

**Katarzyna Grebieszko**

Wydział Fizyki  
Politechnika Warszawska

**Ćwiczenie 1**  
**Metody pomiarowe i opracowania**  
**wyników w laboratorium fizyki**

Luty 2021

**Część 2.**

**Pomiary wielkości  
geometrycznych**

# Elementy do zmiernienia

**Płytkę:** 60–100 razy grubość mikrometrem,  
1 x szerokość, 1 x długość suwmiarką

**Walec:** 60–100 razy grubość mikrometrem,  
1 x wysokość suwmiarką

**Kulka:** 60–100 razy średnicę mikrometrem



# Możliwości pomiaru suwmiarką

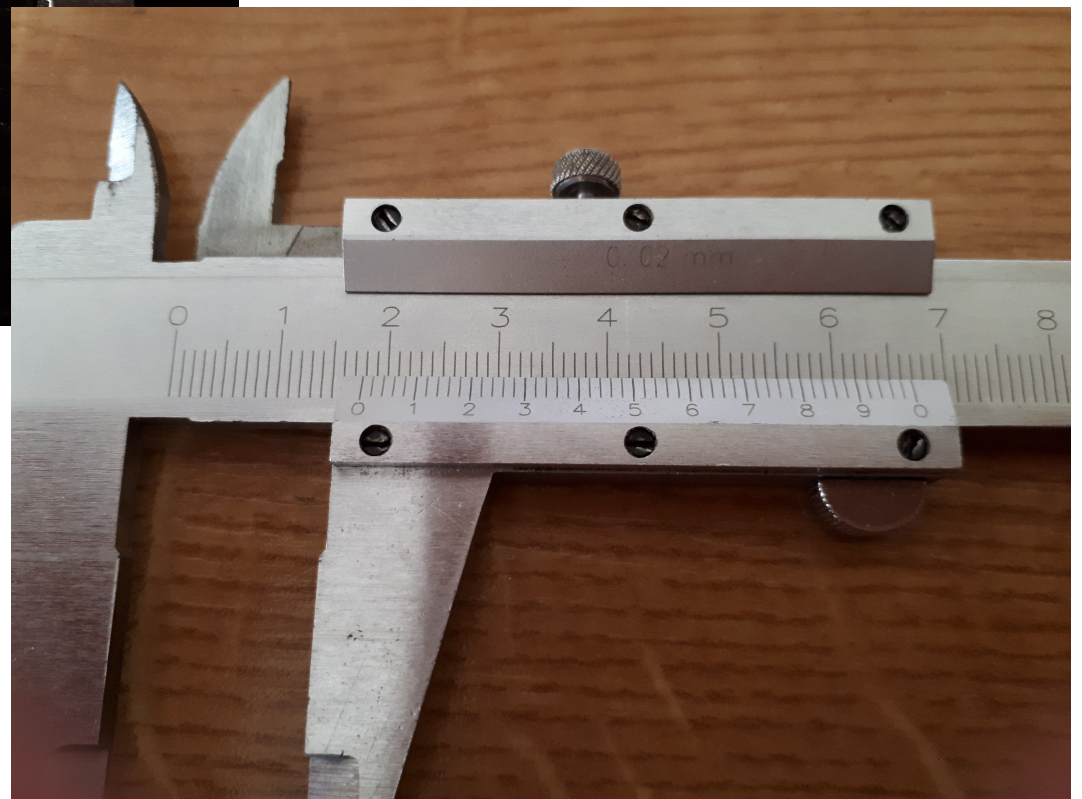


- Wymiary zewnętrzne
- Wymiary wewnętrzne
- Głębokość

# Różne dokładności suwmiarek



- Górna: dokładność 0.05 mm
- Dolna: dokładność 0.02 mm



# Różne typy mikrometrów



# Sprawdzamy wyzerowanie

Jeden obrót wrzeciona to 0.50 mm

Najmniejsza podziałka  $\Delta x = 0.01$  mm



# Pomiar





# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu





# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



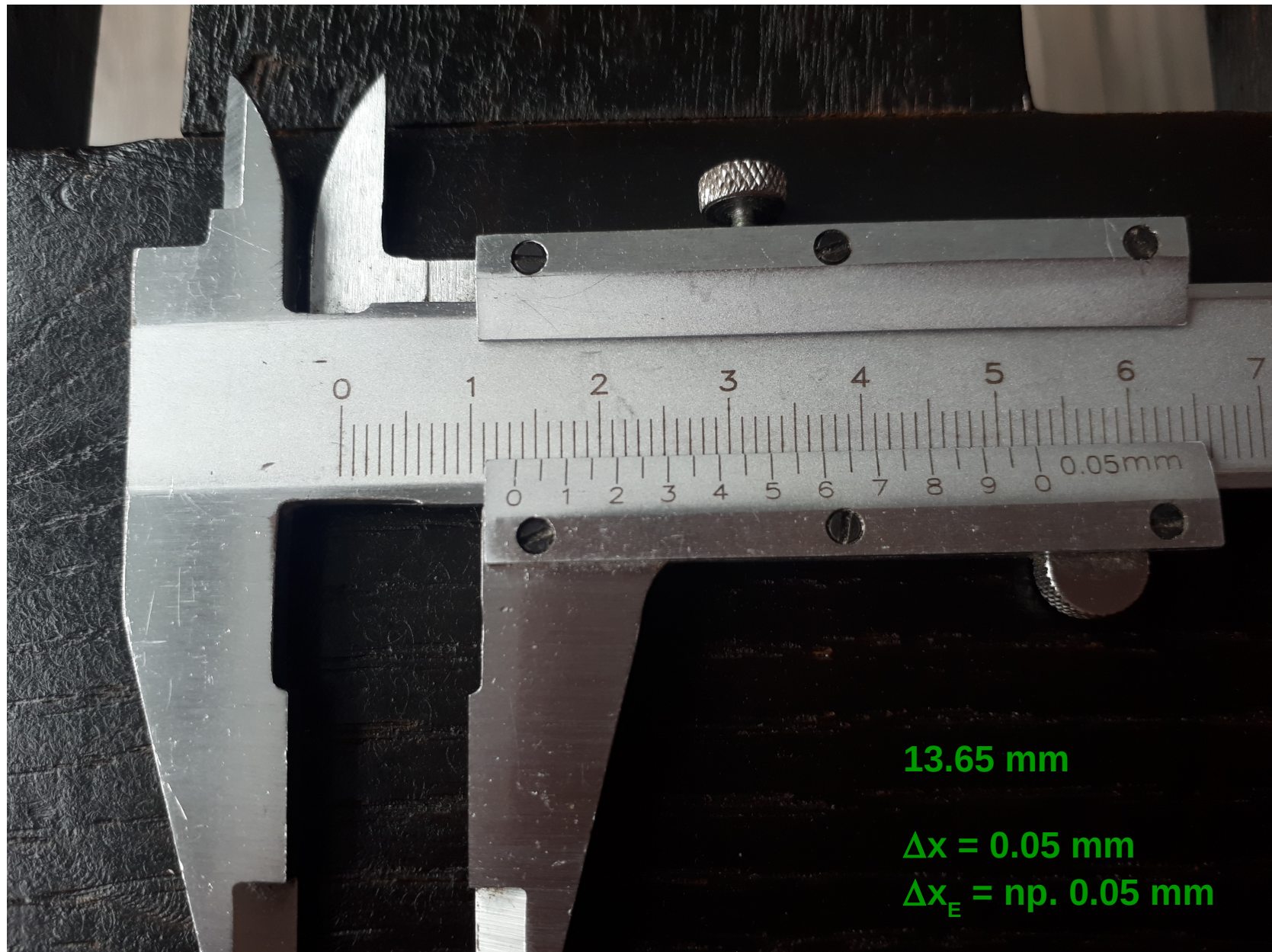
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu

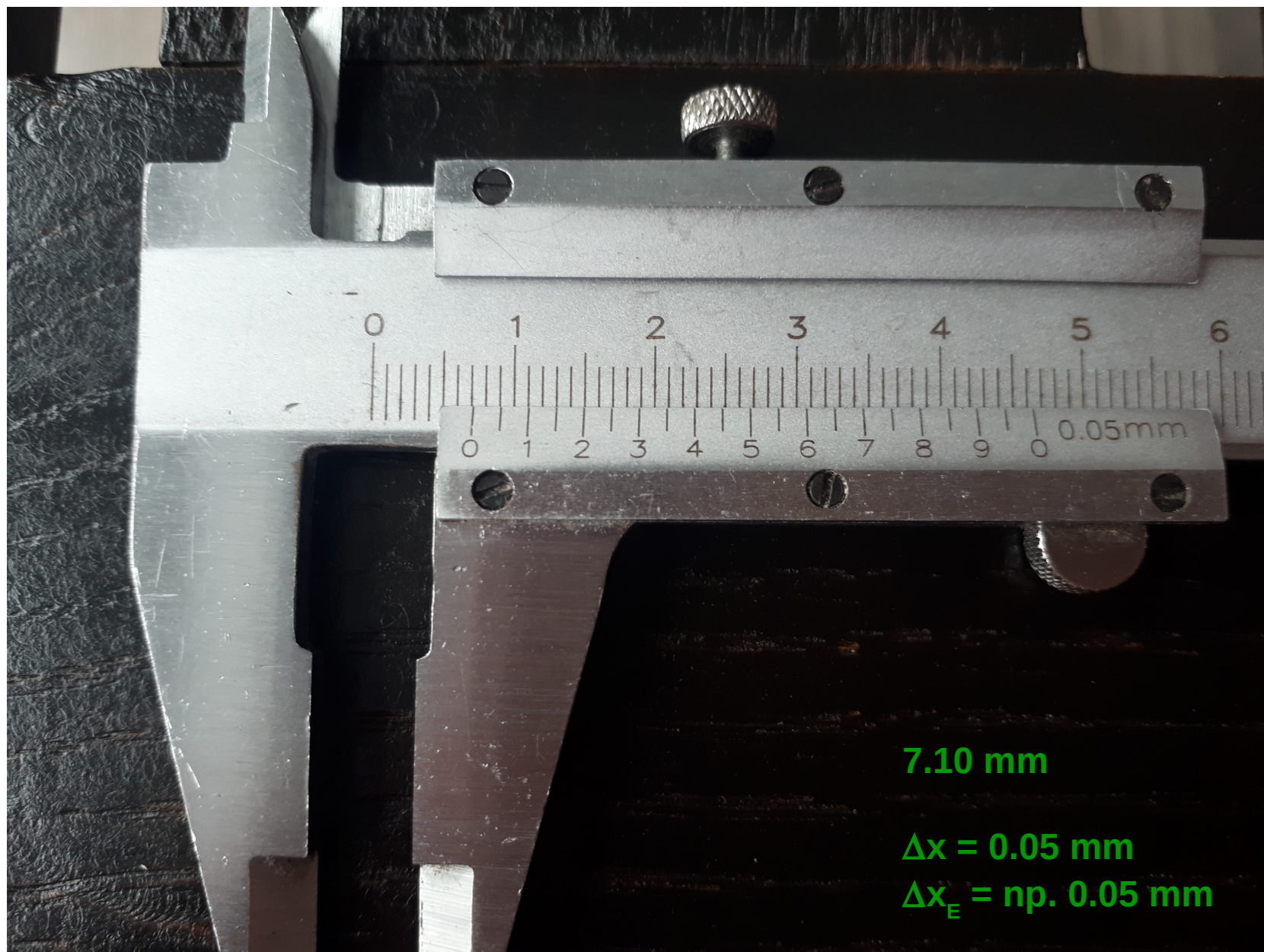


# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu

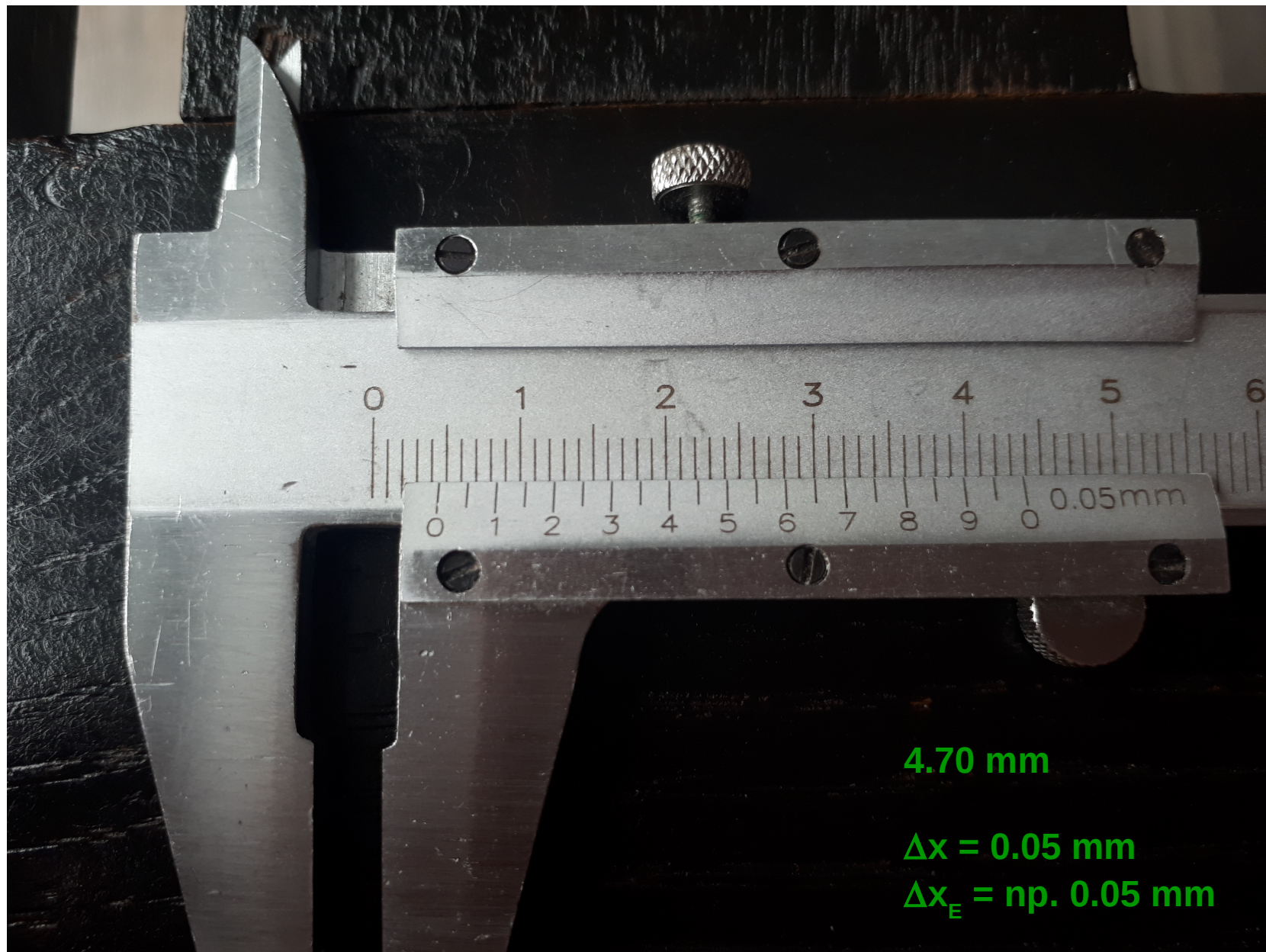




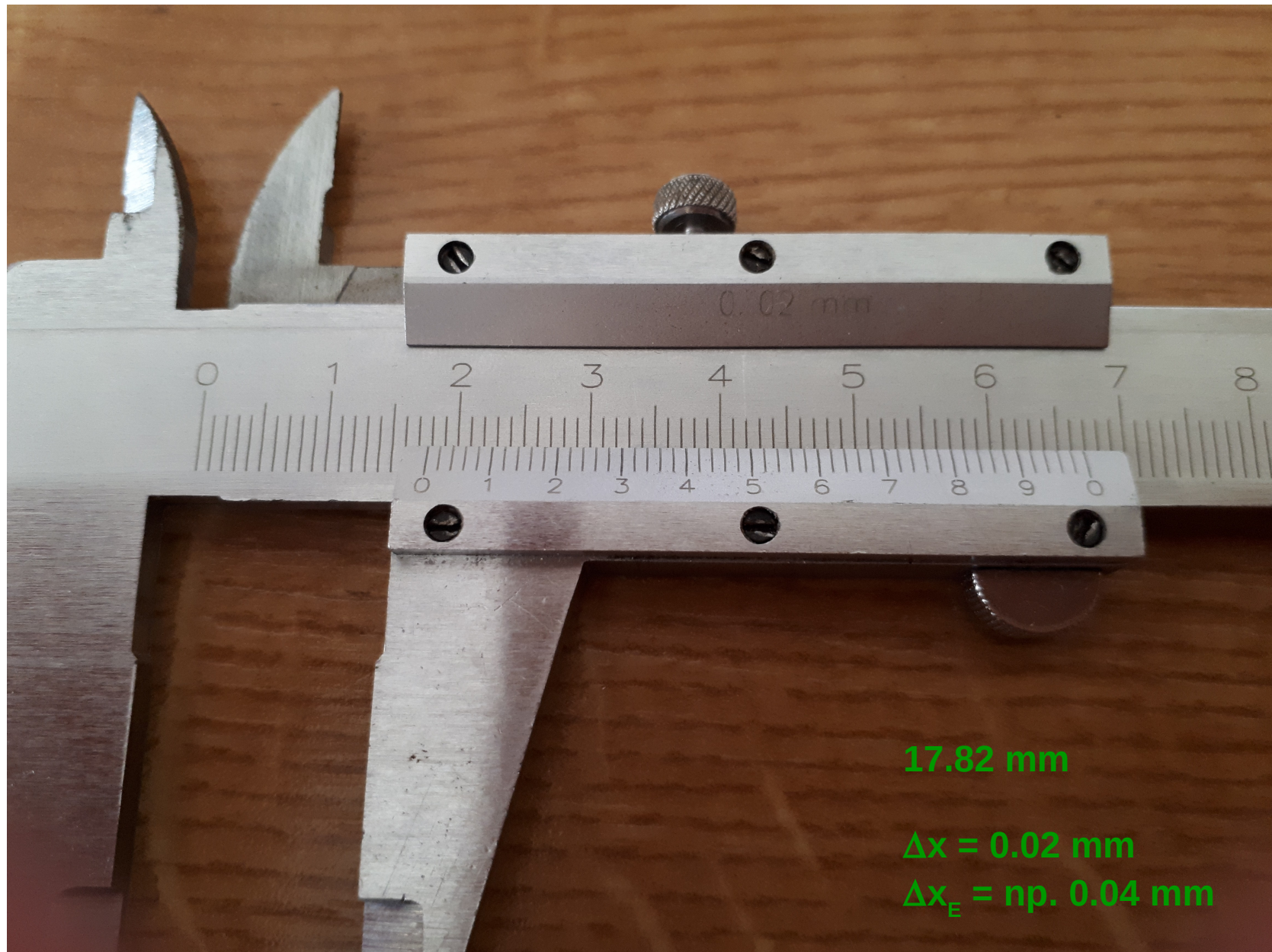
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



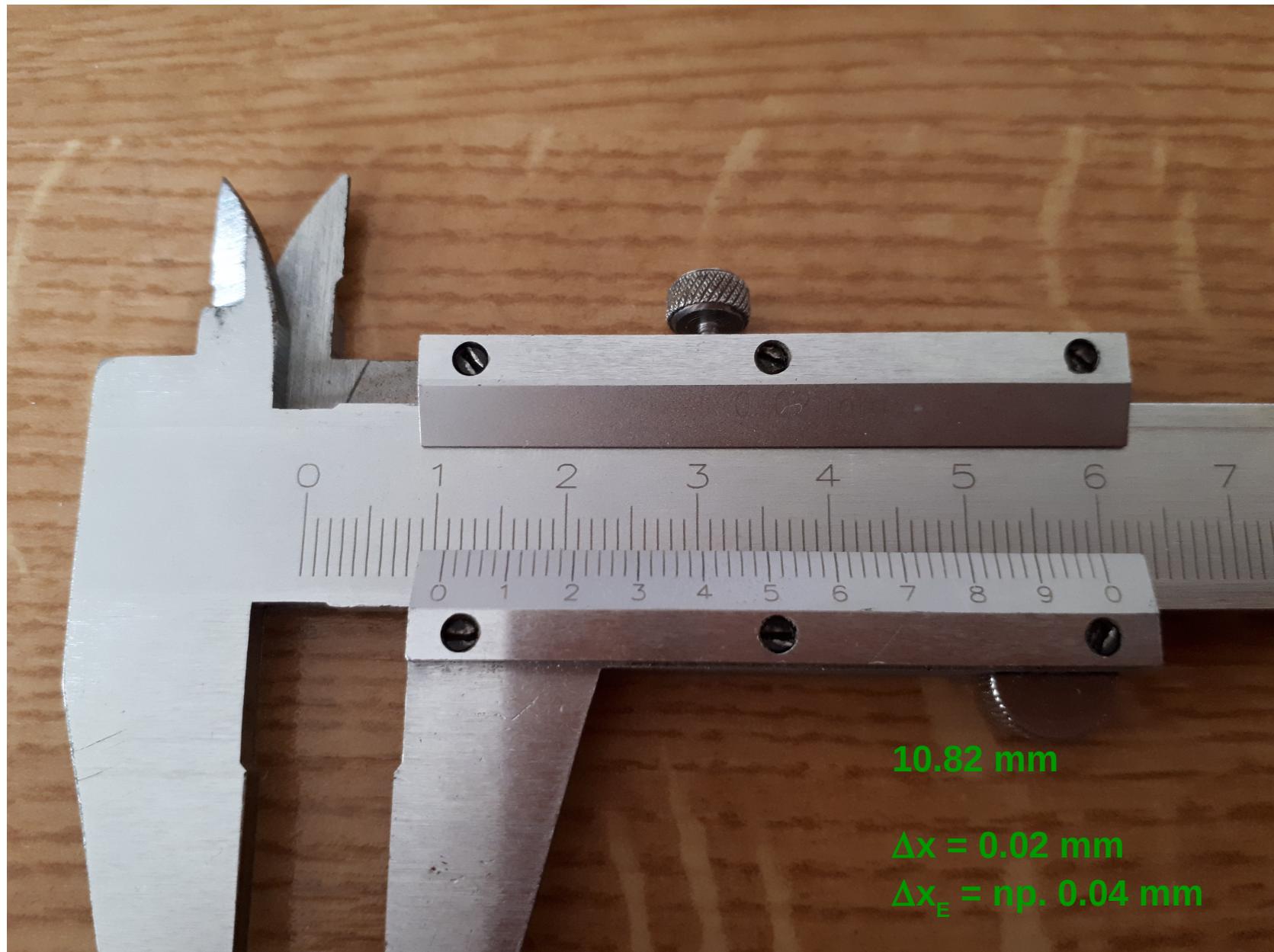
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



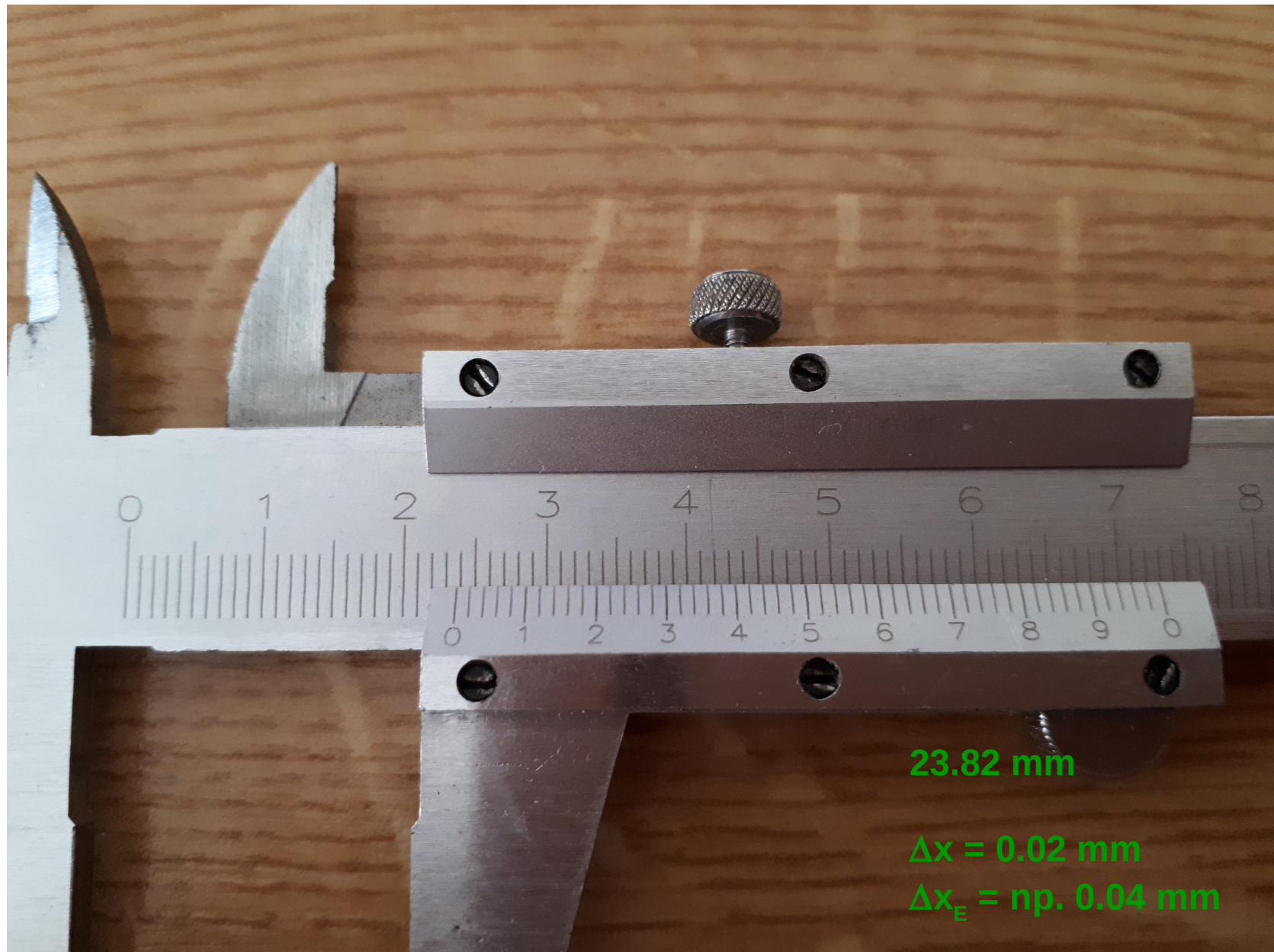
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



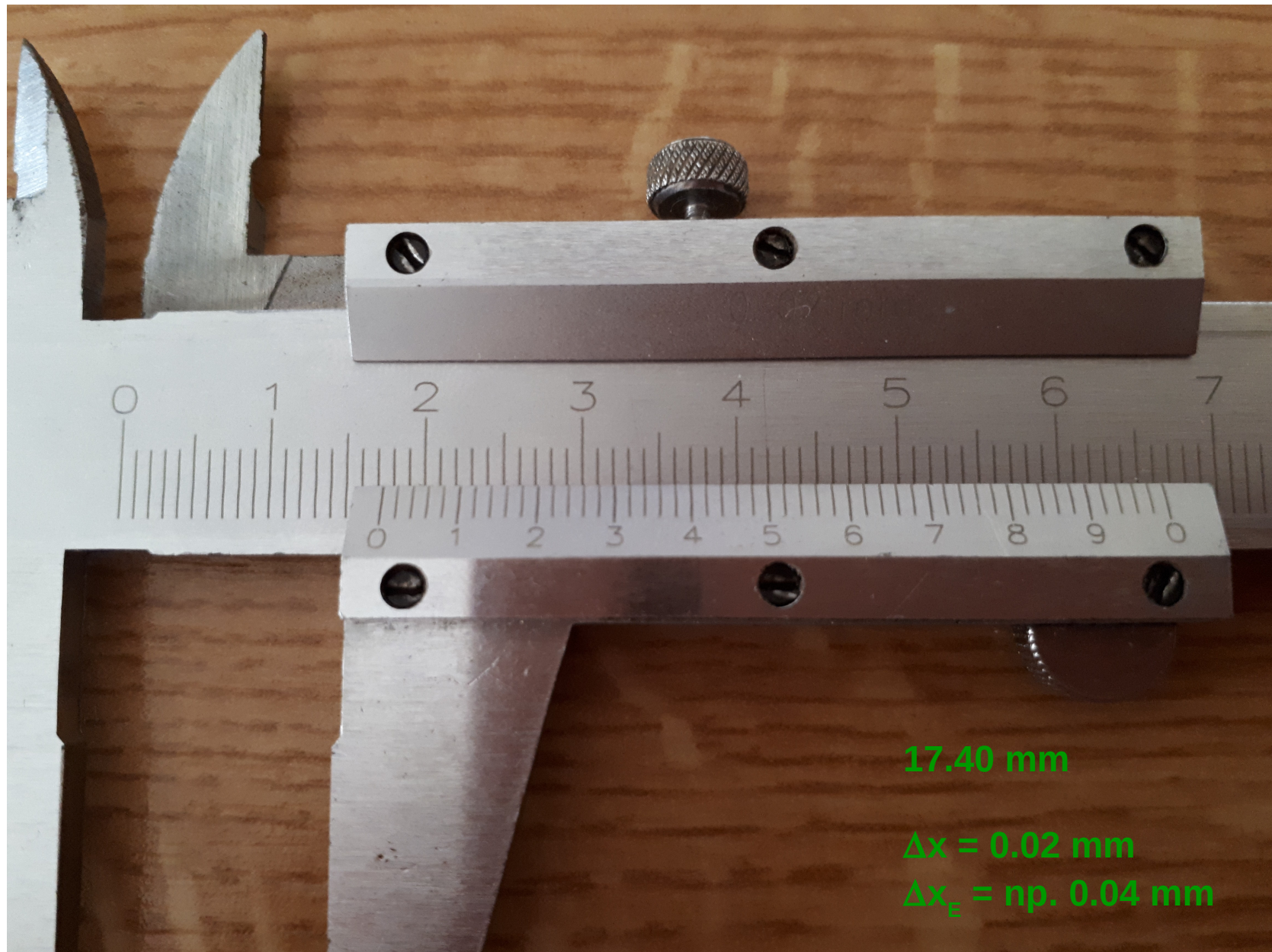
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



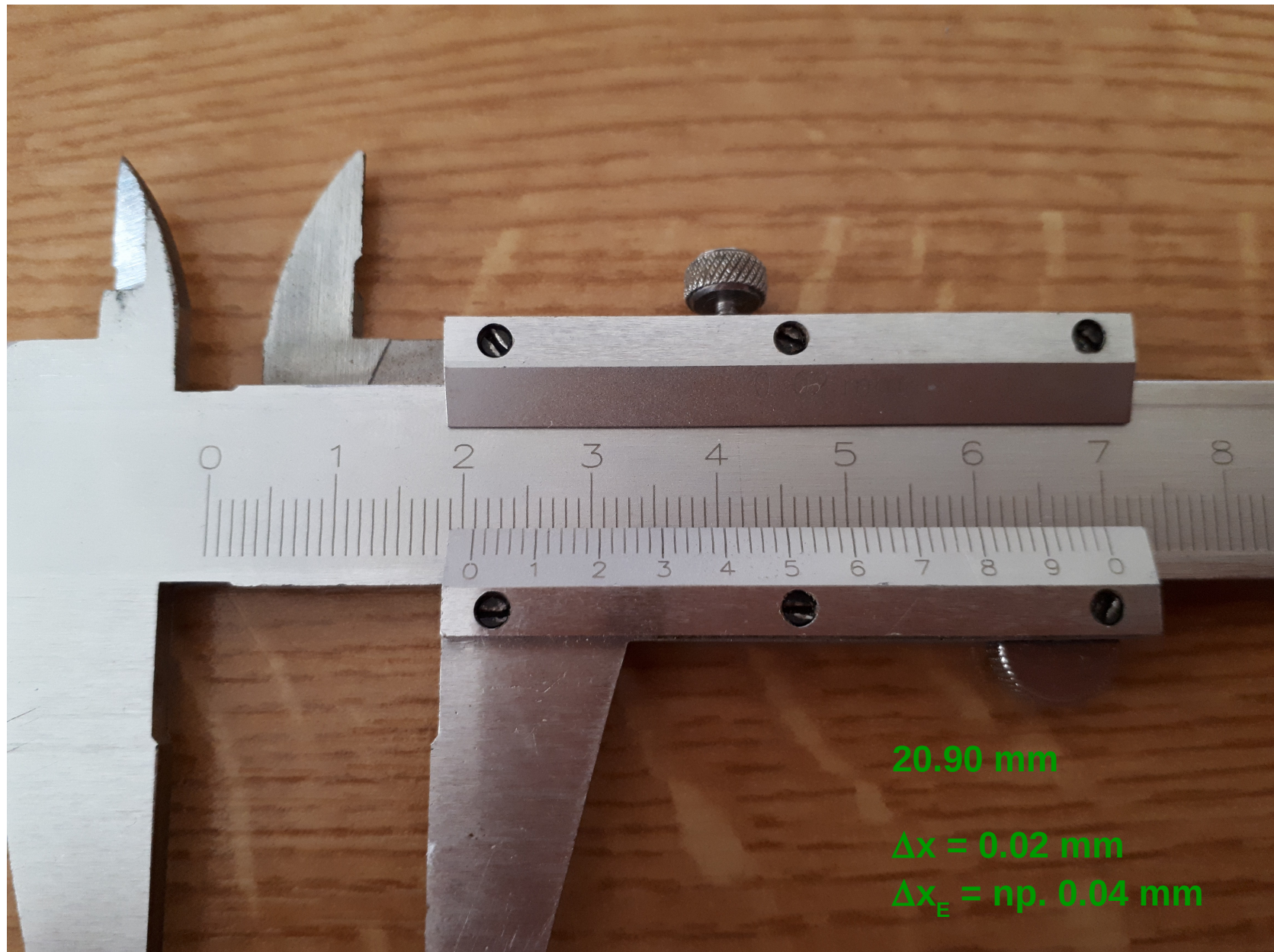
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



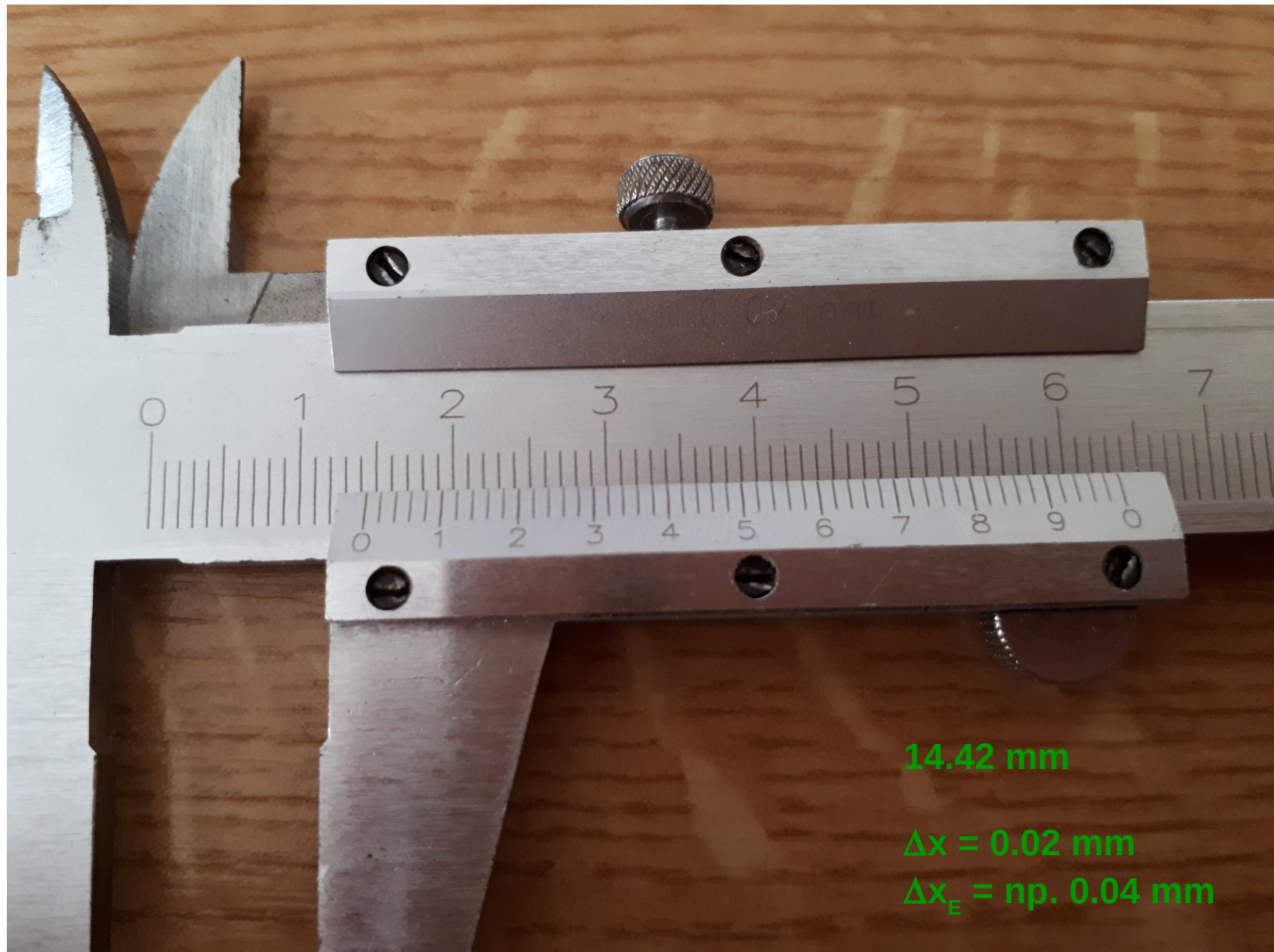
# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu

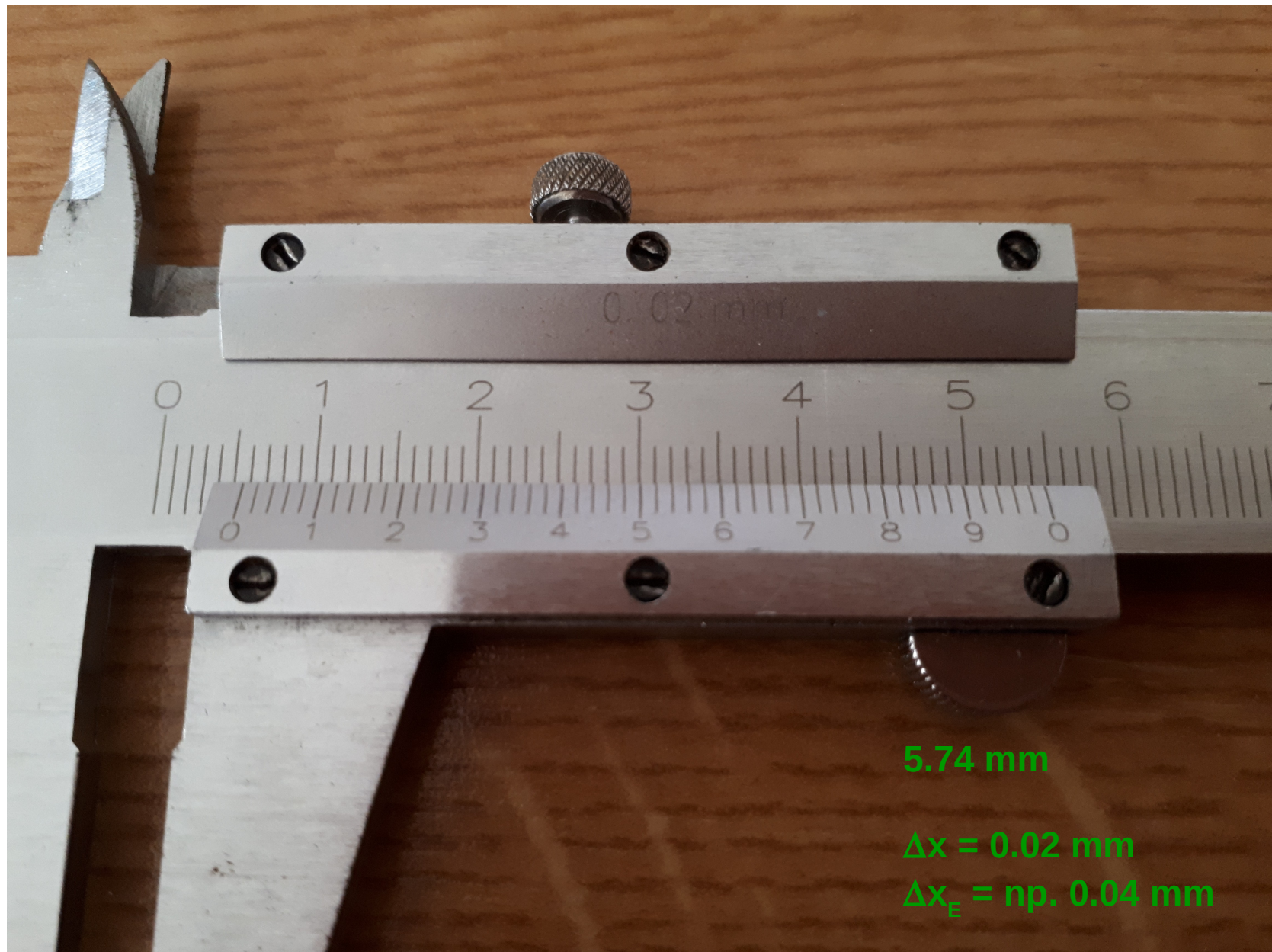


# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu





# Przykładowy pomiar – do samodz. odczytu



# 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  $0.04 \text{ mm}$

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.

**Koniec części 2.**