

Zasady dotyczące pisania sprawozdań oraz warunki zaliczenia laboratorium, link:

* http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/reg_st_lab.pdf

* http://dana.zut.edu.pl/fileadmin/zadania/2019/2020/Fizyka_zasady_pisania_sprawozdan_2020.pdf

Wejście w życie nowych definicji jednostek SI - maj 2019r.



Rys. źródło: <https://www.gum.gov.pl/pl/redefinicja-si/redefinicja-si/2334>; Redefinicja-SI.html

SPÓJNA METROLOGICZNA CAŁOŚĆ

| Wielkość fizyczna | Jednostki miary | | |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|------------|
| | Oznaczenie | Nazwa | Skrót |
| Długość | L | metr | m |
| Masa | M | kilogram | kg |
| Czas | T | sekunda | s |
| Natężenie prądu elektrycznego | I | amper | A |
| Temperatura termodynamiczna | T | kelwin | K |
| Światłość (natężenie światła) | I_v | kandela | cd |
| Ilość (liczność) materii | N | mol | mol |
| Kąt płaski | (α, β, γ) | radian | rad |
| Kąt bryłowy | (Ω, ω) | steradian | sr |

Tabela 1. Podstawowe i uzupełniające jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI)

SPÓJNA METROLOGICZNA CAŁOŚĆ

Celem uniknięcia stosowania bardzo dużych lub bardzo małych liczb można używać odpowiednich przedrostków, które zwiększają lub zmniejszają dołączoną do niej jednostkę miary. Najważniejsze przedrostki przedstawione są w tabeli 2.

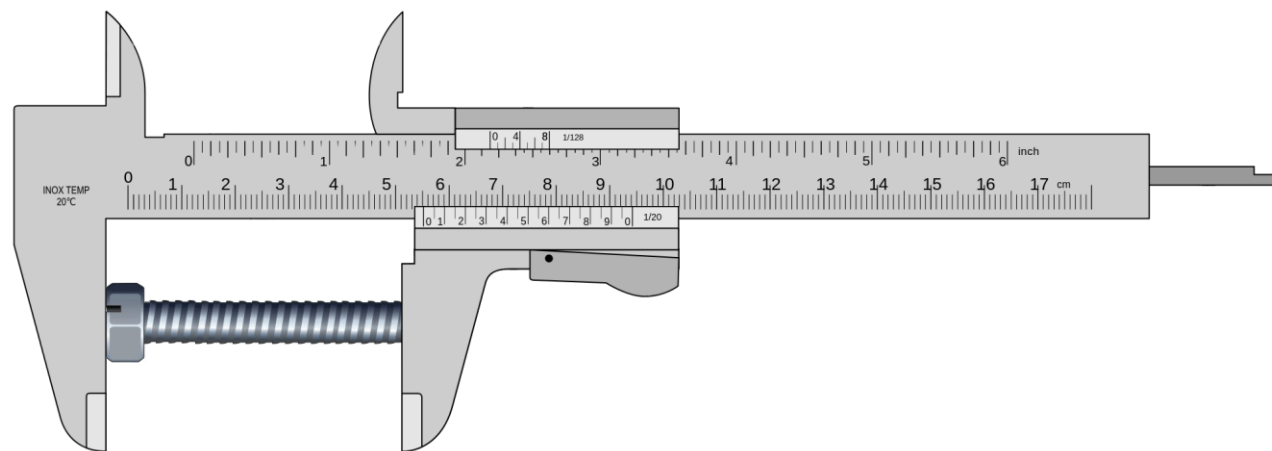
Tabela 2. Przedrostki jednostek metrycznych

| Mnożnik | Przedrostek | Skrót | Mnożnik | Przedrostek | Skrót |
|----------------------|-------------|-------|--------------------------|-------------|-------|
| $(10^3)^8 = 10^{24}$ | Jotta | Y | 10^{-1} | decy | d |
| $(10^3)^7 = 10^{21}$ | Zetta | Z | 10^{-2} | centy | c |
| $(10^3)^6 = 10^{18}$ | Eksa | E | 10^{-3} | mili | m |
| $(10^3)^5 = 10^{15}$ | Peta | P | $(10^{-3})^2 = 10^{-6}$ | mikro | μ |
| $(10^3)^4 = 10^{12}$ | Tera | T | $(10^{-3})^3 = 10^{-9}$ | nano | n |
| $(10^3)^3 = 10^9$ | Giga | G | $(10^{-3})^4 = 10^{-12}$ | piko | p |
| $(10^3)^2 = 10^6$ | Mega | M | $(10^{-3})^5 = 10^{-15}$ | femto | f |
| 10^3 | Kilo | k | $(10^{-3})^6 = 10^{-18}$ | atto | a |
| 10^2 | Hekto | h | $(10^{-3})^7 = 10^{-21}$ | zepto | z |
| 10^1 | Deka | da | $(10^{-3})^8 = 10^{-24}$ | jokto | y |

POMIARY I WIELKOŚCI FIZYCZNE

Eksperyment fizyczny wymaga pomiarów, których wynik opisujemy zwykle liczbami – wielkości fizyczne (np. waga, wzrost, czas).

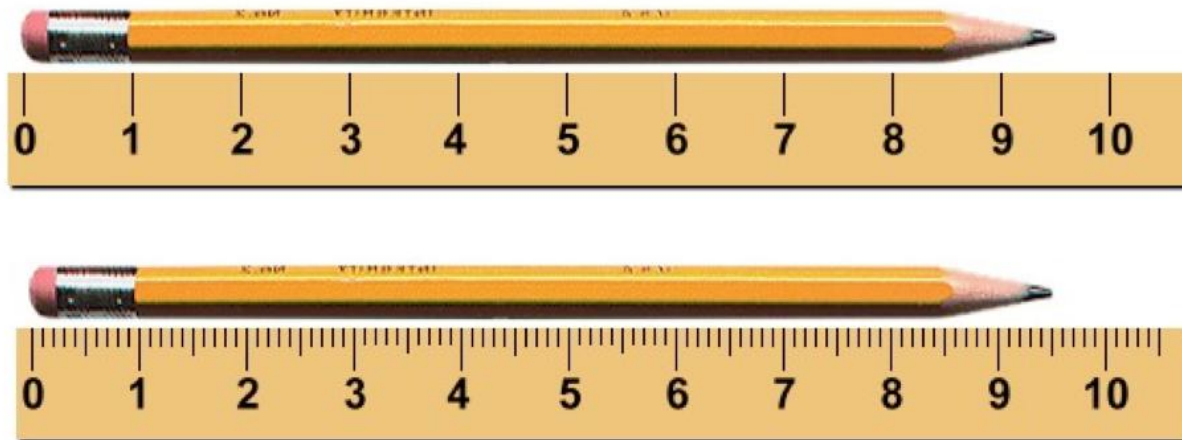
Niektóre wielkości fizyczne są tak podstawowe, że możemy tylko opisać jak je mierzyć, np. : długość, czas, napięcie, natężenie.



Inne wielkości zależą od wielkości podstawowych, np. prędkość, pęd, praca.

Aby pomiar był wiarygodny, niezbędne jest aby był powtarzalny niezależnie od miejsca pomiaru.

POMIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH



Pomiar – przyporządkowanie danej wielkości fizycznej określonej wartości liczbowej.

Porównanie wielkości fizycznej ze ściśle określoną wielkością porównawczą tego samego rodzaju, przyjętą umownie za jednostkę.

Wynik pomiaru:

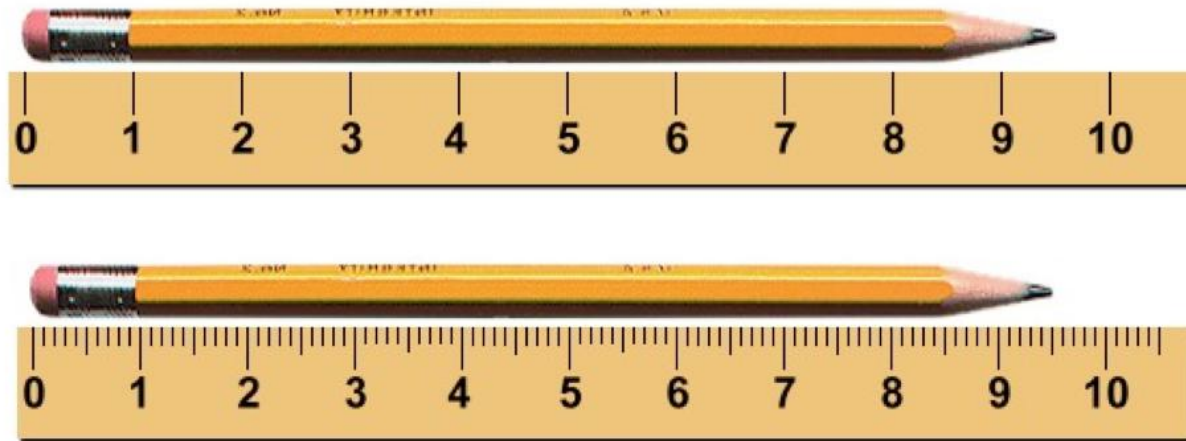
$9,5 \pm 0,1$ cm

wartość liczbową

niepewność

jednostką

POMIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

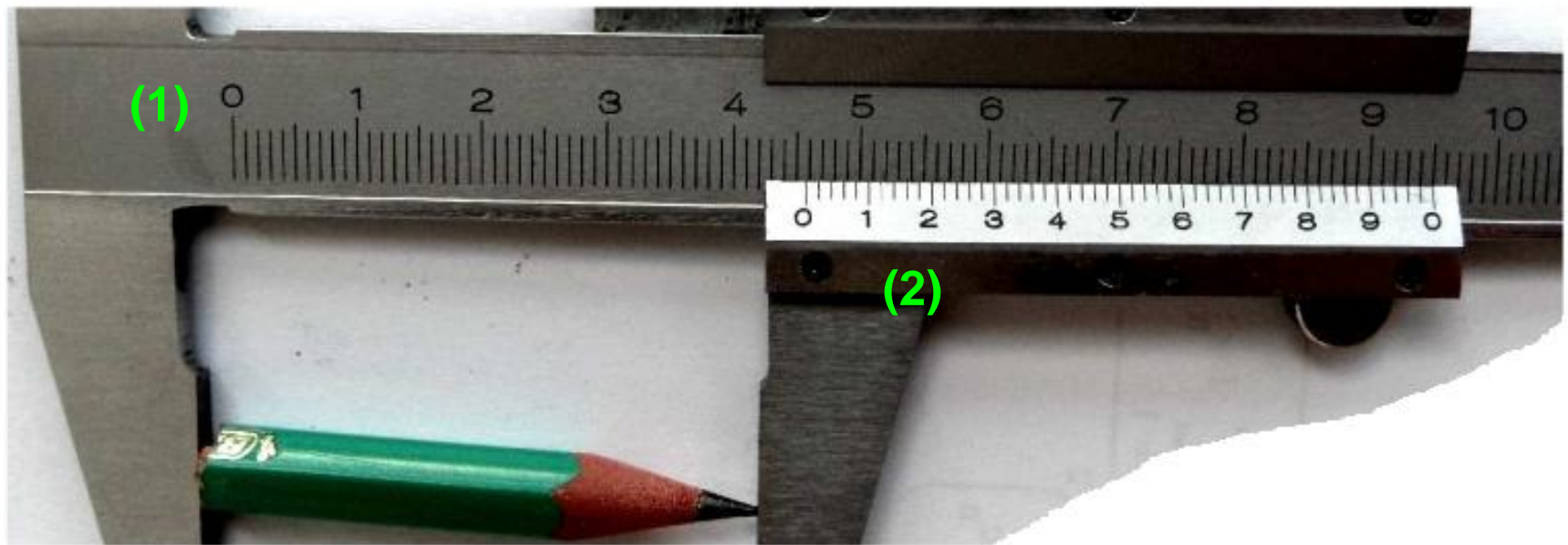


Pomiar bezpośredni – porównanie danej wielkości fizycznej z odpowiednią miarą wzorcową.

Pomiar pośredni – wartość badanej wielkości wyznaczana jest na podstawie pomiarów bezpośrednich innych wielkości fizycznych, które są z nią związane znanym prawem fizycznym.

POMIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

Jaka jest długość ołówka ?



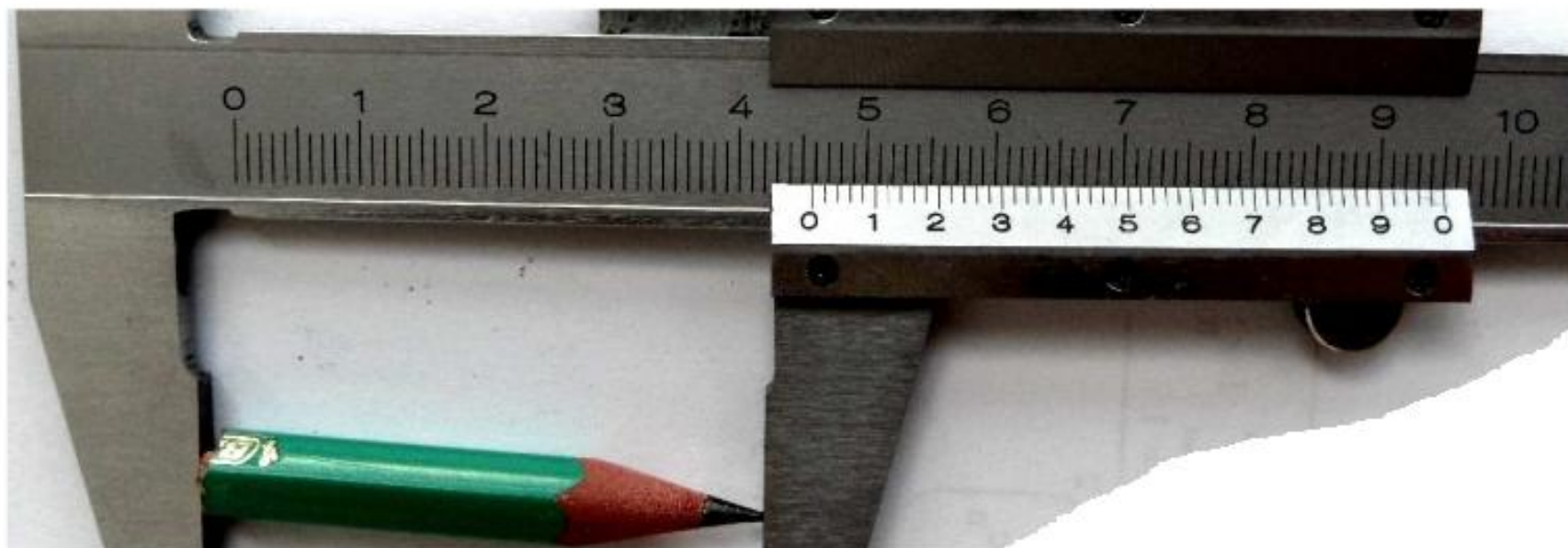
Suwmiarka składa się z dwóch części: nieruchomej (1) i ruchomej (2); **noniuszem**.

Na części nieruchomej znajduje się podziałka milimetrowa (a) oraz skala do pomiaru w calach (s.4).

Na części ruchomej (2) zwanej **noniuszem**, podziałka-kreski są od siebie odległe, w zależności od konstrukcji, np. :

- 0,98 mm (dokładność takiej suwmiarki : 0,02 mm); na rysunku
- 0,95 mm (dokładność takiej suwmiarki : 0,05 mm)
- 0,90 mm (dokładność takiej suwmiarki : 0,1 mm).

POMIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH



$$l = 45,94 (0,02) \text{ mm} = 0,045944 (0,00002) \text{ m};$$

Błąd pomiaru – różnica pomiędzy wynikiem pomiaru, a rzeczywistą wartością mierzonej wielkości.

Posługiwanie się w praktyce pojęciem błędu pomiaru nie jest wygodne, ponieważ **nigdy nie znamy rzeczywistej wartości mierzonej wielkości.**

Wybór najważniejszych elementów Międzynarodowej Normy Oceny Niepewności Pomiarowej

(źródło: http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/niepewnosci_new.pdf)

| Wielkość | Symbol i sposób obliczania |
|--|--|
| Niepewność standardowa: ocena typu A (pomiarów bezpośrednich) | Podstawa: statystyczna analiza serii pomiarów. Dla serii n równoważnych pomiarów: $u_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$, gdzie $X \approx \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ |
| Niepewność standardowa: ocena typu B (pomiarów bezpośrednich) | Podstawa: naukowy osąd eksperymentatora $u_B(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{3}}$ (gdzie znana jest niepewność maksymalna ΔX) |
| Niepewność złożona (pomiarów pośrednich) | Dla wielkości $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ $u_c(Y) = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left[\frac{\partial f}{\partial X_j}(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_k) \right]^2 u^2(X_j)}$ (gdzie wszystkie wielkości X_j są nieskorelowane) |
| Niepewność rozszerzona | $U(X) = k u(X)$ lub $U_c(X) = k u_c(X)$ gdzie $k \geq 2$ współczynnik rozszerzenia |

Przykład 1

Zmierzono suwmiarką ($\Delta d = 0.1 \text{ mm}$) średnicę pręta. Pomiar powtórzono 3 razy uzyskując wyniki: $d_1 = 10.1 \text{ mm}$, $d_2 = 10.2 \text{ mm}$, $d_3 = 9.9 \text{ mm}$. Wyznacz wynik pomiaru i jego niepewność.

Niepewność całkowita $u(d)$ powinna uwzględniać zarówno niepewność typu A jak i niepewność typu B:

$$u(d) = \sqrt{u_A^2(d) + u_B^2(d)}$$

- Niepewność standardowa: **ocena typu B** (pomiary bezpośrednie)

$$u_B(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{3}}$$

- Niepewność standardowa: **ocena typu A** (pomiary bezpośrednie) (odchylenie standardowe dla wartości średniej)

$$u_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$$

| | |
|----------|----------------|
| d1 | 10.1 |
| d2 | 10.2 |
| d3 | 9.9 |
| <hr/> | |
| średnia | 10.0667 |
| $u_A(d)$ | 0.08819 |
| $u_B(d)$ | 0.05774 |
| $u(d)$ | 0.10541 |
| $U(d)$ | 0.21 |

Przykład 1-cd.

- Niepewność standardowa: **ocena typu B** (pomiar bezpośredni)

$$u_B(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{3}} \quad ; \quad \Delta X = \Delta d = 0.1 \text{ mm}$$

$$u_B(d) = \frac{\Delta d}{\sqrt{3}} = \frac{0.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\sqrt{3}} = 5.7735 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0.05774 \text{ mm}$$

- Niepewność standardowa: **ocena typu A** (pomiar bezpośredni)
(odchylenie standardowe dla wartości średniej)

$$u_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \Rightarrow u_A(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (d_i - \bar{d})^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + (d_3 - \bar{d})^2}{6}}$$

Przykład 1-cd.

$$u_A(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (d_i - \bar{d})^2}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + (d_3 - \bar{d})^2}{6}}$$

$$u_A(d) = \sqrt{\frac{(10.1 - 10.0667)^2 + (10.2 - 10.0667)^2 + (9.9 - 10.0667)^2}{6}} = 0.08819 \cdot 10^{-3} m$$

| | |
|----------|---------|
| d1 | 10.1 |
| d2 | 10.2 |
| d3 | 9.9 |
| średnia | 10.0667 |
| $u_A(d)$ | 0.08819 |
| $u_B(d)$ | 0.05774 |
| $u(d)$ | 0.10541 |
| $U(d)$ | 0.21 |

$$u(d) = \sqrt{u_A^2(d) + u_B^2(d)}$$

$$u(d) = 0.10541 \cdot 10^{-3} m$$

Wynik pomiaru (bezpośredniego): **$d = 10.07 (0.11) 10^{-3} m$**

Niepewność standardowa:

- $g = 9.781 \text{ m/s}^2$, $u_c(g) = 0.076 \text{ m/s}^2$
- $g = 9.781 (0.076) \text{ m/s}^2$

Niepewność rozszerzona:

- $g = 9.78 \text{ m/s}^2$, $U_c(g) = 0.15 \text{ m/s}^2$
- $g = (9.78 \pm 0.15) \text{ m/s}^2$

Obowiązuje zasada podawania dwu cyfr znaczących w niepewności.

Cyfry znaczące i zaokrąglanie

I. Odczytywanie i zapisywanie wyników pomiarów

Cyframi **znaczącymi (pewnymi)** nazywamy wszystkie cyfry przybliżonej liczby, z wyjątkiem zer położonych na lewo od pierwszej różnej od zera cyfry.

Wynik pomiaru zapisujemy z dokładnością do określonej liczby cyfr znaczących (stosujemy przybliżenie liczby). Do **cyfr znaczących** należą: **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9** i w niektórych przypadkach 0.

Zero nie jest cyfrą znaczącą w sytuacji, gdy stosujemy je dla określenia rzędu wielkości danej liczby (czyli 0 nie jest cyfrą znaczącą w liczbie 0,194 natomiast jest nią w liczbach 1,03 i 1,30).

Cyfry znaczące i zaokrąglanie

Przykład 1. Określanie liczby cyfr znaczących

Aby określić liczbę cyfr znaczących należy zacząć odczytywać liczbę od lewej strony do momentu, aż natrafimy na pierwszą cyfrę różną od zera. Ta cyfra i każda następująca są cyframi znaczącymi.

| | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-----|--------|--------|
| Liczba | 8,056 | 9,710 | 0,342 | 224 | 1090,3 | 0,0005 |
| Liczba cyfr znaczących | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 1 |

Liczbowa wartość wielkości i jej odchyłki powinny być wyrażone w jednakowych jednostkach

- $m = 100,0214 \text{ g}$ **nieprawidłowo**
- $m = 100,021(0,0035) \text{ g}$ **nieprawidłowo**
- $m = 100,021 \text{ kg} \pm 3 \text{ g}$ **nieprawidłowo**
- $m = 100,02147(0,00352) \text{ g}$ **prawidłowo**

Przykład 2-samodzielnie

Wyznaczono masę i średnicę metalowej tarczy otrzymując następujące wyniki: $m = 80.55 \text{ g}$ ($\Delta m = 0.1 \text{ g}$) i $d = 90.1 \text{ mm}$ ($\Delta d = 0.1 \text{ mm}$).

Oblicz moment bezwładności tarczy i jego niepewność.

| | g | kg |
|-------|----------|------------|
| m | 80.55 | 0.08055 |
| uB(m) | 0.057735 | 5.7735E-05 |

| | mm | m |
|-------|----------|------------|
| d | 90.1 | 0.0901 |
| uB(d) | 0.057735 | 5.7735E-05 |
| R | 45.05 | 0.04505 |
| uB(R) | 0.028868 | 2.8868E-05 |

| | | |
|---------|--|------------|
| uB(m)/m | | 0.00071676 |
| uB(R)/R | | 0.00064079 |

| | | kg m ² |
|-------|--|-------------------|
| I | | 9.1429E-05 |
| uc(I) | | 1.0564E-07 |

Moment bezwładności tarcz ze wzoru teoretycznego:

$$I' = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2$$

Wynik pomiaru (pośredniego):

$$I = 9.143(11) \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

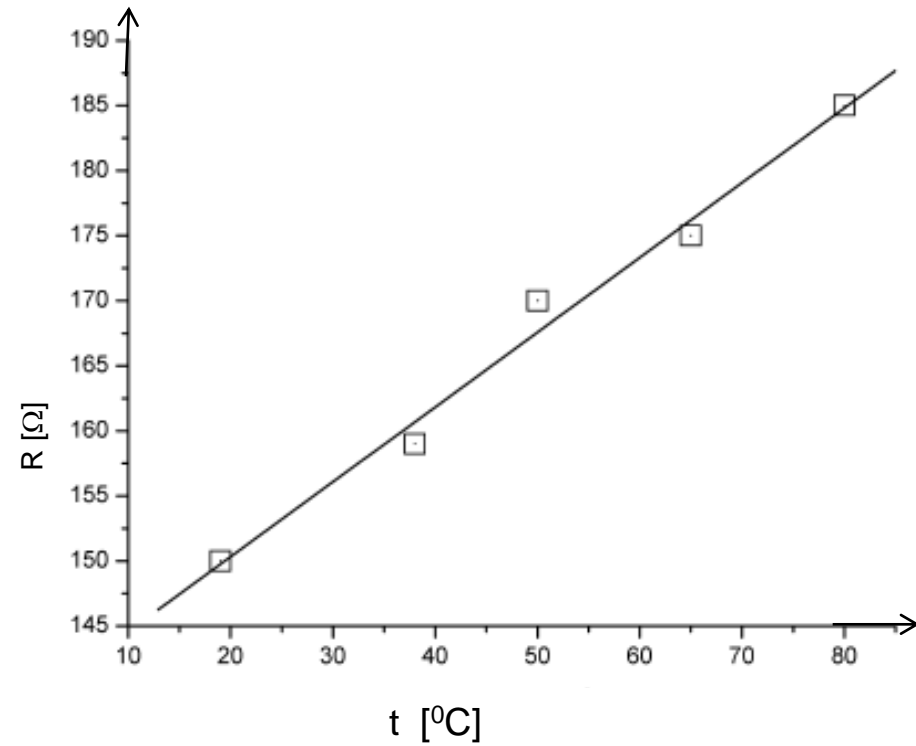
Zasady sporządzania wykresów (I)

- Wykres wykonuje się ręcznie na papierze milimetrowym, lub przy pomocy odpowiedniego programu graficznego.
- Na każdej z osi wybieramy taki zakres wartości mierzonej wielkości, w którym zostały wykonane pomiary. **Nie musimy umieszczać na osiach punktów zerowych.**
- Skalę na każdej z osi wybiera się niezależnie a więc nie muszą być jednakowe. **Dążymy do tego, aby wszystkie uzyskane przez nas punkty pomiarowe zostały umieszczone na rysunku i były rozmieszczone na całej powierzchni rysunku. Skalę na osiach układu наносimy w postaci równo oddalonych liczb.**
- Osie wykresu muszą być opisane (**wielkość fizyczna i jednostka**). Rysunek powinien być podpisany.

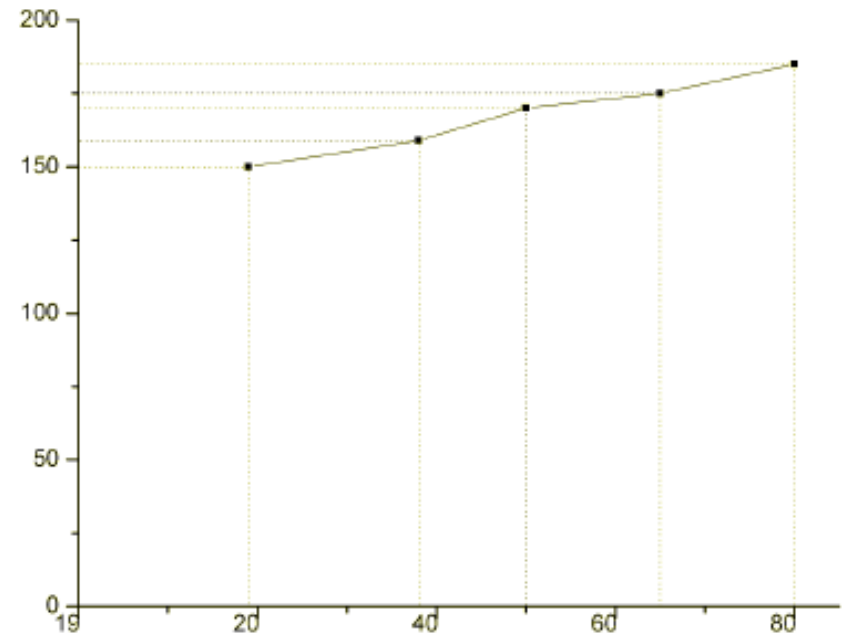
Zasady sporządzania wykresów (II)

- Punkty na wykresie muszą być wyraźnie widoczne (**nie kropki !**)
Gdy na jednym wykresie musi być kilka krzywych, punkty na każdej z nich zaznacza się innym symbolem lub kolorem. Punkty pomiarowe lub krzywe powinny być podpisane (legenda).
- Na wykres należy nanieść niepewności pomiarowe w postaci prostokątów lub odcinków.
- Jeśli punkty układają się na linii prostej należy obliczyć jej parametry metodą regresji liniowej, a następnie ją narysować. Jeśli punkty nie układają się na linii prostej wykreślamy ciągłą krzywą, bez nagłych załamaniań (nie musi ona przebiegać dokładnie przez wszystkie punkty pomiarowe, bo są one obarczone niepewnościami).
- **Nie należy łączyć punktów pomiarowych linią łamaną!**

Przykłady wykresów



Dobrze 😊



Źle ☹️

Dziękuję za uwagę !

