

10

SIŁY BEZWŁADNOŚCI W UKŁADZIE OBRACAJĄCYM SIĘ

1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- inercyjne i nieinercyjne układy odniesienia;
- siły bezwładności w układzie obracającym się;
- siła odśrodkowa i siła Coriolisa;
- kartezjański i biegunowy układ współrzędnych, spirala Archimedesesa.

2. POMIARY

Realizując ćwiczenie należy zapisać na papierze ślady 6 torów kulki. Kartkę z uzyskanymi krzywymi toru ruchu kulki należy dołączyć do sprawozdania jednego ze studentów.

Zadanie 1. Przygotowanie układu (tarcza nie obraca się).

1. Zmierzyć średnicę d kulki i wyznaczyć jej masę m , przyjmując, że gęstość stali wynosi $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$.
2. Umieścić na tarczy czystą kartkę papieru, a na niej kalkę maszynową zwróconą węglem do papieru.
3. Puścić swobodnie kulkę z równi pochyłej przy nieruchomej tarczy. Sprawdzić ślad toru kulki na papierze. Jeśli nie jest linią prostą, wypoziomować odtwarzacz.
4. Gdy ślad toru będzie linią prostą przymocować kartkę (z kalką maszynową) do odtwarzacza przy pomocy taśmy klejącej.

Zadanie 2. Wyznaczanie toru ruchu kulki na obracającej się tarczy.

1. Zanotować odległość równi od osi obrotu tarczy $R_0 = 6 \text{ cm}$.
2. Umieścić kulkę w najwyższym położeniu na równi $h_1 = 4,65 \text{ cm}$, którego odległość od osi obrotu wynosi $R_1 = 18,50 \text{ cm}$ i włączyć silnik odtwarzacza. Ustawić regulator prędkości kątowej tarczy na niskie obroty.
3. Zmierzyć czas t trwania 10 pełnych obrotów (okresów) tarczy z kulką. Wyznaczyć prędkość kątową ω_1 układu.
4. Dla ustalonej prędkości kątowej zwolnić blokadę kulki w celu uzyskania toru ruchu na papierze.
5. Zatrzymać odtwarzacz, delikatnie odgiąć kartkę i oznaczyć tor ruchu kulki indeksem „1”.
6. Czynność powtórzyć dla kulki zwalnianej z najniższego poziomu $h_2 = 2,75 \text{ cm}$ (odległość od osi $R_2 = 10,75 \text{ cm}$). Tor ruchu kulki oznaczyć indeksem „2”.

7. Umieścić kulkę w najwyższym położeniu na równi h_1 włączyć silnik odtwarzacza. Ustawić regulator prędkości kątowej tarczy na średnie obroty.

8. Zmierzyć czas t trwania 10 pełnych obrotów (okresów) tarczy z kulką. Wyznaczyć prędkość kątową ω_2 układu.

9. Dla ustalonej prędkości kątowej zwolnić blokadę kulki w celu uzyskania toru ruchu na papierze. Zatrzymać odtwarzacz i oznaczyć tor ruchu kulki. Czynność powtórzyć dla kulki zwalnianej z najniższego poziomu h_2 .

10. Zadanie powtórzyć dla trzeciej wartości prędkości kątowej (najwyższe obroty) ω_3 (kulka spuszczana z równi z dwóch wysokości h_1 i h_2). Za każdym razem oznaczyć kolejne linie na kartce.

11. Za pomocą znajdującej się w zestawie pomiarowym odpowiedniej skali z naniesionym biegunowym układem współrzędnych, odczytać z otrzymanych torów zależność współrzędnej radialnej r od kąta obrotu φ . W tym celu należy przyłożyć środek układu współrzędnych do punktu startu kulki tak, by styczna do toru kulki w tym punkcie pokrywała się z linią podziałki odpowiadającą jednemu z kątów 0° , 90° , 180° , lub 270° (Odczytane wartości kątów dla różnych r muszą być liczone od wybranego początku układu współrzędnych biegunowych).

Dla każdego toru należy odczytać ok. 6 punktów o danych współrzędnych (przykładowa tabela poniżej).

krzywa nr 1 - ω_1 , h_1 , R_1	
r	φ

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Na podstawie zebranych punktów zależność współrzędnej radialnej r od kąta obrotu φ sporządzić wykresy sześciu prostych $r = f(\varphi)$.

2. Dla każdej prostej wyznaczyć współczynnik kierunkowy a oraz nanieść na wykres niepewności (tzw. krzyże) związane z dokładnością odczytywania wartości.

3. Na podstawie zależności

$$a_i = \frac{v_{Ki}}{\omega_i}$$

wyznaczyć prędkości kulki v_{Ki} dla wszystkich zestawów pomiarowych (6 układów).

4. Dla jednej, wybranej pary wartości h i ω obliczyć wartość prędkości kulki v na podstawie wzoru:

$$v_{obl.} = \sqrt{\frac{10}{7}gh - \frac{5}{7}(R^2 - R_0^2)\omega^2}$$

5. Porównać wartości prędkości kulki obliczonej (pkt.4) z tą wyznaczoną z wykresu (pkt.3).

6. Dla prędkości z pkt. 4 (obliczonej) wyznaczyć wartości sił Coriolisa dla kolejnych wartości współrzędnej radialnej r .

$$F_C = 2m\omega \sqrt{v_{obl.}^2 + r^2\omega^2}$$

7. Zależność siły F_c od odległości r i przedstawić na wykresie. Na wykres nanieść niepewności wynikające z dokładności odczytu wartości r i φ na siatce współrzędnych biegunowych.

8. Sformułować wnioski.

4. LITERATURA

W. Sawieliew, Wykłady z fizyki tom 1. PWN Warszawa 1994

T. Lewowski, L. Lewowska, P. Mazur „Measurement of the effect of Coriolis and centrifugal forces on the trajectory of a body in a rotating frame” European Journal of Physics, vol. 20, 109-116 (1999) (czasopismo to znajduje się w Bibliotece Instytutów Fizyki)