

EAIIB	Michał Kilian		Rok II	Grupa 5a	
Temat: Wahadło proste			Numer ćwiczenia: 0		
Data wykonania 10.10.2018r.	Data oddania 12.10.2018r.	Zwrot do poprawki	Data oddania	Data zaliczenia	Ocena

## 1 Cel ćwiczenia

Zaznajomienie się z typowymi metodami opracowania danych pomiarowych przy wykorzystaniu wyników pomiarów dla wahadła prosto

Wahadło matematyczne to punktowa masa  $m$  zawieszona na nieważkiej i nierozciągliwej lince poruszająca w jednorodnym polu grawitacyjnym. W doświadczeniu wykorzystamy bardzo dobre przybliżenie takiego układu jakim jest ciężka metalowa kulka zawieszona na nitce.

Aby znacząco uprościć obliczenia przyjmiemy  $\sin \theta \approx \theta$  co jest prawdą dla małych wartości kąta  $\theta$  zgodnie z twierdzeniem Taylora. Dzięki temu ograniczamy wpływ oporu powietrza na wyniki, a z uproszczonego równania ruchu wahadła uzyskujemy następującą zależność

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

gdzie  $T$  - okres drgań,  $l$  - długość nici,  $g$  - przyspieszenie grawitacyjne. Po przekształceniu otrzymujemy wzór roboczy pozwalający na wyznaczenie wartości przyspieszenia grawitacyjnego dla Ziemi

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (2)$$

## 2 Wykonanie ćwiczenia

1. Zapoznać się z budową mikroskopu
2. Na obu powierzchniach płytki zrobić kreski, jedna nad drugą cienkim pisakiem (ewentualnie wykorzystać istniejące kreski)
3. Zmierzyć śrubą mikrometryczną grubość płytki  $d$  w pobliżu kresek.
4. Ustaw badaną płytkę na stoliku mikroskopu w uchwycie i dobierz ostrość tak by uzyskać kontrastowy obraz. Regulując położenie stolika pokrętle 7a zaobserwuj górny i dolny ślad zaznaczony na płytce.
5. Pokrętle 7b przesunąć stolik mikroskopu do momentu uzyskania ostrego obrazu śladu na górnej powierzchni płytki.
6. Odczytaj położenie  $a_g$  wskazówki czujnika mikrometrycznego.
7. Przesunąć stolik mikroskopu do położenia, w którym widoczny jest ślad na dolnej powierzchni płytki (pokrętle 7b).
8. Ponownie odczytaj położenie  $a_d$  wskazówki czujnika.
9. Odczyty zanotuj w tabeli 1, 2 lub 3.

## 3 Wyniki pomiarów

Obliczenie grubości rzeczywistej dla płytki szklanej WSTAWIĆ OBLICZENIA

Tablica 1:

materiał: szkło grubość rzeczywista $d =$ WSTAWIĆ[mm] niepewność $u(d) = 0,01$ [mm]			
lp.	Wskazanie czujnika		grubość pozorna
	$a_d$ [mm]	$a_g$ [mm]	$h = a_d - a_g$ [mm]
1	4,19	1,13	3,06
2	4,23	1,02	3,21
3	4,22	1,14	3,08
4	4,21	1,15	3,06
5	4,17	1,17	3,00
6	4,16	1,19	2,97
7	4,16	1,17	2,99
8	4,21	1,15	3,06
9	4,19	1,17	3,02
10	4,19	1,19	3,00

średnia grubość pozorna  $h$  -  
 niepewność  $u(h)$  -

# Obliczenie grubości rzeczywistej dla płytki pleksiglasowej WSTAWIĆ OBLICZENIA

Tablica 2:

materiał: pleksiglas grubość rzeczywista $d = \text{WSTAWIĆ[mm]}$ niepewność $u(d) = 0,01[\text{mm}]$			
lp.	Wskażanie czujnika		grubość pozorna
	$a_d[\text{mm}]$	$a_g[\text{mm}]$	$h = a_d - a_g[\text{mm}]$
1	4,39	1,74	2,65
2	4,38	1,80	2,38
3	4,36	1,74	2,62
4	4,35	1,79	2,56
5	4,35	1,76	2,59
6	4,42	1,82	2,60
7	4,39	1,76	2,63
8	4,38	1,79	2,59
9	4,41	1,78	2,63
10	4,33	1,78	2,55

średnia grubość pozorna  $h$  -  
 niepewność  $u(h)$  -

## 4 Opracowanie wyników pomiarów

1. Oblicz wartość średnią średnicy drutu  $d$ . Niepewność tej wartości wyznaczyć nie metodą typu A lecz B, na podstawie działki elementarnej przyrządu. Zapisz wynik.
2. Na podstawie masy obciążników oblicz i wpisz do tabeli wartości siły rozciągającej.
3. Na podstawie wskazań czujników  $cz \uparrow$  oraz  $cz \downarrow$  (dla siły rosnącej oraz malejącej) oblicz średnią wartość wydłużenia jako  $\Delta l = (cz \uparrow + cz \downarrow)/4$ . (Przy obliczaniu średniej dzielimy przez 4 a nie przez 2 by uwzględnić też działanie dźwigni). Wyniki wpisz do tabeli.
4. Przedstaw na wykresie zależność średniego wydłużenia  $\Delta l$  w funkcji przyłożonej siły rozciągającej  $F$ .
5. Zaznacz na wykresie np. strzałkami punkty, które w twojej ocenie odbiegają od prostoliniowego przebiegu.
6. Do punktów pozostałych dopasuj prostą. Możesz posłużyć się programem komputerowym dostępnym w laboratorium. W wyniku otrzymasz wartość współczynnika nachylenia prostej  $a$  oraz jego niepewność  $u(a)$ .
7. Wykorzystując wzór roboczy  $E = \frac{4l}{\pi d^2 a}$  oblicz wartość modułu Younga.
8. Oblicz niepewność wartości  $E$  wykorzystując prawo przenoszenia niepewności względnej.
9. Zmierzoną wartość modułu Younga porównaj z wartością tablicową dla danego materiału. Rozstrzygnij, czy otrzymany wynik zgadza się z wartością tablicową w granicach niepewności rozszerzonej.

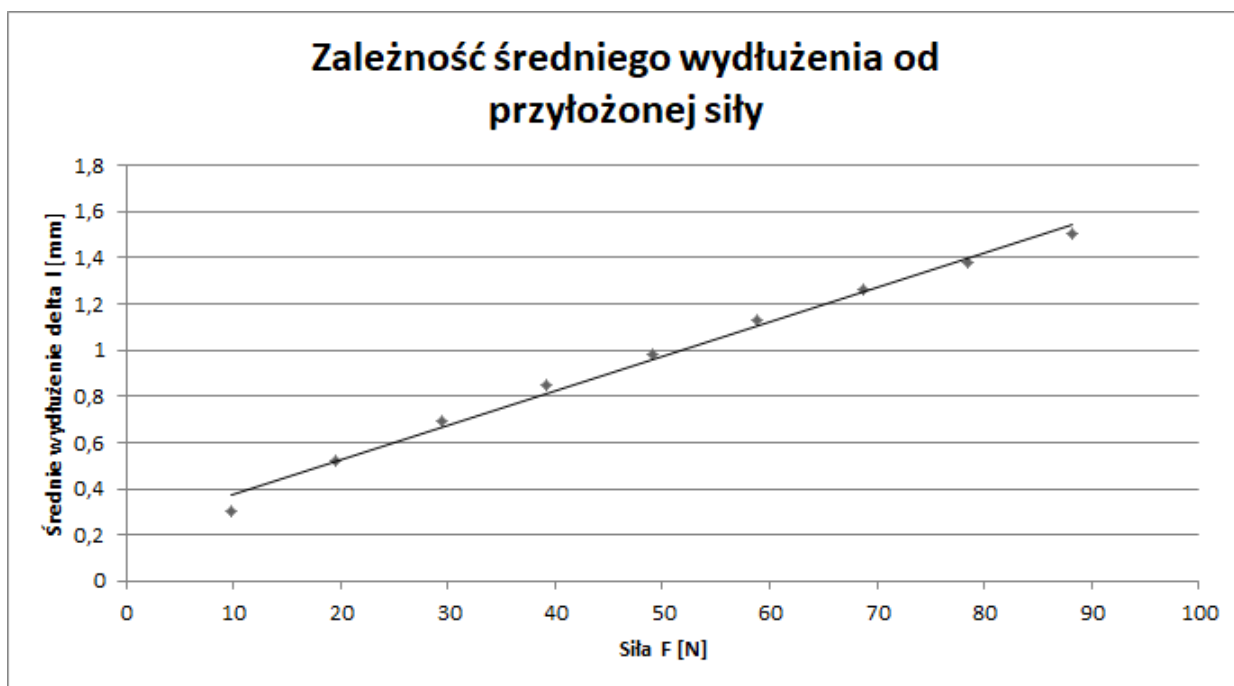
### Obliczenia dla drutu stalowego

Ad. 1: Średnia wartość średnicy drutu wynosi  $\frac{1,30+1,29+1,27}{3} \approx 1,29[mm]$  niepewność typu B jest równa najmniejszej podziałce i wynosi  $1[mm]$ .

Ad. 2: Wartości siły rozciągającej można znaleźć w tabeli.

Ad. 3: Średnie wartości wydłużenia można znaleźć w tabeli.

Ad. 4:



Ad. 5: Żaden z punktów nie odstaje w sposób znaczący od dopasowanej prostej.

Ad. 6: Uzyskane korzystając z programu Excel wartości  $a = 0,01495$   $u(a) = 0,00052$

Ad. 7: Podstawiając wartości do wzoru  $E = \frac{4l}{\pi d^2 a}$  otrzymujemy  $E = \frac{4 \cdot 106 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot (1,29 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,01495} \approx 54,25 [GPa]$

Ad. 8: Niepewność  $\frac{u_c(E)}{E} = \sqrt{\left(\frac{-u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(l)}{l}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot u(d)}{d}\right)^2}$

$$u_c(E) = 54,25 \cdot \sqrt{\left(\frac{-0,00052}{0,01495}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{106}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot 0,01}{1,29}\right)^2} = 2,07 [GPa]$$

Niepewność rozszerzona  $U(E) = 2 \cdot u_c(E) = 4,14 [GPa]$

Ad. 9: Wartość tabelaryczną modułu Younga dla stali określa przedział 210-220 GPa co oznacza, że otrzymany wynik nie jest zgodny w granicach niepewności rozszerzonej.

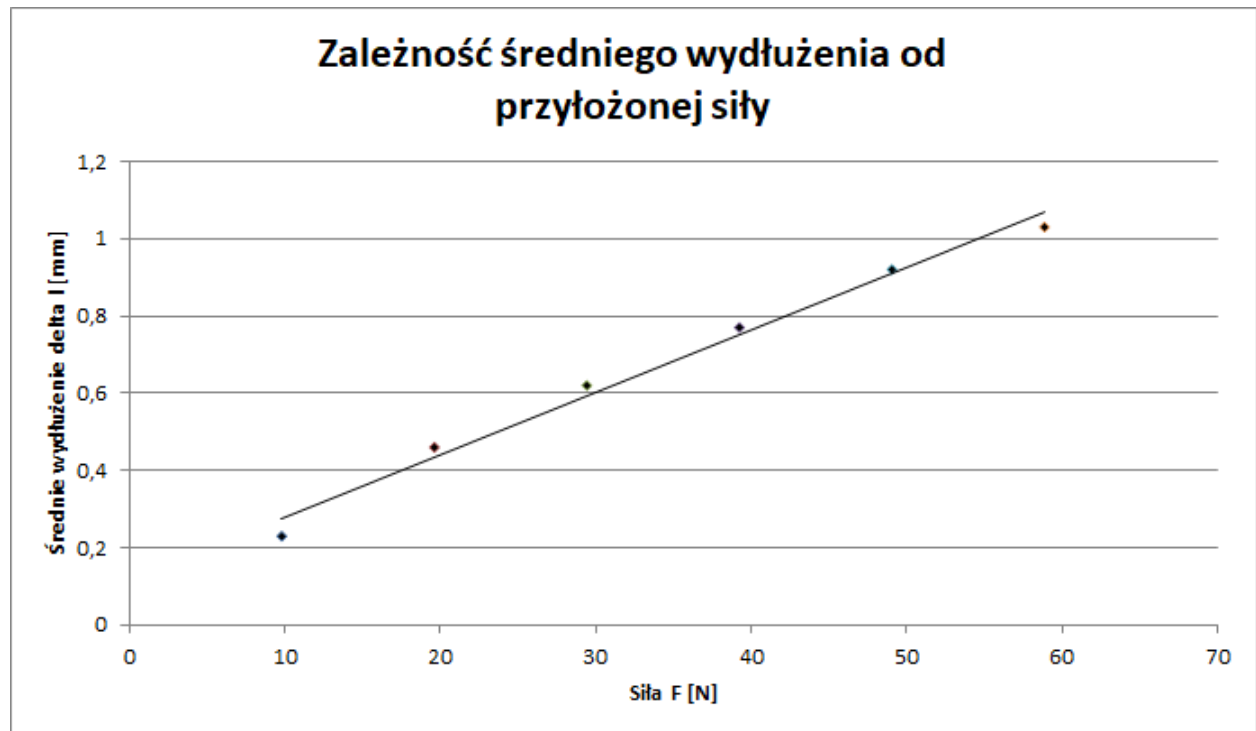
*Obliczenia dla drutu mosiężnego*

Ad. 1: Średnia wartość średnicy drutu wynosi  $\frac{1,67+1,67+1,66}{3} \approx 1,67 [mm]$  niepewność typu B jest równa najmniejszej podziałce i wynosi  $1 [mm]$ .

Ad. 2: Wartości siły rozciągającej można znaleźć w tabeli.

Ad. 3: Średnie wartości wydłużenia można znaleźć w tabeli.

Ad. 4:



Ad. 5: Żaden z punktów nie odstaje w sposób znaczący od dopasowanej prostej.

Ad. 6: Uzyskane korzystając z programu Excel wartości  $a = 0,01611$   $u(a) = 0,00090$

Ad. 7: Podstawiając wartości do wzoru  $E = \frac{4l}{\pi d^2 a}$  otrzymujemy  $E = \frac{4 \cdot 106,1 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot (1,67 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,01611} \approx 30,24 [GPa]$

Ad. 8: Niepewność  $\frac{u_c(E)}{E} = \sqrt{\left(\frac{-u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(l)}{l}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot u(d)}{d}\right)^2}$

$$u_c(E) = 30,24 \cdot \sqrt{\left(\frac{-0,00090}{0,01611}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{106,1}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot 0,01}{1,67}\right)^2} = 1,74 [GPa]$$

Niepewność rozszerzona  $U(E) = 2 \cdot u_c(E) = 3,48 [GPa]$

Ad. 9: Wartość tabelaryczna modułu Younga dla mosiądzu wynosi 100 GPa co oznacza, że otrzymany wynik nie jest zgodny w granicach niepewności rozszerzonej.

## 5 Wnioski