

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**  $\bar{d}$  ze wzoru  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$

$$\bar{d} = \frac{4,76+4,74+4,74+4,73+4,71+4,75+4,74+4,74+4,72+4,72}{10} = 4,74$$

$$\text{ze wzoru } u(x) \equiv s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

niepewność pomiaru grubości

$$u(\bar{d}) = \sqrt{\frac{(4,76-4,74)^2 + (4,74-4,74)^2 + \dots + (4,72-4,74)^2}{9 \cdot 10}} = 0,005[mm]$$

Niepewność typu B jest równa najmniejszej podziałce użytego przyrządu  $u(d_b) = 0,01mm$  Niepewność

$$\text{złożona } \frac{u(d)}{d} = \sqrt{\left(\frac{u(\bar{d})}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(d_b)}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,005}{4,74}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{4,74}\right)^2} = 0,24\%$$

$$\text{Niepewność bezwzględna } u(d) = 4,74mm \cdot 0,24\% = 0,011mm$$

Tablica 1: Pomiary grubości rzeczywistej płytki

Material	Szkło
Lp.	Grubość [mm]
1	4,76
2	4,74
3	4,74
4	4,73
5	4,71
6	4,75
7	4,74
8	4,74
9	4,72
10	4,72

Tablica 2:

materiał: szkło grubość rzeczywista $d = 4,74[\text{mm}]$ niepewność $u(d) = 0,011[\text{mm}]$			
lp.	Wskazanie czujnika		grubość pozorna
	$a_d[\text{mm}]$	$a_g[\text{mm}]$	$h = a_d - a_g[\text{mm}]$
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

$$\text{średnia grubość pozorna } h = \frac{3,06+3,21+3,08+3,06+3+2,97+2,99+3,06+3,02+3}{10} = 3,04[\text{mm}]$$

$$\text{niepewność } u(h) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(3,06-3,04)^2 + (3,21-3,04)^2 + \dots + (3-3,04)^2}{9 \cdot 10}} = 0,022[\text{mm}]$$

Współczynnik załamania dla płytki szklanej  $n = \frac{d}{h} = \frac{4,74}{3,04} = 1,559$ .

Niepewność złożona współczynnika załamania z prawa przenoszenia niepewności

$$u(n) = \sqrt{\left[\frac{1}{d}u(d)\right]^2 + \left[\frac{-d}{h^2}u(h)\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{1}{4,74}0,011\right]^2 + \left[\frac{-4,74}{(3,04)^2}0,022\right]^2} = 0,02304$$

Niepewność rozszerzona  $U(n) = k \cdot u(n)$  dla  $k = 2 \cdot U(n) = 2 \cdot 0,01152 = 0,02304$ .

**Obliczenie grubości rzeczywistej dla płytki pleksiglasowej**  $\bar{d}$  ze wzoru  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$   
 $\bar{d} = \frac{3,82+3,81+3,81+3,82+3,8+3,8+3,81+3,79+3,8+3,8}{10} = 3,81$

ze wzoru  $u(x) \equiv s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

niepewność pomiaru grubości

$$u(\bar{d}) = \sqrt{\frac{(3,82-3,81)^2 + (3,81-3,81)^2 + \dots + (3,8-3,81)^2}{9 \cdot 10}} = 0,003[mm]$$

Niepewność typu B jest równa najmniejszej podziałce użytego przyrządu  $u(d_b) = 0,01mm$  Niepewność

$$\text{złożona } \frac{u(d)}{d} = \sqrt{\left(\frac{u(\bar{d})}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(d_b)}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,003}{3,81}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{3,81}\right)^2} = 0,27\%$$

Niepewność bezwzględna  $u(d) = 3,81mm \cdot 0,27\% = 0,01mm$

Tablica 3: Pomiary grubości rzeczywistej płytki

Material	Pleksiglas
Lp.	Grubość [mm]
1	3,82
2	3,81
3	3,81
4	3,82
5	3,8
6	3,8
7	3,81
8	3,79
9	3,8
10	3,8

Tablica 4:

material: pleksiglas grubość rzeczywista $d = 3,81[mm]$ niepewność $u(d) = 0,01[mm]$			
lp.	Wskazanie czujnika		grubość pozorna
	$a_d[mm]$	$a_g[mm]$	$h = a_d - a_g[mm]$
1	4,39	1,74	2,65
2	4,38	1,80	2,58
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

$$\text{średnia grubość pozorna } h = \frac{2,65+2,58+2,62+2,56+2,59+2,6+2,63+2,59+2,63+2,55}{10} = 2,60[mm]$$

$$\text{niepewność } u(h) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(2,65-2,60)^2 + (2,62-2,60)^2 + \dots + (2,55-2,6)^2}{9 \cdot 10}} = 0,01[mm]$$

Współczynnik załamania dla płytki pleksiglasowej  $n = \frac{d}{h} = \frac{3,81}{2,60} = 1,465$ .

Niepewność złożona współczynnika załamania z prawa przenoszenia niepewności

$$u(n) = \sqrt{\left[\frac{1}{d}u(d)\right]^2 + \left[\frac{-d}{h^2}u(h)\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{1}{3,81}0,01\right]^2 + \left[\frac{-3,81}{(2,60)^2}0,01\right]^2} = 0,00622$$

Niepewność rozszerzona  $U(n) = ku(g)$  dla  $k = 2U(n) = 2 \cdot 0,00622 = 0,01244$ .

## 4 Opracowanie wyników pomiarów

1. Oblicz wartość współczynnika załamania dla  $n$  dla każdej badanej płytki.
2. oszacuj niepewność typu B wyznaczenia grubości rzeczywistej  $u(d)$  oraz niepewność typu A dla grubości pozornej  $h$  (wyniki zapisz w odpowiedniej tabeli).
3. Oblicz niepewność złożoną współczynnika załamania z prawa przenoszenia niepewności

$$u(n) = \sqrt{\left[\frac{1}{d}u(d)\right]^2 + \left[\frac{-d}{h^2}u(h)\right]^2}$$

4. Zapisz otrzymane wartości współczynnika załamania wraz z niepewnościami i porównaj je z wartościami tabelarycznymi.

### Zestawienie wyników

rodzaj materiału	$n$ zmierzone	$n$ tablicowe
Pleksiglas	$1,465(\pm 0,01244)$	1,489
Szkło	$1,559(\pm 0,02304)$	1,50-1,54

## 5 Wnioski

Mierząc grubość pozorną oraz rzeczywistą płytek możemy wyznaczyć współczynnik załamania światła. Otrzymana wartość współczynnika załamania światła dla szklanej płytki jest zgodna z tablicową wartością w granicach niepewności. Wartość współczynnika załamania światła dla pleksiglasowej płytki nie jest zgodna z tablicową wartością w granicach niepewności. Błędy pomiarów mogą być spowodowane małą dokładnością metody pomiarów, ponieważ określenie czy obraz jest idealnie wyostrozony było subiektywną opinią.