



2. Tarcie dobre i złe

Marek Szewczyk

2.1 Wstęp

Czy kiedykolwiek zastanawiałeś się, dlaczego pojazdy lub inne poruszające się obiekty, do których nie jest przyłożona żadna zewnętrzna siła, zwalniamy, aż wreszcie się zatrzymują. Albo dlaczego ślizgamy się na mokrej podłodze lub na skórce z banana (rys. 2.1). Na te, oraz na inne pytania znajdziesz odpowiedź w tym rozdziale.



Rysunek 2.1: Mężczyzna przewraca się na śliskiej nawierzchni

Zjawiskiem, które jest odpowiedzialne za to że się ślizgamy jest tarcie, a w zasadzie jego brak.

Definicja 2.1 — Tarcie. Jest to opór ruchu, który występuje za każdym razem, gdy dwa przedmioty ocierają się o siebie. Tarcie działa wbrew ruchowi, czyli działa w przeciwnym do ruchu kierunku. Kiedy jeden z obiektów przesuwa się po drugim, wówczas w skutek tarcia zaczyna zwalniać, co jednocześnie oznacza, że traci on energię. Energia ta jednak nie znika, lecz zmienia się z energii ruchu w energię cieplną.

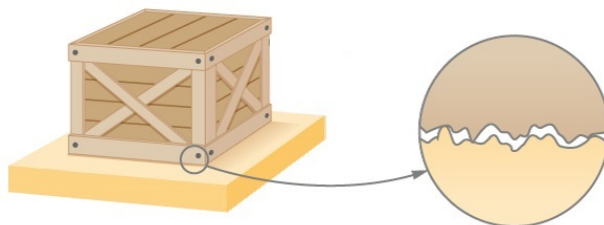
Dlatego, zgodnie z powyższą definicją, gdy jest zimno zacieramy dłonie. Bo gdy pocieramy je o siebie, wytwarza się pomiędzy nimi tarcie, a tym samym ciepło (rys. 2.2).



Rysunek 2.2: Zacieranie dłoni

2.2 Czynniki wpływające na tarcie

Tarcie jest spowodowane nierównością powierzchni, stykających się obiektów. Nawet wtedy, gdy wydaje się nam, że te powierzchnie są gładkie, w rzeczywistości posiadają one bardzo liczne drobne niedoskonałości. Spójrz tylko na rysunek 2.3.



Rysunek 2.3: Nierówności stykających się powierzchni

Widoczne na powyższym rysunku nierówności, powodują zazębienie się tych powierzchni. Skutkuje to wzrostem siły tarcia pomiędzy szorstkimi powierzchniami.

Innym czynnikiem wpływającym na tarcie jest siła, z jaką powierzchnie na siebie naciskają. Bezpośredni wpływ na to ma masa obiektów. Zjawisko to potwierdza rysunek 2.4, na którym dwaj chłopcy próbują przesunąć skrzynie o różnych masach. Tak więc, chłopiec pchający mniejszą skrzynię, przesuwa ją bez większych przeszkód. Natomiast drugi chłopiec, pchający skrzynię większą, musi przyłożyć dużo więcej siły, by ją przemieścić.



Rysunek 2.4: Próba przepchnięcia skrzyń o różnej masie

Omawiając czynniki wpływające na tarcie, warto zwrócić uwagę na zjawiska, takie jak **tarcie statyczne** i **kinetyczne**. Żeby to wyjaśnić przypomnij sobie sytuację, w której próbowałeś przesunąć ciężki przedmiot, na przykład szafę. Czy zwróciłeś uwagę, że najwięcej siły trzeba użyć, by tę szafę ruszyć z miejsca, natomiast później utrzymanie jej w ruchu nie wymaga już tak dużej siły. Aby to zobrazować spójrz na rysunek 2.5.



Rysunek 2.5: Przejście tarcia statycznego w tarcie kinetyczne

Mężczyzna przedstawiony na rysunku, próbuje przesunąć szafę. Ze względu na to, że szafa jest bardzo ciężka, jej przesunięcie nie jest łatwe. W związku z tym, mężczyzna pcha szafę coraz mocniej, co przedstawia wykres ilustrujący wzrost siły. Siła rośnie do momentu osiągnięcia

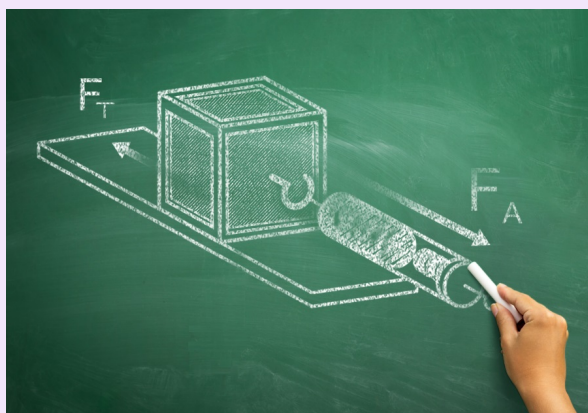
granicznej wartości siły tarcia statycznego i zainicjowania ruchu. W tym momencie szafa zaczyna się przesuwać, a siła tarcia maleje, osiągając stałą wartość. W związku z tym tarcie można podzielić na:

- I. **Tarcie statyczne (spoczynkowe)** - występujące pomiędzy ciałami, które pozostają nieruchome.
- II. **Tarcie kinematyczne (ruchome)** - występujące pomiędzy ciałami, które przemieszczają się względem siebie.

Twierdzenie 2.1 Wartość siły tarcia kinetycznego jest mniejsza od maksymalnej wartości siły tarcia statycznego.

Powyższe twierdzenie można, w bardzo łatwy sposób, sprawdzić samodzielnie w domu, wykonując poniższe ćwiczenie.

Ćwiczenie 2.1 Do wykonania ćwiczenia będzie potrzebny siłomierz, oraz element, który można łatwo zaczepić i przeciągać po płaskiej powierzchni, w sposób przedstawiony na rysunku 2.6



Rysunek 2.6: Schemat wykonania ćwiczenia

Gdy już będziesz miał niezbędne elementy, zaczepek jedną z końcówek siłomierza o przygotowany element i spróbuj go powoli przesunąć, ciągnąc za drugą końcówkę siłomierza. Zgodnie z zasadą zachowania równowagi, wartość siły zmierzonej przy użyciu siłomierza będzie odpowiadała wartości siły tarcia. I zgodnie z twierdzeniem 2.1, wartość siły tarcia statycznego będzie rosła wraz ze wzrostem siły, próbującej wprowadzić ten element w ruch. Będzie się tak działo do momentu, kiedy element zacznie się przesuwać, wówczas tar-

cie statyczne zmieni się w tarcie kinetyczne, jego wartość spadnie w stosunku do maksymalnej siły tarcia statycznego i będzie stała do momentu zatrzymania się elementu. ■

2.3 Tarcie, czyli zło konieczne

Tarcie jest zjawiskiem fizycznym, mogącym występować jako tarcie pozytywne lub negatywne. To czy akurat tarcie jest dobre czy też nie, zależy przede wszystkim od sytuacji, w której się znajdujemy. O dobrym tarcu mówi się wówczas, kiedy jego działanie przynosi pozytywny i zamierzony skutek. Przykładem takiego pozytywnego rodzaju tarcia, jest chociażby możliwość przemieszczania się zarówno pieszo, jak również przy użyciu różnych środków lokomocji, takich jak samochód czy rower. To właśnie dzięki tarcu pomiędzy podszewą buta a chodnikiem, mamy możliwość chodzenia. To samo tarcie, występujące pomiędzy oponą i drogą, pozwala na poruszanie się samochodem.



Rysunek 2.7: Siła tarcia podczas chodzenia

Gdy siła tarcia, która pozwala nam się przemieszczać maleje, na przykład w skutek oblodzonej drogi, zaczynamy się ślizgać. Wówczas, nieważne czy akurat idziemy pieszo, czy jedziemy samochodem, spadek przyczepności, wywołany niedostatecznym tarcem pomiędzy podszewą buta lub oponą samochodu, jest bardzo niebezpieczny i może prowadzić do niebezpiecznych sytuacji. Takich jak tych, przedstawionych na rysunku 2.8.



Rysunek 2.8: Skutek braku tarcia

Nie zawsze jednak tarcie sprzyja i umożliwia przemieszczanie się. Są takie sytuacje, kiedy sami staramy się zmniejszyć tarcie, przy użyciu różnych metod. Najprostszym przykładem, kiedy możemy mówić o negatywnych skutkach występowania tarcia podczas próby przemieszczania się, jest tarcie w czasie jazdy na nartach. Może część z was jeździ na nartach lub interesuje się narciarstwem i wie, że tarcie, pojawiające się pomiędzy nartami i śniegiem, jest niepożądane, powoduje utrudnienie w ślizganiu się i zjeżdżaniu ze stoku, a tym samym zabiera całą frajdę.



Rysunek 2.9: Małe tarcie sprzyja sportom zimowym

Również przedstawiony na rysunku 2.10 szkic, jest możliwy do wykonania dzięki tarcia. W tym przypadku, tarcie występuje między rysikiem ołówka, a kartką papieru. Wynikiem tego tarcia jest pozostawiony na kartce ślad startego ołówka.



Rysunek 2.10: Wykonywanie szkicu

2.4 Co wpływa na tarcie?

Twierdzenie 2.2 Siła tarcia zależy od rodzaju, trących o siebie, powierzchni i jest wprost proporcjonalna do nacisku, wywieranego na powierzchnię.

Zgodnie z twierdzeniem 2.2, różne rodzaje powierzchni trą o siebie z różną siłą. Jest to związane z rodzajem zastosowanych materiałów, ale przede wszystkim z chropowatością powierzchni. Duże nierówności powierzchni, przesuwających się względem siebie, powodują ich ząbienie i zwiększają tarcie. Żeby to sprawdzić wykonaj poniższe ćwiczenie.

Ćwiczenie 2.2 Do wykonania ćwiczenia będzie potrzebny samochodek, kilka książek, 3 kawałki tektury, papier ścierny, filc, klej oraz

stoper. Zaczynij od przygotowania powierzchni, po której będzie zjeżdżał samochodzik. W tym celu, na powierzchni jednej z tektur naklej papier ścierny, natomiast na drugim kawałku tektury naklej filc. Następnie zbuduj rampę z kawałka tektury, opartej na książkach, tak jak ma to miejsce na rysunku 2.11.



Rysunek 2.11: Rampa do badań tarcia różnych powierzchni

Ćwiczenie będzie polegało na pomiarze czasu, jaki potrzebuje samochodzik, by zjechać na sam dół rampy. Ze względu na rodzaj powierzchni, po której będzie zjeżdżał samochodzik, czas będzie się zmieniał, wskazując tym samym na zmienną siłę tarcia. Pamiętaj! Im więcej czasu będzie potrzebował samochodzik na pokonanie rampy, tym większa jest siła tarcia. ■

Drugim, a zarazem najważniejszym, czynnikiem wpływającym na tarcie, jest nacisk wywierany na powierzchnię. Żeby lepiej to zobrazować poniżej został przedstawiony problem, którego rozwiązanie potwierdza zależność siły tarcia od nacisku na powierzchnię.

Problem 2.1 Na pewno nieraz zdarzyło ci się przesuwając po podłodze jakieś bardzo ciężkie rzeczy, na przykład meble lub pudło. Jeśli nie, to wyobraź sobie sytuację, że pudełko, znajdujące się na podłodze, wypełniłeś do pełna książkami, a następnie próbujesz je przesunąć, gdyż jest za ciężkie, by je przenieść (rys. 2.12).



Rysunek 2.12: Pudełko wypełnione książkami

Okazuje się jednak, że próba przesunięcia również się nie powiodła i pudełko nie przesunęło się nawet o milimetr. Co robisz w takim momencie? Masz dwie możliwości:

- prosisz kogoś o pomoc w przesunięciu pudełka, zwiększając tym samym siłę wymuszającą ruch;
- wyjmujesz część książek, zmniejszając tym samym wagę pudełka i jego nacisk na podłoże.

2.5 Zwiększanie i redukowanie tarcia

Jak już wiecie, tarcie, w niektórych przypadkach, jest pożądane, dlatego podeszwy butów czy też opony są pokryte licznymi żłobieniami, tak jak zostało to przedstawione na rysunku 2.13.



Rysunek 2.13: Żłobienia zwiększające tarcie

Zastosowanie żłobień na butach i oponach zwiększa ich tarcie o powierzchnię, poprawiając tym samym ich przyczepność. Tarcie zwiększa się również celowo w przypadku klocków hamulcowych, tak aby po wciśnięciu hamulca, pojazd skutecznie się zatrzymał (rys. 2.14).



Rysunek 2.14: Samochód zatrzymuje się dzięki tarcia

W momencie, kiedy tarcie jest zjawiskiem niepożądanym, powodującym uszkodzenia lub utrudniającym ruch, stosuje się wiele technik, mających na celu jego zmniejszenie. Najpopularniejszym sposobem zmniejszenia tarcia, jest zastosowanie środka smarnego, takiego jak olej bądź smar. Zadaniem tych substancji jest stworzenie cienkiej warstwy, oddzielającej powierzchnie poruszające się, zapobiegając tym samym ocieraniu się ich powierzchni. Inną metodą zmniejszającą tarcie jest zmniejszenie nierówności powierzchni trących, stosując szlifowanie lub polerowanie. Kolejną metodą, która świetnie zmniejsza opory ruchu powstające na skutek tarcia to zastosowanie przyrządów zmieniających tarcie kinetyczne na **tarcie toczne**.

Twierdzenie 2.3 Tarcie toczne jest dużo mniejsze aniżeli tarcie kinetyczne.

Żeby mieć do czynienia z tarcie tocznym, niezbędne jest zastosowanie elementów w kształcie koła, umożliwiających swobodne toczenie się po powierzchni. Przykładem mogą być wrotki (rys. 2.15), czyli buty, do których zostały przymocowane kółka. Dodatkowo, w celu zniwelowania oporów toczenia stosuje się urządzenia, takie jak łożyska toczne.



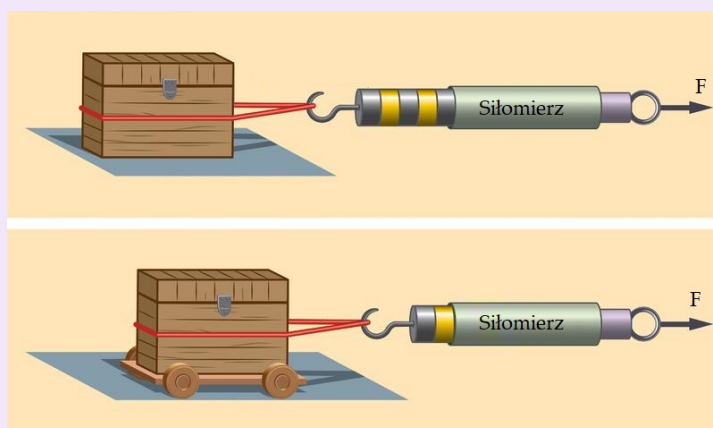
Rysunek 2.15: Wrotki

Żeby sprawdzić Twierdzenie 2.3, wykonaj poniższe ćwiczenie

Ćwiczenie 2.3 Do wykonania ćwiczenia będzie potrzebne pudełko, siłomierz, mały wózek na kółkach lub dwa okrągłe ołówki. Ćwiczenie podzielone jest na dwa etapy:

- w pierwszym z nich, zaczepl siłomierz o pudełko i spróbuj je przeciągnąć po płaskiej powierzchni,
- w drugim, ustaw pudełko na wózeczku lub na ołówkach i ponownie spróbuj przeciągnąć pudełko.

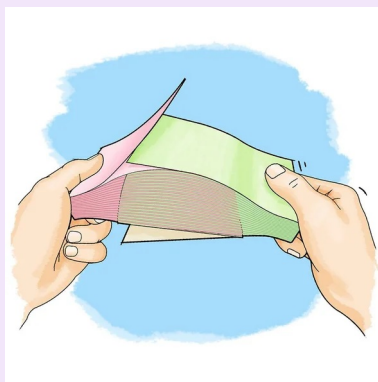
Zgodnie z twierdzeniem 2.3, siła potrzebna do przemieszczenia pudełka, znajdującego się na wózeczku, powinna być znacznie mniejsza, zgodnie z tym, co zostało przedstawione na rysunku 2.16



Rysunek 2.16: Schemat wykonania pomiaru siły tarcia

Na koniec, wykonaj poniższe ćwiczenie, które sprawdzi jak bardzo jesteś silny.

Ćwiczenie 2.4 Zadanie jest bardzo proste. Do jego wykonania przygotuj sobie dwie książki lub dwa zestawy kolorowych karteczek podobnej wielkości. Następnie potasuj je, w sposób pokazany na rysunku 2.17 i spróbuj je rozdzielić ciągnąc za grzbiety książek lub karteczek.



Rysunek 2.17: Sposób tasowania karteczek