

Ćwiczenie 15

Badanie rozkładu niepewności pomiarowych w pomiarach okresu wahań wahadła

I. Wymagania do ćwiczenia

1. Pojęcie niepewności wyniku pomiaru i błędu pomiaru. Rodzaje niepewności pomiarowych. Zapisywanie wyniku pomiaru z uwzględnieniem niepewności pomiarowej.
2. Rozkład normalny (Gaussa) wyników pomiarów. Parametry charakterystyczne tego rozkładu. Gęstość prawdopodobieństwa i prawdopodobieństwo otrzymania określonego wyniku pomiaru.
3. Wahadło matematyczne. Przybliżenie małych wychyleń.

Literatura

H. Szydłowski, *Pracownia Fizyczna*, PWN, Warszawa 1999

C. Bobrowski, *Fizyka – krótki kurs*, WNT Warszawa 2003

H. Szydłowski, Międzynarodowe normy oceny niepewności pomiaru, *Postępy Fizyki*, Tom 51, Zeszyt 2, 2000

II. Metodologia wykonania pomiarów

1. Zmierzyć przy pomocy sekundomierza czas t pięciu wahań wahadła. Pomiary powtórzyć 100 razy zachowując stałą wielkość wychylenia początkowego ok. 3° , co odpowiada wychyleniu kulki o ok. 7 cm od położenia równowagi. Wyniki zapisać w tabeli:

Czas trwania pięciu okresów wahań wahadła [s]									

III. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć wartość średnią pomiarów \bar{t} posługując się zależnością $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \mu$.

2. Obliczyć odchylenie standardowe wartości średniej $s_t - s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} u(x)$

3. Obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru s_t – zależność

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \sigma .$$

4. Narysować na papierze milimetrowym wykres funkcji Gaussa $p(t)$ przedstawionej zależnością $p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$ przyjmując $\mu = \bar{t}$ oraz $\sigma = s_t$
5. Obliczyć ilość k wyników pomiarów przedstawionych w tabeli 1, przypadających na określone przedziały o wielkości Δt równej np. 0.1s rozłożone symetrycznie względem przedziału ($\bar{t} - 0.05s, \bar{t} + 0.05s$). Wyniki zapisać w tabeli
6. Wyznaczyć prawdopodobieństwo $P(\Delta t)$ otrzymania wyniku pomiaru w danym przedziale obliczając pole pod krzywą Gaussa $p(t)$ w tym przedziale. Wyniki zapisać w tabeli.

$t[s]$	$k/100$	$P(\Delta t)$
...		
...		
...		
$\bar{t} - 0.15s, \bar{t} - 0.05s$		
$\bar{t} - 0.05s, \bar{t} + 0.05s$		
$\bar{t} + 0.05s, \bar{t} + 0.15s$		
...		
...		
...		

7. Wykonać wykres (histogram) przedstawiający w postaci kolumn w poszczególnych przedziałach wyniki zawarte w tabeli 2.
8. Obliczyć okres wahań T wahadła i niepewność standardową okresu. Obliczyć niepewność standardową względną.
9. Obliczyć okres wahań wahadła T_m traktując je jako wahadło matematyczne. Długość wahadła zmierzona do środka kulki wynosi (132.0 ± 0.5) cm. Obliczyć niepewność $u(T_m)$.
10. Przedstawić własne uwagi i wnioski dotyczące otrzymanych wyników.