

WYZNACZANIE MOMENTU BEZWŁADNOŚCI BRYŁY Z WYKORZYSTANIEM MASZINY ATWOODA



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

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

2. Opis układu pomiarowego

Do sterowania maszyną Atwooda służy elektroniczny blok zasilająco-pomiarowy „Polydigit 1”, sprzężony z elektromagnesem wyzwalającym ruch ciężarków oraz z dwoma fotokomórkami. Dzięki temu pomiar czasu spadku ciężarków na określonej drodze odbywa się elektronicznie. Blok „Polydigit 1” jest wyposażony w sześć dwupozycyjnych przycisków. W ćwiczeniu używane są tylko cztery z nich (opis od lewej do prawej):

- włącznik bloku,
- czerwony, opisany „Null” – służy do zerowania zegara,

- opisany „1000Hz” – określa dokładność zegara, podczas wykonania pomiarów musi być stale wciśnięty,
- opisany „Messen” – służy do sterowania elektromagnesem, w górnej pozycji elektromagnes jest włączony, a w dolnej wyłączony.

Ciężarki **A** i **B** mają jednakową masę M . Na ciężarek **B** mogą być nakładane dodatkowe ciężarki o znanej masie m . Przed każdym pomiarem ciężarek **A** utrzymywany jest przez elektromagnes. Wciśnięcie przycisku wyłączającego prąd płynący przez elektromagnes powoduje rozpoczęcie ruchu ciężarków, jeżeli na ciężarek **B** nałożony jest co najmniej jeden dodatkowy ciężarek. Przycisk ten włącza jednocześnie zegar elektroniczny, który mierzy czas pomiędzy wyłączeniem prądu elektromagnesu a przecięciem przez ciężarek **B** światła padającego na fotokomórkę. Drogę ruchu ciężarków zmieniamy poprzez położenie fotokomórki. Do osi bloczka można przymocować metalowy pierścień, którego moment bezwładności należy wyznaczyć.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Zaznajomić się z działaniem układu pomiarowego. Włączyć „Polydigit 1” przez wciśnięcie przycisku (1), przycisku 1000 Hz i przycisku „Sieć” w zasilaczu żarówek fotokomórek.
2. Ciężarek **A** opuścić do zetknięcia się z elektromagnesem.
3. Opuścić fotokomórkę (kręcąc korba) na odległość S około 90 cm. Odległość S mierzymy od fotokomórki do dolnej krawędzi ciała **B**. Uwzględniając warunki wykonywania pomiaru oszacować niepewność maksymalna bezwzględna pomiaru odległości ΔS .
4. Obciążyć ciężarek **B** jednym dodatkowym ciężarkiem.
5. Przyciskiem „Messen” wyłączyć elektromagnes (jednocześnie włącza się pomiar czasu). W momencie przecięcia przez ciężarek **B** wiązki światła padającego na dolną fotokomórkę pomiar czasu jest zatrzymany i czas t przebycia drogi S jest wyświetlany na przyrządzie „Polydigit 1”. Przyciskiem „Messen” włączyć elektromagnes. Wynik pomiaru czasu zapisać.
6. Ciężarek **B** przesunąć do góry do momentu, aż ciężarek **A** ponownie zetknie się z elektromagnesem. Powtórzyć dziesięciokrotnie pomiary czasu spadku zgodnie z punktem 5.
7. Według punktów 5 – 6 wykonać pomiary przy obciążeniu ciała **B** odpowiednio dwoma i trzema dodatkowymi ciężarkami.
8. Założyć na oś bloczka metalowy pierścień i powtórzyć pomiary według punktów 5-7.
9. Zapisać wartości parametrów stanowiska i niepewności pomiarowych.

4. Opracowanie wyników pomiarów

1. Dla każdej serii pomiarowej wyznaczyć średni czas ruchu $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$.
2. Dla każdej serii pomiarowej wyznaczyć niepewność standardową pomiaru czasu $u(\bar{t}) = \sigma_{\bar{t}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{(n-1)n}}$.
3. Dla każdej serii pomiarowej wyznaczyć przyspieszenie układu $a = \frac{2 \cdot S}{\bar{t}^2}$.
4. Dla każdej serii pomiarowej wyznaczyć niepewność złożoną względną przyspieszenia układu

$$u_c(a) = \sqrt{\left(2 \frac{u(S)}{\bar{t}^2}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{S \cdot u(\bar{t})}{\bar{t}^3}\right)^2}$$
5. Dla każdej serii pomiarowej na podstawie wzoru $J = \frac{m \cdot g - 2M \cdot a - m \cdot a}{a} \cdot r^2$ obliczyć wartość momentu bezwładności układu bez pierścienia J_u i z pierścieniem J_c , gdzie m to łączna masa dodatkowych ciężarków założonych na ciężarek B o masie M , r to promień bloczka zamontowanego na stałe.
6. Przyjmując, że wielkości m , M i g nie są obarczone błędami i korzystając z zasady przenoszenia niepewności obliczyć niepewność złożoną bezwzględną momentów bezwładności J_u oraz J_c .
 Dla każdego z nich $u_c(J) = \sqrt{\left(\frac{\partial J}{\partial a} u_c(a)\right)^2 + \left(\frac{\partial J}{\partial r} u(r)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{r^2 m g}{a^2} u_c(a)\right)^2 + \left(2r \left[\frac{mg}{a} - (2M + m)\right] u(r)\right)^2}$
7. Obliczyć moment bezwładności pierścienia $J_b = J_c - J_u$ dla obciążenia jednym (J_{b-1}), dwoma (J_{b-2}) i trzema (J_{b-3}) dodatkowymi ciężarkami. Następnie obliczyć średnią $\bar{J}_b = \frac{J_{b-1} + J_{b-2} + J_{b-3}}{3}$.
8. Obliczyć niepewności złożone bezwzględną momentu bezwładności pierścienia
 $u_c(\bar{J}_b) = \sqrt{u_c(J_u)^2 + u_c(J_c)^2}$ dla obciążenia jednym (J_{b-1}), dwoma (J_{b-2}) i trzema (J_{b-3}) dodatkowymi ciężarkami. Do dalszych rozważań wybrać największą z niepewności $u_c(\bar{J}_b)$.
9. Wyznaczyć niepewność względną momentu bezwładności pierścienia $u_{c,r}(\bar{J}_b) = \frac{u_c(\bar{J}_b)}{\bar{J}_b}$,
10. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną momentu bezwładności pierścienia $U(\bar{J}_b) = 2 \cdot u_c(\bar{J}_b)$
11. Obliczyć teoretyczny moment bezwładności pierścienia zakładając stałą gęstość masy
 $J_{b-teoria} = 0,5m_p(R_1^2 + R_2^2)$.

5. Podsumowanie (wersja podstawowa)

1. Zgodnie z regułami prezentacji wyników zestawień wyznaczone parametry

$(\bar{J}_b, u_c(\bar{J}_b), u_{c,r}(\bar{J}_b), U(\bar{J}_b))$ oraz wartość odniesienia $J_{b-teoria}$,
 $(\bar{J}_{b-1}, u_c(\bar{J}_{b-1})), (\bar{J}_{b-2}, u_c(\bar{J}_{b-2})), (\bar{J}_{b-3}, u_c(\bar{J}_{b-3})),$

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

a) która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_c(\bar{J}_b)$,

b) czy spełniona jest relacja $u_{c,r}(\bar{J}_b) < 0,1$,

c) czy spełniona jest relacja $|J_{b-teoria} - \bar{J}_b| < U(\bar{J}_b)$,

d) czy przedziały $(\bar{J}_{b-1} \pm 2 \cdot u_c(\bar{J}_{b-1})), (\bar{J}_{b-2} \pm 2 \cdot u_c(\bar{J}_{b-2})), (\bar{J}_{b-3} \pm 2 \cdot u_c(\bar{J}_{b-3}))$ mają część wspólną, pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych.

3. Wnioski z analizy rezultatów.

a) Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych i ich przyczyn.

b) Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.

c) Wyjaśnić czy cele ćwiczenia zostały osiągnięte.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zespół w składzie.....

cele ćwiczenia:

- wyznaczyć moment bezwładności pierścienia,
- wykazać, czy wartość moment bezwładności pierścienia lub jej niepewności zależą od sposobu pomiaru (wartości dodatkowego obciążenia).

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych.

moment bezwładności pierścienia.....

.....

.....

3.2 Parametry stanowiska. *Wartości należy potwierdzić na stanowisku!*

$R_1 = 82 \pm 0,5 \text{ mm}$ - promień zewnętrzny pierścienia, $m_1 = 15,3 \pm 0,1 \text{ g}$ – masa mniejszego ciężarka
 $R_2 = 50 \pm 0,5 \text{ mm}$ - promień wewnętrzny pierścienia, $m_2 = 31,1 \pm 0,1 \text{ g}$ – masa większego ciężarka
 $d = 20 \pm 0,5 \text{ mm}$ - grubość pierścienia, $m_p = 2001 \pm 1 \text{ g}$ – masa pierścienia
 $r = 98 \pm 1 \text{ mm}$ - promień bloczka, $2M = 507 \pm 1 \text{ g}$ – masa dwóch obciążników

.....

.....

.....

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

Przyjęta wysokość pomiaru oraz jej niepewność

niepewność pomiaru czasu

.....

.....

.....

Czas opadania	Błoczek bez pierścienia			Błoczek z pierścieniem		
	1 ciężarek	2 ciężarki	3 ciężarki	1 ciężarek	2 ciężarki	3 ciężarki
t_1						
t_2						
t_3						
t_4						
t_5						
t_6						
t_7						
t_8						
t_9						
t_{10}						
t_{11}						
t_{12}						
t_{13}						
t_{14}						
t_{15}						

3.4 Data i podpis osoby prowadzącej.....