

# DOKŁADNOŚĆ POMIARU DŁUGOŚCI 1

## I. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

Niepewności pomiaru – standardowa niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio i złożona niepewność standardowa. Przedstawianie wyników pomiaru. Zaokrąglanie wyników pomiarów oraz ich niepewności. Statystyczny rozrzut wyników. Graficzne metody przedstawiania wyników. Regresja liniowa.

## II. POMIARY

### Zadanie 1. Rozmiary i objętość kostki metalowej przy użyciu różnych przyrządów pomiarowych.

#### **Pomiar z dokładnością do 1 mm**

Położ kostkę na arkuszu papieru milimetrowego i zmierz długość jednego z jej boków z dokładnością do 1 mm. Przesuń kostkę w inne miejsce arkusza i obróć ją tak, aby zmierzyć długość innej krawędzi. Powtórz pomiary kilka razy. W arkuszu pomiarów zapisz długość krawędzi  $a$  zmierzoną z dokładnością 1 mm.

#### **Pomiar za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,05 mm**

Spróbuj zmierzyć za pomocą suwmiarki długości różnych boków kostki. Zauważ, że przy dokładności pomiaru, którą daje suwmiarka, kostka wydaje się być raczej prostopadłościanem niż sześcianem. Zmierz więc z dokładnością do 0,05 mm długości boków tego prostopadłościanu. Wyniki zapisz w sprawozdaniu.

#### **Pomiary za pomocą śruby mikrometrycznej z dokładnością do 0,01 mm**

Wyznacz długości boków kostki z większą dokładnością używając do tego celu śruby mikrometrycznej. Zauważ, że przy tej dokładności pomiaru ujawniają się nierówności powierzchni ścian kostki. Wynik pomiaru zależy od miejsca, w którym umieszczamy szczęki przyrządu pomiarowego. W tym przypadku będziemy starać się wyznaczyć średnią grubość mierzonej ścianki. W tym celu:

- 1) dokonaj kilku, a w przypadku różnic przekraczających trzy dziesiątki skali przyrządu nawet kilkunastu pomiarów grubości kostki w różnych miejscach;
- 2) odrzuć wartości skrajne i policz średnią arytmetyczną z pozostałych wartości (wartość średnią zaokrąglamy do 0,01 mm);
- 3) za niepewność pomiaru przyjmij maksymalną różnicę między wartościami najbardziej różniącymi się od średniej a nią samą.

### Zadanie 2. Wymiary i pole powierzchni płaskiej metalowego lub gumowego pierścienia przy użyciu różnych przyrządów pomiarowych.

#### **Pomiar za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,05 mm**

Spróbuj zmierzyć za pomocą suwmiarki średnicę wewnętrzną i zewnętrzną pierścienia. Wyniki zapisz w odpowiednim miejscu sprawozdania z pomiarów.

### **Pomiar z dokładnością do 0,01 mm za pomocą mikroskopu warsztatowego**

- 1) Przed rozpoczęciem właściwych pomiarów zadбай o dobre oświetlenie stolika mikroskopowego. Wygodnie jest umieścić na stoliku arkusz papieru milimetrowego. Pozwala on śledzić kierunek przesuwu stolika przy obracaniu śruby mikrometrycznej.
- 2) Ostrość ustawić tak, aby otrzymać wyraźny obraz krzyża.
- 3) Umieść na stoliku badany pierścień tak, aby pionowa kreska krzyża pomiarowego była styczna do prawego skraju pierścienia. Powoli obracaj prawą śrubą aż do momentu, gdy kreska krzyża znajdzie się nad lewym skrajem pierścienia. Na skali śruby mikrometrycznej odczytaj wartość średnicy zewnętrznej. Powtórz pomiary dla kilku różnych położenia pierścienia. Wyniki wpisz do arkusza pomiarów.
- 4) W podobny sposób zmierz średnicę wewnętrzną pierścienia.

### **Zadanie 3. Szacowanie pola powierzchni kwadratu na papierze milimetrowym przy pomocy mikroskopu.**

Na stoliku mikroskopu warsztatowego umieść arkusz papieru milimetrowego. Oszacuj pole powierzchni objętej kwadratem o boku 1cm.

- 1) Zmierz długości boków wybranego kwadratu. Mierząc warto trzymać się zasady: “lewy skraj lewego boku - lewy skraj prawego boku” lub “górną krawędź górnego boku - górną krawędź dolnego boku”.
- 2) Wykonaj czynności z punktów 1) dla dwóch innych kwadratów wybranych z arkusza. Porównaj wyniki.

**Zadanie 4.** Na stoliku umieść linijkę szkolną. Wyznacz odległości między kreskami skali odpowiadające 5 różnym “milimetrom” z dokładnością śruby mikrometrycznej.

### **Zadanie 5. (Dla chętnych)**

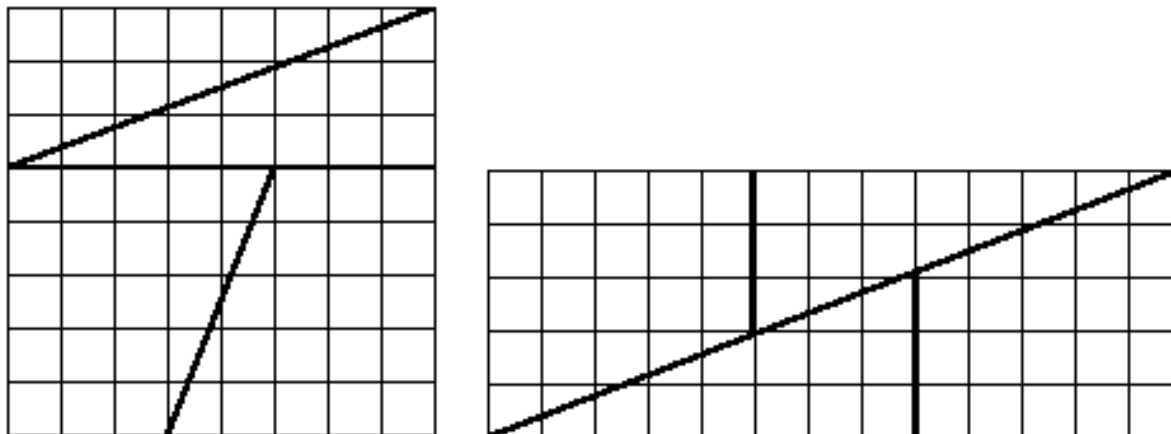
Oszacuj szerokość śladu jaki zostawia cienki ołówek na kartce papieru.

Wyznaczona wielkość przyda Ci się w wyjaśnieniu poniższego paradoksu:

Na załączonym arkuszu papieru milimetrowego narysuj kwadrat o wymiarach 8cm x 8cm, a następnie rozetnij go nożyczkami wzdłuż linii, jak na rysunku. Z otrzymanych elementów ułóż prostokąt o rozmiarach 5cm x 13cm, jak na rysunku. Zauważ, że pole powierzchni prostokąta jest większe o  $1\text{cm}^2$  od pola wyjściowego kwadratu. Czy rzeczywiście jest to pomysł na dochodową działalność gospodarczą?

Przyczyną paradoksu jest pewna niedokładność matematyczna, ale dlaczego tak trudno ją empirycznie zauważyć?

**Wskazówka.** Oszacuj pole powierzchni, którą zajmuje linia zakreślona ołówkiem o długości przekątnej prostokąta.



### III. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

**Zadanie 1.** Oblicz objętość kostki i wpisz ją do sprawozdania z wykonania ćwiczenia.

**Zadanie 2.** Oblicz pole powierzchni pierścienia i wpisz je do sprawozdania z wykonania ćwiczenia.

**Zadanie 3.** Oblicz pola powierzchni kwadratów i wpisz je do sprawozdania z wykonania ćwiczenia.

### IV. OCENA NIEPEWNOŚCI POMIARÓW

#### Zadanie 1. Rozmiary i objętość kostki metalowej.

##### **Pomiar z dokładnością do 1 mm**

1) Oszacuj za pomocą elementarnej metody niepewność pomiarową (bezwzględną) wyznaczonej objętości.

2) Oblicz na jej podstawie niepewność względną.

##### **Pomiar za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,05 mm**

Oszacuj bezwzględną i względną niepewność pomiarową wyznaczonej objętości. Wyniki wpisz do sprawozdania.

##### **Pomiary za pomocą śruby mikrometrycznej z dokładnością do 0,01 mm**

1) Oszacuj bezwzględną i względną niepewność pomiarową wyznaczonej objętości. Wyniki wpisz do arkusza.

2) Porównaj zakresy wartości objętości otrzymane za pomocą tych trzech sposobów pomiaru. Czy zakresy te zawierają się w sobie? Porównaj niepewności względne.

3) Mierząc długości boków kostki za pomocą śruby mikrometrycznej łatwo dojść do wniosku, że kostka ta wcale nie jest prostopadłościanem. Zastanów się jednak, czy dałoby się oszacować jej objętość, gdyby przyjąć, że każda z 12 krawędzi tej kostki ma inną długość.

**Zadanie 2. Wymiary i pole powierzchni płaskiej metalowego lub gumowego pierścienia.**

**Pomiar za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,05 mm**

Oszacuj niepewność pomiarową wyznaczonego pola powierzchni (bezwzględna i względna). Wyniki wpisz do arkusza.

**Pomiary z dokładnością do 0,01 mm za pomocą mikroskopu warsztatowego**

- 1) Oszacuj niepewność pomiarową wyznaczonego pola (bezwzględna i względna). Wyniki wpisz do arkusza.
- 2) Porównaj zakresy wartości pola powierzchni otrzymane za pomocą obu pomiarów. Czy zakresy te zawierają się w sobie? Porównaj niepewności względne.

**Zadanie 3. Szacowanie pola powierzchni kwadratu na papierze milimetrycznym przy pomocy mikroskopu.**

Oszacuj bezwzględną i względną niepewność pomiarową wyznaczonego pola powierzchni. Wyniki zapisz w arkuszu pomiarowym.

**V. LITERATURA**

H. Szydłowski - "Pracownia fizyczna"

T. Dryński - "Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki"

H. Szydłowski - „Niepewności w pomiarach. Międzynarodowe standardy w praktyce”

E. Dębowska - „Międzynarodowe normy oceny niepewności pomiarów”.

Imię i nazwisko ..... Data .....

Rok studiów .....  
 Grupa .....

### Sprawozdanie z wykonania ćwiczenia nr 1

#### Zadanie 1 (Kostka metalowa)

**Pomiar za pomocą linijki z podziałką milimetrową lub papieru milimetrowego:**

a) Długość boku metalowej kostki  $a = (\dots \pm \dots)$  mm

b) Objętość kostki:

$$V_{obl} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{min} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{max} = \dots \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \max ( V_{obl} - V_{min} , V_{max} - V_{obl} ) = \dots \text{ cm}^3$$

$$\text{Po zaokrągleniu : } V = \dots \pm \dots \text{ cm}^3$$

$$\text{c) } \delta = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 \% = \dots \%$$

#### **Pomiar za pomocą suwmiarki**

d) Długości boków metalowej kostki:

$$a = (\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad b = (\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad c = (\dots \pm 0,05) \text{ mm}$$

e) Objętość kostki:

$$V_{obl} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{min} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{max} = \dots \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \max ( V_{obl} - V_{min} , V_{max} - V_{obl} ) = \dots \text{ cm}^3$$

$$\text{Po zaokrągleniu : } V = (\dots \pm \dots) \text{ cm}^3 \quad \text{f) } \delta = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 \% = \dots \%$$

#### **Pomiar za pomocą śruby mikrometrycznej**

g) Długości boków metalowej kostki:

$$a = \dots \quad a_{\text{śr}} = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$$

$$b = \dots \quad b_{\text{śr}} = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$$

$$c = \dots \quad c_{\text{śr}} = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$$

h) Objętość kostki

$$V_{obl} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{min} = \dots \text{ cm}^3 \quad V_{max} = \dots \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \max ( V_{obl} - V_{min} , V_{max} - V_{obl} ) = \dots \text{ cm}^3$$

$$\text{Po zaokrągleniu : } V = (\dots \pm \dots) \text{ cm}^3 \quad \text{i) } \delta = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 \% = \dots \%$$

**Zadanie 2. (Pierścień)****Pomiar za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,05 mm.**

a)  $\Phi_{\text{zewn}} = (\dots \pm 0,05) \text{ mm}$        $\Phi_{\text{wewn}} = (\dots \pm 0,05) \text{ mm}$

b) Pole powierzchni  $S = \frac{\pi}{4}(\Phi_{\text{zewn}}^2 - \Phi_{\text{wewn}}^2)$

$S_{\text{obl}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{min}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{max}} = \dots \text{ cm}^2$

$\Delta S = \max ( S_{\text{obl}} - S_{\text{min}} , S_{\text{max}} - S_{\text{obl}} ) = \dots \text{ cm}^2$

Po zaokrągleniu :  $S = (\dots \pm \dots) \text{ cm}^2$

$\delta = \frac{\Delta S}{S} \cdot 100 \% = \dots \%$

**Pomiar za pomocą mikroskopu warsztatowego**

d)  $\Phi_{\text{zewn}} = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$

e)  $\Phi_{\text{wewn}} = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$

f) Pole powierzchni  $S = \frac{\pi}{4}(\Phi_{\text{zewn}}^2 - \Phi_{\text{wewn}}^2)$

$S_{\text{obl}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{min}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{max}} = \dots \text{ cm}^2$

$\Delta S = \max ( S_{\text{obl}} - S_{\text{min}} , S_{\text{max}} - S_{\text{obl}} ) = \dots \text{ cm}^2$

Po zaokrągleniu :  $S = (\dots \pm \dots) \text{ cm}^2$

$\delta = \frac{\Delta S}{S} \cdot 100 \% = \dots \%$

**Zadanie 3. (Kwadraty na arkuszu papieru milimetrowego)**

Wybrany kwadrat

a = ( $\dots \pm 0,01$ ) mm      b = ( $\dots \pm 0,01$ ) mm

$S_{\text{obl}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{min}} = \dots \text{ cm}^2$        $S_{\text{max}} = \dots \text{ cm}^2$

$\Delta S = \max ( S_{\text{obl}} - S_{\text{min}} , S_{\text{max}} - S_{\text{obl}} ) = \dots \text{ cm}^2$

Po zaokrągleniu :  $S = (\dots \pm \dots) \text{ cm}^2$        $\delta = \frac{\Delta S}{S} \cdot 100 \% = \dots \%$

**Zadanie 4. (Odcinki o długości 1 cm zmierzone za pomocą mikroskopu)**

a1 =  $\dots$  mm ;      a2 =  $\dots$  mm ;      a3 =  $\dots$  mm ;

a4 =  $\dots$  mm ;      a5 =  $\dots$  mm ;      a6 =  $\dots$  mm ;

średnia długość a = ( $\dots \pm \dots$ ) mm

$\delta = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100 \% = \dots \%$