

Wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała

Wstęp do tematyki wpływu oporów ruchu na stan ruchu. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię związaną z oporami ruchu; odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera film pt. Siły oporu ruchu; zdjęcie przedstawiające skoczka na spadochronie; określenie sił oporu ruchu; opis doświadczenia, którego celem jest określenie czynników, których zmiana wpływa na wielkość sił oporu ruchu; informację, od czego zależą siły oporu; ciekawostkę z dwoma zdjęciami ptaka i ryby; polecenie dla ucznia.

Zasób zawiera: wyjaśnienie pojęć: tarcie statyczne, tarcie kinetyczne; przyczyny tarcia; ilustrację powierzchni materiału; ilustrację siły tarcia; opis doświadczenia, którego celem jest ustalenie, od czego zależy siła tarcia; wyjaśnienie jak można obliczyć siłę tarcia kinetycznego (wzór); tabelaryczne zestawienie pt. Wartości współczynnika tarcia wybranych materiałów na danej powierzchni; wyjaśnienie pojęcia: tarcie toczne; wyjaśnienie czy tarcie może być pożyteczne; polecenia i zadanie dla ucznia.

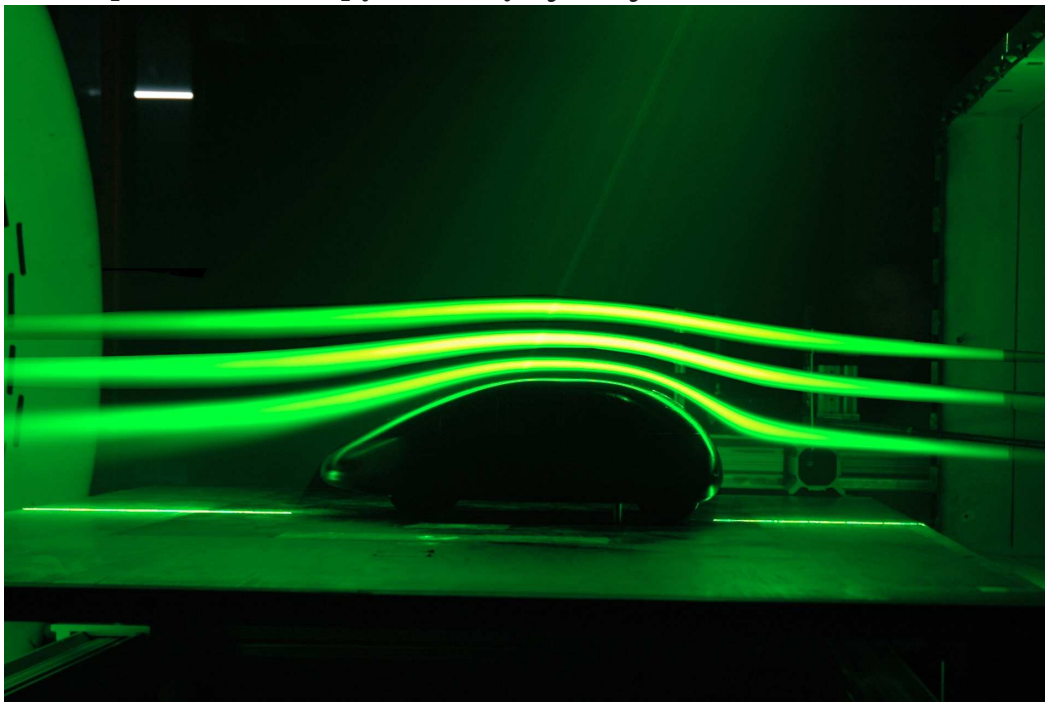
Zasób zawiera: film pt. Opory ruchu; zestawienie informacji o rodzajach tarcia wraz ze wzorem na obliczanie siły tarcia.

Zasób zawiera pojęcia:

siła tarcia kinetycznego, siła tarcia statycznego, siły tarcia, tarcie, współczynnik tarcia

Wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała

Na poruszające się lub wprowadzane w ruch ciała działają siły oporu. Siły oporu ruchu utrudniają nam wykonywanie wielu czynności, np. przesuwanie ciężkich przedmiotów i jazdę na rowerze. Potrafią znacznie nadszarpnąć domowy budżet, podnosząc koszt spalania paliwa samochodowego. Czy istnieją pozytywne skutki ich działania? Czy to prawda, że bez nich nasze dotychczasowe życie nie byłoby takie jak dotychczas? Jeżeli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.



Opór powietrza zobrazowany w tunelu aerodynamicznym

Źródło: DLR German Aerospace Center, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY 2.0.

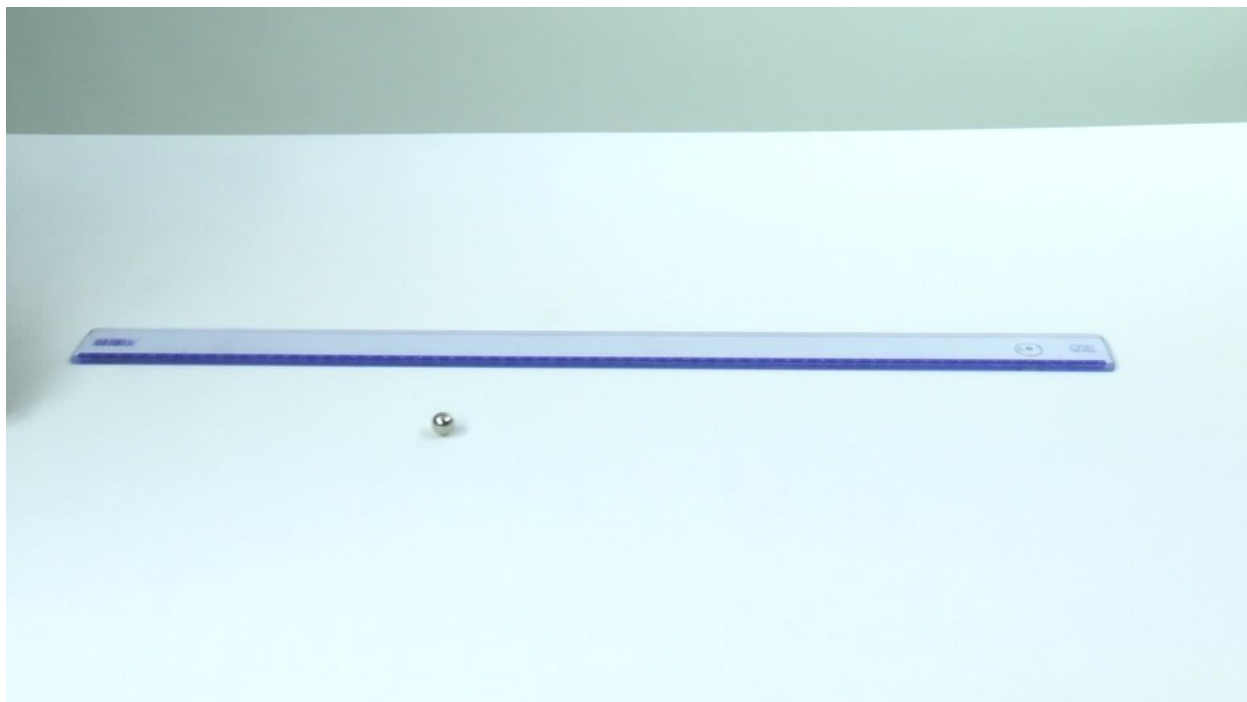
Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- określenie ruchu ciała;
- wielkości opisujące ruch;
- rodzaje oddziaływań;
- cechy siły.

Nauczysz się

- wymieniać przyczyny występowania sił oporu ruchu;
- opisywać tarcie jako zjawisko fizyczne;
- podawać różnicę między tarcie statycznym a tarcie kinetycznym;
- obliczać wartość siły tarcia;
- opisywać pozytywne i negatywne skutki działania sił tarcia.

Dlaczego poruszające się ciała zatrzymują się?



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1VeGhhDbGMb7>

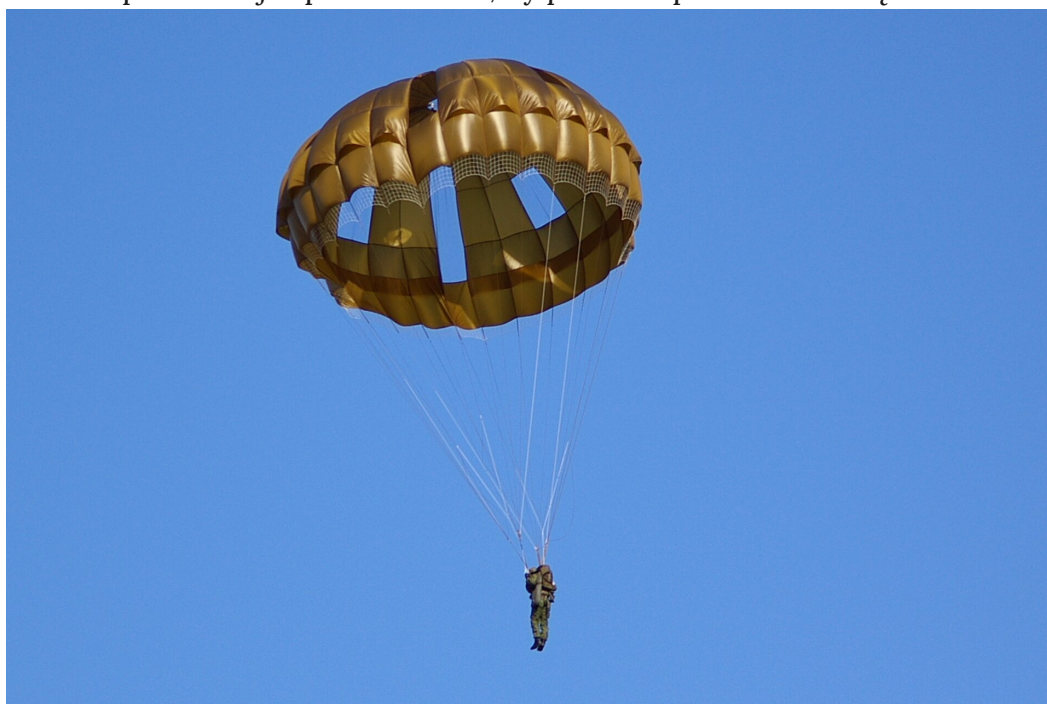
Tocząca się kula

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film. Tocząca się kula, która zatrzymuje się po chwili na skutek oporów ruchu.

Dlaczego poruszające się ciała po pewnym czasie zatrzymują się, tak jak kula na filmie?

Dlaczego skoczek potrzebuje spadochronu, by powoli opaść na ziemię?



Spadochroniarz

Źródło: Los688, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Wszystkie poruszające się w naszym otoczeniu ciała napotykają siły, które przeciwdziałają ich ruchowi. Mogą być one na przykład wynikiem oporu, który stawia poruszającemu się ciału ośrodek, lub tarcia między powierzchnią podłoża i ciała znajdującego się w ruchu. Określamy je jedną wspólną nazwą – **sił oporu ruchu**.

W celu sprawdzenia, od czego zależą, przeprowadźmy prosty eksperyment.

Doświadczenie 1

Określenie czynników, których zmiana wpływa na wielkość sił oporu ruchu

Co będzie potrzebne

- deska do krojenia chleba;
- głęboka miska z wodą.

Instrukcja

1. Nalej do miski wodę.
2. Ustaw deskę prostopadle do powierzchni wody, a następnie ją zanurz.
3. Zaczynij nią powoli poruszać w kierunku prostopadłym do jej powierzchni.
4. Poruszaj deską coraz szybciej.
5. Ustaw deskę równolegle do powierzchni wody, następnie ją zanurz.
6. Zaczynij poruszać deską równolegle do powierzchni wody.
7. Wykonaj podobne doświadczenie w powietrzu.

Podsumowanie

Gdy poruszasz zanurzoną deską coraz szybciej, opór wody staje się coraz większy. Gdy poruszasz deską prostopadle do jej powierzchni, czujesz większe opory ruchu, niż gdybyś ustawił deskę równolegle. W powietrzu doświadczenie ma podobny przebieg – jedynie

stawiany przez nie opór jest mniejszy. Opory ruchu zależą od prędkości poruszającego się ciała i jego kształtu. Opory ruchu są mniejsze w powietrzu niż w wodzie.

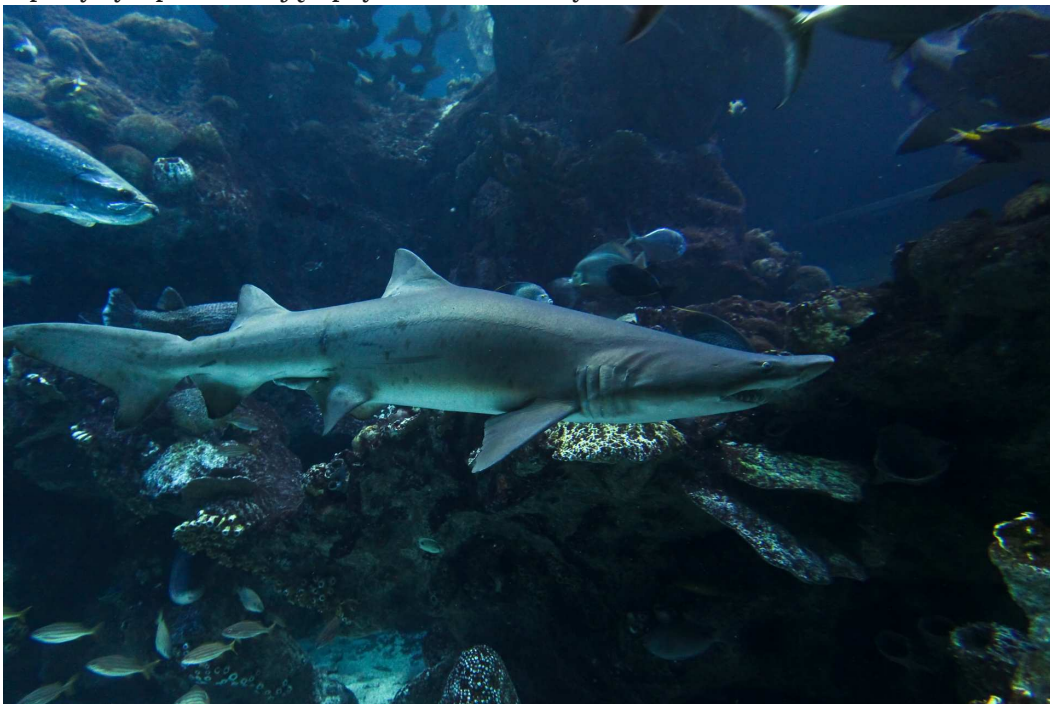
Zapamiętaj!

Opory ruchu:

- zwiększają się wraz ze wzrostem wartości prędkości ciała względem ośrodka;
- zależą od kształtu ciała;
- są większe w cieczech niż w gazach.

Ciekawostka

Dlaczego np. ryby i ptaki mają opływowe kształty?



Opływowy kształt ciała ryby zmniejsza opory ruchu w środowisku wodnym

Źródło: Tim Sackton, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY-SA 2.0.



Kształt ciała ptaka pozwala na łatwiejsze pokonywanie oporu powietrza w czasie lotu

Źródło: Arnold Paul, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 2.5.

Ćwiczenie 1

Podaj przykład wykorzystania przez człowieka oporów ruchu.

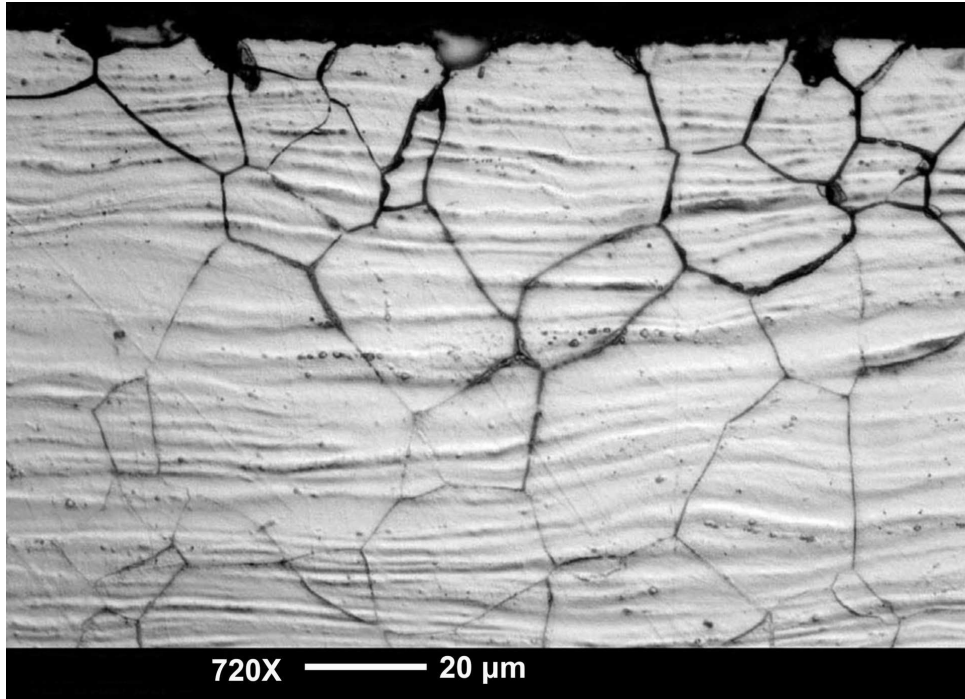
Opory ruchu na powierzchni styku dwóch ciał – tarcie

Jeśli chcemy przesunąć szafę czy skrzynię, musimy działać na nie pewną siłą. Zauważamy jednak, że mimo działającej siły szafa się nie porusza. Zwiększamy siłę działającą na szafę – szafa ani drgnie. Opór, który pojawia się podczas próby ruszenia szafy z miejsca, nazywamy **tarciem statycznym**. Na szczęście przy wzroście siły zewnętrznej siła tarcia statycznego osiąga swoją maksymalną wartość i przy dalszym wzroście siły zewnętrznej szafę można ruszyć z miejsca.

Kiedy szafa przesuwana się, tarcie również występuje. Ma ono jednak mniejszą wartość niż maksymalna siła tarcia statycznego. Tarcie występujące podczas przesuwania szafy nazywamy **tarciem kinetycznym**.

Tarcie statyczne

Każda powierzchnia, nawet taka, która na pierwszy rzut oka wydaje się idealnie gładka, ma wiele nierówności.



Powierzchnia na pozór idealnie gładkiego materiału pod dużym powiększeniem (720 razy)

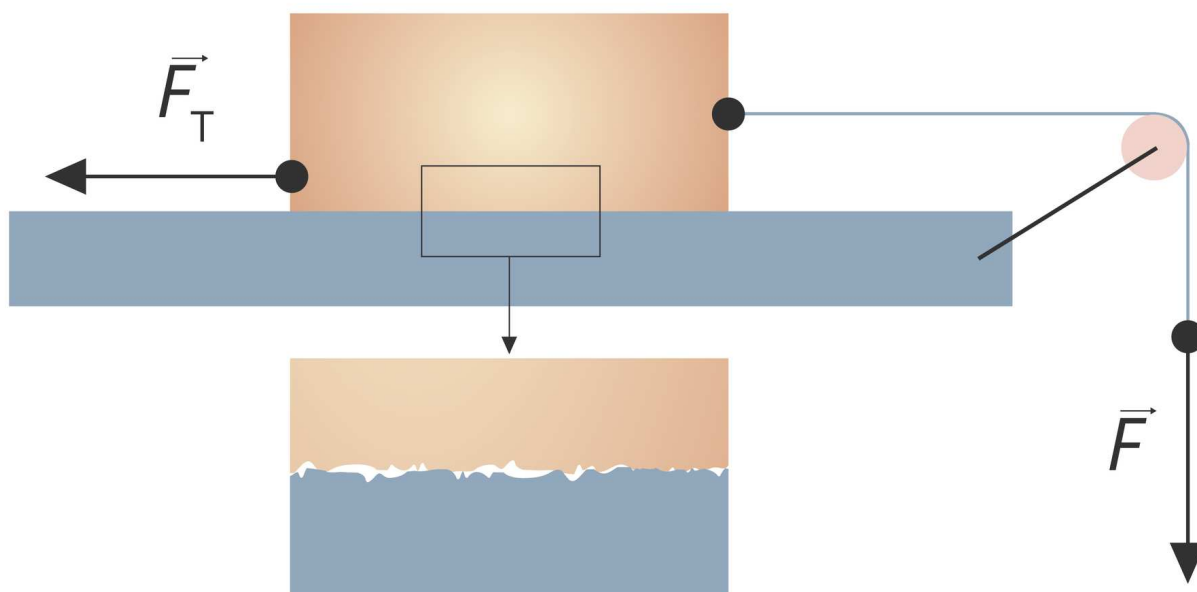
Źródło: Antkyr, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Powodem powstawania tarcia statycznego są nierówności stykających się powierzchni oraz siły przylegania między ich atomami. Chcąc przesunąć jedną powierzchnię równolegle względem drugiej, musimy pokonać nieregularności tych powierzchni i oderwać przylegające do siebie atomy.

Oddziaływania są wzajemne, więc szafa działa na nierówności podłogi, a podłoga – na nierówności nóg szafy. Im większą siłą działamy, pchając szafę, tym większa jest siła tarcia statycznego. W końcu, w miarę dalszego zwiększania siły działającej na ciało, opór stawiany przez nierówności podłogi i nóg szafy zostaje pokonany i szafa zaczyna się przesuwac. Siłę tarcia oznaczamy najczęściej symbolem F_T lub T i wyrażamy w jednostkach siły – niutonach N.

Zapamiętaj!

Siła tarcia statycznego pojawia się wraz z pojawieniem się siły próbującej wprawić ciało w ruch względem podłoża.



Siła tarcia zależy od nierówności na styku powierzchni dwóch ciał

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Pomimo że przykładamy nawet sporą siłę do niektórych przedmiotów, nie możemy ich poruszyć. Siła tarcia statycznego między przedmiotem a powierzchnią podłoża ma przeciwny zwrot do siły starającej się przesunąć ciało i czasami jest zbyt wielka, aby ją pokonać. Wraz ze wzrostem siły działania zwiększa się również siła tarcia statycznego aż do momentu, kiedy ciało zacznie się w końcu poruszać. Wtedy tarcie statyczne przyjmuje maksymalną wartość.

Tarcie kinetyczne

Przesuwające się powierzchnie ciał stawiają opory ruchu, które nazywamy **tarciem kinetycznym**.

Zapamiętaj!

Siła tarcia kinetycznego działa między powierzchnią poruszającego się ciała a powierzchnią podłoża. Ma ona kierunek zgodny z kierunkiem przemieszczania się ciała, a jej zwrot jest przeciwny do zwrotu wektora prędkości tego ciała.

Polecenie 1

Czy istnieją w przyrodzie dwie takie powierzchnie, między którymi nie będzie występowała siła tarcia? Jeśli tak, to podaj ich przykład. Odpowiedź uzasadnij.

Od czego zależy siła tarcia?

Przesunięcie ciała wymaga przyłożenia pewnej siły zewnętrznej, która musi zrównoważyć siłę tarcia powierzchni tego ciała o podłoże. Jak można obliczyć wartość takiej siły i od czego ona zależy?

Doświadczenie 2

Ustalenie, od czego zależy siła tarcia.

Co będzie potrzebne

- drewniany prostopadłościan z haczykiem;
- obciążniki;
- siłomierz;
- różne powierzchnie (podłoża), po których będzie można przesuwać prostopadłościan (np. drewniany blat, papier ścierny, styropian).

Instrukcja

1. Ustaw prostopadłościan tak, aby ścianą o największej powierzchni dotykał wybranego podłoża.
2. Zaczep siłomierz o haczyk i ustaw go równolegle do powierzchni.
3. Zaczynij ciągnąć klocek za pomocą siłomierza – rób to ze stałą prędkością.
4. Zapisz wartość siły odczytanej z siłomierza.
5. Obciąż klocek dodatkowym ciężarkiem.
6. Wykonaj ponownie doświadczenie i zapisz wyniki.
7. Wykonaj pomiar w przypadku kilku większych obciążeń (dokładaj kolejne ciężarki).
8. Zapisz wyniki.

9. Ustaw prostopadłościan tak, aby dotykał podłoża ścianą o najmniejszej powierzchni.
10. Powtórz cały cykl pomiarów.
11. Zmieniaj podłoża na kolejne i za każdym razem powtarzaj czynności od 1 do 10.

Podsumowanie

Siła tarcia kinetycznego nie zależy od pola powierzchni stykającej się z podłożem poruszającego się ciała, a jedynie od siły nacisku tego ciała na podłoże oraz od rodzaju stykających się powierzchni.

Zapamiętaj!

Siła tarcia kinetycznego zależy od wartości siły nacisku ciała na podłoże oraz od rodzaju materiałów, z jakich wykonane są stykające się powierzchnie.

Jak obliczyć siłę tarcia kinetycznego?

Pamiętajmy, że charakter praw rządzących tarcie jest czysto doświadczalny. Warunkiem ich występowania jest istnienie siły prostopadłej do powierzchni styku trących ciał. Zależą one głównie od siły nacisku i rodzaju powierzchni trących oraz zdecydowanie w mniejszym stopniu od prędkości poruszającego się ciała. Do obliczenia w pewnym przybliżeniu sił tarcia możemy posłużyć się następującym wzorem:

Siła tarcia

$$T = f \cdot N$$

We wzorze nie występują wektory, lecz tylko ich wartości!

T [N] – siła tarcia,

N [N] – siła nacisku,

f – współczynnik tarcia.

Współczynnik tarcia kinetycznego zależy od rodzaju trących o siebie powierzchni. Nie posiada on jednostki – możemy to zauważyć po przekształceniu wzoru na wartość siły tarcia.

$$f = \frac{T}{N}$$

Współczynnik tarcia jest więc wielkością niemianowaną – nieposiadającą jednostki fizycznej (miana).

Współczynniki tarcia między danymi powierzchniami możemy wyznaczyć doświadczalnie. Wystarczy zmierzyć wartość siły nacisku i wartość siły tarcia, korzystając z poprzedniego wzoru i opisanego powyżej doświadczenia nr 2.

W przypadku gdy próbujemy wprowadzić ciało w ruch, nie możemy posługiwać się wielkością fizyczną, jaką jest współczynnik tarcia kinetycznego. Jak można się domyślić, powinniśmy używać zbliżonej, opisującej spoczywające względem siebie ciała wielkości – współczynnika tarcia statycznego.

Zapamiętaj!

Współczynnik tarcia statycznego jest równy stosunkowi maksymalnej siły tarcia statycznego do siły nacisku.

W przedstawionej tabeli możemy znaleźć przykładowe wartości współczynnika tarcia występującego między powierzchniami wybranych materiałów.

Wartości współczynnika tarcia wybranych materiałów na danej powierzchni

Oddziałujące ze sobą powierzchnie	Współczynnik tarcia statycznego	Współczynnik tarcia kinetycznego
łyżwy po lodzie	0,027	0,014
narty po śniegu	0,1	0,04
drewno po drewnie	0,65	0,4
opona po mokrym betonie	0,7	0,5
opona po suchym betonie	1,0	0,7

Ćwiczenie 2

Oblicz, ile wynosi wartość siły tarcia zablokowanych opon zatrzymującego się samochodu, jeśli wywiera on nacisk 15000 N na poziomą powierzchnię drogi, a współczynnik tarcia kinetycznego gumy o beton wynosi 0,7? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $T = 12500 \text{ N}$

☐ $T = 10500 \text{ N}$

☐ $T = 14500 \text{ N}$

☐ $T = 4500 \text{ N}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oblicz, ile wynosi wartość siły tarcia łyżew sportowca o masie 70 kg o lód, jeżeli współczynnik tarcia kinetycznego łyżwy o lód wynosi 0,014? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $T = 8,5 \text{ N}$

☐ $T = 9,8 \text{ N}$

☐ $T = 0,98 \text{ N}$

☐ $T = 7,6 \text{ N}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Tarcie toczne pojawia się podczas toczenia się walca lub kuli po płaskiej powierzchni. Siła wprawiająca ciało w tego typu ruch jest znacznie mniejsza niż siła wymagana do jego przesunięcia. Dlatego w urządzeniach mechanicznych stosuje się tak wiele łożysk.



Ruch walca po płaskiej powierzchni jako przykład tarcia tocznego

Źródło: Joachim Fenkes, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY-SA 2.0.

Czy tarcie może być pożyteczne?

Tarcie odgrywa niezwykle istotną rolę w naszym życiu. Jest z jednej strony zjawiskiem niepożądanym, utrudniającym wykonywanie pracy, z drugiej zaś pozwala nam funkcjonować na co dzień – chodzić, pisać czy jeździć samochodem.

Gdyby nie tarcie między drogą a oponami, nasz samochód nie byłby w stanie ruszyć, jego koła kręciłyby się w miejscu. Gdyby jednak mu się to udało, nie byłibyśmy się w stanie zatrzymać – nie byłoby ani tarcia między szczękami hamulców a tarczą hamulcową, ani między oponami a drogą.



Koła się toczą dzięki sile tarcia; gdyby nie ona, obracałyby się nie przesuwając samochodu

Źródło: Angie from Sawara, Tomorrow Sp. z o.o., dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY 3.0.

Również zwykła czynność chodzenia byłaby trudna lub wręcz niemożliwa. Gdyby nie siła tarcia, nasze buty ślizgałyby się; przypominałoby to poruszanie się po lodzie.



Protektor podeszwy butów zwiększa siłę tarcia i chroni nas przed upadkiem na śliskich powierzchniach

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Gdyby nie było tarcia, nie bylibyśmy w stanie niczego napisać – po pierwsze dlatego, że do utrzymania długopisu potrzebne jest tarcie między powierzchnią długopisu a dłonią; po drugie, aby długopis mógł pisać, potrzebne jest tarcie między końcem jego wkładu a kartką papieru.



Pisanie jako przykład wykorzystania siły tarcia

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Podaj trzy przykłady z życia codziennego, w których zmniejszamy opory ruchu.

Ćwiczenie 5



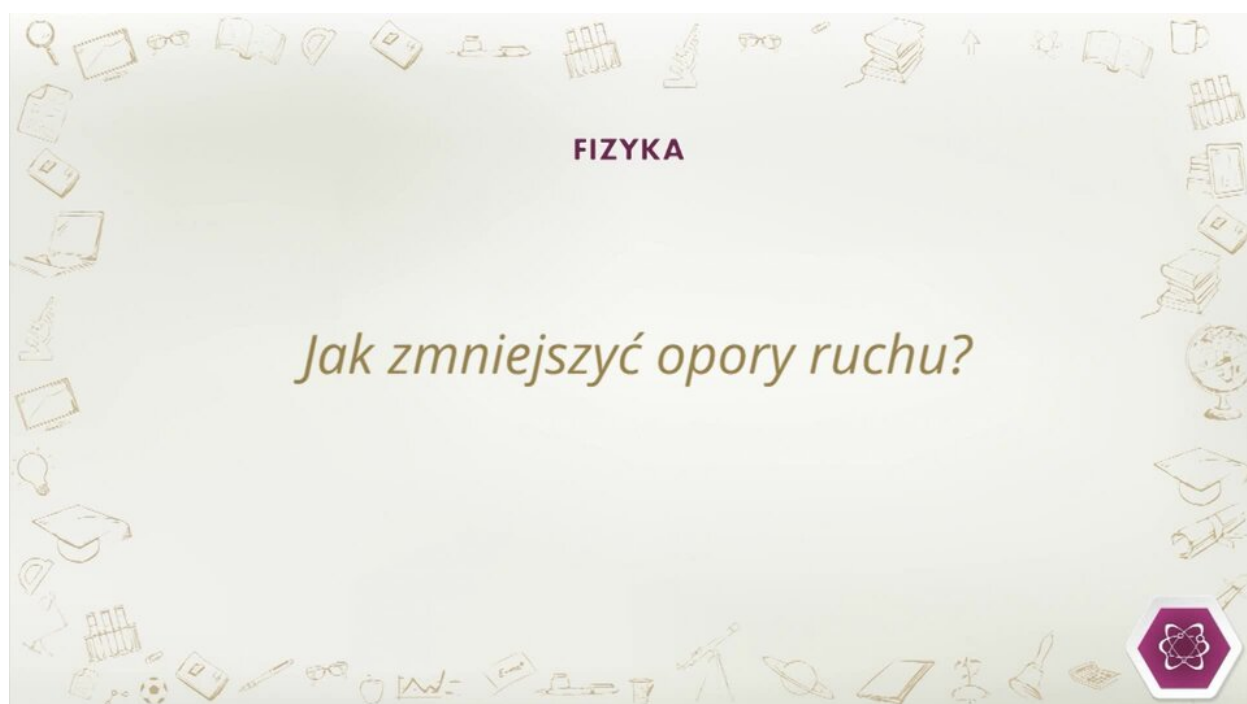
Zaznacz przykłady, w których występowanie zjawiska tarcia jest dla nas użyteczne i te, w których nie jest.

Przykład	Użyteczne	Nieuzyteczne
pisanie kredą na tablicy	☐	☐
hamowanie roweru	☐	☐
ruch tłoków w silniku	☐	☐
toczenie się kół lokomotywy po szynach	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Opory ruchu w wielu sytuacjach utrudniają nam życie i są przyczyną zwiększonego wydatkowania energii. Istnieją jednak sposoby na ich ograniczenie.

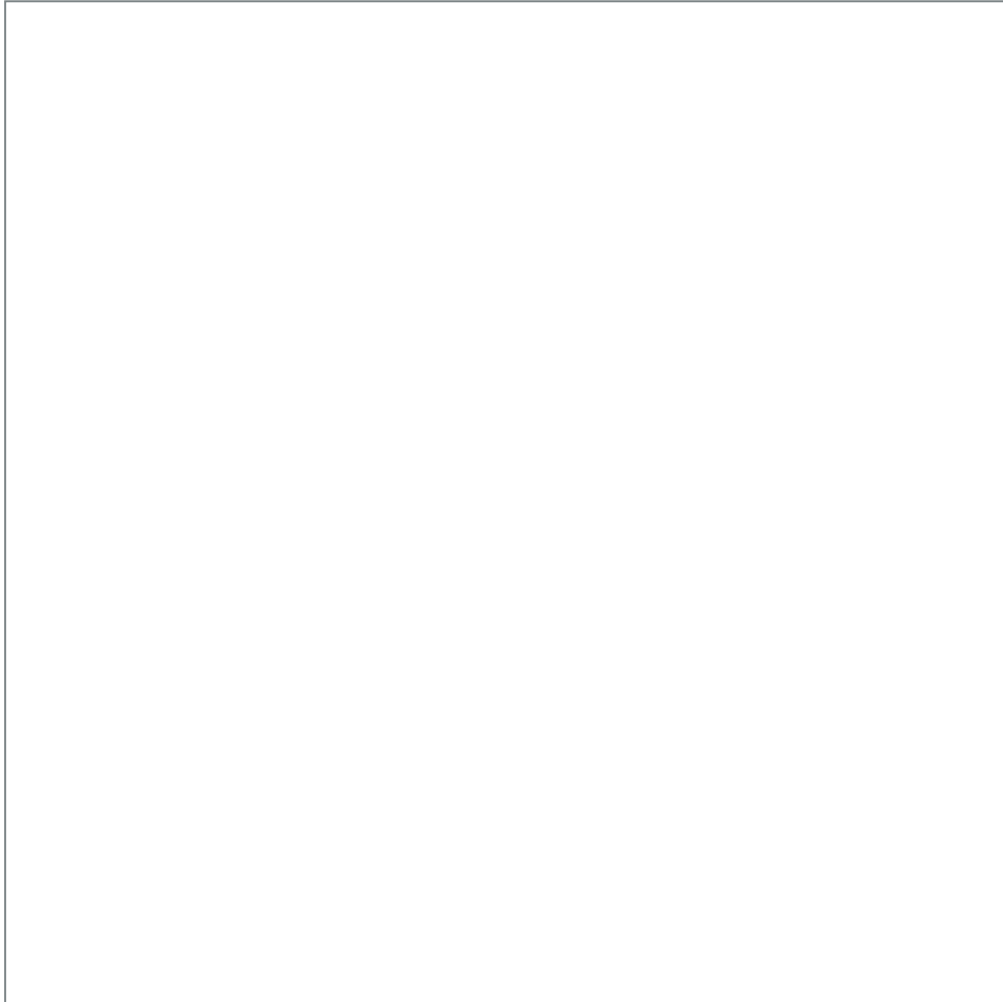


W filmie przedstawione zostały sposoby na zmniejszenie oporów ruchu.

- Opory ruchu:
 - zwiększają się wraz ze wzrostem wartości prędkości ciała względem ośrodka,
 - zależą od kształtu ciała,
 - są większe w cieczach niż w gazach.
- Tarcie – siła występująca między powierzchniami stykających się ciał stałych. Jest ona styczna do powierzchni przylegania i przeciwna do kierunku ruchu jednego z tych ciał względem drugiego (tarcie kinetyczne) lub równoważąca zewnętrzne siły, styczna do powierzchni przylegania ciał nieruchomych względem siebie. Tarcie związane z przesuwaniem ciała po powierzchni (tarcie poślizgowe) jest nieco większe podczas wprawiania ciała w ruch niż wówczas, gdy ciało w takim ruchu już się znajduje. Z tego powodu tarcie dzielimy na: statyczne i kinetyczne.
- Siła tarcia statycznego pojawia się wraz z pojawieniem się siły próbującej wprawić ciało w ruch względem podłoża.
- Siła tarcia kinetycznego działa między powierzchnią poruszającego się ciała a powierzchnią podłoża. Ma ona kierunek zgodny z kierunkiem przemieszczania się ciała, a jej zwrot jest przeciwny do zwrotu wektora prędkości tego ciała.
- Siła tarcia kinetycznego zależy od nacisku ciała na podłoże oraz od rodzaju materiałów, z jakich wykonane są stykające się powierzchnie.
- Do obliczenia sił tarcia możemy posłużyć się wzorem $T = f \cdot N$, gdzie:
 - $T[N]$ – siła tarcia,
 - $N[N]$ – siła nacisku,
 - f – współczynnik tarcia.
- Współczynnik tarcia opisuje rodzaj trących o siebie powierzchni i jest wielkością bezwymiarową.
- Współczynnik tarcia wyznaczamy doświadczalnie.

Ćwiczenie 6

Przedstaw rozkład sił działających na ciągnięty po płaskiej powierzchni sześcienny klocek, uwzględniając siłę tarcia oraz siłę nacisku. Prędkość liniowa klocka jest stała.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Wymień trzy przykłady funkcjonalnego wykorzystania siły tarcia oraz trzy przykłady, w których siła tarcia przeszkadza w życiu codziennym – podaj inne niż wymienione w materiale.

Słownik

siła tarcia kinetycznego

siła występująca między powierzchniami stykających się ciał stałych, styczna do powierzchni przylegania i przeciwna do kierunku ruchu jednego z tych ciał względem drugiego.

siła tarcia statycznego

siła równoważąca zewnętrzne siły, styczna do powierzchni przylegania ciał nieruchomych względem siebie.

siły tarcia

patrz: [tarcie](#)

tarcie

zjawisko występujące podczas przesuwania powierzchni stykających się ciał. Efektem jest powstanie siły tarcia – jest ona styczna do powierzchni przylegania i przeciwna do zwrotu prędkości jednego z tych ciał względem drugiego (tarcie kinetyczne) lub równoważąca zewnętrzne siły, styczna do powierzchni przylegania ciał nieruchomych względem siebie (tarcie statyczne).

współczynnik tarcia

niemianowana, wyznaczana doświadczalnie wielkość fizyczna, charakteryzująca dwie trące wzajemnie o siebie powierzchnie, równa stosunkowi siły tarcia do siły nacisku:

$$f = \frac{T}{N}$$