

Co powinno zawierać sprawozdanie

1. **Wstęp** teoretyczny (cele ćwiczenia, podstawy fizyczne zjawisk, schematy, etc.)
 2. **Tabela** z otrzymanymi danymi; może być od razu połączona z obliczeniami jak poniżej.
- Uwaga: tabela odnosi się do opornika R4, ale takie same informacje powinny być podane dla pojedynczych pomiarów na opornikach R1, R2 oraz R3

I (mA)	zakr. I (mA)	ΔI (mA)	u_I (mA)	I (u_I) (mA)	U (V)	zakr. U (V)	najm. podz. (V)	ΔU (V) / ΔU_E (V)	u_U (V)	U (u_U) (V)
34.0	200	0.508	0.293	34.00 (0.29)	13.0	30	0.5	0.3 / 0.25	0.225	13.00 (0.23)
10.95	20	0.0647	0.0374	10.950 (0.037)	4.2	10	0.2	0.1 / 0.1	0.0816	4.200 (0.082)

Np. na zakresie **200 mA**: $\Delta I = 1.2\% \text{ rdg} + 1 \text{ dgt} = 1.2/100 \cdot 34.0 \text{ mA} + 0.1 \text{ mA} = 0.508 \text{ mA}$

Np. na zakresie **20 mA**: $\Delta I = 0.5\% \text{ rdg} + 1 \text{ dgt} = 0.5/100 \cdot 10.95 \text{ mA} + 0.01 \text{ mA} = 0.0647 \text{ mA}$

niepewność standardowa: $u_I = \Delta I / \sqrt{3}$

$\Delta U = \text{klasa} \cdot \text{zakres} / 100$

$\Delta U_E = \text{np. } \frac{1}{2} \text{ najmniejszej podziałki}$

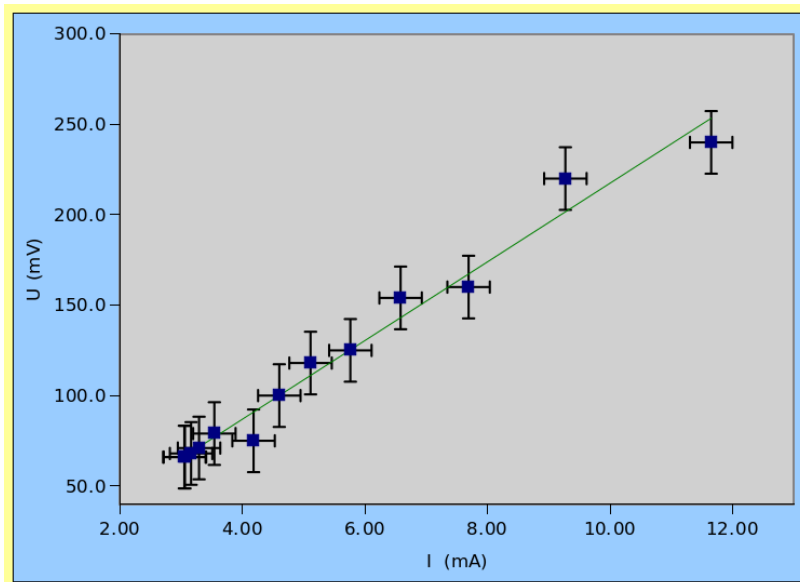
Np. na zakresie 30 V: $\Delta U = 1 \cdot 30 \text{ V} / 100 = 0.3 \text{ V}$; $\Delta U_E = 0.25 \text{ V}$

niepewność standardowa: $u_U = \text{sqrt}[(\Delta U / \sqrt{3})^2 + (\Delta U_E / \sqrt{3})^2]$

$$u_U = \sqrt{\frac{(\Delta U)^2}{3} + \frac{(\Delta U_E)^2}{3}}$$

Co powinno zawierać sprawozdanie

3. Rysunek **U** w funkcji **I** z naniesionymi niepewnościami (u_U oraz u_I)
4. Opór **R4** (oraz jego niepewność – **typ A**) wyznaczamy z **metody najmniejszych kwadratów** (w tym ćwiczeniu przy użyciu wzorów a nie gotowego programu fitującego)



Wzory z wykładu wstępnego: prosta ma postać $y=ax$; znamy niepewności na y-ach

$$R4 \equiv \bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i y_i / s_{y_i}^2)}{\sum_{i=1}^N (x_i^2 / s_{y_i}^2)} = \frac{\sum_{i=1}^N (I_i U_i / u_{U_i}^2)}{\sum_{i=1}^N (I_i^2 / u_{U_i}^2)}$$

$$u_{R4} \equiv s_a = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^N (x_i^2 / s_{y_i}^2)}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^N (I_i^2 / u_{U_i}^2)}}$$

Proszę o **podanie** oddzielnie wartości **licznika i mianownika** ze wzoru na R4

Przy liczeniu: **mA, mV** lub **A, V**
~~**mA, V**~~ ~~**A, mV**~~

Proszę o **podanie odpowiedzi**

końcowej: R4 = wartość (niepewność) Ω
Np. R4 = 378.51 (0.94) Ω

Co powinno zawierać sprawozdanie

5. Dla dwóch wybranych pomiarów z tabeli (2 strony wcześniej) liczymy R4 z prawa Ohma ($R = U/I$) a ich niepewności (typ B) ze wzoru:

$$\text{niepewność złożona } u_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial U}\right)^2 u_U^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I}\right)^2 u_I^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{I}\right)^2 u_U^2 + \left(\frac{-U}{I^2}\right)^2 u_I^2}$$

Uwaga: przy liczeniu mA \rightarrow A

6. Podajemy odpowiedzi końcowe w postaci:

R4 (1) = wartość (niepewność) Ω

R4 (2) = wartość (niepewność) Ω

Porównujemy z wartością i niepewnością R4 z MNK. Wnioski?

7. Dla pojedynczych pomiarów na opornikach R1, R2 i R3 liczymy ich opory i niepewności oporów (typ B). Uwaga: trzeba wypisać w sprawozdaniu wszystkie wielkości zawarte w tabeli (2 strony wcześniej). Podajemy odpowiedzi końcowe w postaci:
Rx = wartość (niepewność) Ω

Ważne: i) niepewności mogą być pokazywane w sprawozdaniu z maksymalnie 2 cyframi znaczącymi, ii) wartość i jej niepewność muszą mieć taką samą dokładność (tyle samo cyfr po przecinku)

Co powinno zawierać sprawozdanie

1. **Wstęp** teoretyczny (cele ćwiczenia, podstawy fizyczne zjawisk, schematy etc.)
Uwaga: to pewnie będzie połączone ze wstępem z części pierwszej

2. **Histogram**, czyli N w funkcji d (mm), dla pomiaru grubości płytki lub średnicy walca lub średnicy kulki (mikrometrem) → szczegóły w wykładzie wstępnym

W histogramie znajdzie się N (60–100) pomiarów (w zależności od otrzymanego zestawu). Dalszy opis jest dla przykładu metalowej płytki

3. Liczymy **średnią grubość płytki (d)** wraz z niepewnością

średnia arytmetyczna: $d \equiv \bar{d} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i$

odchylenie standardowe rozkładu $s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{(N-1)}}$

Proszę o podanie obu tych wartości w sprawozdaniu

odchylenie standardowe średniej (niepewność średniej): u_d (typ A) $\equiv s_{\bar{d}} = \frac{s_d}{\sqrt{N}}$

Co powinno zawierać sprawozdanie

$$u_d (\text{typ B}) = \sqrt{\frac{(\Delta d)^2}{3} + \frac{(\Delta d_E)^2}{3}}$$

Dla mikrometru

$\Delta d = 0.01 \text{ mm}$; $\Delta d_E = \text{np. } \Delta d/2 = 0.005 \text{ mm}$

$$u_d (\text{całkowita}) = \sqrt{u_d^2 (\text{typ A}) + u_d^2 (\text{typ B})} = \sqrt{s_d^2 + \frac{(\Delta d)^2}{3} + \frac{(\Delta d_E)^2}{3}}$$

Podajemy odpowiedź końcową dla średniej grubości płytki:

d = wartość (niepewność) jednostka

4. Podajemy pozostałe dwa wymiary (a oraz b) wraz z niepewnościami (typ B); dla pomiaru suwmiarką (w CLF) $\Delta a = \Delta b = 0.02 \text{ mm}$; $\Delta a_E = \Delta b_E$ i można oszacować jako równe $2 \cdot \Delta a$ czyli 0.04 mm

Podajemy odpowiedzi końcowe w postaci:

a = wartość (niepewność) jednostka

b = wartość (niepewność) jednostka

Co powinno zawierać sprawozdanie

5. Liczymy objętość ($V=a*b*d$) oraz jej niepewność

Niepewność złożona dla objętości płytki:

$$u_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a} u_a\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial b} u_b\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial d} u_d\right)^2}$$

Uwaga: proszę rozpisać do końca wzór z propagacją niepewności (policzyć pochodne cząstkowe) i podać jego końcową wersję w sprawozdaniu

Podajemy odpowiedź końcową w postaci $V = \text{wartość (niepewność) jednostka}$

6. Samodzielne pomiary w domu: dla cegły, sztachety w płocie, etc. mierzymy jej grubość (szerokość) przynajmniej 50 razy. Pomiary wykonujemy metrówką lub centymetrem krawieckim. Powtarzamy punkt 2. i 3. (histogram i średnia wraz z całkowitą niepewnością).

7. Podsumowanie i wnioski (do połączenia z analizami w części 1.) czyli co obliczono, czego dowiedziono, co i jak można byłoby poprawić w pomiarze, etc.