Pomiary i niepewności

PEŁNA · CC BY 4.0

Pomiar powtarzany

średnia z pomiarów $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$

n ≥ 1; pomiary tej samej wielkości w tych samych jednostkach.

odchylenie standardowe pomiarów

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

n ≥ 2; rozrzut wyników opisuje odchylenie standardowe próby.

niepewność standardowa średniej typu A $u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$

n ≥ 2; niezależne pomiary w tych samych warunkach i o tej samej wariancji. Nie obejmuje dodatkowych składowych typu B.

względna niepewność średniej $u_r = \frac{u_A}{|\bar{x}|}$

Średnia różna od zera. Wzór daje ułamek; żeby otrzymać procenty, mnożymy go przez 100%.

Zapis wyniku pomiaru z niepewnością

krok	zasada	przykład
1	Niepewność zaokrąglamy zwykle do dwóch cyfr znaczących.	u = 0,01225 s → 0,012 s
2	Średnią zaokrąglamy do tego samego miejsca po przecinku co niepewność.	średnia 0,51 s → 0,510 s
3	Wynik zapisujemy z niepewnością i jednostką.	t = (0,510 ± 0,012) s
4	Niepewność względną podajemy w procentach.	u_r = 0,012 / 0,510 ≈ 2,4%

Zapis wyniku pomiaru z niepewnością. Kolejne kroki na przykładzie serii czasów spadania piłki (średnia 0,51 s, niepewność typu A ≈ 0,01225 s).

Niepewności złożone

niepewność typu B — rozkład prostokątny $u_B = \frac{a}{\sqrt{3}}$

Błąd leży gdzieś w przedziale od −a do a; jednakowo długie fragmenty tego przedziału są tak samo prawdopodobne (rozkład jednostajny). Wielkość a to połowa szerokości przedziału, nie cały zakres.

propagacja niezależnych niepewności

$$u_c^2(y) = \sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)$$

y=f(x₁,…); liniowe przybliżenie, wejścia nieskorelowane. Przy korelacjach trzeba dodać wyrazy kowariancji.

niepewność rozszerzona $U = k u_c$

Podaj współczynnik rozszerzenia k i przyjęte prawdopodobieństwo pokrycia. k=2 nie zawsze oznacza dokładnie 95%.

Symbole i jednostki

symbol	znaczenie	jednostka
a	półszerokość przedziału błędu	
f	model pomiaru	
i	indeks	
k	współczynnik rozszerzenia	1
n	liczba pomiarów	1
s	odchylenie standardowe pomiarów	jednostka mierzonej wielkości
u	niepewność standardowa wejścia	
u_A	standardowa niepewność średniej typu A	jednostka mierzonej wielkości
u_B	niepewność standardowa typu B	
u_c	złożona niepewność standardowa	
u_r	względna standardowa niepewność	1
U	niepewność rozszerzona	
$\bar{x}$	średnia zmierzonych wartości	jednostka mierzonej wielkości
x_i	wynik i-tego pomiaru	jednostka mierzonej wielkości
y	wynik	