

C-7. Wyznaczanie współczynnika tarcia statycznego

Cel ćwiczenia: poznanie zjawiska tarcia, zasad dynamiki Newtona oraz doświadczalne wyznaczenie współczynników tarcia statycznego przy użyciu równi pochyłej.

Tarcie T – to siła działająca między powierzchniami dwóch poruszających się względem siebie ciał. Jest siłą oporu, działa zawsze równoległe do powierzchni styku, a jej zwrot jest przeciwny do kierunku przemieszczania się ciała.

Równanie ruchu ciała, poddanego działaniu siły F i siły oporu w postaci tarcia T , przyjmuje zgodnie z drugą zasadą dynamiki postać: $m \cdot \vec{a} = \vec{F} + \vec{T}$

Ze wzrostem siły dążącej do wprawienia ciała w ruch, rośnie również siła tarcia T , aż do uzyskania maksymalnej wartości T_{max} , osiąganey przy przechodzeniu ciała ze stanu spoczynku w ruch.

Rozróżnia się tarcie:

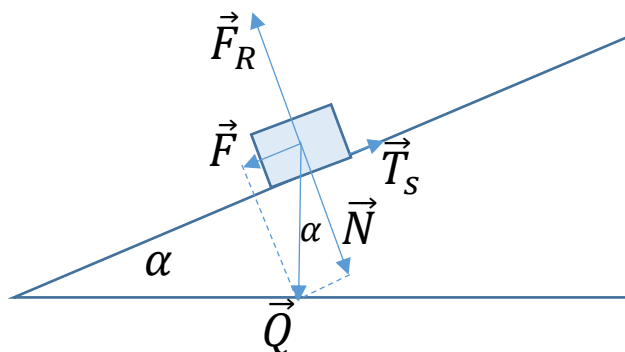
- statyczne, gdy chcemy wprawić w ruch ciało będące w spoczynku. Na granicy ruchu: $T_{s\ max} = f_s \cdot N$, gdzie N jest siłą nacisku z jaką ciało działa prostopadle na powierzchnię, na której się znajduje, f_s jest współczynnikiem tarcia statycznego,
- kinetyczne, gdy ciało znajduje się w ruchu: $T_k = f_k \cdot N$, gdzie f_k jest współczynnikiem tarcia kinetycznego (współczynniki f_s i f_k są bezwymiarowe, $f_s > f_k$),
- toczne, gdy walec o promieniu r toczy się po podłożu: $T_k = \frac{f_t}{r} \cdot N$, f_t – współczynnik tarcia tocznego, wyrażony w [m].

Współczynniki tarcia zależą od wielu czynników, m.in. od rodzaju ciał, od powierzchni, ich chropowatości i smarowania, od prędkości ruchu (przy dużych prędkościach) i od temperatury.

Gdy ciało znajduje się na torze poziomym, siła nacisku jest równa ciężarowi danego ciała, czyli $N = Q$, a $T_{s\ max} = f_s \cdot Q$

Gdy ciało umieścimy na równi pochyłej, nachylonej do poziomu pod kątem α , wówczas ciężar Q rozkłada się na dwie składowe:

jedną: $F = Q \cdot \sin\alpha$, która działa wzdłuż równi i może wprawić ciało w ruch, i drugą:
 $N = Q \cdot \cos\alpha$, która jest siłą nacisku.



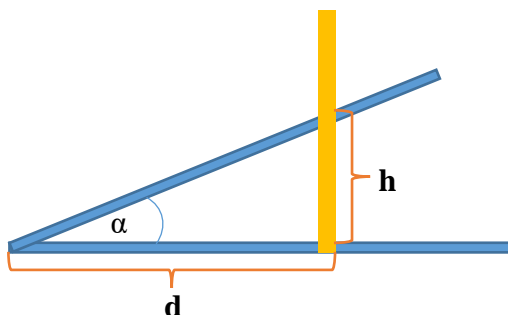
Rys. 1. Rozkład sił działających na ciało spoczywające na równi pochyłej

Zwiększając kąt nachylenia równi tak, by początkowo nieruchome ciało zostało wprawione w ruch, można doświadczalnie znaleźć taką wartość krytyczną kąta α , przy której siła tarcia zrówna się ze składową siły ciężkości F i ciało zacznie się zsuwać:

$$F = T_{s\max} \text{ lub } Q\sin\alpha = f_s \cdot Q \cdot \cos\alpha, \text{ skąd znajdujemy: } f_s = \tan\alpha$$

Widzimy więc, że wyznaczając kąt nachylenia α , przy którym ciało zaczyna się zsuwać z równi, można łatwo obliczyć współczynnik tarcia statycznego. Możemy też skorzystać z zależności, że $\tan\alpha$ jest równy stosunkowi długości przyprostokątnej a leżącej naprzeciw tego kąta α i długości przyprostokątnej b przyległej do tego kąta.

Metodę tę zastosujemy w bieżącym ćwiczeniu do wyznaczenia współczynników tarcia statycznego dla kilku różnych powierzchni trących. Podstawiając za a i za b odpowiednio h i d .



Rys. 2. Schemat równi pochyłej

Wykonanie ćwiczenia

1. Przygotuj sobie płaską powierzchnię (powierzchnia blatu stołu, deska do krojenia itp.), która będzie pełniła funkcję równi pochyłej. Dodatkowo przygotuj kilka niewielkich przedmiotów z płaską powierzchnią tak aby nie staczały się z równi. Będą one odpowiednikami klocków do badania współczynnika tarcia.
2. Ustaw minimalny kąt nachylenia równi, a następnie zmierz długość podstawy równi d od jej początku do krawędzi przymiaru (Rys. 2).
3. Umieść jeden z klocków na szczycie równi.
4. Płynnie i powoli zwiększaj kąt nachylenia równi, aż do momentu, w którym klocek zacznie się zsuwać. Zatrzymaj wówczas równię i zmierz jej wysokość h (wartość odczytaj z tej strony przymiaru do której mierzyliśmy podstawę równi).
5. Pomiary powtórz 10-krotnie. Wyniki zapisz w tabeli i oblicz współczynnik tarcia.
6. Powtórz procedurę dla 3 klocków o różnych powierzchniach trących.

Wzór tabeli na wyniki pomiarów.

Pomiar	klocek	d [mm]	h [mm]	f_s	f_s średnie
1					
2					
...					

Obowiązujące zagadnienia teoretyczne

1. Zasady dynamiki Newtona
2. Siła tarcia, współczynnik tarcia statycznego i kinetycznego.
3. Współczynnik tarcia tocznego.
4. Sposoby zmniejszania i zwiększania tarcia

Literatura

1. Z. Engel, J. Giergiel Mechanika ogólna, tom I,
2. J. Misiak, Mechanika ogólna, tom I,
3. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003. Tom 2.
4. C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman, *Mechanika*, PWN, Warszawa 1975

Opiekun ćwiczenia: mgr Michał Świątlicki