

1

DOKŁADNOŚĆ POMIARU DŁUGOŚCI

1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE:

- Sposoby wyznaczania niepewności pomiaru – standardowa niepewność wyniku pomiaru wielkości mierzonej bezpośrednio i złożona niepewność standardowa;
- zaokrąglanie wyników pomiarów oraz ich niepewności;
- statystyczny rozrzut wyników;
- graficzne metody przedstawiania wyników;
- regresja liniowa.

2. POMIARY:

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

Pomiar za pomocą linijki (dokładność 1 mm)

Zmierz długości 3 różnych boków kostki z dokładnością do 1 mm. Pomiary wykonaj co najmniej 3 razy.

Pomiar za pomocą suwmiarki (dokładność 0,05 mm)

Zmierz za pomocą suwmiarki długości 3 różnych boków kostki z dokładnością do 0,05 mm. Pomiary wykonaj co najmniej 3 razy dla każdego wybranego boku.

Pomiary za pomocą śruby mikrometrycznej (dokładność 0,01 mm)

Wyznacz długości 3 różnych boków kostki używając do tego celu śruby mikrometrycznej. Zauważ, że przy tej dokładności pomiaru wynik pomiaru zależy od miejsca, w którym umieszczamy szczęki przyrządu pomiarowego.

Pomiary wykonaj co najmniej 3 razy dla każdego wybranego boku.

W przypadku różnic przekraczających trzy działki skali przyrządu należy wykonać większą ilość pomiarów.

Zadanie 2. Szacowanie objętości walca przy pomocy różnych przyrządów pomiarowych.

Zmierz za pomocą suwmiarki wysokość metalowego walca z dokładnością do 0,05 mm.

Pomiary wykonaj 5 razy zmieniając położenie suwmiarki. Następnie zmierz za pomocą śruby mikrometrycznej średnicę podstawy walca z dokładnością do 0,01 mm. Pomiary wykonaj co najmniej 5 razy zmieniając położenie śruby.

Zadanie 3. Wymiary i pole powierzchni płaskiego metalowego pierścienia przy użyciu różnych przyrządów pomiarowych.

Pomiar za pomocą linijki (dokładność 1 mm)

Zmierz za pomocą linijki średnicę wewnętrzną i zewnętrzną pierścienia. Pomiary wykonaj co najmniej 5 razy zmieniając pozycje linijki (dla każdej średnicy).

Pomiar za pomocą suwmiarki (dokładność 0,05 mm)

Zmierz za pomocą suwmiarki średnicę wewnętrzną i zewnętrzną pierścienia. Pomiary wykonaj co najmniej 5 razy zmieniając pozycję suwmiarki (dla każdej średnicy).

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Oblicz objętość kostki metalowej, objętość walca oraz powierzchnię pierścienia. Następnie wyznacz niepewności maksymalne uzyskanych wyników oraz oblicz niepewności względne.

Obliczenia można wykonać zgodnie z dołączonym wzorem (Dodatek 1).

We wnioskach porównaj wykorzystane metody pomiaru długości i ich wpływ na niepewności wyznaczanych wielkości.

4. LITERATURA

1. H. Szydłowski – “Pracownia fizyczna”
2. T. Dryński – “Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”
3. H. Szydłowski – „Niepewności w pomiarach. Międzynarodowe standardy w praktyce”

Dodatek 1**Zadanie 1. Pomiar za pomocą linijki (dokładność 1 mm):**

a) pomiary długości boku metalowej kostki (3 wartości dla trzech różnych boków):

Bok	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
a	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm
b	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm
c	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm	(..... ± 1) mm

b) średnie długości boków metalowej kostki:

 $a_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$ $b_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$ $c_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$

c) objętość kostki:

 $V_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ $V_{\text{min}} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ $V_{\text{max}} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ $\Delta V = \max(V_{\text{sr}} - V_{\text{min}}, V_{\text{max}} - V_{\text{sr}}) = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $V = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ cm}^3$ d) $\delta = \frac{\Delta V}{V_{\text{sr}}} \cdot 100\% = \dots\dots\dots \%$

V_{sr} – objętość kostki dla długości boku a_{sr} ; V_{min} – objętość kostki dla najmniejszej zmierzonej długości boku,
 V_{max} – objętość kostki dla największej zmierzonej długości boku.

Pomiar za pomocą suwmiarki:

e) pomiary długości boków metalowej kostki 3 wartości dla trzech różnych boków)

Bok	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
a	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm
b	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm
c	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm	(..... $\pm 0,05$) mm

f) średnie długości boków metalowej kostki:

 $a_{\text{sr.}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$ $b_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$ $c_{\text{sr}} = \dots\dots\dots \text{ mm}$

g) objętość kostki:

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

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

Po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $V = \dots \pm \dots \text{ cm}^3$

$$h) \delta = \frac{\Delta V}{V_{\text{śr}}} \cdot 100\% = \dots \%$$

Pomiar za pomocą śruby mikrometrycznej:

i) pomiary długości boków metalowej kostki 3 wartości dla trzech różnych boków)

Bok	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
a	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm
b	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm
c	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm	(..... $\pm 0,01$) mm

j) średnie długości boków metalowej kostki:

$$a_{\text{śr}} = \dots \text{ mm} \quad b_{\text{śr}} = \dots \text{ mm} \quad c_{\text{śr}} = \dots \text{ mm}$$

k) objętość kostki:

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

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

po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $V = \dots \pm \dots \text{ cm}^3$

$$l) \delta = \frac{\Delta V}{V_{\text{śr}}} \cdot 100\% = \dots \%$$

Zadanie 2. Objętość walca:

a) pomiar wysokości:

$$\begin{aligned} h_1 &= (\dots \pm 0,05) \text{ mm} & h_2 &= (\dots \pm 0,05) \text{ mm} & h_3 &= (\dots \pm 0,05) \text{ mm} \\ h_4 &= (\dots \pm 0,05) \text{ mm} & h_5 &= (\dots \pm 0,05) \text{ mm} \\ h_{\text{śr}} &= \dots \text{ mm} \end{aligned}$$

b) pomiar średnicy podstawy:

$$\begin{aligned} d_1 &= (\dots \pm 0,01) \text{ mm} & d_2 &= (\dots \pm 0,01) \text{ mm} & d_3 &= (\dots \pm 0,01) \text{ mm} \\ d_4 &= (\dots \pm 0,01) \text{ mm} & d_5 &= (\dots \pm 0,01) \text{ mm} \\ d_{\text{śr}} &= \dots \text{ mm} \end{aligned}$$

c) objętość: $V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$

$V_{obl} = \dots\dots\dots$

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

d) niepewność – odchylenie standardowe:

$$u(h) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (h_i - h_{\bar{s}r})^2} = \dots\dots\dots$$

$u(h) = \dots\dots\dots \text{ cm}$

$$u(d) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - d_{\bar{s}r})^2} = \dots\dots\dots$$

$u(d) = \dots\dots\dots \text{ cm}$

Złożoną niepewność standardowa:

$$u(V) = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial d}\right)^2 \cdot u^2(d) + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 \cdot u^2(h)} = \dots\dots\dots$$

$u(V) = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$

Po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $V = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ cm}^3$

Zadanie 3. Pierścień

Pomiar za pomocą linijki:

a) średnica zewnętrzna (Φ_{zew}):

$\Phi_{zew1} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{zew2} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{zew3} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$

$\Phi_{zew4} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{zew5} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$

$\Phi_{zew \bar{s}r} = \dots\dots\dots \text{ mm}$

b) średnica wewnętrzna (Φ_{wew}):

$\Phi_{wew1} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{wew2} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{wew3} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$

$\Phi_{wew4} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$ $\Phi_{wew5} = (\dots\dots\dots \pm 1) \text{ mm}$

$$\Phi_{wew\ \acute{s}r} = \dots\dots\dots \text{ mm}$$

c) pole powierzchni: $S = \frac{\pi}{4} \cdot (\Phi_{zew}^2 - \Phi_{wew}^2)$

S_{obl} – pole powierzchni pierścienia obliczone dla średnich średnic; S_{min} – pole powierzchni obliczone dla najmniejszej wartości Φ_{zew} i największej wartości Φ_{wew} ; S_{max} – pole powierzchni obliczone dla największej wartości Φ_{zew} i najmniejszej wartości Φ_{wew} .

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

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

po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $S = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ cm}^2$

d) $\delta = \frac{\Delta S}{S_{obl}} \cdot 100\% = \dots\dots\dots \%$

Pomiar za pomocą suwmiarki:

e) średnica zewnętrzna (Φ_{zew}):

$$\Phi_{zew1} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{zew2} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{zew3} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\Phi_{zew4} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{zew5} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\Phi_{zew\ \acute{s}r} = \dots\dots\dots \text{ mm}$$

f) średnica wewnętrzna (Φ_{wew}):

$$\Phi_{wew1} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{wew2} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{wew3} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\Phi_{wew4} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm} \quad \Phi_{wew5} = (\dots\dots\dots \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\Phi_{wew\ \acute{s}r} = \dots\dots\dots \text{ mm}$$

g) pole powierzchni: $S = \frac{\pi}{4} \cdot (\Phi_{zew}^2 - \Phi_{wew}^2)$

S_{obl} – pole powierzchni pierścienia obliczone dla średnich średnic; S_{min} – pole powierzchni obliczone dla najmniejszej wartości Φ_{zew} i największej wartości Φ_{wew} ; S_{max} – pole powierzchni obliczone dla największej wartości Φ_{zew} i najmniejszej wartości Φ_{wew} .

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

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

po zaokrągleniu (z uwzględnieniem 2 cyfr znaczących): $S = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ cm}^2$

h) $\delta = \frac{\Delta S}{S_{obl}} \cdot 100\% = \dots\dots\dots \%$