Ćwiczenie nr 1: Opracowanie danych pomiarowych

Cel ćwiczenia:

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

Wahadło proste jest, jak wskazuje jego nazwa, układem mechanicznym charakteryzującym się prostotą tak eksperymentu jak i opisu teoretycznego. Dlatego nadaje się dobrze na ćwiczenie wprowadzające, mające na celu poznanie podstawowych metod opracowania danych pomiarowych. Interpretacja wyników opiera się na równaniu określającym okres drgań T jako funkcję długości wahadła l oraz przyspieszenia ziemskiego g,
$T = 2\pi$

Wzór ten jest słuszny, jeżeli wychylenie ciężarka z położenia równowagi jest małe.

Wahadło umożliwia uzyskanie danych eksperymentalnych, na przykładzie których można poznać typowe metody ich opracowania, a to:

odrzucanie wyników obarczonych błędem grubym
- ocena niepewności pomiaru typu A
- ocena niepewności pomiaru typu B
- prawo przenoszenia niepewności
- obliczanie niepewności rozszerzonej
- jej zastosowanie do oceny zgodności z wartością dokładną
- wykonywanie wykresów
- linearyzacja nieliniowych zależności funkcyjnych

- dopasowanie prostej do punktów doświadczalnych

- odrzucanie wyników obarczonych błędem grubym
- ocena niepewności pomiaru typu A
- ocena niepewności pomiaru typu B
- prawo przenoszenia niepewności
- obliczanie niepewności rozszerzonej
- jej zastosowanie do oceny zgodności z wartością dokładną
  wykonywanie wykresów
- linearyzacja nieliniowych zależności funkcyjnych
- dopasowanie prostej do punktów doświadczalnych

1. Układ pomiarowy

Wykonanie ćwiczenia

1**. Pomiary okresu dla ustalonej długości wahadła:**
a) Przy użyciu przymiaru milimetrowego zmierz długość wahadła rozumianą jako odległość od środka ciężarka do punktu zamocowania jego nici,
b) Wprowadź wahadło w ruch drgający o amplitudzie kątowej nie przekraczającej trzech stopni. Następnie zmierz czas k = 20 ÷ 40 okresów. Ważne jest, by uruchamiać i zatrzymywać sekundomierz w tej samej fazie ruchu (np. maksymalne wychylenie w prawo), bez zatrzymywania wahadła.

c) Pomiar ten powtórz dziesięciokrotnie. Liczba okresów k w kolejnych pomiarach może być taka sama, lub zmieniana w podanych wyżej granicach.

2. Pomiary zależności okresu drgań od długości wahadła.

3. Wykonaj kilkanaście pojedynczych pomiarów okresu (jak w pt. 1b), zmieniając długość wahadła w zakresie od około 10 cm do długości maksymalnej.

Wyniki pomiarów

Tabela 1. Pomiar okresu drgań przy ustalonej długości wahadła długość wahadła
l =100 mm = 0.1m niepewność pomiaru u(l) =1mm = 0.001m

lp	Liczba okresów k	Czas t Okresów	Okres t/k
1	20	12,58	0,63
2	20	12,76	0,64
3	20	12,65	0,63
4	20	12,77	0,64
5	20	12,20	0,61
6	20	12,81	0,64
7	20	12,84	0,64
8	20	12,58	0,63
9	20	12,57	0,63
10	20	12,92	0,65

Tabela 2. Pomiar zależności okresu drgań od długości wahadła

lp	Długość	Liczba okresów k	Czas t Okresów	Okres T t/k [s]	T^2 [s^2]
1	100	20	12,83	0,64	0,41
2	120	20	13,57	0,68	0,46
3	160	20	15,31	0,77	0,59
4	200	20	17,39	0,87	0,80
5	240	20	19,25	0,96	0,93
6	280	20	21,48	1,07	1,15
7	320	20	22,89	1,14	1,31
8	360	20	24,32	1,22	1,48
9	400	20	26,03	1,30	1,69
10	440	20	27,98	1,40	1,96

Opracowanie wyników-

1.Oceń, czy wyniki pomiaru okresu nie zawierają błędów grubych.
(Zwrócić uwagę na największą i najmniejszą wartość Ti w uzyskanym zestawie danych).

Najniższa wartość T w tabeli 1: 0,61
Najwyższa wartość T w tabeli 1: 0,65

Wartości w tabeli 2 rosną mniej więcej równomiernie zatem błędy grube nie występują

2.Oblicz niepewność pomiaru okresu (typu A)
Dla tabeli 1:

Średnia arytmetyczna: 0,634s

Niepewność standardowa średniej: sqrt(((-0,004)^2 + (0,006)^2 + (-0,004)^2 + (0,006)^2 + (-0,024)^2 + (0,006)^2 + (0,006)^2 + (-0,004)^2 + (-0,004)^2 + (0,016)^2)/9) ≈ sqrt(0,000116) ≈ 0,011s

3. Na podstawie uzyskanych wartości l i T oblicz przyspieszenie ziemskie.

Średnia T: 0,634

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

g = 9,82158... m/s^2 ≈ 9.82 m/s^2

4.Oblicz niepewność złożoną uc(g) przy pomocy prawa przenoszenia niepewności.

u(T) ≈ 0.011s

$$u_c(g) = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial T}\right)^2 u(T)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial l}\right)^2 u(l)^2} = \sqrt{\frac{64\pi^4 l^2}{T^6} u(T)^2 + \frac{16\pi^4}{T^4} u(l)^2} =$$

= sqrt(957,99*0,000121 + 9626,79*0,000001) = sqrt(0,11591679 + 0,00962679) ≈ sqrt(0,1255) ≈ 0,354 m/s^2

5. Oblicz niepewność rozszerzoną U(g)

U(g) = k*u_c(g)

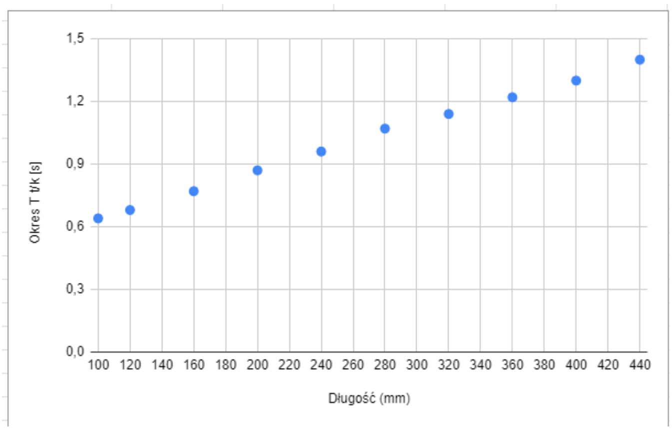
2 ≤ k ≤ 3

Dla k = 3:

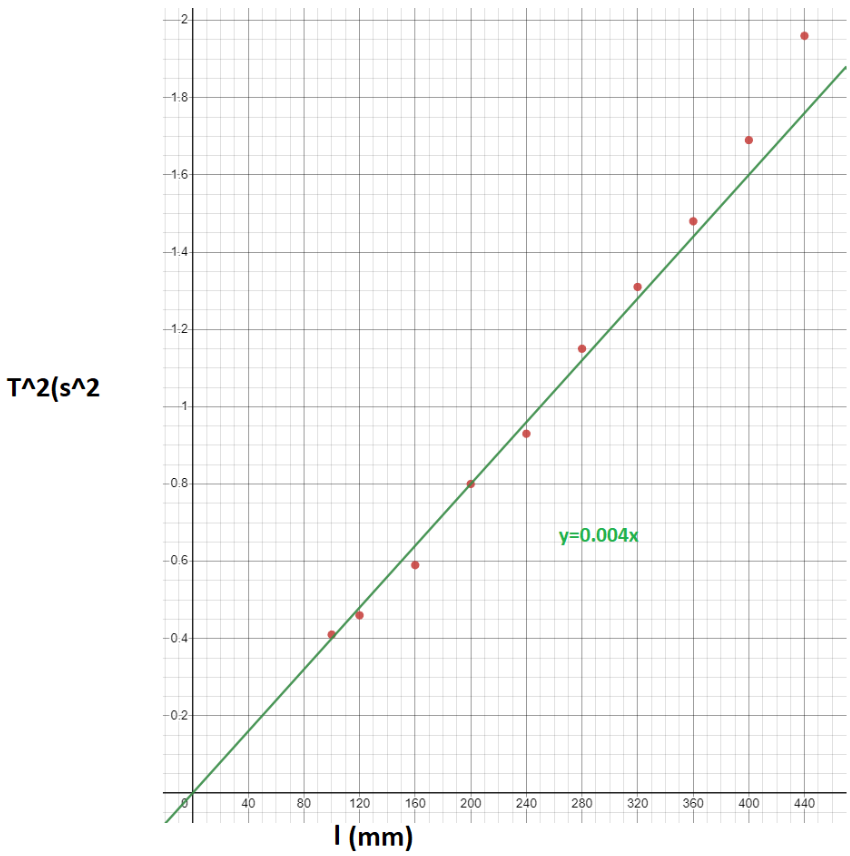
U(g) = 0,2946 m/s^2

6. Wykonaj wykres zależności okresu drgań od T wahadła

(czy chodziło o l wahadła?)



7. Wykonaj wykres zlinearyzowany T2 w funkcji l oraz dopasuj prostą typu y = ax, czyli przechodzącą przez początek układu współrzędnych



8. Z otrzymanej wartości współczynnika nachylenia oblicz wartość przyśpieszenia ziemskiego
Dla l w metrach:
$T^2 = 4*l$
$g = (4*(3,14)^2*l)/(4*l) \approx 9,86$ m/s^2

9. Na podstawie uzyskanej z dopasowania niepewności u (a) oblicz niepewność u (g)

$u(a)=((0,01)^2+(-0,02)^2+(-0,05)^2+0+(-0,03)^2+(0,03)^2+(0,03)^2+(0,04)^2+(0,09)^2+(0,2)^2)/9 = 0,0061(5) \approx 0,00616$

$u(g)= |(d(g)/d(T^2)| * u(a) = (4*(3,14)^2*(T^2)/4)/(T^\wedge 4) * u(a) = (3,14)^2/T^2 * 0,00616$

Dla $T^2 = 0.8$:

$u(g) \approx 0,0949\ m/s^2$