

BADANIE RUCHU JEDNOSTAJNIE PRZYSPIESZONEGO

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym oraz wyznaczenie momentu bezwładności bryły o kształcie zbliżonym do walca (pełnego lub wydrążonego). Celem ćwiczenia od strony analizy danych jest zbadanie istotności parametrów dopasowania oraz zbadanie zależności między nimi.

WYMAGANIA TEORETYCZNE

- Zasady dynamiki Newtona
- Równania ruchu bryły sztywnej.

ZADANIE DOMOWE

obowiązkowe przed przystąpieniem do wykonania pomiarów

- a) Wyprowadź wzór na współczynnik β zdefiniowany związkami $I = \beta m R^2$ dla jednorodnej powłoki walcowej o masie m , promieniu zewnętrznym R i wewnętrznym r . Ile ten współczynnik wynosi dla walca pełnego?
- b) Wyprowadź wzór na przyspieszenie powłoki walca, o momencie bezwładności I (względem osi symetrii) i zewnętrznym promieniu R , promieniu wewnętrznym r , masie m , podczas staczania się bez poślizgu z równi pochyłej o kącie nachylenia α .
- c) Jednym z zadań w niniejszym ćwiczeniu jest zmierzenie kąta nachylenia równi. Niech L oznacza długość podstawy równi, H jej wysokość, a S jej długość. Oszacuj, które z tych wielkości należy mierzyć, aby niepewność $\sin \alpha$ była jak najmniejsza. Załóż, że każdą z długości mierzymy z taką samą niepewnością.

INSTRUKCJA

Układ pomiarowy

Masz do dyspozycji:

- walec z metalu;
- suwmiarkę;
- taśmę mierniczą pozwalającą na odczyt długości z dokładnością do 1 mm;
- równię pochyłą o regulowanym kącie nachylenia; do równi przymocowane są dwie fotokomórki, które można wzdłuż niej przesuwać; walec, staczając się z równi i przysłaniając pierwszą z nich powoduje uruchomienie pomiaru czasu, a gdy dotrze do drugiej i ją przysłoni, stosowany układ elektroniczny zatrzymuje zegar i wyświetla, z dokładnością do 0,0001 s, czas ruchu walca między tymi dwiema fotokomórkami.

Przed przystąpieniem do pomiarów wypoziomuj podstawę równi. Wytrzymaj dokładnie rącznikiem papierowym walec jak również równię i powtarzaj tę czynność za każdym razem przed rozpoczęciem serii pomiarów przy nowej odległości między fotokomórkami. Sprawdź, czy walec nie blokuje się na szczycie równi – walec przyciśnięty do listwy na szczycie równi powinien sam ruszać swobodnie, bez popychania. Gdy tak nie jest, poproś asystenta prowadzącego ćwiczenie o inny walec.

Przy każdym z nachyleń równi do poziomu zmierz wszystkie wysokości, długość oraz długość podstawy równi, które pozwolą Ci wyznaczyć kąt nachylenia równi lub wybraną funkcję tego kąta.

Oceń dokładność pomiaru odległości między fotokomórkami biorąc pod uwagę ich rozmiary, luzy umocowań i dokładność taśmy mierniczej.

Zmierz wszystkie niezbędne wymiary walca. Zwróć uwagę, na różną dokładność suwmiarki w zależności od zakresu pomiarowego i użytych szczęk i dokonaj pomiaru tych wielkości które będą skutkować najmniejszymi niepewnościami pomiarowymi. Szczegółowe dane są dostępne w Tabeli 1.

Tabela 1. Dokładność suwmiarki w milimetrach w zależności od zakresu pomiarowego i użytych szczęk

Zakres	0-100 mm	100-300 mm
Rodzaj szczęk		
zewnątrzne	0,02	0,03
wewnętrzne	0,04	0,05

Przy ustalonej odległości między fotokomórkami, wykonaj 10 pomiarów czasu staczania walca między nimi. **Powtarzaj pomiar dla różnych, łącznie przynajmniej siedmiu, odległości między fotokomórkami.** Zaczynaj od odległości około 10 cm – 15 cm. Fotokomórkę rozpoczynającą pomiar czasu ustaw w odległości 10 cm – 15 cm od początku równi i zmieniaj jedynie położenie fotokomórki kończącej czas pomiaru. **Pomiary wykonaj dla dwóch różnych nachyleń równi.**

Niezwykle istotnym jest, aby w momencie, kiedy uwalniamy walec i pozwalamy mu na staczanie się, przylegał on całą swoją długością do ograniczenia na szczycie równi. Gdy o to nie zadamy, walec będzie staczał się pod kątem do kierunku w dół wzdłuż równi i wkrótce, natrafiwszy w swym ruchu na boczne krawędzie równi, będzie się o nie obijał. Spowolni to jego ruch i doprowadzi, w oczywisty sposób, do błędnej wartości oceny momentu bezwładności. Aby tego uniknąć, należy stanąć na przedłużeniu równi, twarzą do jej szczytu. Walec należy dociskać w połowie jego długości do blokady jednym palcem i gdy jesteśmy gotowi do pomiaru, usunąć go zdecydowanym ruchem, bez poślizgu wzdłuż walca. Każdy pomiar, w którym dostrzeżemy uderzenie walca w boczną krawędź równi nim minie on dolną fotokomórkę, należy powtórzyć. W celu zminimalizowania groźby takich błędów, dolną fotokomórkę nie należy ustawiać dalej niż 1 m od szczytu równi.

Gdy walec minie fotokomórkę zatrzymującą pomiar czasu postaraj się go złapać – nie pozwalaj na to, by walec po stoczeniu się dół uderzał o ograniczenie na dole równi. Powoduje to drgania całej równi, które mogą doprowadzić do przesunięć fotokomórek.

Gdy pomiar wykonywany jest w parach, to jedna osoba uruchamia walec, a druga obsługuje zegar i zapisuje zmierzony czas. Tak zebrane dane należą do osoby, która uruchamia walec. Każda osoba wykonuje pomiary swojego walca.

RAPORT KOŃCOWY

Raport końcowy, przygotowany zgodnie z ogólnymi zasadami podanymi we wzorcu, powinien zawierać w części odnoszącej się do analizy danych i dyskusji:

1. Ocena współczynnika β , jaka wynika z pomiarów geometrycznych.
2. Ocena kąta nachylenia równi (w stopniach) wraz z jego niepewnością oraz sinusa wyznaczonego kąta wraz z jego niepewnością.
3. Wykresem zależności drogi od czasu dla każdego z kątów nachylenia równi oraz propozycją modelu teoretycznego opisującego te zależności.
4. Zastosowanie metody najmniejszych kwadratów w celu wyznaczenia nieznanymi parametrów wybranego modelu teoretycznego oraz korelacji między nimi, dla każdego z kątów nachylenia równi wraz z ustaleniem którą ze zmiennych należy wybrać jako zmienną niezależną.
5. Weryfikacją zgodności wybranego modelu ruchu z danymi.
6. Dyskusję rzeczywistej dokładności pomiarów na podstawie wartości oczekiwanej χ^2 .
7. Ocena wartości przyspieszenia wraz z jego niepewnością dla obu kątów nachylenia równi. Dla każdej z wartości przyspieszenia podaj odpowiadającą jej ocenę parametru β i niepewność tej oceny.
8. Ocena zgodności otrzymanych wartości parametru β oraz wyznaczeniem najlepszej jego oceny.

Nim przygotujesz raport, zaznajom się z uwagami zawartymi w [wymaganiach dotyczących raportu](#) zamieszczonymi na stronie pracowni. Absolutnie zalecane jest także świadome przyjrzenie się

redakcji tekstu, a także tabel, rysunków i wzorów, sposobów ich numerowania, tytułowania i opisywania.

W raporcie zamieść wszystkie surowe wyniki pomiarów tak, aby sięgając jedynie do raportu i bez potrzeby odwoływania się do protokołu z doświadczenia można było wykonać pełną i niezależną analizę Twych danych.