

# S

# mała delta

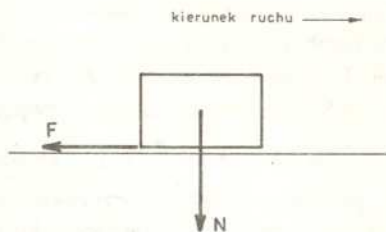
## Tarcie

Tarcie zwykle kojarzy się z siłami oporu występującymi podczas ruchu. Każdy z nas wie, że łatwiej jest ciągnąć sanki po śniegu lub lodzie, niż po odśnieżonym chodniku. Tarcie sanek o śnieg jest mniejsze niż o beton, z którego wykonane są płyty chodnikowe. W którąkolwiek stronę byśmy ciągnęli, tarcie zawsze nam przeszkadza, działa w przeciwną stronę. Jeśli się zapytać, co to jest tarcie, większość odpowie powtarzając szkolną formułkę:

*Jest to siła oporu spowodowana stykaniem się nierównych powierzchni, działająca zawsze w kierunku przeciwnym do ruchu. Dlatego dla podtrzymania ruchu należy przyłożyć siłę do poruszającego się ciała, która to siła będzie co najmniej równa sile tarcia.*

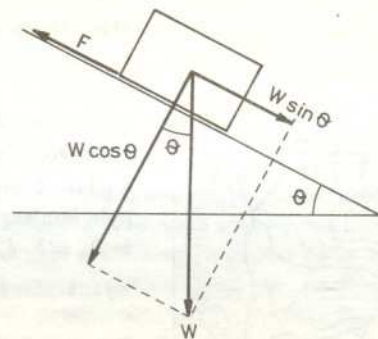
Czy rzeczywiście powyższe stwierdzenie jest zawsze słuszne?

Mimo że są tak ważne w technice i badane od setek lat, prawa tarcia nie są wciąż dokładnie znane. Wyjaśnienie pochodzenia sił tarcia jest skomplikowane, ale jest interesujące, że empirycznie tarcie można opisać bardzo prostym prawem. Z dość dobrym przybliżeniem można uważać siłę tarcia  $F$  za proporcjonalną do siły  $N$  dociskającej stykające się ciała, to znaczy  $F = \mu N$ , gdzie  $\mu$  jest współczynnikiem tarcia, zależnym od rodzaju stykających się powierzchni.



Dotychczas nie umiemy nawet oszacować teoretycznie współczynnika  $\mu$ . Istnieją natomiast tabele podające wartości współczynnika tarcia

„stali po stali”, „drewna po betonie” itp. Możemy sami zmierzyć go w bardzo prosty sposób. Założmy, że chcemy zmierzyć  $\mu$  dla tarcia żelaznego klocka o drewno. W tym celu kładziemy klocek na deskę, a następnie nachylamy deskę do poziomu pod coraz większym kątem, aż przy pewnym kącie nachylenia  $\theta_0$  klocek pod wpływem własnego ciężaru zacznie się zsuwać.



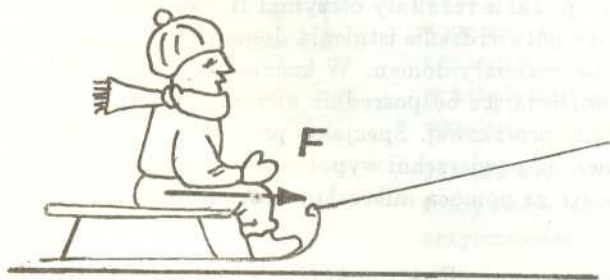
Składowa siły ciężkości skierowana wzdłuż płaszczyzny deski (ściągająca klocek) jest równa  $W \sin \theta_0$  i musi równoważyć siłę tarcia, jeśli klocek zsuwa się ruchem jednostajnym. Ciężar klocka oznaczyliśmy przez  $W$ . Siła dociskająca klocek jest równa  $W \cos \theta_0$ . Stąd otrzymujemy  $\mu = W \sin \theta_0 / W \cos \theta_0 = \operatorname{tg} \theta_0$ . Współczynnik tarcia nie zależy od ciężaru klocka, co można sprawdzić biorąc różne klocki lub obciążając dodatkowo dany klocek. Warto zauważyć w trakcie doświadczenia, że przy właściwym kącie nachylenia klocek nie zsuwa się dokładnie ruchem jednostajnym, ale jakby skokami. Oznacza to, że współczynnik tarcia jest jedynie z grubsza stały i zmienia się w różnych miejscach płaszczyzny. Różnice te mogą być spowodowane różną twardością podłoża, stopniem wypolerowania płaszczyzn styku, zanieczyszczeniami powierzchni itp.

Dlatego też używanie wartości  $\mu$  wziętej z tablic może prowadzić do fałszywych wniosków, gdyż stabelaryzowane wartości nie uwzględniają wspomnianych czynników.

Zwróćmy uwagę również na to, że dla  $\theta < \theta_0$  klocek nie zsuwa się. Oznacza to, że siła ściągająca klocek nie jest w stanie pokonać tarcia. Mamy wówczas do czynienia z tarcie statycznym. Siła tarcia statycznego jest dokładnie równa sile chcącej wprawić klocek w ruch (w przeciwnym przypadku klocek albo by się zsuwał, albo siła tarcia wciągałaby go pod górę) i rośnie ze wzrostem nachylenia do wartości krytycznej. Wzór  $F = \mu N$  dotyczy jedynie tarcia poślizgu.

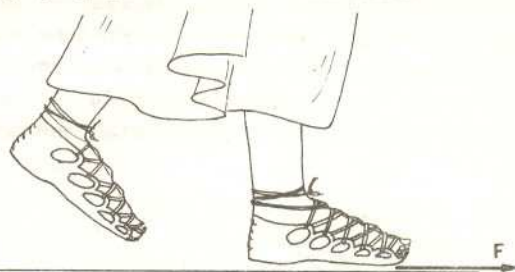
Wróćmy teraz do potocznej definicji tarcia, w której jest mowa o nierównych powierzchniach, oporze ruchu i kierunku siły tarcia. Powszechnie uważa się, że powierzchnie stykających się ciał są nierówne i tarcie spowodowane jest „zahaczaniem się” nierówności, powstają odkształcenia, tworzą się fale i ruchy atomów, co prowadzi do grzania się powierzchni ciał. Dlatego polerowanie powierzchni pozwala zmniejszyć tarcie. Ale jedynie do pewnego stopnia! Jeśli wypolerujemy doskonale powierzchnie, to może okazać się, że współczynnik tarcia stanie się bardzo duży. Dzieje się tak dlatego, że jest wiele punktów styczności między powierzchniami i stają się istotne siły oddziaływań międzycząsteczkowych. Dzieje się tak szczególnie dla powierzchni trących, wykonanych z tego samego materiału. Atomy czy cząsteczki na powierzchni styku nie „wiedzą”, że należą do różnych ciał i dwa kawałki „zlepiają się” w jeden.

Czy zawsze tarcie jest przeszkodą w ruchu i jaki jest kierunek siły tarcia? Rozpatrzmy ponownie saneczki, ale tym razem posadźmy na nie dziecko.

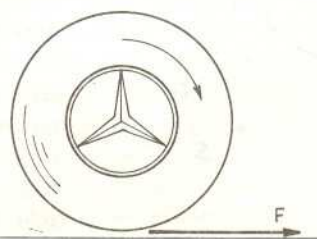


Ciągnąc za sznurek przywiązany do sanek wprawiamy je w ruch. Co wprawia jednak w ruch dziecko? Przecież nie przywiązujemy do niego sznurka. Rozpatrując jedynie dziecko i siły do niego przyłożone widzimy, że musi być jakaś siła wprawiająca je w ruch i że może to być jedynie siła tarcia między nim i sankami. Siła tarcia nie jest więc przeszkodą w ruchu, a wręcz przeciwnie, wprawia ciało w ruch! Co więcej, jej zwrot jest zgodny z kierunkiem ruchu. Czy jest to sprzeczne z ideą, że tarcie sprzeciwia się ruchowi? Oczywiście, nie, jeśli weźmie się pod uwagę *względny* ruch ciał będących w kontakcie. Bez tarcia dziecko zsunęłoby się z sanek. Względem sanek dziecko posuwałoby się do tyłu, więc „sprzeciwiająca się” temu siła tarcia działa do przodu. W tym przypadku zależy nam na tym, aby współczynnik tarcia dziecka o sanki był dostatecznie duży.

Podobnie można zapytać się: co ciągnie konia, który ciągnie wóz, co wprawia w ruch samochód lub nas, gdy chcemy iść? Za każdym razem jest to siła tarcia. Idąc wykonujemy nogą ruch do tyłu, jakbyśmy chcieli odepchnąć Ziemię do tyłu. Siła tarcia przeciwstawiając się poślizgowi nogi nadaje przyspieszenie naszemu ciału.



Z kolei w samochodzie koła napędzające obracają się tak, jakby chciały odpychać jeźdźnię do tyłu. I znowu siła tarcia wprawia samochód w ruch.



Bez tarcia trudno wyobrazić sobie życie. Wszystko wyslizguje nam się z rąk, krzesło wymyka się spod nas, a my sami staczamy się do najbliższego zagłębienia terenu, z którego nie potrafimy się już nigdy wydostać.

Powtarzając więc szkolną definicję siły tarcia warto pamiętać, co się za nią kryje.

Małą Deltę przygotował Jan KALINOWSKI