

# Podstawy opracowywania wyników pomiarów

dr hab. inż. Piotr Zapotoczny, prof. UWM

# Badania Naukowe

**Badania naukowe – prace podejmowane przez badacza lub zespół badaczy w celu osiągnięcia postępu wiedzy naukowej, ustalenia nowych twierdzeń naukowych, tez, aksjomatów, uogólnień i definicji<sup>[1]</sup>. Badania te mogą być podejmowane w 4 zasadniczych przypadkach:**

1. Dąży się do odkrycia dotąd nieustalonych nowych zależności, których nikt wcześniej nie badał,
2. Podważa się istniejący materiał i jego twierdzenia oraz chce się na to miejsce udowodnić funkcjonowanie innych zależności,
3. Podejmuje się próbę poszerzenia istniejących już badań, które zostały opublikowane częściowo lub w znacznym stopniu wymagają rozszerzenia,
4. Chce się zaktualizować istniejące badania i ich wyniki ze względu na znaczny upływ czasu i możliwość ich dezaktualizacji.

# Badania Naukowe

Podział badań naukowych ze względu na cel, do którego  
zmierzają:

**Podstawowe** – podejmuje się je bez celu praktycznego, dla wyjaśnienia zjawisk jeszcze nie zbadanych i odkrycia nowych praw naukowych; stąd też badania naukowe podstawowe nazywa się również teoretycznymi, bądź czystymi

**Stosowane** – są zazwyczaj rozumiane jako zmierzające do wykorzystania w praktyce wyników badań podstawowych; ich rezultatem są nowe związki chemiczne, prototypy, modele itp.,

**Wdrożeniowe** – polegają na opracowaniu metod i technik zastosowania wyników badań w produkcji

# Co to jest pomiar

- **Pomiar** – według współczesnej fizyki proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem, zachodzący w czasie i przestrzeni, którego wynikiem jest uzyskanie informacji o własnościach obiektu.
- Pomiar jest to zespół czynności wykonywanych w celu ustalenia **miary określonej wielkości fizycznej.**

W trakcie pomiaru uzyskujemy wartości różniące się od przewidywań teorii. Źródłem rozbieżności między teorią i eksperymentem są niedoskonałości:

- osoby wykonującej pomiar,
- przyrządów pomiarowych,
- obiektów mierzonych

Gdy doświadczenie staje się doskonalsze, rozbieżności te maleją. Maleje błąd pomiaru, niepewność pomiaru.

# Precyzja a dokładność

**Precyzja** pomiaru jest miarą rzetelności przeprowadzenia doświadczenia, lub mówi nam jak powtarzalny jest ten eksperyment.

**Dokładność** pomiaru jest miarą tego jak wyniki doświadczenia są bliskie wartości prawdziwej lub przyjętej za prawdziwą.



**Rysunek 1.** Precyzja

*Precyzja mówi nam coś o jakości działania przyrządu.*



**Rysunek 2.** Dokładność

*Dokładność mówi nam coś o jakości lub poprawności otrzymanego wyniku.*



**Rysunek 3.** Precyzja i dokładność.



**Rysunek 4.** Precyzja i dokładność z grubym błędem.

# POMIAR FIZYCZNY

**Pomiar** wielkości fizycznej polega na porównaniu jej z wielkością tego samego rodzaju przyjętą za jednostkę. Zatem liczba otrzymana jako wynik pomiaru zależy od wyboru jednostki (przykład: pomiar długości w cm, m, ft, in itp.).

Wynik pomiaru musi więc zawsze składać się z dwóch części: wartości liczbowej oraz jednostki.





# POMIAR FIZYCZNY

**Pomiar bezpośredni:** to doświadczenie, w którym przy pomocy odpowiednich przyrządów mierzymy (tj. porównujemy z jednostką) interesującą nas wielkość fizyczną np. pomiar długości przedmiotu linijką.

**Pomiar pośredni:** to doświadczenie, w którym wyznaczamy wartość interesującej nas wielkości fizycznej przez pomiar innych wielkości fizycznych związanych z daną wielkością znanym związkiem funkcyjnym np. pomiar objętości walca poprzez pomiar jego rozmiarów geometrycznych.

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

# Błąd pomiaru

W znaczeniu ilościowym przez błąd pomiaru rozumiemy różnicę między wartością zmierzoną  $x_i$  i rzeczywistą  $x_0$ ,

$$\text{błąd pomiaru} = x_i - x_0$$

BŁĘDY (NIEPEWNOŚCI)

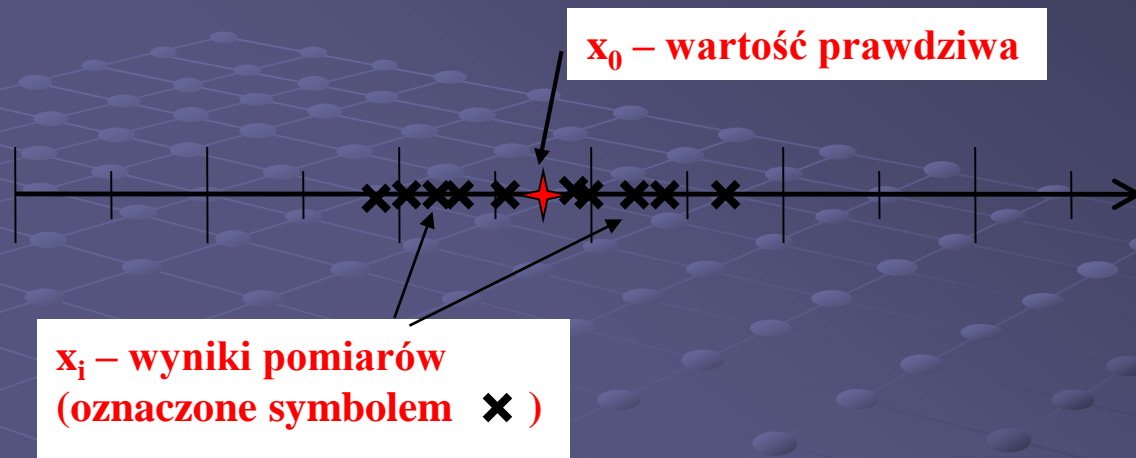
```
graph TD; A[BŁĘDY (NIEPEWNOŚCI)] --> B[Systematyczne]; A --> C[Przypadkowe]; A --> D[Grube];
```

Systematyczne

Przypadkowe

Grube

# Błędy (niepewności) przypadkowe



Są to błędy spowodowane przypadkowym oddziaływaniem dużej liczby trudno uchwytnych czynników zakłócających (nazywanych *wielkościami wpływającymi*), których łączny wpływ zmienia się z pomiaru na pomiar.

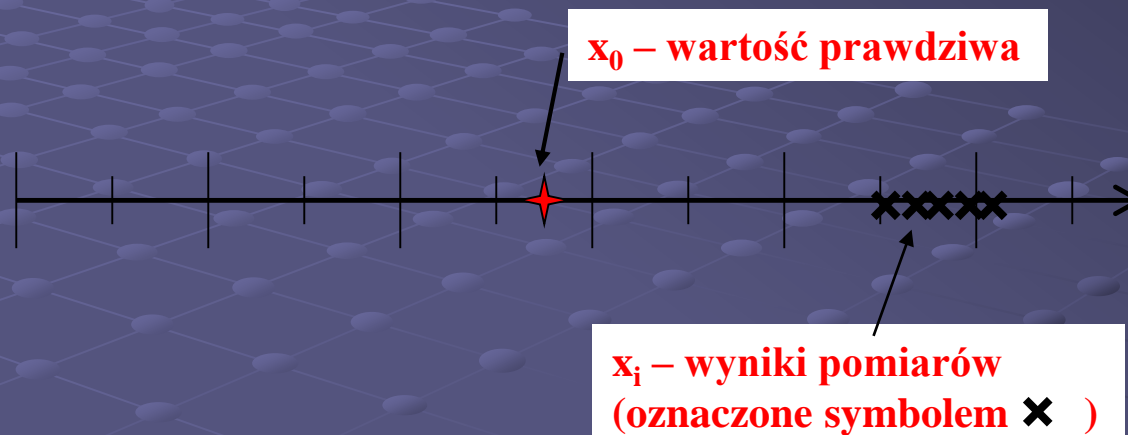
Przy **błędzie przypadkowym** obserwujemy rozrzut wyników pomiaru wokół wartości rzeczywistej.

Celem zmniejszenia błędu przypadkowego można wielokrotnie powtórzyć pomiar i jako wynik przyjąć **wartość średnią** z uzyskanych wyników.

# Co wpływa na powstawanie błędów przypadkowych:

- niedokładność odczytu (niedokładna ocena części działki miernika),
- różne przypadkowe i nie dające się uwzględnić czynniki (np. wahania temperatury, lub ruch powietrza w pobliżu przyrządu pomiarowego),
- obecność źródeł zakłócających,
- niedoskonałość zmysłów obserwatora.

# Błędy (niepewności) systematyczne



Z błędem systematycznym mamy do czynienia, gdy przy powtarzaniu pomiaru występuje ta sama różnica między wartościami zmierzonymi a wartością rzeczywistą, natomiast rozrzut wyników poszczególnych pomiarów jest niewielki lub nie występuje w ogóle.

# Co wpływa na powstawanie błędów systematycznych:

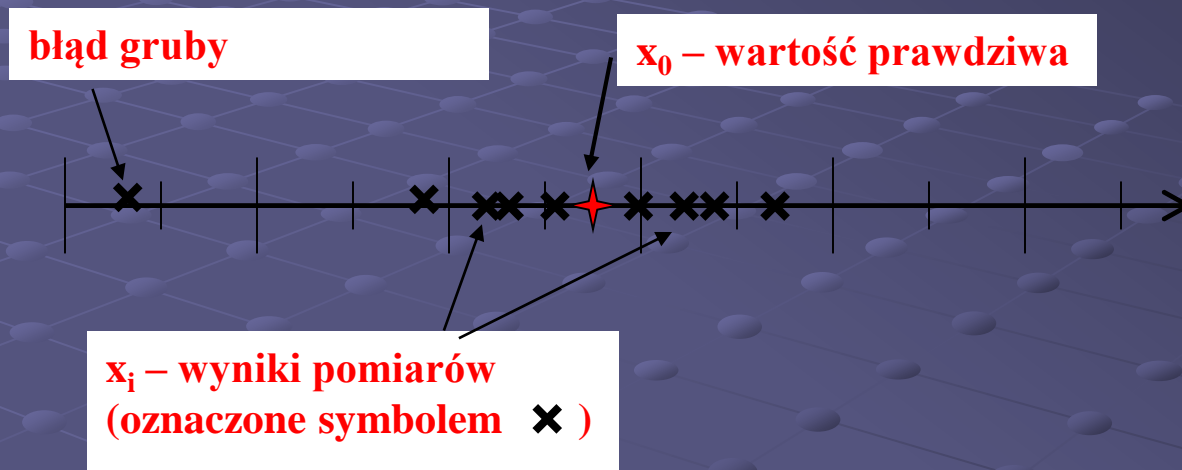
- niedoskonałość przyrządów pomiarowych,
- błędne wyskalowanie, niewyzerowanie,
- nieuwzględnienie zmiany warunków pomiaru do warunków skalowania (inne warunki pomiaru próbki i wzorca).

Można je zredukować stosując bardziej doskonałe i precyzyjne metody i przyrządy, jednak całkowite wyeliminowanie błędów systematycznych jest niemożliwe.

Wykrycie źródła błędów systematycznych jest trudne i wymaga porównania użytych przyrządów ze wzorcem oraz dogłębnej analizy metody pomiaru.

Przy wykonywanych w laboratorium studenckim ćwiczeniach zwykle zakładamy, że przyrządy są wolne od błędów systematycznych.

# Błędy grube (omyłki)



O błędzie grubym mówimy, gdy różnica między wynikiem pomiaru i wartością rzeczywistą jest duża lub drastycznie duża.

# Co wpływa na powstawanie błędów grubych:

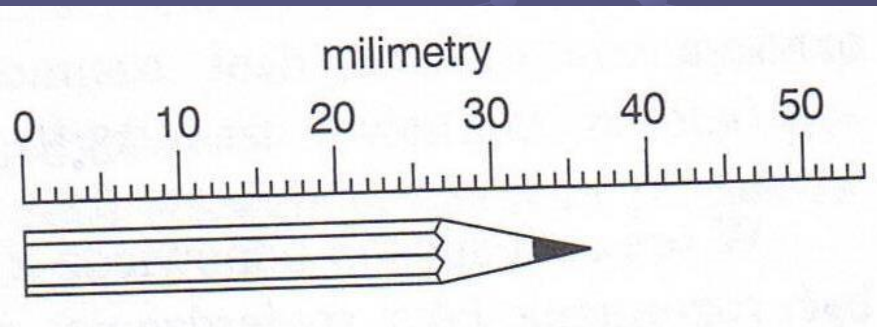
- nieumiejętności użycia danego przyrządu,
- pomyłka zapisu,
- źle odczytany zakres miernika,
- zmierzenie nie tej wielkości co trzeba,
- awaria aparatury (np. przerwy w zasilaniu....).

Wyniki obarczone błędem grubym w dalszej analizie należy pominąć.

23,3 kg; 24,5 kg; 27,9 kg ; 33,5 kg; ~~0,02 kg~~



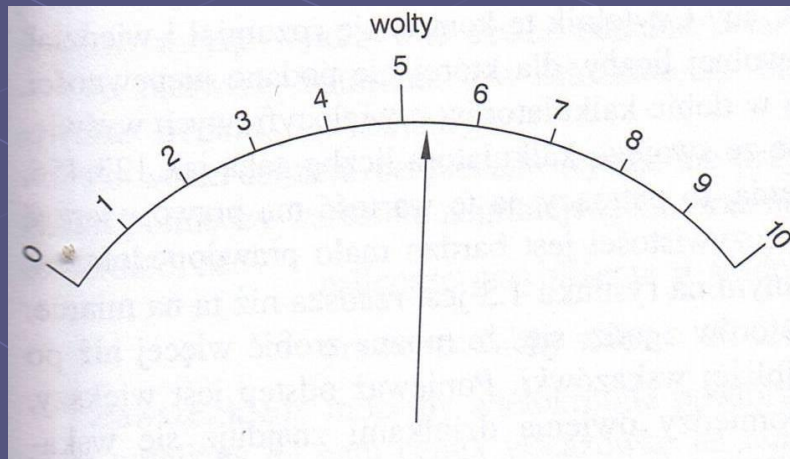
# Oszacowanie niepewności



Najbliższe przybliżenie długości = 36 mm

Prawdopodobny zakres : od 35,5 do 36,5 mm

Pomiar długości za pomocą miarki.



najlepsze przybliżenie napięcia = 5,3 wolta,  
prawdopodobny zakres: od 5,2 do 5,4 wolta.

Odczyt napięcia

# Niepewność w pomiarach wielokrotnych

Przykład.

Mierzymy okres długiego wahadła w 4 pomiarach: 2,3; 2,4; 2,5; 2,4

- 1) Określamy wartość średnią, która będzie najlepszym przybliżeniem okresu -  
wartość średnia = 2,4 sekundy
- 2) Przyjmujemy, że właściwy okres mieści się gdzieś pomiędzy wartością  
najmniejszą 2,3 oraz największą 2,5.

najlepsze przybliżenie = średnia = 2,4 sekundy,  
prawdopodobny zakres: od 2,3 do 2,5 sekundy

Zawsze, kiedy możemy wielokrotnie powtórzyć ten sam pomiar, rozrzut otrzymanych wyników da nam cenną wskazówkę na temat jego niepewności pomiarowej.

**Zmierzona wartość czasu  $2,4 \pm 0,1$  s**

Celem każdego doświadczenia jest podanie najlepszego przybliżenia (oceny) wielkości zmierzonej oraz przedziału, w którym ta wielkość leży, co zapisujemy jako:

$$\text{(wartość zmierzona } x) = x_{np} \pm \Delta_x \text{ [jednostka]}$$

$x_{np}$  - najlepsze przybliżenie wartości mierzonej (które znajduje się gdzieś pomiędzy  $x_{np} - \Delta_x$  i  $x_{np} + \Delta_x$ )

$\Delta_x$  - niepewność lub błąd pomiaru  $x$

**Przykłady:**

**$57 \pm 12 \mu\text{m}$**

**$37,8 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$**

**$1,22 \pm 0,11 \text{ s}$**

# ZAOKRĄGLANIE LICZB PRZYBLIŻONYCH

Dokładność obliczeń zależy od dokładności wyjściowych danych liczbowych otrzymanych w wyniku przeprowadzonych pomiarów.

Jeżeli wynik obliczeń zawiera zbyt dużą liczbę cyfr, przekraczającą dokładność pomiarów, to należy go odpowiednio zaokrąglić, **tzn. usunąć cyfry zbędne**. Zaokrąglanie liczb przybliżonych wykonuj się wg następujących wskazań:

- a) Jeżeli pierwsza z wykreślonych cyfr jest mniejsza niż pięć, to ostatnia cyfra pozostająca nie ulega zmianie.
- b) Jeżeli pierwsza z wykreślonych cyfr jest większa niż pięć, to ostatnią cyfrę pozostającą danej liczby zwiększa się o jedność.

Wartość liczbowa wyniku pomiaru lub obliczenia powinna zawierać taką liczbę cyfr znaczących, aby tylko ostatnia podana cyfra była niepewna.

Miejsce tej cyfry określa błąd bezwzględny. Jeśli np. próbkę substancji odważa się na zwykłej wadze laboratoryjnej, której dokładność wynosi **0,01 g**, to wynik ważenia należy podać tylko do setnych części grama, np. **2.43 g**.

Jeśli natomiast ważenie wykonano na wadze analitycznej, to w wyniku powinno się uwzględnić cztery cyfry po przecinku, np. **2.4325 g**, gdyż dokładność ważenia wynosi  **$\pm 0,0001$  g**.

# Czy „0” jest znaczące ?

**Zero** na końcu liczby może być cyfrą znaczącą, ale może nią również nie być, zależnie od dokładności z jaką oznaczono daną wielkość. Przypuśćmy, że oznaczając masę pewnej substancji na wadze analitycznej podano wynik **0,5400 g**. Oba zera na końcu liczby są cyframi znaczącymi gdyż oznaczają dokładność wyrażenia ( **$\pm 0,0001$  g**).

W liczbie **1 560 cm<sup>3</sup>**, która jest wynikiem pomiaru objętości, zero jest cyfrą znaczącą w przypadku, gdy pomiar wykonano z dokładnością do  **$\pm 1$  cm<sup>3</sup>**, natomiast nie jest ono cyfrą znaczącą gdy dokładność pomiaru wynosi tylko  **$\pm 10$  cm<sup>3</sup>**

Liczbę cyfr znaczących danego wyniku znajdujemy licząc z lewa na prawo cyfry: od pierwszej cyfry nie zerowej.

### Przykłady:

**0,021** – 2 cyfry znaczące

**0,0210** – 3 cyfry znaczące

**0,21001** – 5 cyfr znaczących

**0,0002** – 1 cyfra znacząca

**9,81** – 3 cyfry znaczące

**9,8** - 2 cyfry znaczące

**1,65** · 10<sup>5</sup> – 3 cyfry znaczące

**1,6500** · 10<sup>5</sup> – 5 cyfry znaczące

Od reguły jest tylko jeden istotny wyjątek. Otóż jeśli pierwszą cyfrą znaczącą niepewności  $\Delta x$  jest 1, to lepiej zachować w  $\Delta x$  dwie cyfry znaczące zamiast jednej.

### Przykład:

Obliczenia dają niepewność  $\Delta x = 0,14$ . Zaokrągleniem tej wartości do  $\Delta x = 0,1$  stanowiłoby znaczną proporcjonalnie redukcję, tak więc można dowodzić, że mniej mylące byłoby pozostawienie dwóch cyfr znaczących, czyli  $\Delta x = 0,14$ . Ten sam argument można by ewentualnie zastosować, kiedy pierwszą cyfrą znaczącą jest 2, nie działa ona jednak dla cyfr większych.



# Jak podawać niepewność pomiaru?

zmierzona prędkość =  $6051,78 \pm 30$  m/s żle

Poprawny zapis

zmierzona prędkość =  $6050 \pm 30$  m/s.

## Reguła podawania wyniku

Ostatnia cyfra znacząca w każdym wyniku powinna zwykle być tego samego rzędu (stać na tym samym miejscu dziesiętnym) co niepewność.

- Jeśli jest to 6,7,8 lub 9 to zaokrąglamy w górę tzn. dla wyniku 133,37**6**03 zostanie:  
 $133,38 \pm 0,13$
- Również zaokrąglamy w górę jeśli jest to 5, a po niej następują jakiekolwiek cyfry różne od zera.

W sytuacji np. wyniku 133,37**5**00000**1**  
lub 133,37**5**320023  
zaokrąglamy do  $133,38 \pm 0,13$

**Trzeba pamiętać, że zaokrąglamy wynik końcowy,  
a nie wyniki pośrednich obliczeń!**

## Przykłady:

Wynik 92,81 z niepewnością 0,3 powinien być zaokrąglany do

$$92,8 \pm 0,3$$

Jeżeli niepewność jest równa 3 to ten sam wynik należy zapisać

$$93 \pm 3$$

Jeżeli niepewność wynosi 30 wynik należy zapisać

$$90 \pm 30$$

Jeżeli mierzona jest tak duża lub mała liczba, że wymaga zapisu wykładniczego (tj użycia formy  $3 \cdot 10^3$  zamiast 3000) to prościej i czytelniej jest podać wynik i niepewność w tej samej formie np.

$$\text{Zmierzony ładunek} = (1,61 \pm 0,05) \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

jest łatwiej do odczytania i zrozumienia niż

$$\text{Zmierzony ładunek} = 1,61 \cdot 10^{-19} \pm 5 \cdot 10^{-21} \text{ C}$$

Błąd (niepewność)

```
graph TD; A[Błąd (niepewność)] --> B[Bezwzględny]; A --> C[Względny]
```

Bezwzględny

Względny

Błąd bezwzględny: pomiaru,  $\Delta x$ , jest to różnica między *rzeczywistą* wartością  $x_0$  mierzonej wielkości a wartością  $x$  uzyskaną z pomiaru, czyli :

$$\Delta x = x_0 - x$$

[jednostka]

Błąd względny: to stosunek błędu bezwzględnego do rzeczywistej wartości mierzonej wielkości, czyli :

$$\frac{\Delta x}{|x_0|}$$

lub

$$\frac{\Delta x}{|x_0|} \cdot 100\%$$

Przykład    długość  $l = 50 \pm 1$  cm

$$\frac{\Delta l}{|l_0|} = \frac{1 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = 0,02$$

długość  $l = 50 \text{ cm} \pm 2\%$

**Błąd bezwzględny:** ma miano wielkości mierzonej i wyraża się w jej jednostkach. Informuje on nas, o ile (mniej lub więcej) jednostek prawdziwa wartość mierzonej wielkości może się różnić od wyniku pomiaru.

**Błąd względny:** jest wielkością niemianowaną. Informuje on o tym, jaką część ią rzeczywistej wartości jest błąd, który obciąża wynik pomiaru. Posługując się błędem względnym możemy porównywać dokładność (precyzję) pomiarów zupełnie różnych wielkości.

# Mnożenie dwóch wartości mierzonych

Chcemy obliczyć pęd ciała  $p = mv$

Przeprowadzamy pomiary  $m$  i  $v$ :

$$m = 0,53 \pm 0,01 \text{ kg}$$

$$v = 9,1 \pm 0,3 \text{ m/s}$$

najlepsze przybliżenie  $p = mv$  jest równe

$$p_{np} = m_{np} \cdot v_{np} = 0,53 \cdot 9,1 = 4,82 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

aby obliczyć niepewność  $p$  najpierw obliczamy niepewności względne

$$\frac{\Delta m}{|m_{np}|} = \frac{0,01}{0,53} = 0,02 = 2\%$$

$$\frac{\Delta v}{|v_{np}|} = \frac{0,3}{9,1} = 0,03 = 3\%$$

Niepewność względna  $p$  jest równa sumie

$$\frac{\Delta p}{|p_{np}|} = 2\% + 3\% = 5\%$$

Jeżeli chcemy znać bezwzględną wartość niepewności  $p$  musimy powyższe wyrażenie pomnożyć przez  $p_{np}$ :

$$\Delta p = \frac{\Delta p}{|p_{np}|} \cdot p_{np} = 0,05 \cdot 4,82 = 0,241$$

Po zaokrągleniu  $\Delta p$  i  $p_{np}$  otrzymujemy ostateczny wynik

$$(\text{wartość } p) = 4,8 \pm 0,2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$



# Zadanie

Policz błąd względny

## Dane:

Długość stołu:  $150,30 \text{ cm} \pm 1$

Szerokość stołu:  $50,20 \text{ cm} \pm 0,50$

Oblicz pole powierzchni .....

Podaj wartość niepewności pomiarowej .....

# Elementy sprawozdania

## 1) Wstęp.

- Kilka własnych zdań zawierające informacje o celu przeprowadzonego doświadczenia.

## 2) Technika realizacji pomiaru

- Opis metody pomiarowej i czynności jakie zostały wykonane aby wykonać doświadczenie.

## 3) Opis i analiza zebranych danych

- Opracowanie i analiza danych pomiarowych
- Przejrzysta prezentacja danych w formie tabeli, wykresów i itd..

## 4) Podsumowanie i wnioski

- Czy zmierzone wartości pomiarowe są zgodne z naszymi przewidywaniami?

## 5) Załączniki

- Do opisu dołączamy protokół, który stanowi integralną część sprawozdania

# Tabele

- Każdej tabeli nadajemy krótki, zrozumiały tytuł,
- Symbole i wielkości fizyczne używane do podpisów tabel powinny być takie same jak w tekście opisu,
- W tabelach nazwy, symbole, wielkości fizyczne oraz jednostki umieszczamy w nagłówkach kolumn lub wierszy. NIE podajemy jednostek miar w komórkach tabeli obok każdej wartości liczbowej.

Tabela 1

Wartości średnie składowych barwy kostek marchwi w serii pomiarowej. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji

The mean of color parameters and indices of particulate experimental row. The results of a one-factor analysis of variance

Grupa Group	Liczebność Próby Number of the attempt	Wyróżniki barwy Colour parameters									
		L* [-]		a* [-]		b* [-]		ΔE* [-]		YI313 [-]	
		$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S
M <sub>ks</sub> -1*	43	68,82 <sup>A</sup>	1,67	42,39 <sup>A</sup>	2,16	54,27 <sup>D</sup>	2,82	73,54 <sup>D</sup>	3,51	140,84 <sup>D</sup>	6,82
M <sub>ks</sub> -2	43	68,91 <sup>A</sup>	2,11	40,32 <sup>B</sup>	3,45	51,08 <sup>B</sup>	4,39	70,00 <sup>B</sup>	5,16	134,78 <sup>B</sup>	9,87
M <sub>ks</sub> -3	43	69,74 <sup>AB</sup>	2,47	39,13 <sup>B</sup>	3,72	49,51 <sup>AB</sup>	4,59	67,87 <sup>AB</sup>	5,68	130,62 <sup>AB</sup>	11,01
M <sub>ks</sub> -4	43	69,59 <sup>AB</sup>	2,21	39,16 <sup>B</sup>	2,89	49,48 <sup>AB</sup>	3,36	67,91 <sup>AB</sup>	4,13	130,85 <sup>AB</sup>	8,28
M <sub>ks</sub> -5	43	69,61 <sup>AB</sup>	2,34	38,93 <sup>BC</sup>	3,53	48,86 <sup>A</sup>	5,34	67,34 <sup>A</sup>	6,03	129,70 <sup>A</sup>	11,62
M <sub>ks</sub> -6	43	70,03 <sup>B</sup>	1,89	37,63 <sup>C</sup>	3,19	46,76 <sup>C</sup>	4,26	64,90 <sup>C</sup>	4,86	125,25 <sup>C</sup>	9,49
M <sub>ks70</sub> -1*	43	71,16 <sup>AB</sup>	4,50	17,26 <sup>AB</sup>	4,25	16,01 <sup>AB</sup>	4,88	33,17 <sup>AB</sup>	7,49	53,58 <sup>AB</sup>	16,18
M <sub>ks70</sub> -2	43	69,81 <sup>AB</sup>	4,24	18,36 <sup>A</sup>	4,70	17,26 <sup>AB</sup>	5,24	35,34 <sup>A</sup>	7,60	57,97 <sup>AB</sup>	17,35
M <sub>ks70</sub> -3	43	70,93 <sup>AB</sup>	4,55	17,60 <sup>AB</sup>	4,78	16,35 <sup>AB</sup>	5,31	33,69 <sup>AB</sup>	8,03	54,77 <sup>AB</sup>	17,76
M <sub>ks70</sub> -4	43	69,88 <sup>AB</sup>	3,99	18,47 <sup>A</sup>	4,62	16,99 <sup>AB</sup>	4,96	35,21 <sup>AB</sup>	7,33	57,54 <sup>AB</sup>	16,94
M <sub>ks70</sub> -5	43	69,31 <sup>B</sup>	4,29	19,18 <sup>A</sup>	3,98	18,11 <sup>B</sup>	4,60	36,49 <sup>A</sup>	7,02	60,87 <sup>B</sup>	15,54
M <sub>ks70</sub> -6	43	71,70 <sup>A</sup>	4,30	16,25 <sup>B</sup>	3,96	15,08 <sup>A</sup>	4,27	31,82 <sup>B</sup>	6,77	50,31 <sup>A</sup>	14,46

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie ( $p < 0,05$ ).

Values in the same column with the letters are significantly different at essential ( $p < 0,05$ ).

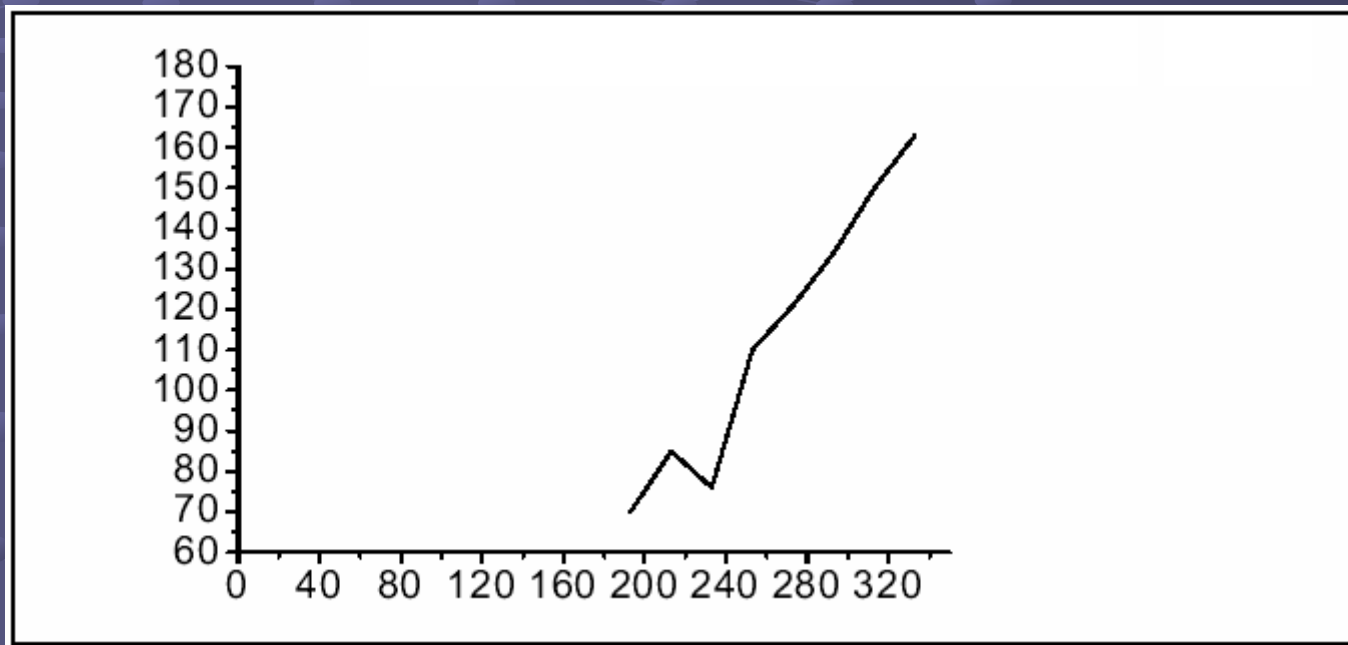
M<sub>ks</sub>- kostka surowa, raw cube, M<sub>ks70</sub>-kostka suszona, dried cube, 1..6\* – kolejne powtórzenie, the next repetition,  $\bar{x}$  - wartość średnia, average value S- błąd standardowy średniej, standard error of the average L\* - jasność, lightness, a\* - żółtość, yellowness, b\* - czerwoność, redness, ΔE\* - bezwzględna różnica barwy, Hunter Lab total color difference, YI313 - indeks żółtości, Yellowness index

# Wykresy

- Osie wykresów opisujemy nazwą, symbolem oraz jednostką odpowiedniej wielkości fizycznej,
- Osie muszą być wyskalowane w taki sposób, aby przejrzysto przedstawić pomiary,
- **NIE łączymy prostą łamana** poszczególnych punktów doświadczalnych, a jedynie zaznaczamy punkty pomiarowe wraz z niepewnością. Następnie zaznaczamy linię „trendu” pokazującą ogólną tendencję danych np. wzrost lub spadek wartości,
- Zakres zmiennej na osi nie musi zaczynać się od zera,
- Zakresy osi wykresu należy dobrać tak, aby punkty pomiarowe znajdowały się na całej powierzchni ograniczonej osiami.

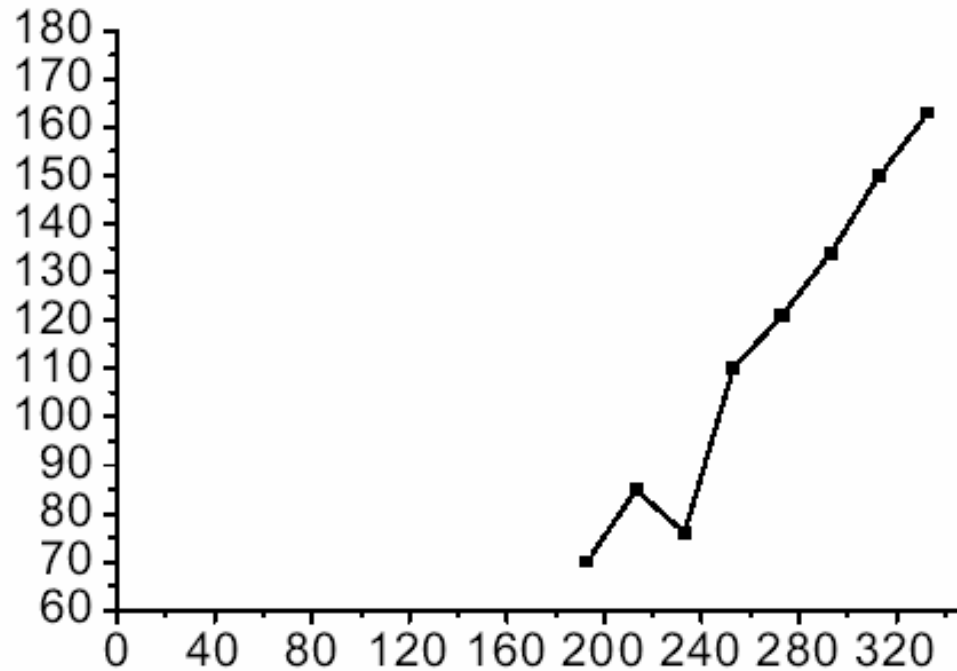
# Zasady rysowania wykresów

Czy ten wykres jest narysowany zgodnie z zasadami?



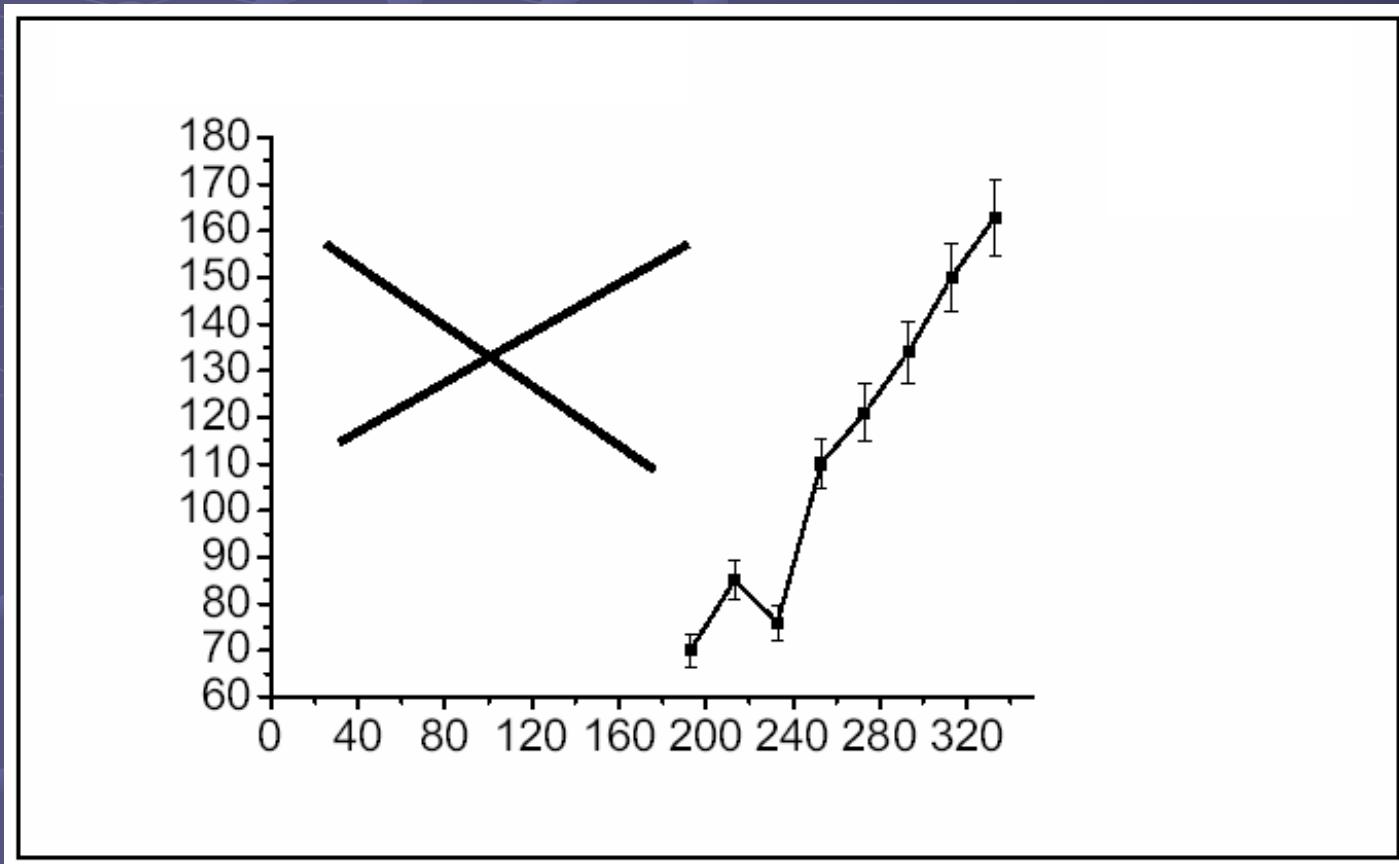
Należy wyraźnie zaznaczyć punkty pomiarowe!

# Zasady rysowania wykresów



Trzeba nanieść błąd pomiaru.

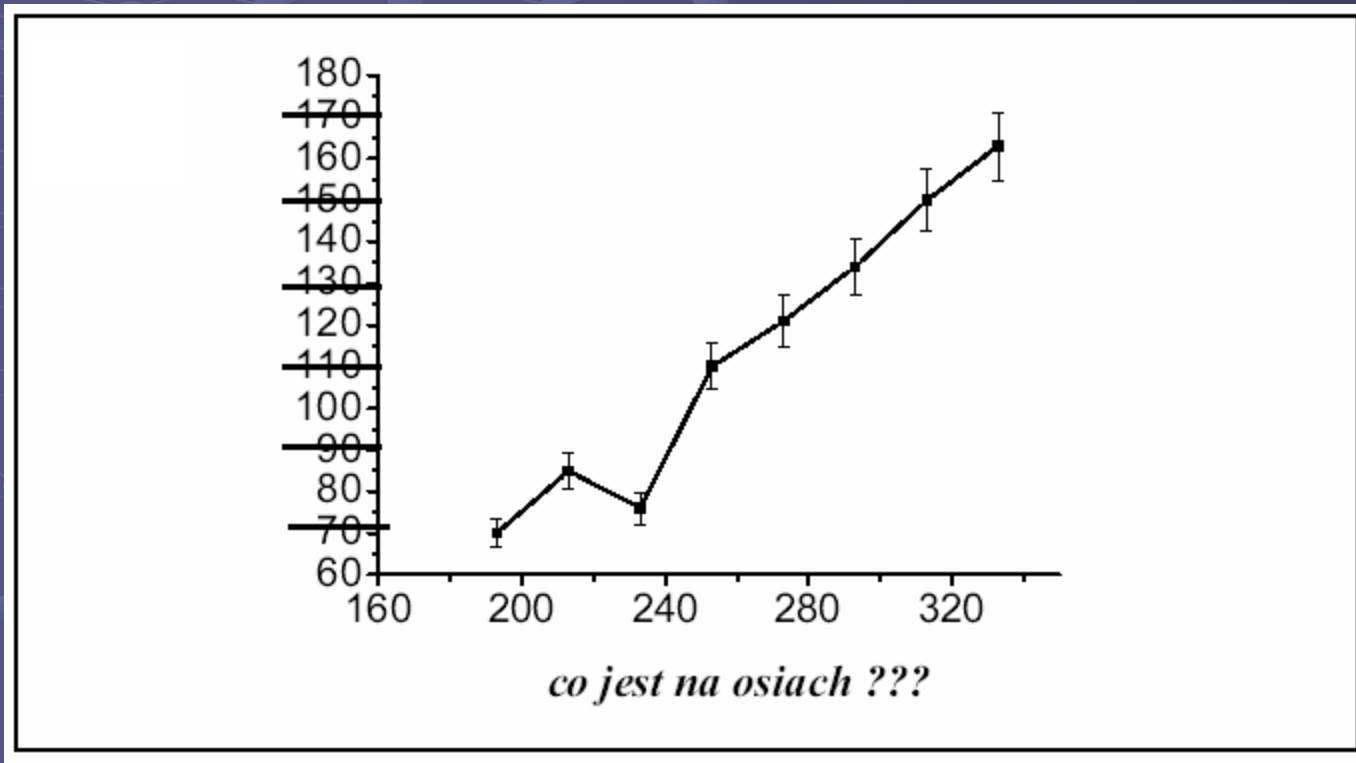
# Zasady rysowania wykresów



Dobrać zakresy osi współrzędnych do zakresu zmiennych danych pomiarowych.

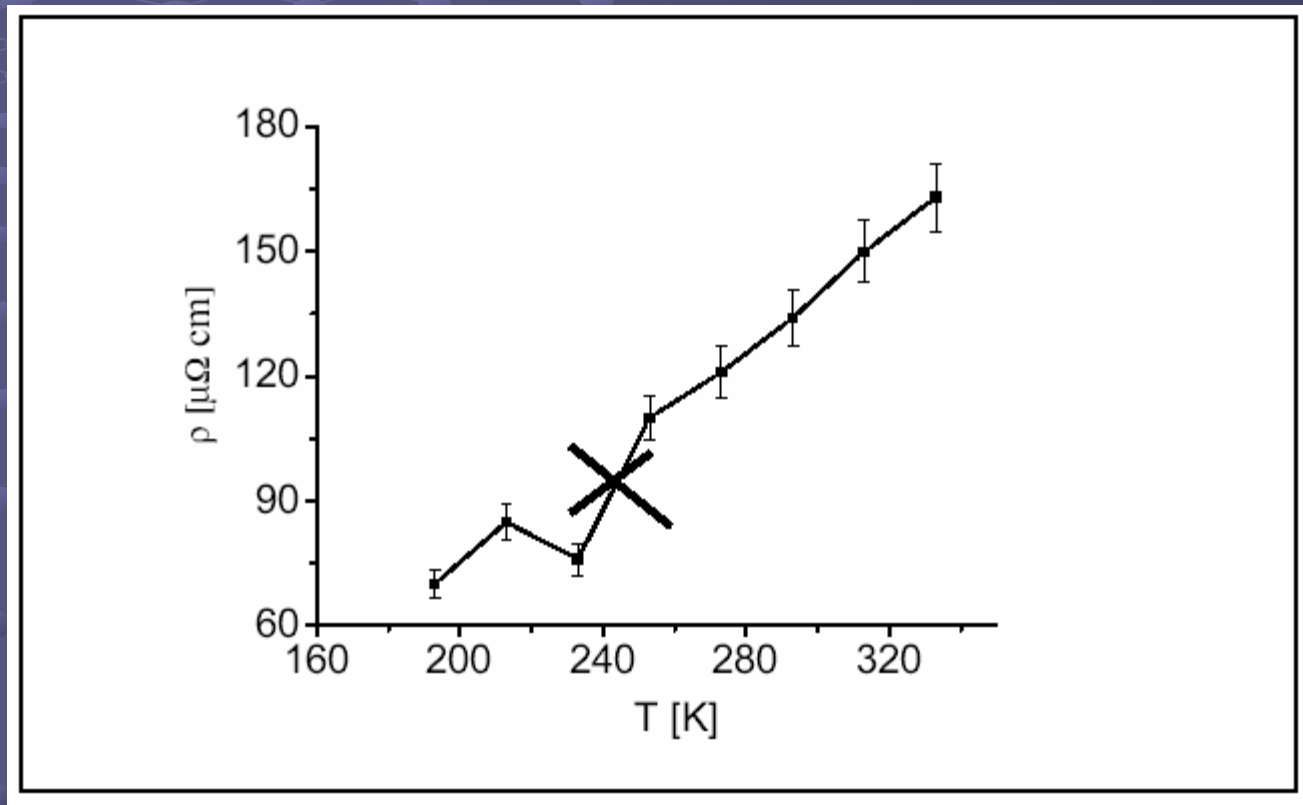


# Zasady rysowania wykresów



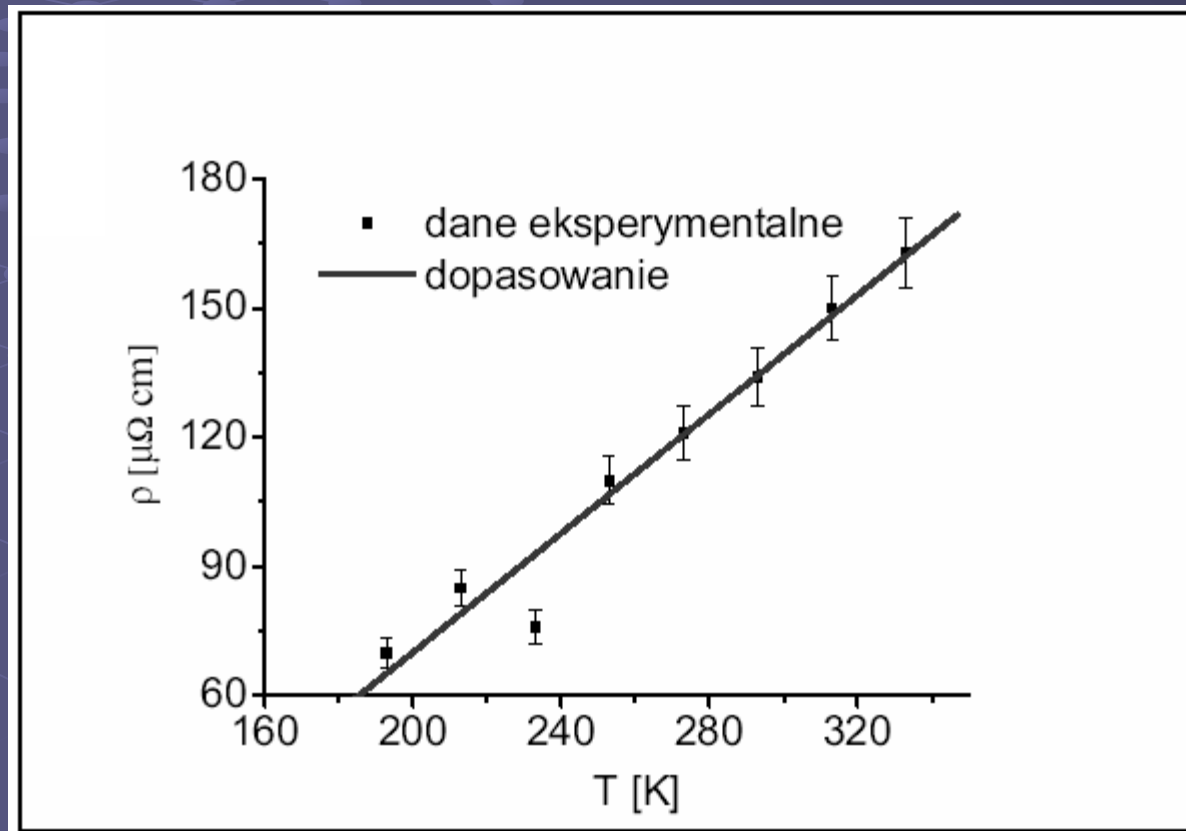
Właściwie opisać osie współrzędnych i dobrać skalę, tak aby łatwo można było odczytać wartości zmierzone.

# Zasady rysowania wykresów



Nie łączyć punktów eksperymentalnych linią łamaną!!! Jeśli jest znany przebieg teoretyczny to dokonywać dopasowania teorii do doświadczenia.

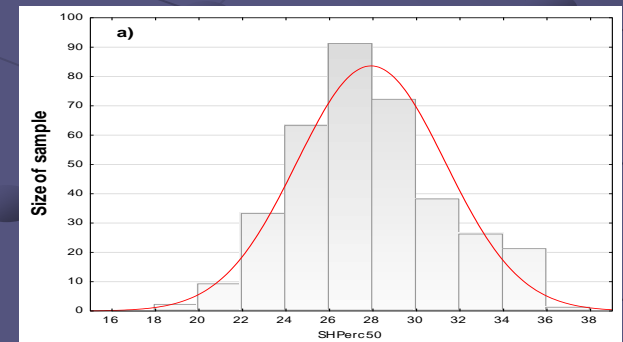
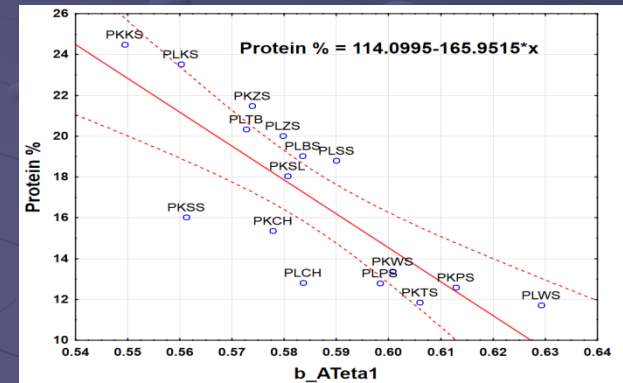
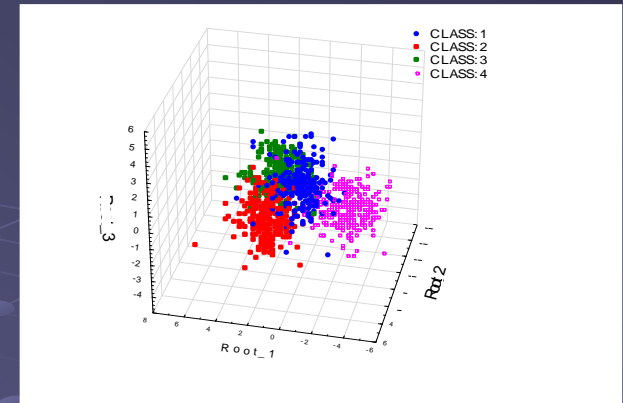
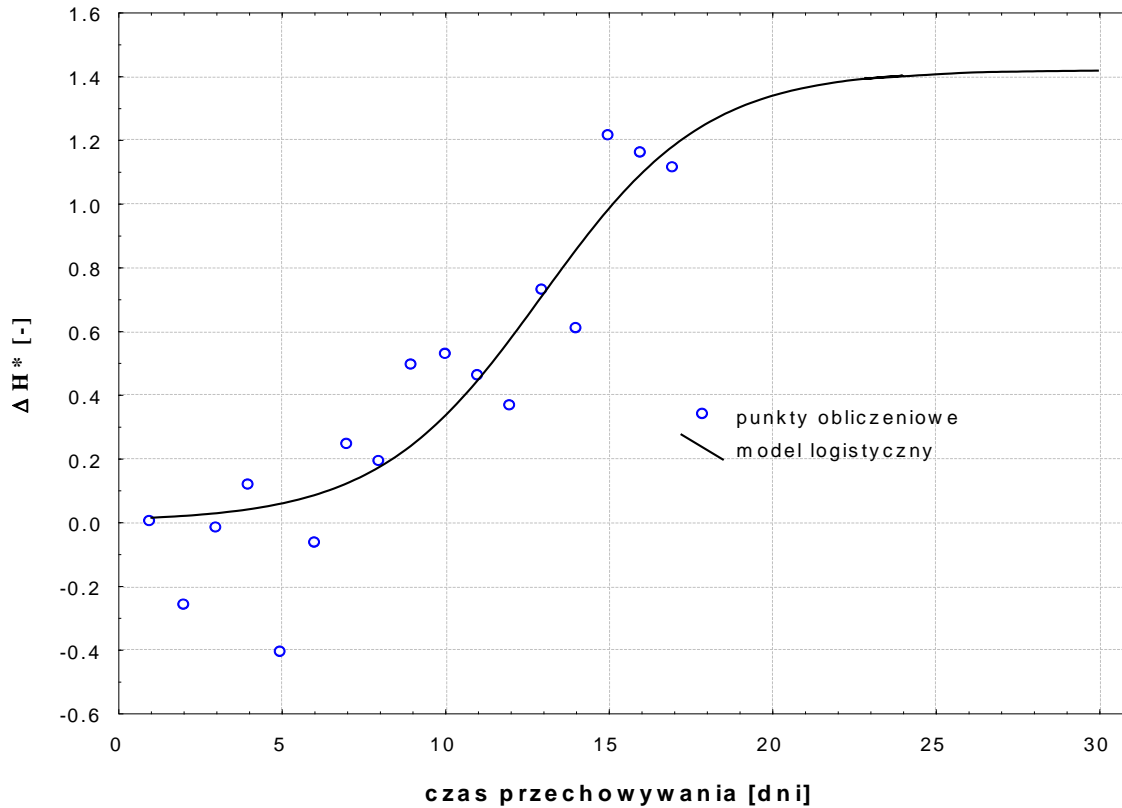
# Zasady rysowania wykresów



Zadbać o aspekt estetyczny wykresu (opis, legenda, zamknięcie ramką itp..)

# Zasady rysowania wykresów

$$y = (1.41668) / (1 + (177.534) * \exp((-0.39918) * x)) \quad R = 0.914$$



# Przyrządy pomiarowe

**Przyrząd pomiarowy** jest to narzędzie służące do przetwarzania wielkości mierzonej albo jednej spośród innych wielkości związanych z wielkością mierzoną na wskazanie lub inną równoznaczną informację.

## Rozdzielczość przyrządu :

**Dla pomiarów długości:**

**1 mm dla linijki ;**

**0,1 mm dla suwmiarki;**

**0,01 mm dla śruby mikrometrycznej**

**Dla pomiarów temperatury:**

**0,1 °C dla termometru lekarskiego;**

**10 °C dla termometru „zaokienego”**

**Dla mierników wychyłowych – „odstęp” pomiędzy kreskami  
(ew. połowa)**

## Z punktu widzenia klasy dokładności pomiaru, przyrządy dzielimy na:

- **wskaźniki** klasa 2.5 i 5 przybliżone oszacowanie wartości mierzonej
- **mierniki techniczne** klasa 1 i 1.5 typowe zastosowania przemysłowe
- **mierniki laboratoryjne** klasa 0.5
- **przyrządy wzorcowe** klasa 0.05, 0.1, 0.2 do skalowania i wzorcowania innych mierników

**Klasa przyrządu pomiarowego** określa wartość błędu granicznego, jaki może wystąpić podczas wykonywanego nim pomiaru. Określana jest jako błąd procentowy w stosunku do pełnego zakresu pomiarowego.

**Jeżeli przyrząd pomiarowy** wyposażony jest w podziałkę i nie jest podana klasa przyrządu (np. przymiar liniowy, kątomierz, mechaniczna waga szalkowa, mechaniczny stoper), wówczas niepewność pojedynczego pomiaru nie może być mniejsza od wartości wyznaczonej przez najmniejszą odległość między działkami podziałki.

# Parametry metrologiczne aparatury:

Klasa przyrządu K (dana przez producenta)

Niepewność pomiaru wynikająca z klasy przyrządu  $\Delta_k x$ :

$$\Delta_k x = \frac{K \cdot \text{zakres pomiaru}}{100}$$

Przykład:

- **wartość** natężenie prądu stałego zmierzona amperomierzem analogowym **2A**
- **zakres** czyli maksymalne „wychylenie” naszego miernika **5A**
- **klasa przyrządu** **0,1**

$$\Delta_k x = \frac{5A \cdot 0,1}{100} = 0,005A = 5mA$$

Wynik końcowy

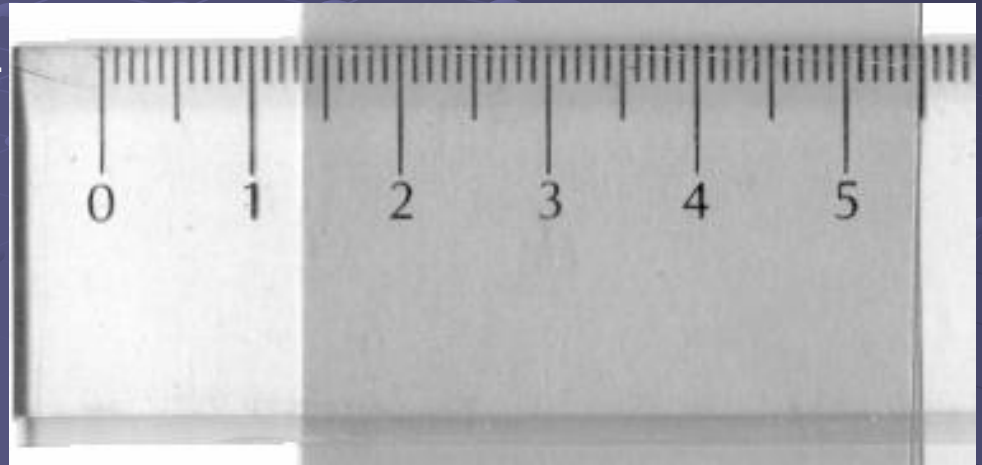
$$I = 2,000 \pm 0,005 A$$



# Pomiar długości - przymiar liniowy

Pomiar polega na porównaniu mierzonego rozmiaru ze skalą przymiaru.

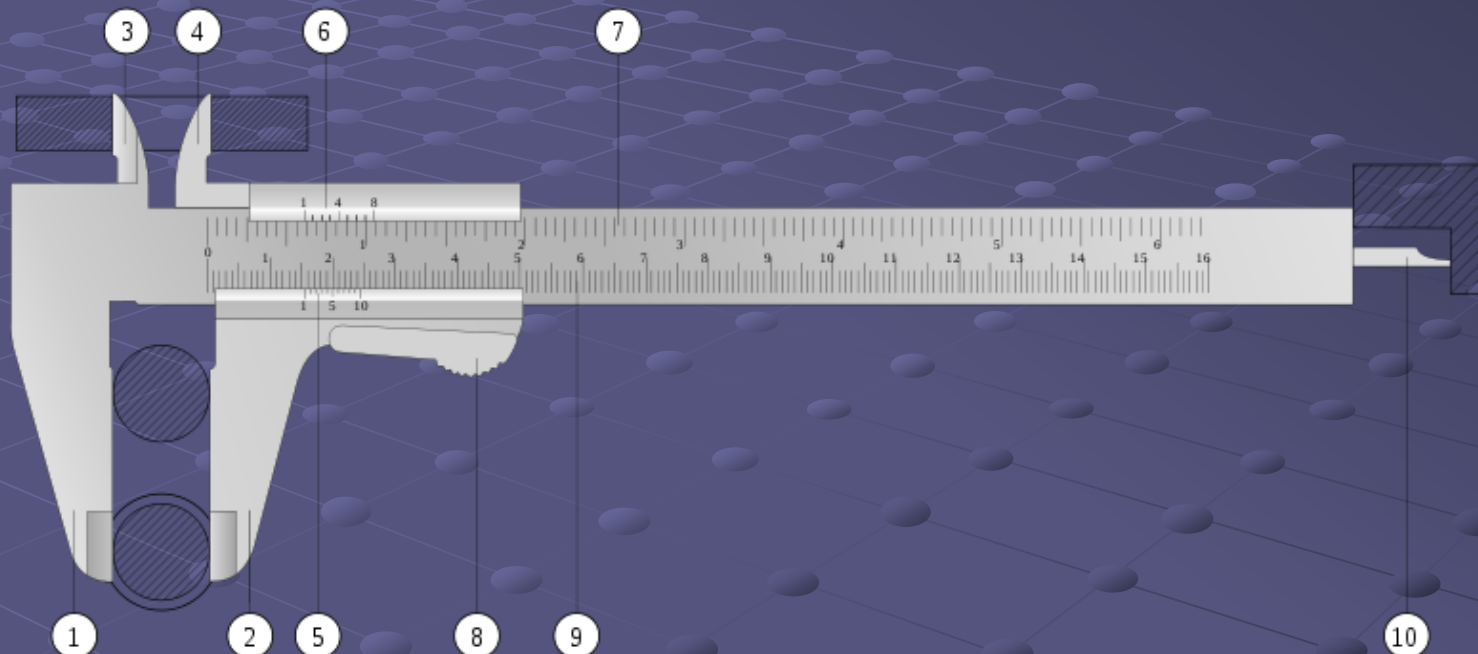
Ze względu na częste uszkodzenia lub niedokładności wykonania początku skali zaleca się pomiar różnicowy tzn. takie umieszczenie przymiaru względem mierzonego przedmiotu aby można było odczytać położenia jego krawędzi.



Różnica odczytu daje wartość poszukiwaną.

Rozmiar przedmiotu na rysunku wynosi:  **$55,0 - 13,5 = 41,5$  (mm)**

● Suwmiarka – pomiary długości jest typowym przyrządem pomiarowym stosowanym zarówno w laboratoriach jak i w przemyśle, wyposażonym w noniusz do dokładnego wyznaczenia ułamkowej części najmniejszej działki.



Budowa suwmiarki: 1 - Stała szczęka do pomiaru wymiarów zewnętrznych; 2 - Ruchoma szczęka do pomiaru wymiarów zewnętrznych; 3 - Stała szczęka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 4 - Ruchoma szczęka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 5 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 0,1[mm]; 6 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 1/128 cala; 7 - Podziałka calowa; 8 - Dźwignia zacisku ustalającego położenie przesuwnej szczęki; 9 - Podziałka milimetrowa; 10 - Głębokościomierz, do pomiarów głębokości i wymiarów mieszanych

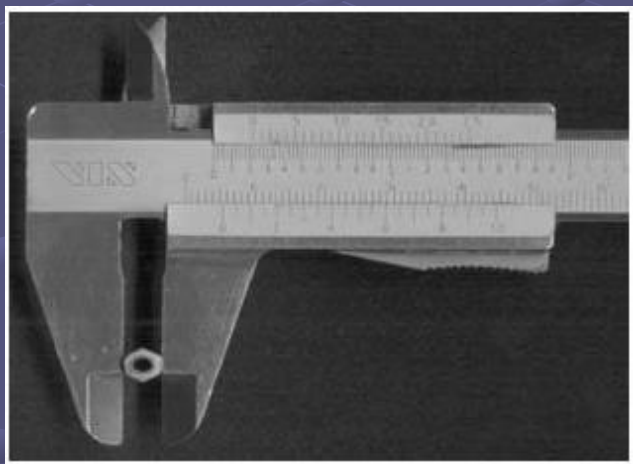
Przykłady odczytu z suwmiarki.

Suwmiarka pozwala mierzyć z dokładnością do 0,1 mm lub 0,05 mm.

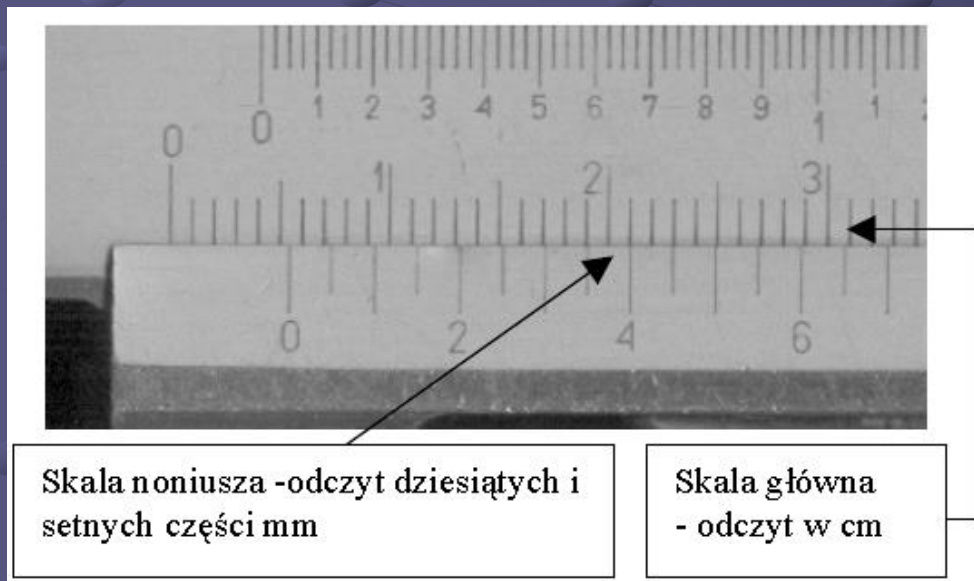


$$S=(1,23\pm 0,01)\text{cm}$$

Wykonanie pomiaru szerokości nakrętki M3



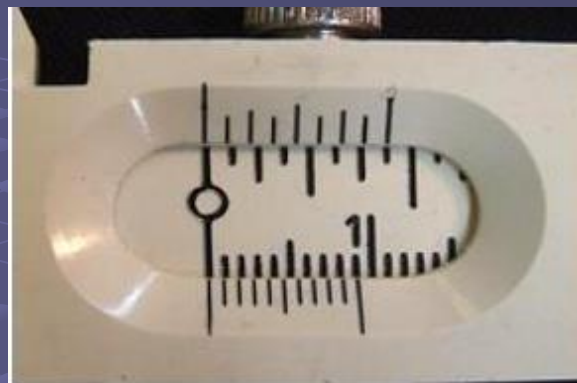
$$S=(5,40\pm 0,05)\text{mm}$$



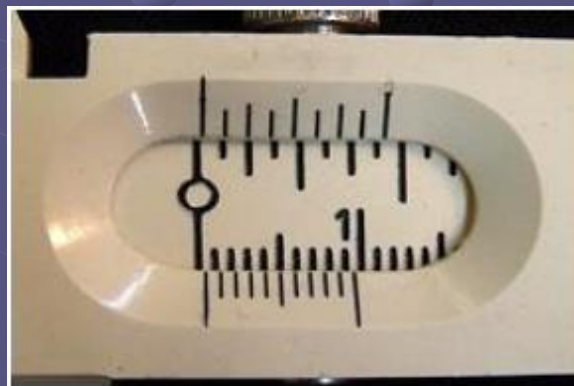
Skala noniusza - odczyt dziesiątych i setnych części mm

Skala główna - odczyt w cm

## Wyzerowanie suwmiarki



Wygląd dobrze wyzerowanej suwmiarki z zamkniętymi szczękami



Nieprawidłowo wyzerowana suwmiarka. W tym przypadku każdy pomiar obarczony jest dodatnim błędem (+ 0,05 cm) który powinien być odjęty od każdego odczytu.

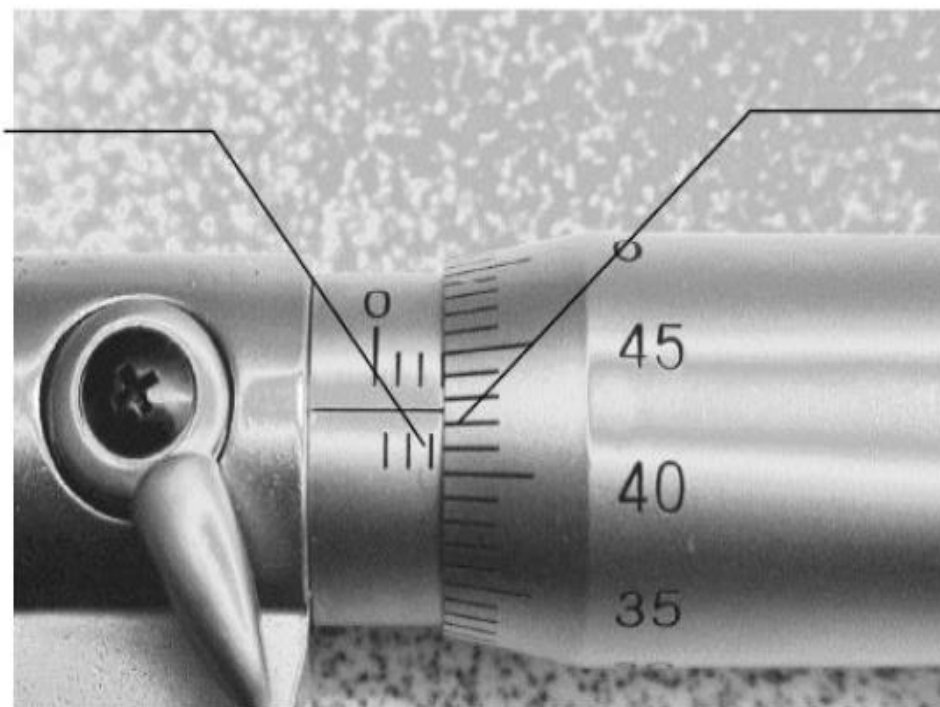
# Mikrometr – pomiary długości



Mikrometr pozwala mierzyć z dokładnością do 0,01 mm

Zasadniczą częścią mikrometru jest precyzyjnie wykonana śruba mikrometryczna o skoku 0,5 mm i zakresie 25 mm.

Skala wrzeciona  
odczyt:  
**5 kresiek=2,5mm**



Skala bębna  
odczyt  
**42 kreski=0,42mm**

Aby prawidłowo odczytać wartości należy

1. Policzyc liczbę odsłoniętych przez krawędź bębna kresek nieruchomej skali liniowej (**5 kresek na rysunku**). Ponieważ odsłonięcie jednej kreski odpowiada pełnemu obrotowi bębna to oznacza to przesuw o **0,5 mm**. Tak więc odczyt będzie **5 kresek x 0,5mm = 2,5mm**. Jest to pierwszy składnik ostatecznego wyniku.
2. Określić, która kreska podziałki bębna pokrywa się z linią środkową na wrzecionie (**42 na rysunku**). Ponieważ jedna kreska tej podziałki odpowiada przesuwowi o **0,01mm**, to odczyt wartości jest: **42 x 0,01=0,42 mm** i jest to drugi składnik ostatecznego wyniku.
3. Dodać te dwie wartości: **2,5+0,42=2,92mm**. Jest to końcowy wartość odczytu.