

Ćwiczenie nr 14

Wyznaczenie współczynnika tarcia tocznego

I. Wymagania do ćwiczenia

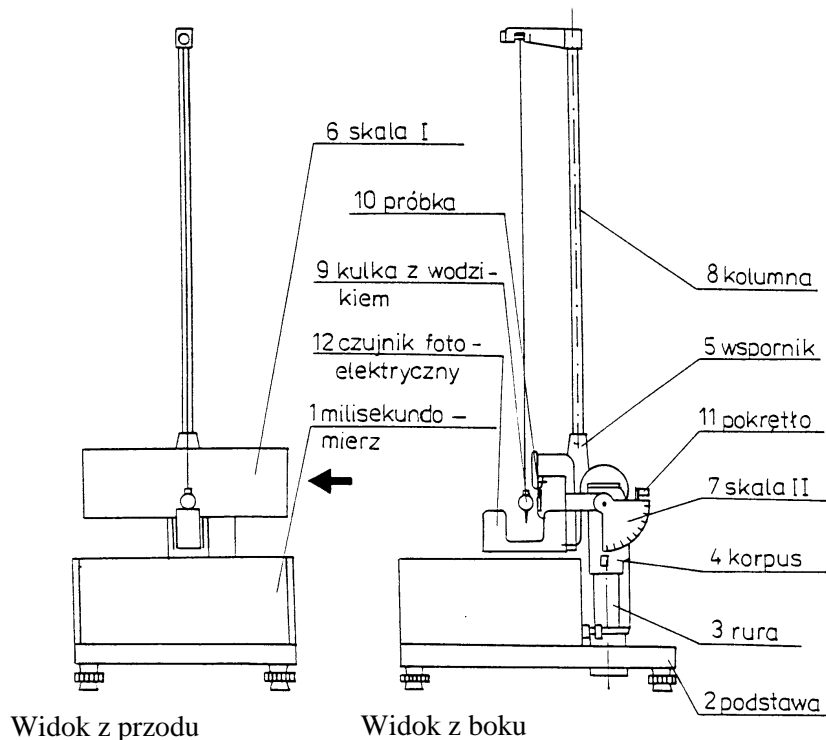
1. Zasady dynamiki w ruchu postępowym i obrotowym bryły sztywnej.
2. Tarcie statyczne i kinetyczne.
3. Ruch drgający harmoniczny i tłumiony. Wahadło matematyczne.

Literatura:

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – Podstawy fizyki, t.1, PWN, Warszawa 2003, str. 118 – 127, 297 – 310
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – Podstawy fizyki, t.2, PWN, Warszawa 2003, str 94 – 100, 103 – 108
- J. Massalski, M. Massalska - Fizyka dla inżynierów, t.1, WNT, Warszawa 1980, str. 74, str. 98, str. 142 – 146, 188 – 191, 192 – 194.

II. Metodologia wykonania pomiarów

Układ pomiarowy przedstawiony jest na rysunku. Zasadniczym elementem przyrządu jest wahadło nachylne, składające się z nici, do której zamocowana jest kulka 9 z wystającym ostrzem (wodzikiem) oraz wspornik 5 z prowadnicami, po których wsuwa się badaną próbkę 10, czyli metalową płytkę, po której toczy się kulka. Pokrętło 11 służy do pochylenia kolumny wahadła 8 wraz z płytką 10. Podstawę wahadła stanowi obudowa cyfrowego miernika czasu 1. W czasie drgań wahadła możliwy jest pomiar czasu od momentu przejścia kulki przez najniższe położenie, następujące po uprzednim przyciśnięciu przełącznika W2. Mierzenie czasu trwa do momentu przejścia kulki przez najniższe położenie, następujące po uprzednim przyciśnięciu przełącznika W3.



Rys. 6. Schemat urządzenia do wyznaczania współczynnika tarcia tocznego.

Kolejność wykonywania czynności:

1. Zwrócić uwagę, aby płaskie płytki i kulka były czyste.
2. Przy pomocy nóżek o regulowanej wysokości wypoziomować przyrząd, traktując wahadło (kulkę z wodzikiem 9) jako pion.
3. Wcisnąć przycisk W1, klawiszem W2 sprawdzić wyzerowanie milisekundomierza.
4. Zmierzyć średnicę d kulki przy pomocy suwmiarki lub mikromierza.
Pomiary dokonać 10 razy, w różnych przekrojach kulki. Wyniki wpisać do tabeli.
5. W celu wykonania zasadniczych pomiarów, pochylić ramię przyrządu z płytką o kąt β ($20^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$) za pomocą pokrętła (11); odczyt kąta na skali (7), rys. 6.
6. Zamocować płytkę (10) w prowadnicy oraz sprawdzić, czy wodek wahadła przecina strumień światła czujnika fotoelektrycznego. Po przyciśnięciu przełącznika W1 przyrząd jest gotowy do pomiaru czasu i liczby wahanć.
7. Wychylić kulkę z położenia równowagi o kąt 7° (kąt odczytać na skali 6, rys. 6). Przycisnąć przełącznik W2 i puścić kulkę, aby toczyła się po próbce. Proces mierzenia czasu zaczyna się w momencie, gdy uprzednio wychylona kulka przechodzi przez położenie równowagi, a kończy się w momencie przejścia przez położenie równowagi, następującym po przyciśnięciu przełącznika W3.
8. Na wyświetlaczu milisekundomierza odczytać czas t drgań wahadła dla liczby n pełnych wahanć, przyjmując na przykład $n=10$. Kąt największego wychylenia α_0 odczytać po jednym waniu. Odczytać też kąt α_n po n waniach licząc od wychylenia o kąt α_0 .
9. Powtórzyć $N=15$ razy pomiar czasu t oraz kątów α_0 i α_n (czynności 7 i 8).
10. Wykonać drugą i trzecią serię pomiarów dla dwóch innych płytek (czynności 6 ÷ 9).
11. Zanotować wielkości działek elementarnych $\Delta\alpha$ i $\Delta\beta$ przy pomiarze kątów.

Tabela pomiarowa:

Lp.	d	r	β	n	α_0	α_n	t	T	f_t	$u(f_t)$
-	[m]	[m]	[°]	[-]	[rad]	[rad]	[s]	[s]	[m]	[m]

III. Obliczenia

1. Dla każdego pomiaru obliczyć promień kulki $r = \frac{1}{2}d$ oraz okres wahań $T = \frac{t}{n}$.
2. Dla każdej pary kulka-płytkę obliczyć średni promień r_{sr} kulki, średnie kąty wychyleń α_{0sr} i α_{nsr} oraz średni okres wahań T_{sr} .
3. Wykonać obliczenia współczynnika tarcia tocznego f_t wg wzoru:

$$f_t = r \frac{\alpha_0 - \alpha_n}{4n} \operatorname{ctg} \beta$$

dla każdej pary kulka-płytkę, na podstawie r_{sr} , α_{0sr} i α_{nsr} . Zwrócić uwagę, żeby kąt α był wyrażony w radianach.

4. Wykonać obliczenia okresu wahań T ze wzoru:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{7}{5} \frac{R}{g \cos \beta}} \quad (1)$$

dla każdej pary kulka-płytkę, jako długość wahadła przyjmując $R = l + r_{sr}$, gdzie $l = 0,460$ m.

5. Dla każdej pary kulka-płytkę obliczyć niepewności standardowe promienia kulki $u(r)$, okresu $u(T)$ oraz kątów $u(\alpha_0)$ i $u(\alpha_n)$, metodą typu A. Gdyby odczytane wartości kątów α_0 lub α_n były takie same, obliczyć niepewności standardowe metodą typu B, na podstawie działki elementarnej $\Delta\alpha_0$ i $\Delta\alpha_n$. Może tak się zdarzyć, jeżeli zmienność mierzonej wielkości, wynikająca z błędów pomiarowych, jest mniejsza niż wartość działki elementarnej.
6. Obliczyć niepewność standardową kąta $u(\beta)$ metodą typu B, na podstawie działki elementarnej $\Delta\beta$.

7. Dla każdej pary kulka-płytką obliczyć niepewność współczynnika tarcia tocznego $u(f_t)$ oraz niepewność obliczonego okresu wahań $u(T)$ metodą przenoszenia niepewności, na podstawie niepewności $u(r)$, $u(\alpha_0)$, $u(\alpha_n)$, $u(\beta)$.

We wnioskach przedyskutować zależność współczynnika tarcia tocznego od rodzaju stykających się powierzchni.

Sprawdzić, czy okres wahań obliczony ze wzoru (1) jest równy, z dokładnością do niepewności pomiarowych, okresowi wahań zmierzonemu w doświadczeniu.

Porównać teoretyczną zależność okresu wahadła od wielkości tarcia mierzonego odpowiednimi współczynnikami, dla rozpatrywanego przypadku tarcia suchego (niezależnego od prędkości) i dla przypadku tarcia (oporu) lepkiego (ruch harmoniczny tłumiony).