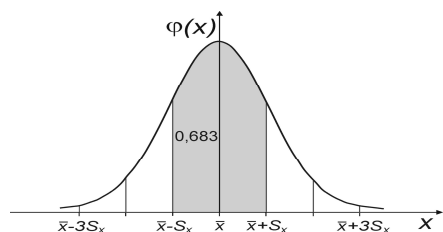


NIEPEWNOŚCI STATYSTYCZNE

W eksperymentach, w których dominują niepewności przypadkowe (tj. podlegające rozkładowi Gaussa) wartość oczekiwana pomiaru jest równa średniej arytmetycznej (\bar{x}) wyników poszczególnych pomiarów (x_i), a o statystycznej niepewności pomiarowej serii wielu pomiarów mówi odchylenie standardowe średniej.



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

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

Przykład:

Założmy, że do wyznaczenia czasu spadku swobodnego jakiegoś ciała używamy stopera pozwalającego na pomiar z dokładnością do 0,01 s. Mierząc wielokrotnie ten czas otrzymujemy wyniki, które opisane są pewną statystyką (krzywa Gaussa o centrum w określonym punkcie i o określonej szerokości). Na podstawie uzyskanych wyników jesteśmy w stanie wyznaczyć estymatory wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego wartości średniej. Tę ostatnią interpretujemy jako niepewność statystyczną wykonanej serii pomiarów.

Jeżeli interesującej nas wielkości fizycznej nie można zmierzyć w sposób bezpośredni, ale znana jest funkcja $z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ opisująca związek pomiędzy wielkością z (mierzoną w pomiarze pośrednim) i mierzonymi bezpośrednio wielkościami X_1, X_2, \dots, X_n , to estymator wartości oczekiwanej wielkości fizycznej z obliczamy ze wzoru:

$$\bar{z} = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n)$$

a miarą jej niepewności statystycznej jest odchylenie standardowe:

$$\Delta z_{st} = S_z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial X_1} S_{X_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial X_2} S_{X_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial X_n} S_{X_n}\right)^2}$$

NIEPEWNOŚCI SYSTEMATYCZNE

W oszacowaniu dokładności pomiarów należy uwzględnić także niepewności systematyczne wynikające np. z dokładności przyrządów, czy cech specyficznych pomiaru.

Przykład:

Założmy, że używamy wagi o nominalnej dokładności 0.1 kg. Może się zdarzyć, że ważąc przy jej pomocy pewną ilość jakiejś substancji zawsze uzyskiwać będziemy taki sam wynik, nawet wtedy gdy zdejmujemy z szalki wagi pewną ilość tej substancji. Podobnie systematycznie zafałszowany wynik otrzymamy, gdy waga nie została uprzednio odpowiednio wykalibrowana, czy „wyzerowana”. Niepewność systematyczna związana z wagą może być dominująca i decyduje ona o całkowitej niepewności pomiaru.

Niepewność systematyczną wielkości złożonych możemy znaleźć metodą różniczki zupełnej:

$$\Delta z_{sys} = \left| \frac{\partial f}{\partial X_1} \Delta X_1^{sys} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial X_2} \Delta X_2^{sys} \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial X_n} \Delta X_n^{sys} \right|$$

Jeżeli w przepisie funkcji opisującej wielkość z występują tylko iloczyny lub ilorazy wielkości prostych (tj. mierzonych w pomiarach bezpośrednich), np. $U = RI$, to wzór powyższy jest równoważny zależności:

$$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta X_1}{X_1} + \frac{\Delta X_2}{X_2} + \dots + \frac{\Delta X_n}{X_n}$$

FORMA WYNIKU KOŃCOWEGO

Wynik końcowy pomiaru powinien być podany w następującej postaci:

$$z = \bar{z} \pm \Delta z_{st} \pm \Delta z_{sys} \text{ [jednostka]}$$