

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.	Rok	Grupa	Zespół	
PRACOWNIA FIZYCZNA WFİIS AGH	Temat:			Nr ćwiczenia	
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie nr 2: Zależność okresu drgań wahadła od amplitudy

Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z ruchem drgającym i parametrami opisującymi ten ruch. Wyznaczenie zależności okresu drgań od amplitudy dla układu zbliżonego do wahadła matematycznego. Doświadczalne badanie funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla błędów przypadkowych.

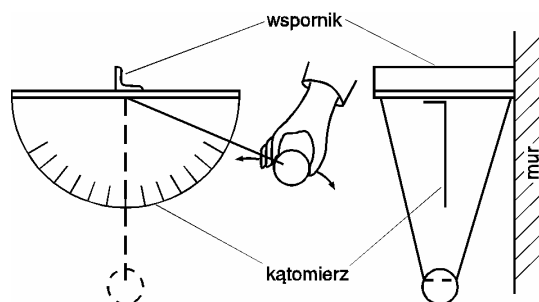
Zagadnienia kontrolne

1. Ruch drgający i parametry, które go opisują.
2. Kiedy ruch drgający nazywamy harmonicznym?
3. Jak rozpoznać liniowe równania różniczkowe od nieliniowego?
4. Ruch drgający wahadła. Kiedy jest ruchem harmonicznym?
5. Zasady stosowalności przybliżenia $\sin \theta = \theta$. Jak skonkretyzować warunek, że kąt wychylenia jest mały?
6. Jakie jest znaczenie rozkładu normalnego (Gausa) dla rachunku niepewności pomiaru?
7. Jakie znaczenie dla zrozumienia własności histogramu doświadczalnego ma rozkład Poissona?

*Ocena
i podpis*

1. Aparatura

W ćwiczeniu posługujemy się wahadłem podobnym do matematycznego (rys. w1).



Rys. w1. Sposób uruchomienia wahadła

Zawieszenie kulki wahadła na dwóch niciach ułatwia wprawianie go w ruch drgający dokładnie w jednej płaszczyźnie (patrz rys. 3). W płaszczyźnie drgań umieszczony jest kątomierz, na którym odczytuje się kąt wychylenia. Okres wahań mierzy się sekundomierzem o rozdzielczości 0,001 s czyli 1 ms.

A. Badanie zależności okresu drgań wahadła od amplitudy

A1. Wykonanie ćwiczenia i opracowanie wyników

1. Uruchomić wahadło tak, by drgania odbywały się w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny kątomierza (rys.w1).
2. Wyznaczyć okres wahadła T_0 przy najmniejszej amplitudzie wychylenia, która nie powinna przekraczać 3° . Okres T_0 należy wyznaczyć dokładniej niż pozostałe. Zwiększenie dokładności realizujemy przez 6-krotne powtarzanie pomiaru 40 - 50 okresów.
3. Następnie kontynuować pomiary dla różnych wartości $\theta_m^{(1)}$. Odczytać amplitudę początkową $\theta_m^{(1)}$ na kątomierzu. W celu uniknięcia błędu paralaksy odczyt kąta wykonać dla pozycji oka, przy której obie linki wahadła pokrywają się.
4. Gdy wahadło już wykonało 1–2 drgania, uruchomić sekundomierz. Po wykonaniu określonej liczby m okresów (od 30 do 50) okresów zatrzymać sekundomierz (przy tym samym położeniu wahadła), a następnie odczytać amplitudę końcową $\theta_m^{(2)}$.
5. Pomiar ustalonej liczby m okresów wykonujemy dla kilkunastu różnych kątów wychylenia w zakresie od 5° do 60° . Wyniki notujemy odpowiednio w poniższych tabelach. Na podstawie rezultatów dla najmniejszej amplitudy wychyleń obliczyć średni okres T_0 oraz niepewności standardowe pojedynczego pomiaru i średniej.
6. Sporządzić wykres zależności względnej zmiany okresu wahadła $(T - T_0)/T_0$ (z zaznaczeniem niepewności pomiaru) od średniej amplitudy $\bar{\theta}_m = (\theta_m^{(1)} + \theta_m^{(2)})/2$, z zaznaczeniem odcinków niepewności
7. Na ten sam wykres nanieść krzywą teoretyczną (5).
8. Dokonać oceny zgodności krzywej teoretycznej z punktami eksperymentalnymi.

A2. Wyniki pomiaru

Tabela 1. Pomiar okresu T_0 (dla małej amplitudy drgań)

liczba okresów k	czas t trwania m okresów [s]	okres $T = t/m$ [s]

Tabela 2. Pomiar zależności okresu od amplitudy

$\theta_m^{(1)}$ [°]	$\theta_m^{(2)}$ [°]	$\theta_m = \frac{\theta_m^{(1)} + \theta_m^{(2)}}{2}$ [°]	mT [s]	T [s]	$\frac{T - T_0}{T_0}$

Wnioski:

B. Wykonanie ćwiczenia - badanie funkcji rozkładu błędu pomiaru czasu.

B1. Wykonanie ćwiczenia i wyniki pomiaru

1. Wykonać 100 pomiarów czasu x_i dla małej liczby (np. dwu lub trzech) okresów drgań. Te wyniki pomiaru będą, dla ułatwienia Pomiar wykonać przy małej amplitudzie wychylenia. Podczas kolejnych pomiarów nie zatrzymywać wahadła.

Lp	mT_i	T_i
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		

34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		

68		
69		
70		
71		
72		
73		
73		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

B2. Opracowanie wyników

Zagadnienie opracowania wyników przedstawia szerzej punkt B2 w dodatku B. Aby pozostać przy zastosowanych w nim oznaczeniach, wyniki n pomiarów czasu oznaczamy jako x_i .

1. Obliczyć wartość średnią \bar{x} i odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru s . Ze względu na dużą liczbę pomiarów skorzystać z programu komputerowego, który ponadto szereguje uzyskane wartości x_i od najmniejszej do największej, co ułatwia przygotowanie danych do wykonania histogramu.
2. Podzielić przedział zmiennej x na równe przedziały o szerokości Δx równej 0,03, 0,04 lub 0,05 s. Policzyć liczby pomiarów n_i jakie trafiły do każdego przedziału. Sprawdzić, czy $\sum n_j = n$.
3. Wykonać histogram doświadczalny.
4. Obliczyć przeskalowaną krzywą Gaussa (Dodatek B, wzór (B1)) i nanieść na histogram doświadczalny.
5. Dokonać oceny zgodności eksperymentu z rozkładem normalnym przez
 - (a) jakościowe porównanie histogramu i krzywej teoretycznej,
 - (b) wykorzystując uporządkowany (przez komputer) zbiór danych ustalić, ile wyników x_i znalazło się poza przedziałem $(\bar{x} - s, \bar{x} + s)$, oraz poza przedziałem $(\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s)$Porównać z przewidywaniami teoretycznymi dla rozkładu normalnego.

Wnioski: