger-Muller, x fiind numărul de impulsuri înregistrate de către contor într-un anumit interval de timp.

Modul de lucru

Se execută măsurători ale fondului cosmic cu ajutorul unui contor gama obişnuit. Intervalul de timp pentru o măsurătoare este de t=5-10 secunde astfel că numărul de impulsuri înregistrate să nu fie prea mare (sub 12-15 impulsuri).

Se face un număr mare de înregistrări, de circa 1000, pentru ca rezultatele să poată fi tratate statistic. Variabila statistică x este, în acest caz, numărul total de impulsuri înregistrate în intervalul de timp t. Dacă ea apare de n_x ori atunci numărul total de măsurători va fi:

$$N = \sum n_x$$

iar frecvenţa de apariţie a unei valori este:

$$f_x = \frac{n_x}{N}$$

Se reprezintă grafic f_x în funcţie de x sub forma unei histograme, ca în figura 1.

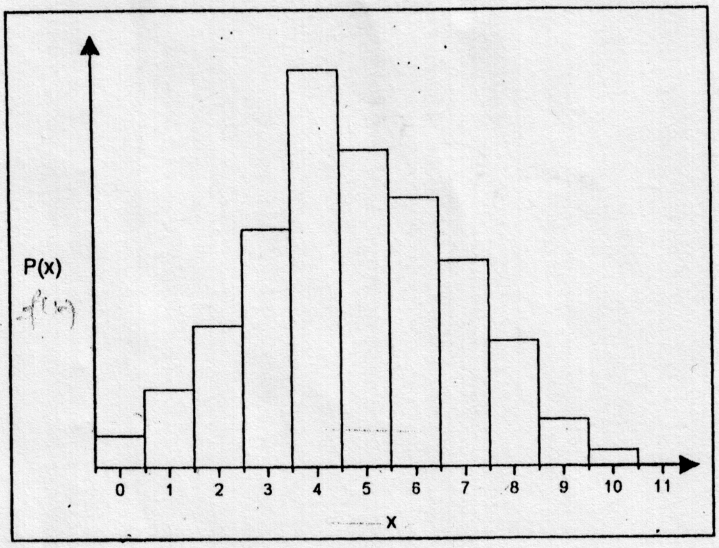

Figura 1: Curba de distribuție

Se calculează valoare experimentală medie a măsurătorilor efectuate:

$$\overline{x} = \sum (x \cdot f_x)$$

iar P(x) se obține conform formulei:

$$P(x) = \frac{(\overline{x})^x}{x!} e^{-\overline{x}}$$

și reprezintă probabilitatea teoretică de realizare a rezultatului x. Se compară (în tabel și grafic) f_x și P(x), valorile obținute trebuind să fie apropiate.

x	n_x	N	f_x	$\overline{x}$	$P(x)$

Pe grafic se va trece, tot sub forma unei histograme, dar cu o altă culoare, valorile lui P(x).

Observație:

Pentru a ușura calculul lui P(x) se poate folosi următoarea formulă de recurență:

$$P(x) = \frac{\overline{x}}{x} P(x-1)$$