

Ćwiczenie 220.

Temat: Wyznaczanie współczynnika tarcia tocznego za pomocą wahadła nachylnego.

I. Literatura:

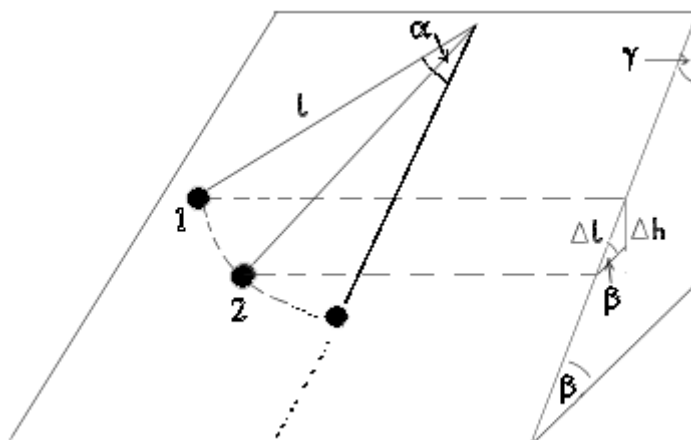
1. R. Resnick, D. Halliday, Fizyka, t. 1, PWN
2. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki część II, praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk i J. Typka. Wydawnictwo uczelniane PS. Szczecin 2007.
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod red. T. Rewaja.
4. Instrukcja obsługi suwmiarki: <http://labor.zut.edu.pl/> w zakładce INSTRUKCJE

II. Tematy teoretyczne:

1. Rodzaje sił tarć – definicje współczynników tarcia (tarcie wewnętrzne i tarcie zewnętrzne, tarcie poślizgowe i tarcie toczne).
2. Druga zasada dynamiki ruchu obrotowego, metoda wyznaczania współczynnika tarcia tocznego.

III. Metoda pomiarowa:

Do pomiarów użyjemy tzw. wahadła nachylnego, którego schematyczny rysunek przedstawiony jest poniżej.



Kulkę wahadła odchylamy o pewien kąt α i pozwalamy jej wahać się tocząc się po płaszczyźnie nachylonej do poziomu pod pewnym kątem β . Wskutek tarcia tocznego amplituda drgań kulki maleje w czasie, gdyż tarcie to zmniejsza początkową energię mechaniczną kulki, jaką nadaliśmy jej zapoczątkowując drgania. Każde kolejne drganie kulki ma nieco mniejszą amplitudę. Współczynnik tarcia tocznego wyznaczamy mierząc kąty początkowego wychylenia kulki i jej wychylenia po wykonaniu określonej liczby drgań. Doświadczenie powtarzamy dla różnych materiałów, po których toczy się kulka i różnych kątów nachylenia równi.

Współczynnik tarcia tocznego wyznaczamy ze wzoru

$$k = r \cdot ctg\gamma \cdot \frac{\alpha_0 - \bar{\alpha}_n}{4 \cdot n}$$

r- promień kulki

α_0 - początkowy kąt odchylenia kulki

α_n - końcowy kąt odchylenia kulki (po wykonaniu n drgań)

n- liczba pełnych wahaniec kulki

γ - kąt odchylenia od pionu płaszczyzny, po której toczy się kulka

IV. Zestaw przyrządów:

Wahadło nachylne, zestaw płytek do badania, suwmiarka.

V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Włożyć płytkę numer 1 do wahadła.
2. Ustawić wahadło nachylne pod kątem $\gamma = 0^\circ$. Wypoziomować przyrząd wkręcając lub wykręcając nóżki w podstawie wahadła tak, aby kulka lekko dotykała płytki, a nitka wskazywała kąt 0° .
3. Za pomocą suwmiarki zmierzyć kilkakrotnie średnicę użytej kulki i wyznaczyć jej promień.
4. Ustawić wahadło nachylne pod pewnym kątem γ , przechylając je nieco do tyłu (np. o 30°) i blokując w tej pozycji śrubą.
5. Wychylić kulkę wahadła z położenia równowagi o pewien kąt α_0 i puścić ją.
6. Odczytać kąt α_n n-tego (np. $n = 10$) wychylenia kulki. Tego odczytu należy dokonać "w biegu", w czasie ruchu kulki
7. Zanotować liczbę wahań kulki n
8. Pomiar opisany w punktach od 2 do 5 należy powtórzyć po pięć razy dla różnych kątów nachylenia wahadła γ i dla różnych płytek, po których toczy się kulka.
9. Wyniki umieścić w tabelach:

Średnica kulki d [mm]	\bar{d} [m]	$\bar{r} = \frac{d}{2}$ [m]

$n = \dots\dots\dots$, (Pamiętaj: $180^\circ = \pi$ rad, $1^\circ = 0,0175$ rad)

Nr płytki	γ	α_0 [$^\circ$]/[rad]	α_n [$^\circ$]	$\bar{\alpha}_n$ [$^\circ$]	$\bar{\alpha}_n$ [rad]	$u(\bar{\alpha}_n)$ [rad]	ctg γ	k [m]	$\Delta k =$ $k_{sr} - k$
1	30°								
	35°								
	40°								
	45°								
	50°								
	55°								
2	30°								
	35°								
	40°								
	45°								
	50°								
	55°								
3	30°								
	35°								
	40°								
	45°								
	50°								
	55°								

Uwaga: kąty α_0 oraz α_n w poniższych wzorach muszą być wyrażone w radianach.

10. Dla każdego kąta α_n obliczyć wartość średnią kąta i jej niepewność $u(\alpha_n)$ według wzoru:

$$u(\bar{\alpha}_n) = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^5 (\bar{\alpha} - \alpha_n)^2}{5 \cdot 4}}$$

11. Obliczyć współczynnik tarcia tocznego k dla każdego kąta nachylenia według wzoru

$$k = r \cdot \text{ctg}\gamma \cdot \frac{\alpha_0 - \bar{\alpha}_n}{4 \cdot n}$$

12. Określić niepewności pomiarowe. W tym celu sporządzić dla każdej płytki wykres $k(\text{ctg}\gamma)$ (na osi x $\text{ctg}\gamma$ na osi y k) i metodą regresji liniowej dobrać najlepiej pasującą prostą o równaniu $k_{sr} = a \cdot \text{ctg}\gamma + b$

13. Metoda powyższa różni się znacznie od tej zaproponowanej w Lit. pozycja 2, gdyż obliczenie niepewności według podanej tam metody jest bardzo żmudne. Zgodnie z wzorem, zależność $k(\text{ctg}\gamma)$ powinna być liniowa. Zatem odchylenia poszczególnych punktów na wykresie od znalezionej prostej można przyjąć za miarę niepewności przypadkowej pomiarów.

Dla każdej wartości k wyznaczonej ze wzoru z punktu 11 oblicz jego odchylenie od średniej wartości obliczonej ze wzoru z punktu 12:

$$\Delta k = k_{sr} - k = a \cdot \text{ctg}\gamma + b - k$$

VI Podsumowanie i wnioski:

Należy ocenić jaki wpływ na wartość współczynnika tarcia tocznego ma twardość badanej powierzchni (rodzaj materiału), stopień jej gładkości oraz wielkość siły nacisku (związanej z kątem nachylenia badanej płytki).