Przygotował dr Grzegorz Hoffmann

KLASYFIKACJA POMIARÓW WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

POMIAR PROSTY

to taki pomiar, dla którego wynik końcowy x odczytujemy bezpośrednio z przyrządu pomiarowego.

Przykładem takiego pomiaru jest odczyt:

a) *długości z miarki (linijki, suwmiarki, mikrometru)*
b) *natężenia prądu z amperomierza*
a) *czasu ze stopera*
b) *temperatury z termometru;*

Wielkość, której wartość uzyskujemy poprzez pomiar prosty nazywamy prostą wielkością fizyczną

POMIAR ZŁOŻONY

to taki pomiar. dla którego wartość liczbową wyznaczanej wielkości fizycznej W uzyskujemy dopiero wtedy, gdy wyniki uzyskane w trakcie przeprowadzonych uprzednio pomiarów kilku niezależnych wielkości prostych (np. x_1, x_2, x_3), podstawimy do odpowiedniego wzoru i dokonamy obliczeń: $W=W(x_1,x_2,x_3)$.

Prostym przykładem takiego pomiaru jest wyznaczenie objętości prostopadłościanu V poprzez:

c) *pomiar długości trzech różnych krawędzi prostopadłościanu* x_1, x_2 oraz x_3
d) *podstawienie uzyskanych wyników do wzoru i obliczenie objętości prostopadłościanu:*

$$V=V(x_1, x_2, x_3)=x_1 x_2 x_3$$

Wielkość, której wartość uzyskujemy poprzez pomiar złożony nazywamy złożoną wielkością fizyczną

KLASYFIKACJA I OBLICZANIE BŁĘDÓW POMIAROWYCH PROSTYCH WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

BŁĘDY SYSTEMATYCZNE

wynikają z klasy przyrządu pomiarowego i popełniamy je przy każdym kolejnym odczycie jego wskazań.

Jeśli przez ***Δx*** *oznaczymy najmniejszą działkę na skali przyrządu pomiarowego, za pomocą którego dokonujemy pomiaru prostej wielkości fizycznej x, to mówimy, że pomiar* ***x*** *jest powtarzalny z dokładnością do* ***Δx*** *albo że pomiar jest obarczony błędem* ***Δx****. Zapis dokonanego pomiaru wartości* ***x*** *zaopatrujemy w wartość błędu, jakim jest obarczony uzyskany odczyt z przyrządu:* ***x=(x±Δx) [jednostki]***

BŁĘDY PRZYPADKOWE

Ujawniają się poprzez zróżnicowanie wartości pomiarów przy kolejnych powtórzeniach odczytów z przyrządu pomiarowego. Wtedy konieczne staje się przeprowadzenia serii ***n*** *pomiarów tej samej wielkości fizycznej* ***x*** *oraz obliczenie na ich podstawie średniej arytmetycznej, której wartość przyjmujemy jako wynik końcowy pomiaru.*

Błąd wartości średniej $\Delta\bar{x}$ ***dla małej serii n powtarzanych pomiarów wielkości x obliczamy za pomocą odchylenia standardowego wartości średniej*** *według następującego wzoru:*

$$\Delta\bar{x} = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n(n-1)}} = 3\sqrt{\frac{\left(x_1-\bar{x}\right)^2+\left(x_2-\bar{x}\right)^2+\ldots+\left(x_n-\bar{x}\right)^2}{n(n-1)}}$$

Kalkulator naukowy w trybie SD (Standard Deviation) oblicza odchylenie standardowe według jednego z dwóch następujących wzorów:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n}} \qquad \text{albo} \qquad \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

zatem w przypadku obliczeń realizowanych za pomocą kalkulatora, wartość błędu jakim obarczona jest wartość średnia z n pomiarów, obliczamy odpowiednio za pomocą wyrażenia:

$$\Delta\bar{x} = 3\frac{\sigma_n}{\sqrt{n-1}} \qquad \text{albo} \qquad \Delta\bar{x} = 3\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

OBLICZANIE BŁĘDÓW POMIAROWYCH ZŁOŻONYCH WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

MAKSYMALNY BŁĄD SYSTEMATYCZNY FIZYCZNEJ WIELKOŚCI ZŁOŻONEJ

Jak obliczyć maksymalny błąd ***ΔW****, jakim obarczona jest wielkość fizyczna* ***W****, której wartość obliczyliśmy wykorzystując wyniki pomiarów kilku, np.. trzech wielkości prostych* x_1, x_2 *oraz* x_3 *, zmierzonych z błędami pomiarowymi równymi odpowiednio* Δx_1, Δx_2, Δx_3*?*

W zależności od analitycznej postaci funkcji: $W=W(x_1,x_2,x_3)$*, wyrażającej wyznaczaną wielkość fizyczną* ***W****, możliwe jest zastosowanie tym celu dwóch metod:*

a) ***metoda różniczki zupełnej może być zastosowana dla wielkości fizycznej wyrażonej przez funkcję o dowolnej postaci analitycznej:***

$$\Delta W = \sum_{i=1}^{3} \left| \frac{\partial W}{\partial x_i} \right| \Delta x_i = \left| \frac{\partial W}{\partial x_1} \right| \Delta x_1 + \left| \frac{\partial W}{\partial x_2} \right| \Delta x_2 + \left| \frac{\partial W}{\partial x_3} \right| \Delta x_3$$

b) metoda logarytmiczna wynika z powyższej metody i może być stosowana wtedy i wyłącznie wtedy, gdy funkcja W wyrażająca wyznaczaną wielkość fizyczną przyjmuje ogólną postać iloczynu dowolnej liczby C oraz dowolnych potęg argumentów tej funkcji, tzn. potęg o dowolnych wykładnikach poszczególnych wielkości prostych x_1, x_2 ***oraz*** x_3 ***zmierzonych podczas eksperymentu:***

$$W = W(x_1 x_2 x_3) = C x_1^n x_2^m x_3^k$$

(gdzie C jest stałą liczbową, a wykładniki n, m, k są liczbami wymiernymi)

Wtedy błąd maksymalny wyraża się wzorem:

$$\Delta W = W\left(\left| n \frac{\Delta x_1}{x_1} \right| + \left| m \frac{\Delta x_2}{x_2} \right| + \left| k \frac{\Delta x_3}{x_3} \right| \right)$$

UWAGA! *Poszczególne składniki w powyższych wzorach stanowią* ***błędy cząstkowe*** *(błędy składowe) wnoszone do błędu końcowego* ***ΔW*** *przez poszczególne pomiary wielkości prostych* x_1, x_2 *oraz* x_3*. Znak bezwzględnej wartości został wprowadzone do tych wzorów ze względów formalnych, aby ustrzec się przed ewentualnością pojawienia się ujemnych błędów składowych (???), co stanowiłoby oczywistą niedorzeczność (nie można przecież odejmować błędów, one zawsze się dodają!) .*

REGUŁY ZAOKRĄGLANIA WYNIKÓW POMIARÓW I ICH BŁĘDÓW

Zanim zestawimy wynik pomiaru „W" wraz z obliczonym dla niego błędem„ΔW", konieczne jest przeprowadzenie odpowiednich procedur zaokrąglania uzyskanych wartości.. W tym celu posługujemy się następującymi regułami zaokrąglania:

1. ***W pierwszej kolejności zaokrąglamy błąd ΔW.***
2. ***Liczbę wyrażającą błąd sprowadzamy do postaci:***

$$\Delta W = 0{,}abc \times 10^{n}$$

po czym oceniamy jej 1-sze miejsce znaczące.

3. ***Jeśli cyfra a>3 to błąd zaokrąglamy do pierwszego miejsca znaczącego:***

$$\Delta W = 0{,}abc \times 10^{n}$$

4. ***Jeśli cyfra a≤3 to błąd zaokrąglamy do drugiego miejsca znaczącego:***

$$\Delta W = 0{,}abc \times 10^{n}$$

5. ***Zanim zaokrąglimy wielkość fizyczną W, przedstawiamy jej wartość liczbową w podobnym zapisie dziesiętnym, jak poprzednio przedstawiliśmy błąd, a mianowicie:***

$$W = A{,}BCD \times 10^{n}$$

6. ***Wielkość fizyczną W zaokrąglamy do tego samego miejsca dziesiętnego, co wcześniej zaokrągliliśmy błąd ΔW, tzn., że jeżeli błąd zaokrągliliśmy do pierwszego miejsca po przecinku, to wynik zaokrąglamy również do pierwszego miejsca po przecinku, natomiast jeśli błąd zaokrągliliśmy do drugiego miejsca po przecinku, to wynik również należy zaokrąglić do tego miejsca:***

$$W = A{,}BCD \times 10^{n}$$
$$W = A{,}BCD \times 10^{n}$$

7. ***To, czy liczbę zaokrąglamy „w górę" albo „w dół", wynika z kryteriów znanych ze lekcji matematyki.***
8. ***Stosując tzw. notację naukową zestawiamy zaokrąglone wartości wyniku i jego błędu według następującego schematu:***

$$W = (W \pm \Delta W) \times 10^{n}\ [\text{jednostki}]$$

UWAGA! *W ostatecznym zestawieniu wyników wartość wykładnika **n** zazwyczaj ulega zmianie w celu dostosowaniu bądź jednostek układu SI, bądź rzędu liczby wyrażającej prezentowaną wielkość do tych standardów, jakie stosowane są powszechnie przy przedstawianiu rozważanej wielkości fizycznej.*