



Klasyfikujemy opory ruchu

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Mapa pojęć](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Klasyfikujemy opory ruchu

Czy to nie ciekawe?

Siły oporu występują podczas ruchu ciał i mają różny charakter. Często utrudniają ruch, ale w niektórych przypadkach są użyteczne. Opory ruchu utrudniają skoki narciarskie, ale są niezbędne podczas skoków spadochronowych. Podobnie, przy rozpędzaniu samochodów chcielibyśmy ich uniknąć, ale ich zmniejszenie, gdy samochód wpada w poślizg, jest bardzo niebezpieczne. Z tego e-materiału dowiesz się, jak klasyfikujemy opory ruchu i w jaki sposób należy je uwzględnić podczas opisu ruchu różnych ciał.



Fot. a. *Z góry na pazurki ! Mniejszy opór - większa frajda.*

Twoje cele

- poznasz klasyfikację oporów ruchu,
- poznasz przykłady wyjaśniające wpływ sił oporu na ruch ciała,
- nauczysz się rozróżniać siły tarcia statycznego i kinetycznego oraz obliczać ich wartość,
- przeanalizujesz i uzupełnisz mapę pojęciową z klasyfikacją oporów ruchu,
- nauczysz się uwzględniać siłę oporu powietrza przy opisie ruchu ciała.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Oporu ruchu występują, gdy ciało ślizga się lub toczy po powierzchni innych ciał, lub gdy porusza się w ośrodku gazowym lub ciekłym. Siły oporu działają na poruszające się ciała i są zawsze zwrócone przeciwnie do wektora prędkości.

Wyróżnia się następujące rodzaje oporów ruchu:

- **tarcie,**
- **opór ośrodka.**

Tarcie

Tarcie to siła oporu występująca podczas ruchu względnego dwóch stykających się ciał. Podczas ślizgania się jednego ciała po powierzchni innego występuje **tarcie poślizgowe**, a przy toczeniu **tarcie toczne**.

Wartość siły tarcia poślizgowego obliczamy jako iloczyn współczynnika tarcia f i wartości siły nacisku N , czyli:

$$T = f \cdot N.$$

Współczynnik tarcia zależy od rodzaju powierzchni stykających się ciał i jest wyznaczany doświadczalnie. Wyróżnia się **tarcie statyczne** i **tarcie kinetyczne**. Współczynnik tarcia kinetycznego jest mniejszy od współczynnika tarcia statycznego.

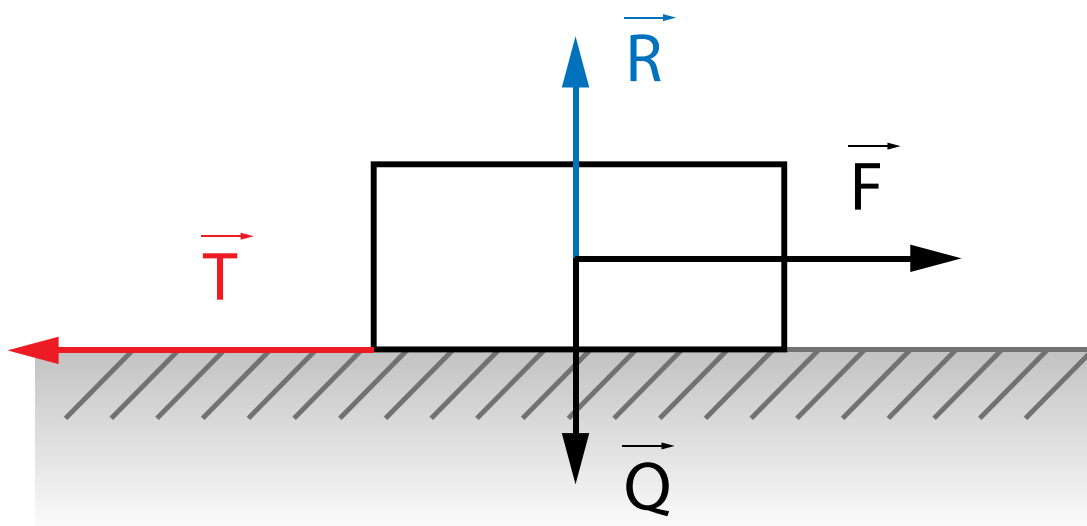
Wartość siły tarcia nie zależy ani od wielkości powierzchni trących, ani od wartości prędkości poruszającego się ciała.



Rys. 1. Szczotek w curlingu używa się do szczotkowania lodu. Agresywne szczotkowanie sprawia, iż lód zwiększa swoją temperaturę, przez co zmienia się tarcie i prędkość kamienia.

Przykład 1. Tarcie statyczne i kinetyczne

Rozważmy klocek, który chcemy przesunąć po poziomej płaszczyźnie (Rys. 2.) za pomocą siły \vec{F} , której wartość stopniowo zwiększamy. Gdy siła \vec{F} jest za mała, aby wprowadzić w ruch klocek, pozostaje on w spoczynku. Siła \vec{F} jest równoważona przez siłę tarcia statycznego \vec{T} (tzn. zwroty tych sił są przeciwne: $\vec{T} = -\vec{F}$, ale ich wartości są równe: $T = F$). Wraz ze wzrostem wartości siły \vec{F} rośnie siła tarcia statycznego, która osiąga maksymalną wartość w chwili, gdy klocek rusza z miejsca.



Rys. 2. Ciało spoczywające na płaskiej powierzchni, będące pod działaniem siły zewnętrznej \vec{F} , która co do wartości jest równa sile tarcia \vec{T} , ale jest przeciwnie do niej skierowana. Na rysunku przedstawiono również siłę ciężkości $\vec{Q} = m \cdot \vec{g}$, która tutaj jest, co do wartości, równa sile nacisku $N = Q$ oraz siłę reakcji podłoża $\vec{R} = -\vec{Q}$.

Gdy klocek się porusza, wówczas siła tarcia maleje - jest mniejsza niż maksymalna wartość siły tarcia statycznego (zob. Rys. 3.). Siłę tarcia działającą na poruszające się ciało nazywamy **tarciem kinetycznym**.



Rys. 3. Poglądowy wykres zmian wartości siły \vec{F} ciągnącej klocek na Rys. 1. Siła ta równoważy siłę tarcia zarówno podczas wprowadzania klocka w ruch, jak i podczas jednostajnego ruchu klocka.

Z wykresu pokazanego na Rys. 3. odczytujemy, że tarcie statyczne osiąga maksymalną wartość równą około 5,9 N w chwili $t = 2,4$ s, gdy klocek zaczyna się poruszać. Od tej chwili występuje tarcie kinetyczne, którego wartość jest mniejsza niż 5,9 N.

Tarcie jest niezbędne podczas chodzenia, wprowadzania w ruch pojazdów, ich hamowania, oraz podczas wykonywania różnych prac związanych z obróbką drewna i innych materiałów. W wielu jednak sytuacjach tarcie jest szkodliwe, ponieważ powoduje zużycie części maszyn i duże straty energii. W celu zmniejszenia współczynnika tarcia stosuje się różne smary bądź łożyska kulkowe, gdyż tarcie toczne jest mniejsze od tarcia poślizgowego.

Opór ośrodka

Siły oporu ośrodka, które występują podczas ruchu ciał w gazach lub cieczach mają inne własności niż siła tarcia, ale podobnie jak siła tarcia są zawsze zwrócone przeciwnie do wektora prędkości ciała. Wartość siły oporu zależy od wartości prędkości poruszającego się ciała, pola powierzchni ciała prostopadłego do kierunku ruchu oraz własności ośrodka. Badaniem i opisem ruchu ciał w gazach i cieczach zajmuje się mechanika płynów, a w szczególności [aerodynamika](#) i [hydrodynamika](#).

Badania doświadczalne wskazują, że przy dużych prędkościach siła oporu powietrza jest proporcjonalna do kwadratu prędkości poruszającego się ciała. Siła oporu przy ruchu ciała w cieczy jest natomiast proporcjonalna do wartości prędkości i zależy od własności cieczy.

Przykład 2. Skok ze spadochronem

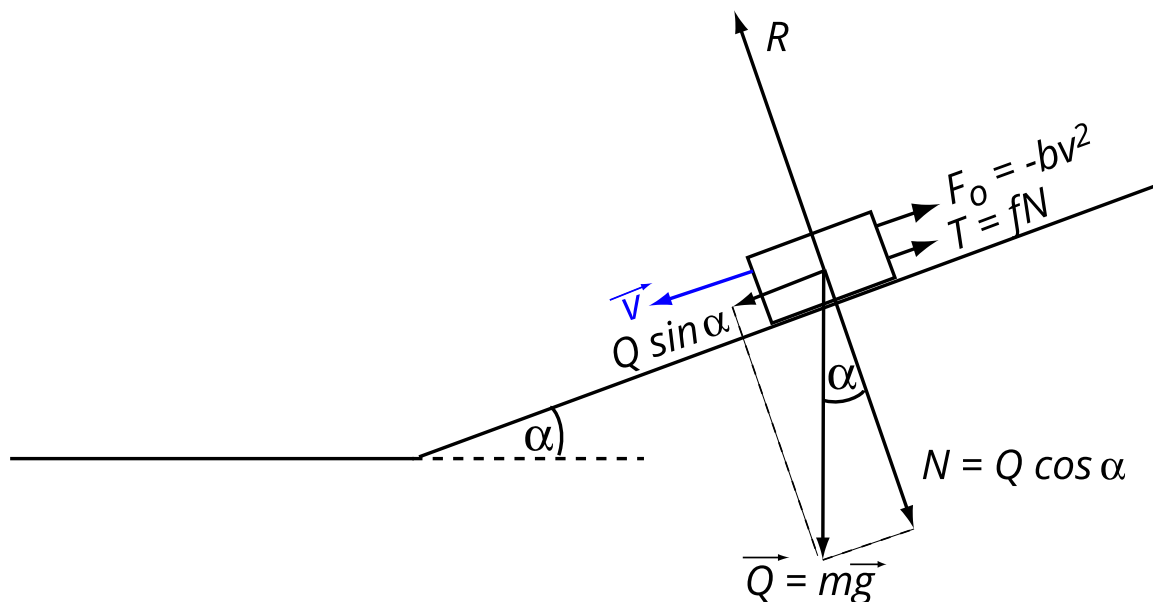


Rys. 4. Dzięki temu, że powietrze stawia opór, prędkość spadochroniarza jest znacznie mniejsza, niż w spadku swobodnym.

Skoczek spadochronowy (Rys. 4.) otwiera spadochron dopiero po kilku sekundach lotu. Podczas tych kilku sekund jego ruch jest ruchem jednostajnie przyspieszonym, pod działaniem siły ciężkości. Na początku opór powietrza jest na tyle mały, że można go pominąć. Otwarcie spadochronu powoduje znaczny wzrost siły oporu powietrza, gdyż pole przekroju poprzecznego spadochronu jest około 100 razy większe niż człowieka. Dalszy wzrost wartości prędkości powoduje szybki wzrost siły oporu, która po pewnym czasie równoważy siłę ciężkości. Skoczek osiąga tak zwaną prędkość graniczną i od tej chwili opada ze stałą prędkością, która umożliwia mu bezpieczne lądowanie.

Przykład 3. Narciarze na stoku

Dwaj narciarze o różnych masach zjeżdżają jednocześnie z tego samego miejsca na stoku, do schroniska u podnóża góry. Który z nich osiągnie większą prędkość graniczną i szybciej dotrze do schroniska?



Rys. 5. Siły działające na ciało zsuwające się po równi pochyłej.

Rozwiązanie: Na narciarza zjeżdżającego w dół stoku (tj. po równi pochyłej, Rys. 5.) działają następujące siły: składowa siły ciężkości równoległa do stoku, siła tarcia, która jest proporcjonalna do nacisku narciarza na stok, i siła oporu powietrza, która jest proporcjonalna do kwadratu prędkości narciarza. Równanie ruchu można zatem zapisać w postaci:

$$ma = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha - bv^2,$$

gdzie a – przyspieszenie narciarza w kierunku stoku (tzn. równoległe do stoku), m – masa narciarza, α – kąt nachylenia stoku (równi), f – współczynnik tarcia nart o śnieg, b – współczynnik oporu powietrza, v – szybkość narciarza (tj. wartość jego prędkości w kierunku stoku).

Gdy siły oporu (tarcie i opór powietrza) równoważą składową siły ciężkości równoległą do stoku, narciarz osiąga prędkość graniczną v_g i dalej jedzie ruchem jednostajnym z przyspieszeniem $a = 0$.

Wartość prędkości granicznej jest zatem równa:

$$bv_g^2 + fmg \cos \alpha = mg \sin \alpha,$$

$$v_g = \sqrt{\frac{m \cdot g (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{b}}$$

Z ostatniego wyrażenia wynika, że narciarz o większej masie osiąga większą prędkość graniczną i dlatego szybciej dotrze do schroniska.

Słowniczek

Aerodynamika

(*ang.: aerodynamics*) dział mechaniki płynów zajmujący się przepływami gazów (głównie powietrza) i oddziaływaniami między gazem a obiektem poruszającym się względem niego (z j. greckiego: *aéros* – powietrze i *dynamikós* – mający siłę, silny).

Hydrodynamika

(*ang.: hydrodynamics*) to dział mechaniki płynów zajmujący się badaniem ruchu cieczy i sił występujących podczas ruchu względnego cieczy i zanurzonego w niej ciała stałego (z j. greckiego: *hydro* – ciecz i *dynamikós* – mający siłę, silny).

Prędkość graniczna spadającego w powietrzu ciała

maksymalna prędkość, którą może osiągnąć spadające ciało, przy której siła grawitacji jest równoważona przez siłę oporu powietrza.

Tarcie

(*ang.: friction*) siła oporu występująca podczas ruchu względnego dwóch stykających się ciał.

Mapa pojęć

Klasyfikujemy opory ruchu

W tej części e-materiału opracujesz mapę pojęć dotyczącą klasyfikacji oporów ruchu.

Polecenie 1

Pod poniższym formularzem opisującym elementy tej klasyfikacji kliknij przycisk **Generuj**. Jeśli przez przypadek zdarzyło Ci się usunąć klasyfikację klikając przycisk **Wyczyść**, po prostu odśwież okno przeglądarki.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>

Polecenie 2

Przeanalizuj zaproponowaną strukturę klasyfikacji, a następnie spróbuj uzupełnić brakujące elementy zastępując znaki zapytania odpowiednimi nazwami. Aby to zrobić, kliknij przycisk **Edytuj**, w odpowiednie pola formularza wpisz brakujące hasła, a następnie wygeneruj ponownie uzupełnioną mapę naciskając przycisk **Generuj**.

Polecenie 3

Do mapy pojęć dodano gałąź **PRZYKŁADY**, jak na poniższym rysunku.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Pogrupuj podane przykłady ruchu w zależności od tego, jakie opory ruchu w nich występują.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



W którym z podanych przykładów tarcie jest użyteczne, a w których przypadkach szkodliwe? Zaznacz poprawną odpowiedź.

	Użyteczne	Szkodliwe
chodzenie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hamowanie pojazdów	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tarcie stykających się części maszyn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
jazda na sankach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wiruety na lodzie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Zależność siły w funkcji czasu

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Dla nauczyciela

VII. Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Kawecka
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Klasyfikacja oporów ruchu
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p>

II. Mechanika. Uczeń:

7) rozróżnia opory ruchu (opory ośrodka i tarcie); omawia rolę tarcia na wybranych przykładach.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;

II. Mechanika. Uczeń:

17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach.

**Kształtowane
kompetencje
kluczowe:**

Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje cyfrowe,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. klasyfikuje opory ruchu, 2. ilustruje różne rodzaje oporów przykładami, wyjaśniając przy tym wpływ sił oporu na ruch ciał, 3. wyjaśnia różnicę między siłą tarcia statycznego i kinetycznego oraz oblicza wartości tych sił, 4. analizuje i uzupełnia mapę pojęciową z klasyfikacją oporów ruchu, 5. wyjaśnia wpływ oporu powietrza na ruch ciał.
Strategie nauczania:	concept mapping / mind mapping – tworzenie i wykorzystywanie map pojęciowych / map myśli
Metody nauczania:	rozwiązywanie problemów, dyskusja.
Formy zajęć:	praca w parach
Środki dydaktyczne:	mapa pojęciowa „Klasyfikacja oporów ruchu”, zestaw zadań interaktywnych
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „ Jak rozróżnić opory ruchu?”, „Co to jest opór ośrodka?”, „Co to jest tarcie statyczne?”, „Co to jest tarcie kinetyczne?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Zaciekawienie: Pogadanka na temat skoków spadochronowych i skoków „z krawędzi kosmosu” (na przykładzie skoku Felixa Baumgartnera z roku 2012).

Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy:

-Jakie znasz siły oporu? Podaj przykłady.

-Od czego zależy wartość siły tarcia?

-Od czego zależy siła oporu powietrza?

Faza realizacyjna:

Nauczyciel dzieli uczniów na grupy 2-osobowe (na przykład metodą losowania) i omawia sposób pracy z mapą pojęciową.

Praca w parach:

- Uczniowie oglądają i bawią się mapą pojęciową z klasyfikacją oporów ruchu rozwijając jej kolejne gałęzie. Po rozwinięciu wszystkich gałęzi uzupełniają brakujące podpisy na podstawie części „Warto przeczytać” e-materiału.
- Uczniowie analizują podane przykłady ruchu i przyporządkowują im różne siły oporu. Wstawiają odpowiednie połączenia.
- Rozwiązują zadania 1, 2 i 6 z zestawu ćwiczeń.

Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w parach przeprowadzają dyskusję podsumowującą w oparciu o rozwiązanie zadań 3 i 4. Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, wspiera w realizacji zadania.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań 5 i 7 (poziom podstawowy), 8 (poziom rozszerzony).

Dodatkowo, chętni uczniowie z klas o rozszerzonym programie fizyki mogą wyszukać dane dotyczące „skoków z krawędzi kosmosu” i przeanalizować je pod względem sił oporu.

Wskazówki

metodyczne

opisujące różne

zastosowania danego

multimedium.

Mapa pojęciowa może być samodzielnie wykorzystana przez uczniów po lekcji do przypomnienia lub powtórzenia klasyfikacji oporów ruchu.