

Wydział: WFiIS	Imię i nazwisko: 1. Axel Zuziak 2. Marcin Węglarz	Rok II	Grupa 02	Zespół 03
<b>PRACOWNIA FIZYCZNA WFiIS AGH</b>	Temat: <b>Opracowanie danych pomiarowych</b>			Nr ćwiczenia <b>00</b>
Data wykonania: 04.03.2015	Data oddania: 18.03.2015	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zaliczenia:
				OCENA:

## 1 Abstrakt

W ćwiczeniu wykonano prosty pomiar fizyczny

## 2 Wstęp

W wahadle prostym poruszające się ciało jest punktem materialnym zawieszonym na nieważkiej, nierozciągliwej nici o długości  $l$ . Zakładając, że na ciało działa siła ciężkości skierowana w dół o wartości  $g$ , oraz oznaczając kąt wychyleńa przez  $\theta$  można zapisać równanie:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad (1)$$

Przy małych wychyleniach kąta  $\theta$  funkcję sinus można przybliżyć jej argumentem, co pozwala zapisać:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2 \theta = 0 \quad (2)$$

Gdzie częstość kołowa drgań wynosi:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Czyli możemy wyznaczyć zależność okresu drgań wahadła:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

## 3 Aparatura i wykonanie ćwiczenia

W ćwiczeniu wykonano dwie serie pomiarów:

### 1. Pomiary dla ustalonej długości wahadła.

Zmierzono długość wahadła za pomocą linijki. Wprowadzono wahadło w ruch drgający o bardzo małej amplitudzie rzędu kilku stopni. Zmierzono czas  $k = XXX$  okresów. Pomiar powtórzono dziesięciokrotnie. (zmieniając lub nie zmieniając liczby okresów). Wyniki przedstawiono w tabeli (1).

### 2. Pomiary zależności okresu drgań od długości wahadła.

Wykonano LICZBA pojedynczych pomiarów okresu, zmieniając długość wahadła w zakresie (ZAKRES).

W obu pomiarach użyto następującej aparatury:

- **Stoper** marki HTC o niepewności:  $\Delta t = 0,1s$
- **Linijka** o najmniejszej podziałce  $\Delta d = 0,1 \text{ cm}$ .
- **Sześciokątna nakrętka** - w przybliżeniu punktowa masa.
- **Sznurek** - w przybliżeniu nieważka nić.

## 4 Wyniki pomiarów

Długość wahadła:  $l = 19,0 \pm 0,1$  cm.

Tabela 1: Wyniki pomiarów okresu drgań przy ustalonej długości wahadła

L.P	Liczba okresów $k$	Czas $t[s]$ dla $k$ okresów	Okres $T_i = t/k[s]$
1	40	34,1	0,8525
2	40	35,1	0,8775
3	40	35,1	0,8775
4	40	35,1	0,8775
5	40	35,0	0,8750
6	40	35,0	0,8750
7	40	35,0	0,8750
8	40	35,1	0,8775
9	40	34,9	0,8725
10	40	35,0	0,8750

Tabela 2: Wyniki pomiarów zależności okresu drgań od długości wahadła

L.P	$l$ [mm]	k	$t$ [s]	$T_i$ [s]	$T_i^2$ [s <sup>2</sup> ]
1	110	20	13,3	0,665	0,44222
2	125	20	14,2	0,71	0,5041
3	130	20	14,3	0,715	0,511225
4	135	20	14,6	0,73	0,5329
5	145	20	15,2	0,76	0,5776
6	150	20	15,4	0,77	0,5929
7	155	20	15,7	0,785	0,616225
8	160	20	15,9	0,795	0,632025
9	165	20	16,1	0,805	0,648025
10	170	20	16,4	0,82	0,6724
11	175	20	16,6	0,83	0,6889
12	180	20	16,8	0,84	0,7056
13	185	20	17,1	0,855	0,731025
14	190	20	17,5	0,875	0,765625
15	195	20	17,7	0,885	0,783225

## 5 Wyniki obliczeń

- Analizując wyniki pomiarów z dalszych obliczeń wykluczono pozycje 1 z tabeli (1).
- Następnie wyliczono niepewność typu A wyznaczenia okresu drgań wahadła jako estymator odchylenia standardowego średniej oraz wartość średnią liczoną jako średnia arytmetyczna wyników.

$$\bar{T} = 0,8735 \text{ s.}$$

$$u_A(T) = 0,0024 \text{ s}$$

- Niewność pomiaru długości wahadła określono jako niepewność typu B i przyjęto wartość działki elementarnej:

$$u_B(l) = 0,1 \text{ cm.}$$

- W celu wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego przekształcono wzór (3) do postaci:

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

Po podstawieniu:

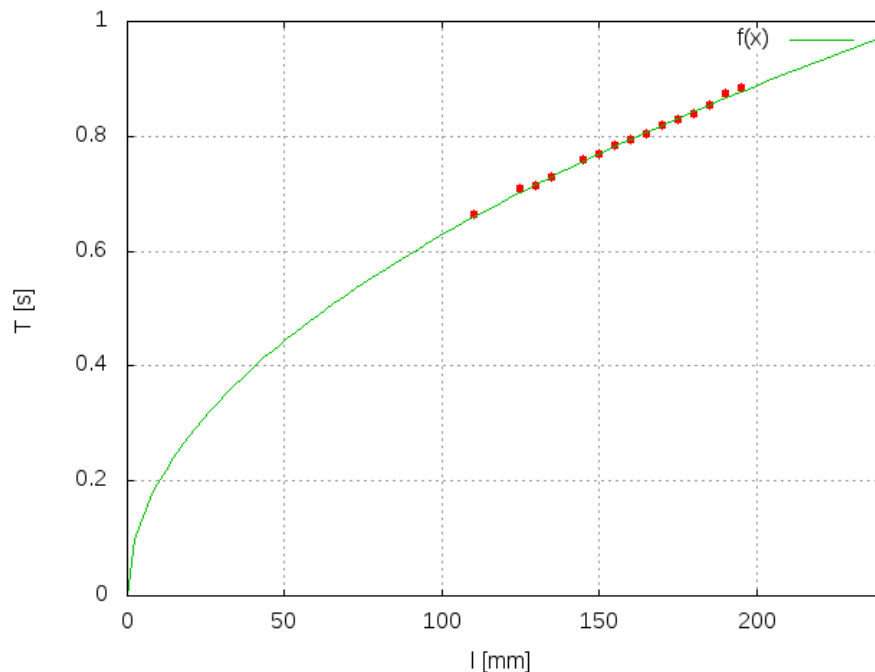
$$g = 9,831 \frac{m}{s^2}$$

- Korzystając z prawa przenoszenia niepewności obliczono niepewność złożoną  $u_c(g)$  wyznaczenia wartości przyspieszenia ziemskiego.

$$u_c(g) = \sqrt{\left[\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot u(l)\right]^2 + \left[-\frac{8\pi^2 l}{T^3} \cdot u(T)\right]^2} = 0,075 \frac{m}{s^2}$$

Oba człony składające się na niepewność  $g$  mają porównywalne wartości.

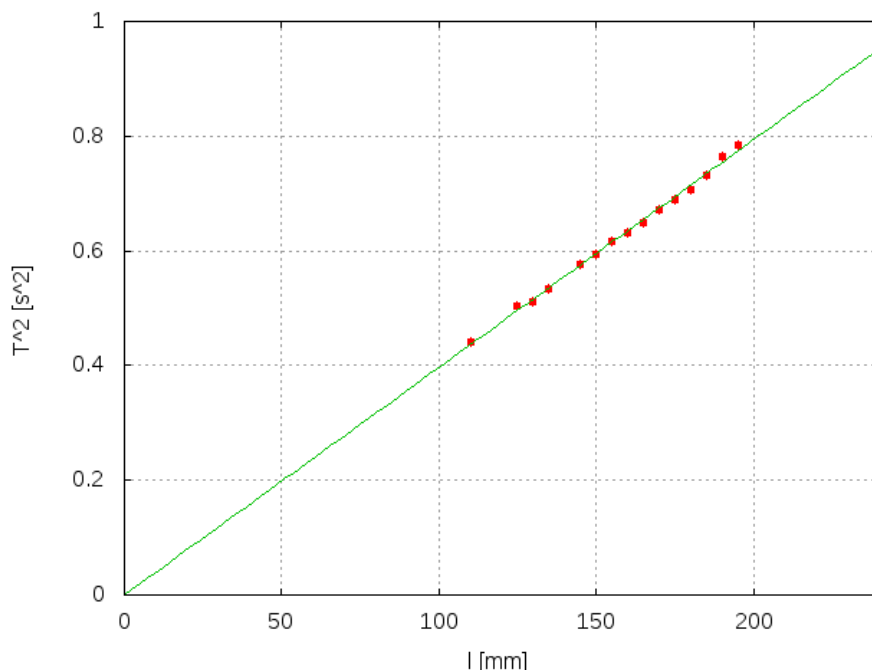
- Kolejno narysowano wykres okresu od długości wahadła  $T(l)$  oraz naniesiono na niego krzywą  $f(x) = 2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$



Rysunek 1: Wykres zależności okresu wahadła od jego długości.

- Chcąc wyznaczyć wartość przyspieszenia  $g$  graficznie, narysowano wykres funkcji, gdzie na osi  $y$  odłożono wartości  $T^2$  a na osi  $x$  długość wahadła  $l$ . Następnie korzystając z funkcji gnuplota dopasowano prostą  $y = ax$  do punktów pomiarowych, gdzie wyznaczony współczynnik  $a$ :

$$a = 3,968 \pm 0,010$$



Rysunek 2: Wykres zależności kwadratu okresu wahadła od jego długości.

Przekształcając wzór (3) poprzez podniesienie go do kwadratu i przyrównując go do funkcji liniowej  $y = ax$  otrzymano wzór na  $a$ :

$$a = \frac{4\pi^2}{g}$$

W kolejnym kroku wyliczono  $g$  z powyższego wzoru oraz  $u(g)$  przy pomocy wartości  $u(a)$  z prawa przenoszenia niepewności:

$$u(g) = \frac{4\pi^2}{a^2} u(a) = 0,025 \frac{m}{s^2}$$

Po podstawieniu:

$$g = 9,949 \pm 0,025 \frac{m}{s^2}$$

## Literatura

- [1] Robert Resnick, David Halliday *Fizyka Tom 1*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Wydanie piętnaste, 2001.
- [2] Henryk Szydłowski, *Pracownia fizyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Wydanie siódme, 1994.
- [3] Z. Stękowski, *Zeszyt A1 do ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki*, Kraków, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica, dostępny na stronie:  
[http://www.fis.agh.edu.pl/~pracownia\\_fizyczna/cwiczenia/01\\_opis.pdf](http://www.fis.agh.edu.pl/~pracownia_fizyczna/cwiczenia/01_opis.pdf)

- [4] Jacek Tarasiuk, *Wykłady, Statystyka Inżynierska* [on-line], Kraków, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica, dostępny na stronie:  
<http://home.agh.edu.pl/~tarasiuk/dydaktyka/index.php/statystykainzynierska>
- [5] Małgorzata Nowina-Konopka, Andrzej Zięba, *Ćwiczenie 13. Współczynnik lepkości*, Kraków, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica, dostępny na stronie:  
[http://www.ftj.agh.edu.pl/zdf/zeszyt/3\\_13n.pdf](http://www.ftj.agh.edu.pl/zdf/zeszyt/3_13n.pdf)