

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

Ćwiczenie nr 1*: Wahadło fizyczne

Cel ćwiczenia:

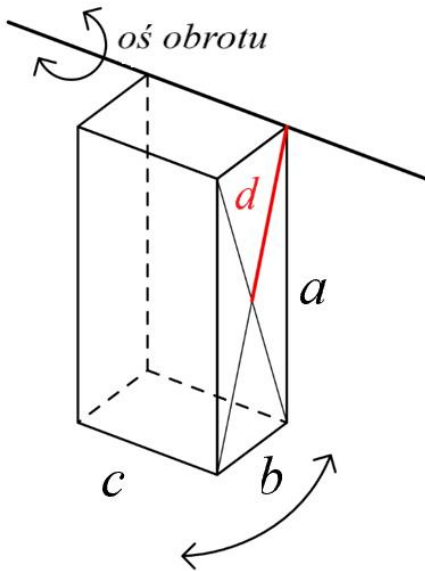
Opis ruchu drgającego, a w szczególności drgań wahadła fizycznego. Wyznaczenie momentów bezwładności brył sztywnych

Zagadnienia kontrolne

1. Definicje i podstawowe zależności dla wielkości kinetycznych opisujących ruch obrotowy (kąąt, prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe, jednostajny i niejednostajny ruch obrotowy)
2. Definicje i podstawowe zależności dla wielkości dynamicznych opisujących ruch obrotowy (moment bezwładności, momentu pędu, moment siły, druga zasada dynamiki dla ruchu obrotowego).
3. Definicja momentu bezwładności. Wyprowadzenie momentu bezwładności dla jednorodnego pręta o długości l i masie m względem osi prostopadłej do pręta i przechodzącej przez jego środek masy.
5. Ruch harmoniczny, równanie ruchu i parametry opisujące ruch (amplituda, okres, częstość, częstotliwość)
6. Wahadło matematyczne. Opis ruchu wahadła matematycznego dla małych drgań. Okres drgań tego wahadła.
7. Wahadło fizyczne. Przybliżony opis ruchu wahadła fizycznego za pomocą równania ruchu harmonicznego. Okres drgań wahadła fizycznego w przybliżeniu harmonicznym.

1. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy należy wykonać samodzielnie z dostępnych przedmiotów. Powinny się w nim znaleźć:



1) Prostopadłościan o znanych wymiarach i znanej masie (w tej roli dobrze spisze się np. pudełko tekturowe po herbacie uszczelnione lub wyścielone plastikowym woreczkiem i wypełnione szczelnie, ale bez zmiany kształtu pudełka, np. solą, cukrem, plasteliną) – jako bryła sztywna, której moment bezwładności będzie badany.

2) Cienki pręt, który będzie osią obrotu (można np. zastosować fragment metalowego wieszaka, szydełko, drut z kompletu do dziergania, patyczek do szaszłyków, itp.). Oś należy dobrać tak, aby nie wyginała się pod wpływem ciężaru pudełka, łatwo dała się wsunąć w krawędź pudełka i nie powodowała dużych oporów (tarcia).

3) Podpórki-statywy o takiej samej wysokości (np. dwa stosy książek, dwa pudła po butach, dwa kartony mleka, itp.), na których oparta będzie oś obrotu.

4) Stoper (np. stoper w smartfonie)

Rys. 1. Schemat układu do badania momentu bezwładności

2. Wykonanie ćwiczenia

1) Wyznaczyć masę badanej bryły sztywnej. Jeżeli jest do dyspozycji waga kuchenna należy zważyć bryłę i zanotować niepewność wynikającą z dokładności wagi.

W przypadku braku dostępu do wagi, konieczne będzie przyjęcie jednej z podanych poniżej mas dla jednego z rodzajów pudełek:

a) Dla pudełka o wymiarach 132 x 65 x 44 mm – 545g - wypełnienie : sól kuchenna drobna

b) Dla pudełka o wymiarach 137 x 67 x 54 mm – 698g - wypełnienie : sól kuchenna drobna

c) Dla pudełka o wymiarach 150 x 60 x 40 mm – 465g - wypełnienie : sól kuchenna drobna

Niepewność tak przyjętej masy jest duża (m.in. wpływ mają różnice w wypełnieniu, taśma konieczna do zabezpieczenia, itp.) – należy przyjąć niepewność według własnego osądu.

2) Zmierzyć długości boków a , b oraz wyznaczyć odległość d konieczną do skorzystania z twierdzenia Steinera. Określić ich niepewności. Wpisać dane do Tabeli 1.

3) Umieścić pudełko prostopadłościenne na podporach, w taki sposób, aby oś była ustawiona poziomo, podparta końcami na tych „statywach” i miała możliwość swobodnego obrotu. Następnie należy wprowadzić tak skonstruowane wahadło w ruch drgający o małej amplitudzie (Rys. 1).

4) Zauważyć można, że okres drgań jest bardzo krótki. Aby zminimalizować niepewność pomiaru należy zmierzyć czas co najmniej 40 okresów. Pomiar ten powtórzyć 20 razy – przy tak krótkich okresach drgań, nie jest łatwo kontrolować liczbę okresów i skoordynować włączanie i wyłączanie stopera, dlatego konieczna jest tak duża ilość prób .

- 5) Ocena zebranych w Tabeli 2 wyników pomiarów - należy odrzucić te, które zbyt odlegają od tych najczęściej się powtarzających (jest to ocena subiektywna, która ma za zadanie wstępnie wyeliminować te próby, które najprawdopodobniej były wynikiem pomyłki w liczeniu drgań).
- 6) W sprawozdaniu należy przedstawić swoje zdjęcie z zestawem doświadczalnym, jako dowód samodzielnego wykonania ćwiczenia (zastępuje to podpis prowadzącego zajęcia na protokole) oraz dokładny opis swojego zestawu doświadczalnego i sposobu wykonania ćwiczenia.

3. Wyniki pomiarów

Tabela 1. Wyniki pomiarów masy i długości

	wartość	niepewność
Masa m [kg]		
a [mm]		
b [mm]		
d [mm]		

Tabela 2. Wyniki pomiarów okresu drgań

L.p.	Ilość okresów	Czas [s]	Okres T [s]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
Średni okres T_{sr} [s]			
Niepewność $u(T)$ [s]			

Uwaga: duża ilość prób w tabeli obok wyniku z trudności związanych z pomiarem – tj. z bardzo krótkiego okresu drgań i związanej z tym dużej ilości pomyłek – po analizie otrzymanych wyników i odrzuceniu oczywistych błędów grubych, w tabeli powinno pozostać co najmniej 10 zbliżonych wartości, które będą uwzględniane w dalszych obliczeniach

4. Opracowanie wyników pomiaru

1. Obliczyć moment bezwładności I_0 względem rzeczywistej osi obrotu korzystając z wzoru na okres drgań.
2. Korzystając z twierdzenia Steinera (równanie (2) poniżej) obliczyć moment bezwładności I_S względem osi przechodzącej przez środek masy i równoległej do osi obrotu w wykonanym doświadczeniu.
3. Obliczyć niepewność okresu T i przyjąć niepewności wielkości mierzonych bezpośrednio: masy m oraz wymiarów geometrycznych (tabele 1 i 2), a następnie na ich podstawie obliczyć z prawa przenoszenia niepewności $u_c(I_0)$. W dalszej kolejności obliczyć niepewność $u_c(I_S)$ z wykorzystaniem wyliczonej wcześniej $u_c(I_0)$.
4. Obliczyć również moment bezwładności $I_{S(geom)}$ względem osi przechodzącej przez środek masy, tym razem na podstawie znanej masy i wymiarów geometrycznych (równanie (1) poniżej).
5. Obliczyć niepewność $u_c(I_{S(geom)})$ z prawa przenoszenia niepewności.
6. Która z obydwu metod wyznaczenia momentu bezwładności jest dokładniejsza?
8. Czy w granicach niepewności rozszerzonej obydwu wyniki pomiaru (I_S oraz $I_{S(geom)}$) są zgodne?

Uwagi:

- Przykładowe obliczenia dla pręta pokazane są w protokole wykonawczym ćwiczenia 1 – należy zaznaczyć, że dla prostopadłościanu w ćwiczeniu 1*, a i b są odpowiednimi bokami, a odległość d jest odległością osi obrotu (przy pomiarze okresu) od osi obrotu, równoległej do niej i przechodzącej przez środek ciężkości
- Moment bezwładności prostopadłościanu względem osi równoległej do krawędzi c i przechodzącej przez środek ciężkości dany jest

$$I_{S(geom)} = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2) \quad (1)$$

- zastosowanie ma twierdzenie Steinera następująco

$$I_S = I_0 - md^2 \quad (2)$$