XLIV OLIMPIADA FIZYCZNA
ZADANIA ZAWODÓW STOPNIA WSTĘPNEGO
CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Nazwa zadania Licznik Geigera-Müllera
Rok 1994/1995
Źródło 50 lat olimpiad fizycznych. Wybrane zadania z rozwiązaniami pod red. Janiszewski P. Mostowski J. PWN, Warszawa 2002; T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Zadanie 1C - XLIV OF, stopień wstępny.

Licznik Geigera-Müllera oraz współpracująca z nim aparatura elektroniczna mają ograniczoną zdolność rejestrowania szybko następujących po sobie zdarzeń. Licznik, który zarejestrował cząstkę, przez pewien stały odstęp czasu τ nie reaguje na następne zdarzenia. Dlatego, gdy częstość zdarzeń jest duża, licznik gubi cząstki wpadające w odstępach czasu mniejszych niż τ. Ten odstęp czasu τ, po którym licznik znów jest w stanie zarejestrować kolejną cząstkę, nazywa się czasem martwym. Przyjmujemy, że czas martwy licznika Geigera-Müllera nie zależy od rodzaju cząstek i szybkości zliczeń.

Rozważmy dwa podobne źródła promieniowania A i B, zawierające pewne izotopy promieniotwórcze i emitujące po jednej cząstce w jednym rozpadzie. Ze źródłami tymi przeprowadzono niżej opisany eksperyment składający się z trzech pomiarów. Każdy pomiar wykonywano w czasie $t = 1000$ s.

Warunki pomiaru	ilość zliczeń w czasie $t = 1000$ s
w pobliżu licznika umieszczono źródło A	$N_A = 98541$
obok źródła A umieszczono źródło B (licznik zlicza cząstki z obydwu źródeł)	$N_{AB} = 195022$
usunięto źródło A (licznik zlicza cząstki ze źródła B)	$N_B = 101481$

Oblicz czas martwy licznika τ oraz rzeczywiste liczby cząstek n_A i n_B, wysyłanych przez źródła A i B i wpadających do licznika w czasie pomiarów. Przyjmując dokładność zliczeń $\Delta N = \sqrt{N}$, podaj dokładność wyniku obliczeń czasu τ.

Rozwiązanie zadania 1C - XLIV OF, stopień wstępny.

Jeżeli licznik rejestruje N cząstek w ciągu czasu t, to przez czas τN jest on nieczynny. Dostępny czas wynosi zatem $t - \tau N$. Dla rozważanych trzech pomiarów mamy trzy równania:

$$\frac{n_{\mathrm{A}}}{t}(t - \tau N_{\mathrm{A}}) = N_{\mathrm{A}} \ , \tag{1}$$

$$\frac{n_{\mathrm{AB}}}{t}(t - \tau N_{\mathrm{AB}}) = N_{\mathrm{AB}} \ , \tag{2}$$

$$\frac{n_{\mathrm{B}}}{t}(t - \tau N_{\mathrm{B}}) = N_{\mathrm{B}} \ , \tag{3}$$

gdzie $n_{\mathrm{AB}} = n_{\mathrm{A}} + n_{\mathrm{B}}$. Powyższy układ równań można rozwiązać dokładnie. Przyjmując jednak $\tau \ll t/N$ zadowolimy się przybliżonym rozwiązaniem:

$$\tau \cong t \frac{N_{\mathrm{A}} + N_{\mathrm{B}} - N_{\mathrm{AB}}}{N_{\mathrm{AB}}^2 - N_{\mathrm{A}}^2 - N_{\mathrm{B}}^2} \cong 2,8 \cdot 10^{-4} \ \mathrm{s} \ .$$

Podstawiając obliczoną wartość τ do równań (1) i (3), otrzymujemy $n_{\mathrm{A}} \cong 101310$ i $n_{\mathrm{B}} \cong 104420$. Dokładność wyniku wynosi $\Delta\tau/\tau \cong 13\%$.

Dla dwóch różnych źródeł o znacząco różnych natężeniach promieniowania czas martwy uzyskany opisaną tu metodą byłby obarczony znacznie większym błędem. Zauważmy też, że opisana metoda pomiaru τ zawiodłaby zupełnie, gdyby źródła promieniowały cząstki w regularnych odstępach czasu.