

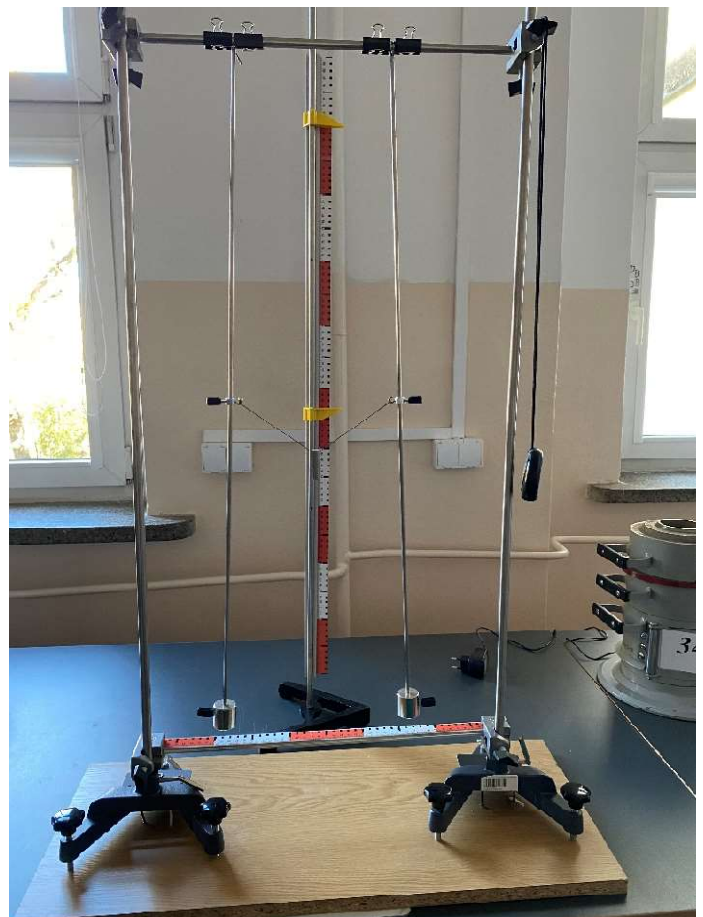
BADANIE DRGAŃ UKŁADU DWÓCH SPRZĘŻONYCH WAHADEŁ

1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.



Stanowisko A



Stanowisko B

2. Opis układu pomiarowego

W skład układu służącego do badania zjawiska drgań sprzężonych dwóch wahadeł wchodzi:

- dwa wahadła fizyczne, z których na **stanowisku A** każde złożone jest z walca o masie $m_w = 2,33 \pm 0,01 \text{ kg}$ i długości $l_w = 0,11 \pm 0,01 \text{ m}$ oraz przytwierdzonego do niego i zaopatrzonego w podziałkę milimetrową pręta o masie $m_p = 0,404 \pm 0,01 \text{ kg}$ i długości $l_p = 0,82 \pm 0,01 \text{ m}$ (w górnej części pręt posiada zawieszenie zrealizowane za pomocą metalowej krawędzi pryzmatycznej).
- na **stanowisku B** każde złożone jest z walca o masie $m_w = 0,17 \pm 0,01 \text{ kg}$ i długości $l_w = 0,30 \pm 0,01 \text{ m}$ oraz przytwierdzonego do niego pręta o masie $m_p = 0,101 \pm 0,01 \text{ kg}$ i długości $l_p = 0,82 \pm 0,01 \text{ m}$ (w górnej części pręt posiada zawieszenie).
- sprężyna sprzęgająca wahadła z możliwością zmiany jej punktu zamocowania. Na **stanowisku B** rolę elementu sprzęgającego odgrywa lina z ciężarkiem;
- stoper do pomiaru czasu określonej liczby wahaniec.

3. Przebieg ćwiczenia

- Zmierzyć czas **10 okresów drgań pojedynczego wahadła bez sprzężenia**. Pomiarów dokonać dla obu wahadeł.
- Dokonać sprzężenia wahadeł** za pomocą sprężyny w odległości **np. $d = 75 \text{ cm}$** od osi obrotu wahadeł.
- Zmierzyć czas **10 okresów drgań jednego z wahadeł**, gdy układ wykonuje pierwsze drgania normalne (zgodnie w fazie).
- Zmierzyć czas **10 okresów drgań jednego z wahadeł**, gdy układ wykonuje drugie drganie normalne (przeciwnie w fazie).
- Zmierzyć czas **2 okresów dudnień**, gdy układ jest sprzężony jak poprzednio zaś pobudzony do drgań przez wychylenie tylko jednego z wahadeł.
- Pomiary według punktów 3-5 przeprowadzić dla minimum **7 punktów zamocowań** sprężyny d od np. 20 cm do 70 cm co 10 cm.
- Zapisać wartości i niepewności parametrów stanowiska oraz oszacować niepewności narzędzi pomiarowych.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Wyznaczanie okresów drgań wahadeł

- Obliczyć T_0 - okres drgań własnych (bez sprzężenia) dla obu wahadeł. Zdecydować czy *do dalszych analiz przyjąć średnią z obu pomiarów, czy jeden z nich odrzucić. Decyzję uzasadnić.*

Określić niepewność pomiarową czasu $u(T_0)$.

- Obliczyć okresy dla pierwszego T_{faza} i drugiego T_{p-faza} drgania normalnego oraz okresy dudnień T_d dla wszystkich stosowanych sprzężeń. Przeliczyć je na częstości $\omega = 2\pi/T$ i zestawić np. w tabeli o nagłówku:

d	ω_{faza}	ω_{p-faza}	ω_d	$(\omega_{p-faza} - \omega_{faza})/\omega_d$

- Jako jedną niepewność częstości przyjąć największą z wartości $u(\omega) = \frac{2\pi}{T^2} \cdot u(T)$, czyli dla najmniejszej wartości T .

Potwierdzenie relacji między rodzajami drgań

4. Sprawdzić, czy ω_{faza} zależy od miejsca sprzężenia oraz jaka jest jego wartości względem ω_0 .
Wyciągnąć wnioski (1).
5. Sprawdzić słuszność relacji teoretycznej $\omega_d = \omega_{p-faza} - \omega_{faza}$.
Wyciągnąć wnioski (2).

Wyznaczenie parametrów wahadła matematycznego i ich niepewności

6. Obliczyć parametry wahadła matematycznego (masę i długość zredukowaną):

$$m = m_p + m_w, l = \frac{0,5l_p \cdot m_p + 0,5l_w \cdot m_w + l_p \cdot m_w}{m} = \frac{l_w \cdot m_w - l_p \cdot m_p}{2m} + l_p.$$

7. Obliczyć ich niepewności standardowe złożone: $u_c(m) = \sqrt{(u(m_p))^2 + (u(m_w))^2}$.

$$u_c(l) = \sqrt{\left(\frac{-m_w(l_w + l_p)}{2m^2} u(m_p)\right)^2 + \left(\frac{-m_p(l_w + l_p)}{2m^2} u(m_w)\right)^2 + \left(\left(1 - \frac{m_p}{2m}\right) u(l_p)\right)^2 + \left(\frac{m_w}{2m} u(l_w)\right)^2}.$$

8. Wyznaczyć niepewności złożone względne $u_{c,r}(y) = \frac{u_c(y)}{y}$ dla wielkości m, l .
9. Wyznaczyć niepewności rozszerzone $U(y) = 2 \cdot u_c(y)$ dla wielkości m, l .

Wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyny lub linki sprzęgającej

10. Wykorzystując uzyskane parametry wyznaczyć stałą sprężyny (linki) $k = \frac{\omega_{p-faza}^2 - \omega_{faza}^2}{2d^2}$ ($m l^2$).
11. Wyznaczyć jej niepewność standardową złożoną:

$$u_c(k) = \sqrt{\left(\frac{ml^2 \omega_{faza}}{d^2} u(\omega_{faza})\right)^2 + \left(\frac{ml^2 \omega_{p-faza}}{d^2} u(\omega_{p-faza})\right)^2 + \left(\frac{l^2 (\omega_{p-faza}^2 - \omega_{faza}^2)}{2d^2} u(m)\right)^2 + \left(\frac{ml (\omega_{p-faza}^2 - \omega_{faza}^2)}{d^2} u(l)\right)^2}.$$

12. Wyznaczyć niepewność złożoną względną $u_{c,r}(k) = \frac{u_c(k)}{k}$.
13. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(k) = 2 \cdot u_c(k)$.

5. Podsumowanie

1. Zestawić wyznaczone wielkości (\bar{x} , $u(\bar{x})$, $U(\bar{x})$, $u_{c,r}(\bar{x})$) wyznaczone z całości pomiarów dla:
masy zredukowanej wahadła, długości zredukowanej wahadła, współczynnika sprężystości sprężyny zgodnie z regułami ich prezentacji.
 2. *Przeanalizować uzyskane rezultaty*, pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych:
 - a) która z niepewności pomiarowych wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u(\bar{x})$;
 - b) czy spełniona jest relacja $u_{c,r}(\bar{x}) < 0,1$;
 3. Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych i ich przyczyn. Uwzględnić tu wnioski (1), (2).
- Wyjaśnić czy cele ćwiczenia zostały osiągnięte.

6. Przykładowe pytania

www.wtc.wat.edu.pl w dziale DYDAKTYKA → FIZYKA → ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

1. Zdefiniować i podać przykład inercjalnego oraz nieinercjalnego układów odniesienia.
2. Zdefiniować rodzaje wahań: fizyczne, matematyczne, sprzężone.
3. Jakie są rodzaje drgań? Co to są drgania normalne?
4. Co nazywamy dudnieniem?
5. Co to jest rezonans?

Kartę Pomiarów proszę drukować dwustronnie

Zespół w składzie.....

Cele ćwiczenia:

- wyznaczenie masy zredukowanej wahadła fizycznego;
- wyznaczenie długości zredukowanej wahadła fizycznego;
- wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyny;
- potwierdzenie zależności teoretycznych wiążących częstotliwości: pierwszego drgania normalnego (faza), drugiego drgania normalnego (przeciwfaza) i dudnienia.

1. Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych:

relacja ω_d , ω_2 , ω_1 :

2. Parametry stanowiska (wartości i niepewności):

$m_w = 2,33 \pm 0,01 \text{ kg}$; $l_w = 0,114 \pm 0,001 \text{ m}$; $m_p = 0,404 \pm 0,001 \text{ kg}$, $l_p = 0,820 \pm 0,001 \text{ m}$.

Należy potwierdzić wartości parametrów i ich niepewności na stanowisku!

3. Pomiary i uwagi do ich wykonania

Niepewność pomiaru położenia

Niepewność pomiaru czasu

Czas wykonania 10..... drgań przez wahadło prawe

Czas wykonania 10..... drgań przez wahadło lewe

L.p.	Punkt zamocowania sprężyny [mm]	Czas wykonania <i>10 drgań sprzężonych</i> w fazie [.....]	Czas wykonania <i>10 drgań sprzężonych</i> w przeciwfazie [.....]	Czas wykonania <i>2 drgań sprzężonych</i> dudniących [.....]
1	750			
2	700			
3	650			
4	600			
5	550			
7	500			
8	450			
9	400			
10	350			
11	300			
12	250			
13	200			

Δt , [s]	0,2	0,2	1,0
------------------	-----	-----	-----

Data i podpis osoby prowadzącej

Strona druga Karty Pomiarów