

Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej

Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej

Na tej lekcji dowiesz się, czym jest siła, dlaczego takie znaczenie ma kierunek jej działania, kiedy działanie siły nie przynosi skutku i jak często sprawdza się w codziennym życiu przysłowie: co dwóch, to nie jeden.



Kiedy pchamy jakiś przedmiot, działamy określoną siłą – jeśli jest ona zbyt mała, to popychany obiekt się nie porusza

Źródło: Marina del Castell, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/> [dostęp 5.03.2022], licencja: CC BY 2.0.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- definicję ciała i zjawiska fizycznego: [Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności](#);
- rodzaje oddziaływań oraz ich źródła, określane na podstawie obserwowanych skutków: [Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań](#);
- przykłady oddziaływań bezpośrednich i na odległość: [Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań](#);

- wzajemność oddziaływań: [Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań.](#)

Nauczysz się

- podawać definicję siły jako wielkości fizycznej;
- podawać nazwę i definicję jednostki siły;
- wymieniać cechy siły jako wielkości wektorowej;
- mierzyć siłę za pomocą siłomierza;
- podawać cechy sił równoważących się;
- przedstawiać graficznie siły równoważące się;
- podawać przykłady działania sił równoważących się występujące w życiu codziennym;
- określać cechy siły wypadkowej;
- podawać przykłady działania sił wypadkowych, zaczerpnięte z życia codziennego;
- wyznaczać siłę wypadkową w prostych sytuacjach.

Siła jako miara oddziaływania

W codziennym życiu można zaobserwować skutki działania jednych ciał na drugie. Jeśli zaczniemy pchać samochód, to przy zwolnionym hamulcu ręcznym zacznie on się poruszać. Jeżeli będziemy ciągnąć sanki – również wprowadzimy je w ruch. Skutkiem działania jednego ciała na drugie może więc być zmiana stanu ruchu – nieruchome dotąd ciało zacznie się poruszać. Aby zatrzymać piłkę zmierzającą prosto do bramki, trzeba podziałać na tę piłkę tak, aby ta się zatrzymała lub zmieniła tor ruchu. Kiedy pociągniemy za jeden koniec sprężyny, zacznie się ona wydłużać. Natomiast kiedy zadziałamy w przeciwną stronę, czyli ściśniemy sprężynę, to ta się skróci.

Czy działanie jednego ciała na drugie jest zawsze takie samo? Czasem mówimy, że działamy „silniej”, a czasem – że „słabiej”. Najczęściej oceniamy to po skutkach. Aby zatrzymać piłkę, musimy zadziałać siłą skierowaną przeciwnie do siły użytej w czasie rozprężenia piłki. To znaczy, że efekt naszego działania zależy od tego, jaka jest siła

naszego działania i jaki ma kierunek. Oczywiście, aby rozpędzić (lub zatrzymać) piłkę, musimy na nią podziałać. Ale czy nasze działanie zawsze coś skutkuje? Jeżeli dwóch chłopców ciągnie rower w przeciwnie strony, to on może się nie poruszyć. Jeśli zaś takich jednoczesnych oddziaływań jest więcej, ich skutek będzie inny, niż w przypadku jednego oddziaływania. Co zatem jest miarą oddziaływań? Na lekcjach fizyki mówimy, że działamy na ciało pewną siłą. Siła ta może być większa lub mniejsza.

Zapamiętaj!

Siła to wielkość fizyczna, która jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.

Siłę oznaczamy dużą literą F . Na cześć [sir Isaaca Newtona](#), twórcy zasad dynamiki stanowiących podstawy dla mechaniki klasycznej, jednostkę siły nazwano niutonem:

$[F] = 1 \text{ niuton} = 1 \text{ N}$ (co oznacza: jednostką siły jest jeden niuton).

Aby lepiej uzmysłwić sobie wielkość tego oddziaływania, można powiedzieć, że 1 N odpowiada sile, z jaką Ziemia przyciąga tabliczkę czekolady, która spoczywa na jej powierzchni (a dokładniej: taka tabliczka musiałaby mieć masę wynoszącą 102 g).

Siła jest wielkością wektorową.

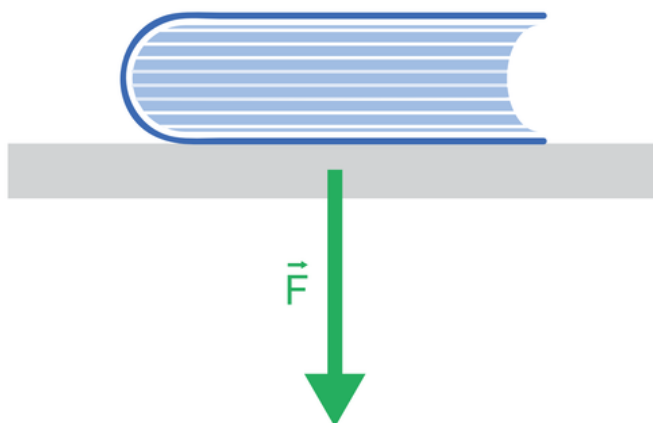


Siła jako wartość wektorowa.

Zapamiętaj!

Każda siła ma cztery cechy: wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Kiedy opisujemy określoną siłę, powinniśmy podać te cztery cechy. Kierunek wektora to prosta, na której leży dany wektor (np. pionowy, poziomy lub ukośny).

Dwa wektory mające ten sam kierunek (położone na tej samej prostej) mogą mieć zgodne albo przeciwne zwroty. Wektor może mieć np. zwrot: w prawo, lewo, w górę lub dół. Zwrot wektora oznaczamy grotem strzałki. Siłę o większej wartości rysujemy jako strzałkę dłuższą. Wektor (strzałka) rozpoczyna się w punkcie przyłożenia siły, czyli w miejscu, na które ona działa.



Książka wywiera nacisk na stół. Siła $\vec{F}$ ma kierunek pionowy ze zwrotem skierowanym w dół, jest przyłożona do stołu i ma wartość 10 N

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 1

Siła jest miarą pewnego oddziaływania. Przypomnij sobie, jakie oddziaływania występują w przyrodzie i połącz w pary oddziaływania z odpowiadającymi im rodzajami oddziaływań.

dwa ładunki różnoimienne przyciągają się

oddziaływanie elektryczne

talerz upada na podłogę

oddziaływanie grawitacyjne

bieguny jednoimienne odpychają się

oddziaływanie sprężyste

naciskanie na gałąź w celu złamania jej

oddziaływanie magnetyczne

powrót sprężyny do swojego kształtu po ustąpieniu siły ściskającej

oddziaływanie bezpośrednie

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Jak można zmierzyć siłę?

Wszystkie wielkości fizyczne można mierzyć lub wyznaczać. Czy da się to zrobić w przypadku działającej siły? Przeprowadźmy wspólnie eksperyment.

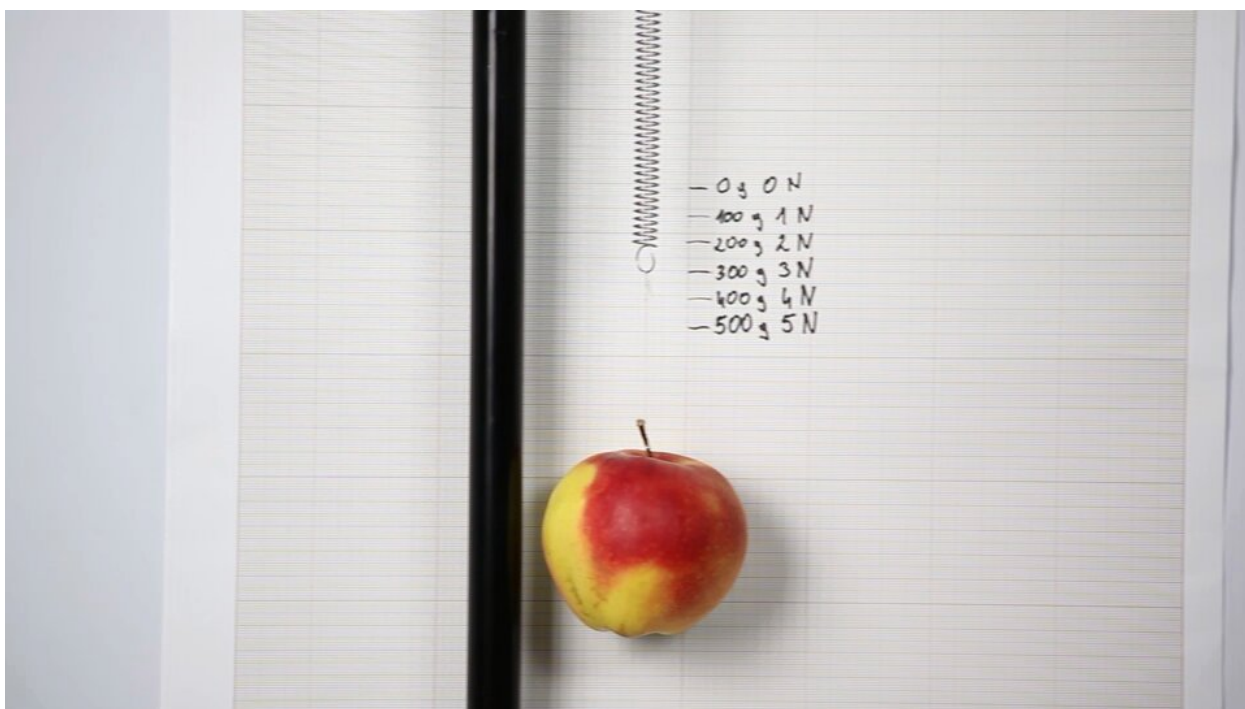
Doświadczenie 1

Pomiar siły za pomocą samodzielnie zbudowanego urządzenia do jej pomiaru (siłomierza).

Co będzie potrzebne

- sprężynka;
- pięć ciężarków, każdy o masie 100 g;
- statyw z uchwytami;
- kartka papieru milimetrowego przyklejona do tekturki lub linijka.

Instrukcja



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R3VQKMeM1xju1](https://preview/resource/R3VQKMeM1xju1)

Jak skonstruować własny siłomierz?

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Jak skonstruować własny siłomierz?

1. Zaczep jeden koniec sprężynki o ramię statywu.
2. Obciąż sprężynkę ciężarkiem o masie 100 g.

3. Na kartce papieru lub linijce oznacz położenie ciężarka (będzie ono odpowiadać sile 1 N).
4. Dokładaj kolejne ciężarki i powtarzaj czynności opisane w punktach od 2 do 4, odpowiednio dla dwóch (2 N), trzech (3 N), czterech (4 N) i pięciu (5 N) ciężarków.
5. Dokonaj pomiaru wybranego ciała o małej masie, np. długopisu.

Podsumowanie

Przyrządem do mierzenia siły, który właśnie skonstruowałeś, jest **siłomierz**. Za pomocą tego urządzenia możesz mierzyć ciężary ciał, których masa nie przekracza wartości pół kilograma!

Zapamiętaj!

Siłomierz jest przyrządem służącym do pomiaru wartości działającej siły.

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz **Prawda** albo **Fałsz**.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Siła nie jest wielkością fizyczną, ale jest wielkością wektorową.	☐	☐
Przyrządem służącym do pomiaru siły jest siłomierz.	☐	☐
Jednostką siły jest 1 N.	☐	☐
Siła jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.	☐	☐
Zwrot wektora oznaczamy za pomocą grotu umieszczonego na jego końcu.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Siła wypadkowa

Gdy chcesz przenieść lub przesunąć ciężki przedmiot, robisz to zazwyczaj z drugą osobą. Dlaczego możemy przesunąć szafę wspólnym wysiłkiem, ale nie jesteśmy w stanie zrobić tego w pojedynkę? Przyjrzyjmy się temu zagadnieniu z punktu widzenia fizyka.



Siła wywierana przez człowieka na szafę podczas jej przesuwania

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Sytuacja ulega zmianie, gdy z pomocą przychodzi nam kolega.



Kiedy w przesuwaniu szafy biorą udział dwie osoby, działa dodatkowa siła, która jest przyłożona do tego samego ciała, jest położona na tej samej prostej i ma ten sam zwrot co siła, z którą działa tylko jedna osoba. Jeśli przyjmiemy, że siła wywierana przez pierwszą osobę wynosiła 250 N, a przez drugą – 200 N, to efekt ich wspólnego wysiłku byłby taki sam, jak gdyby jedna osoba pchała szafę z siłą 450 N. Dwie siły można zatem w tym przypadku zastąpić jedną – będącą ich sumą.



Siła wypadkowa jest sumą wszystkich sił działających na dane ciało

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

siła wypadkowa

siła, która zastępuje działanie kilku innych sił działających na dane ciało i wywołuje taki sam skutek, jak one. Poszczególne siły nazywamy siłami składowymi.

Zapamiętaj!

Wartość siły wypadkowej jest sumą wartości sił składowych, jeżeli zwroty tych sił są zgodne. Jeżeli zwroty są przeciwne, to siła wypadkowa jest różnicą wartości sił

składowych. Kierunki tych sił muszą być równoległe.

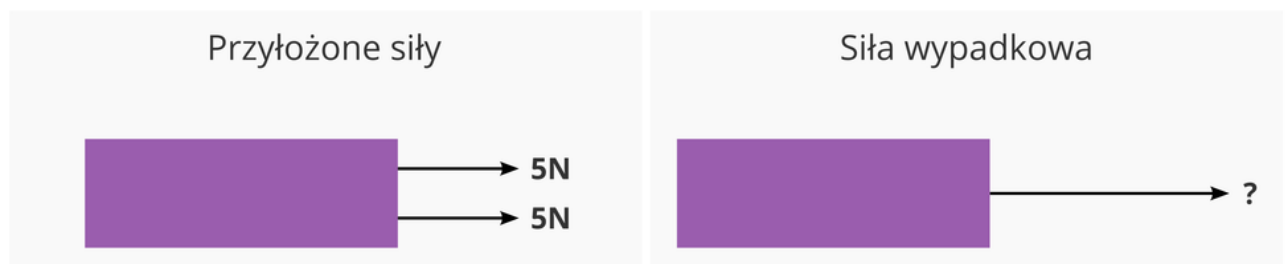
Ćwiczenie 3

Podaj dwa przykłady, w których na dane ciało działa kilka sił, a skutek tego oddziaływania można byłoby opisać działaniem jednej siły wypadkowej.

Ćwiczenie 4



Na podstawie poniższego rysunku określ wartość siły wypadkowej. Uzupełnij lukę w odpowiedzi, wpisując odpowiednią liczbę.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Odpowiedź: Wartość siły wypadkowej wynosi N.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5



Na podstawie poniższego rysunku określ wartość siły wypadkowej. Uzupełnij lukę w odpowiedzi, wpisując odpowiednią liczbę.



Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Odpowiedź: Wartość siły wypadkowej wynosi N.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6



Na podstawie poniższego rysunku określ wartość siły wypadkowej. Uzupełnij lukę w odpowiedzi, wpisując odpowiednią liczbę.



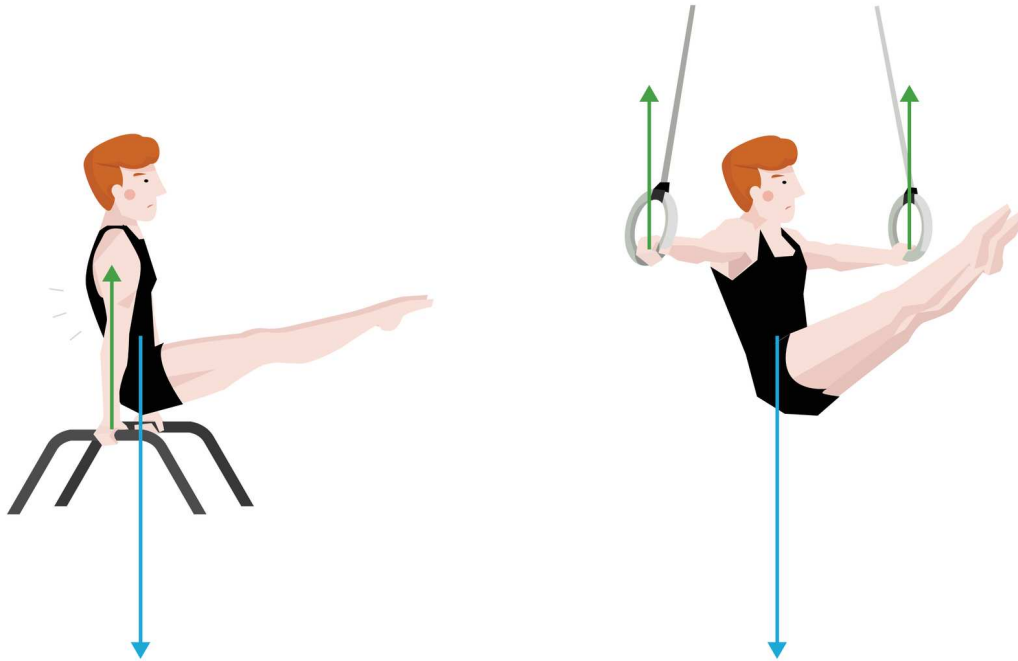
Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Odpowiedź: Wartość siły wypadkowej wynosi N.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Równowaga sił

Jeżeli na ciało działają różne siły i wartość ich siły wypadkowej równa jest 0 N , to ciało znajduje się w stanie równowagi.



Ciężar sportowca (wektor niebieski) jest równoważony sumą dwóch sił działających na jego dłonie (wektory zielone) i pochodzących od przyrządu gimnastycznego

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Sportowiec utrzymuje się na poręczu, ponieważ ciężar jego ciała jest równoważony przez dwie siły działające w górę, będące reakcją poręczu na nacisk rąk mężczyzny.

Jak pamiętamy, siła jest wielkością wektorową, a więc określa ją nie tylko wartość, lecz także kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Z powyższego rysunku widać, że aby dwie siły mogły się zrównoważyć, muszą one działać wzdłuż tego samego kierunku, mieć wspólny punkt przyłożenia, taką samą wartość (długość wektora), ale przeciwne zwroty.

Zapamiętaj!

Jeśli siły działające na ciało się równoważą, to siła wypadkowa będąca ich sumą jest równa 0 N . Równoważyć mogą się tylko siły przyłożone do tego samego ciała.

Ćwiczenie 7

Czy w podanych przykładach na ciało działają co najmniej dwie siły równoważące się? Przy każdym przykładzie w tabeli zaznacz **Tak** albo **Nie**.

Przykład	Tak	Nie
książka leży na blacie	☐	☐
samolot lecący ze stałą prędkością	☐	☐
poruszająca się po orbicie planeta	☐	☐
jabłko spada na ziemię	☐	☐
rakieta startująca z platformy	☐	☐
szafa jest pchana przez człowieka	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8



Dokończ zdanie, wybierając poprawne odpowiedzi.
Równowaga sił oznacza, że

☐ dwie siły się równoważą, gdy mają takie same wartości.

☐ suma sił działających na ciało jest równa 0 N.

☐ suma wektorów składowych jest równa 0 N.

☐ siła wypadkowa ma wartość różną od 0 N.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Działania na wektorach

Wielkości fizyczne dzielimy na skalarne i wektorowe. Aby opisać wielkość skalarną wystarczy podać wartość liczbową wraz z odpowiednią jednostką. Przykładami skalarnych wielkości fizycznych są temperatura, masa i gęstość. Kiedy podajemy wartość 20°C , jednoznacznie określamy obserwowaną wartość temperatury.

Informacja taka nie jest jednak wystarczająca do opisu wszystkich wielkości fizycznych. Stwierdzenie, że samochód porusza się z szybkością $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, nie niesie ze sobą informacji, wzdłuż jakiego kierunku przemieszcza się ten pojazd ani czy jedzie on do przodu, czy do tyłu.



Wektor przedstawiony graficznie jako strzałka

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

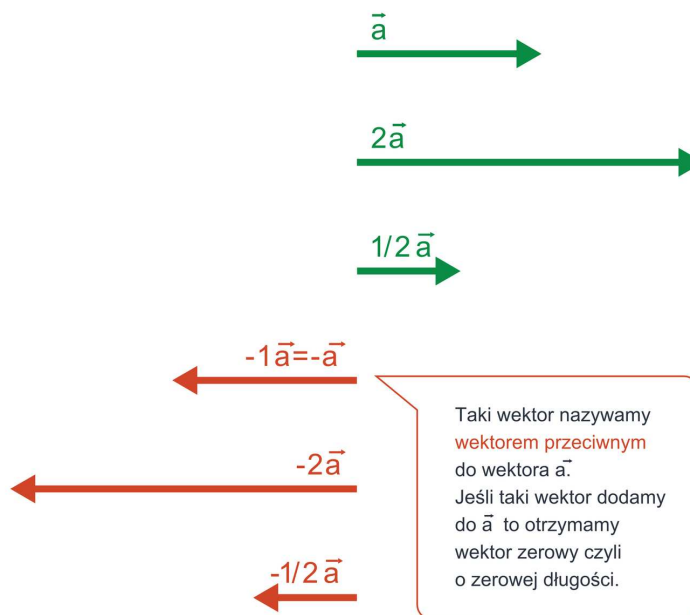
Do opisu prędkości potrzebujemy wektorowej wielkości fizycznej, której ilustracją graficzną jest skierowana w określonym kierunku strzałka (wektor). Należy jednak pamiętać o zasadzie, że im większa jest wartość wielkości wektorowej, tym dłuższa powinna być strzałka, która ją ilustruje. Jeżeli rysujemy dwa wektory, z których pierwszy ma dwa razy większą wartość niż drugi, to strzałka przedstawiająca pierwszy wektor powinna być dwa razy dłuższa.

Ciekawostka

Szybkość i prędkość nie są jednoznacznymi pojęciami. Szybkością przyjęło się nazywać wartość prędkości, np. $v = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ (skalar), a prędkością – wielkość wektorową mającą określone: kierunek, wartość i zwrot. Zamiast pojęcia „szybkość” w tym podręczniku będziemy używali sformułowania „wartość prędkości” wszędzie tam, gdzie konieczne będzie rozróżnienie wielkości skalarnej od wektorowej.

Na wektorach można przeprowadzać działania matematyczne.

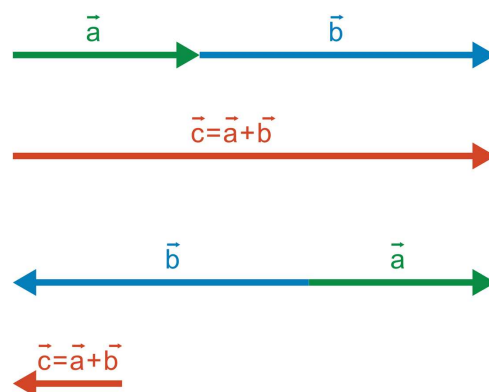
- Mnożenie wektora przez liczbę; może ono wpłynąć na długość wektora i jego zwrot, ale nie zmienia kierunku i punktu przyłożenia.



Wynikiem mnożenia wektora $\vec{a}$ przez liczbę k jest wektor o długości $k \cdot a$, gdzie a jest długością pierwotnego wektora. Kierunek pozostaje bez zmian, natomiast zwrot się nie zmienia, gdy liczba k jest dodatnia, a zmienia się na przeciwny, gdy jest ujemna

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

- Dodawanie wektorów (dla uproszczenia będziemy się posługiwali jedynie wektorami o takim samym kierunku).



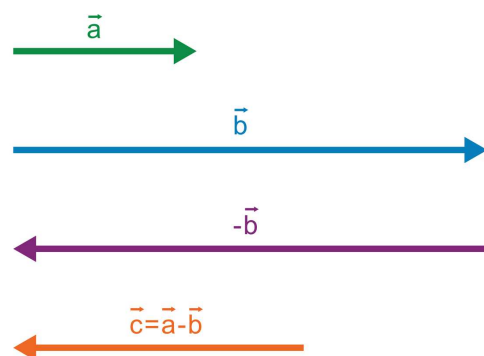
Gdy wektory mają zgodne zwroty to dodajemy ich długości. Kierunek i zwrot nie ulegają zmianie.
Gdy wektory mają zwroty przeciwno długości odejmujemy a wynikowy wektor ma zwrot wektora dłuższego.

Dodawanie wektorów położonych na jednej prostej, np. dwóch sił położonych na jednej prostej i działających na to samo ciało. Zwroty tych wektorów mogą być zgodne lub przeciwny. Gdy

wektory mają zgodne zwroty, to dodajemy ich długości. Kierunek i zwrot nie ulegają zmianie. Gdy wektory mają przeciwne zwroty, długości odejmujemy, a wynikowy wektor ma zwrot wektora dłuższego

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

- Odejmowanie wektorów położonych na jednej prostej.



Odejmowanie wektorów polega na dodawaniu wektora przeciwnego:
 $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$
Wystarczy więc, gdy umiemy dodawać wektory i znajdować wektor przeciwny do danego.

Odejmowanie wektorów położonych na jednej prostej. Odejmowanie wektorów polega na dodawaniu wektora przeciwnego. Wystarczy więc, gdy umiemy dodawać wektory i znajdować wektor przeciwny do danego

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Powyższy przykład pomoże ci zrozumieć lekcje z kinematyki w dalszym toku nauki. Zajmiesz się wtedy opisem ruchu, w którym prędkość (będąca również wektorem) będzie rosła lub malała. Aby obliczyć zmianę prędkości, odejmuje się wektor prędkości początkowej od wektora prędkości końcowej.

Podsumowanie

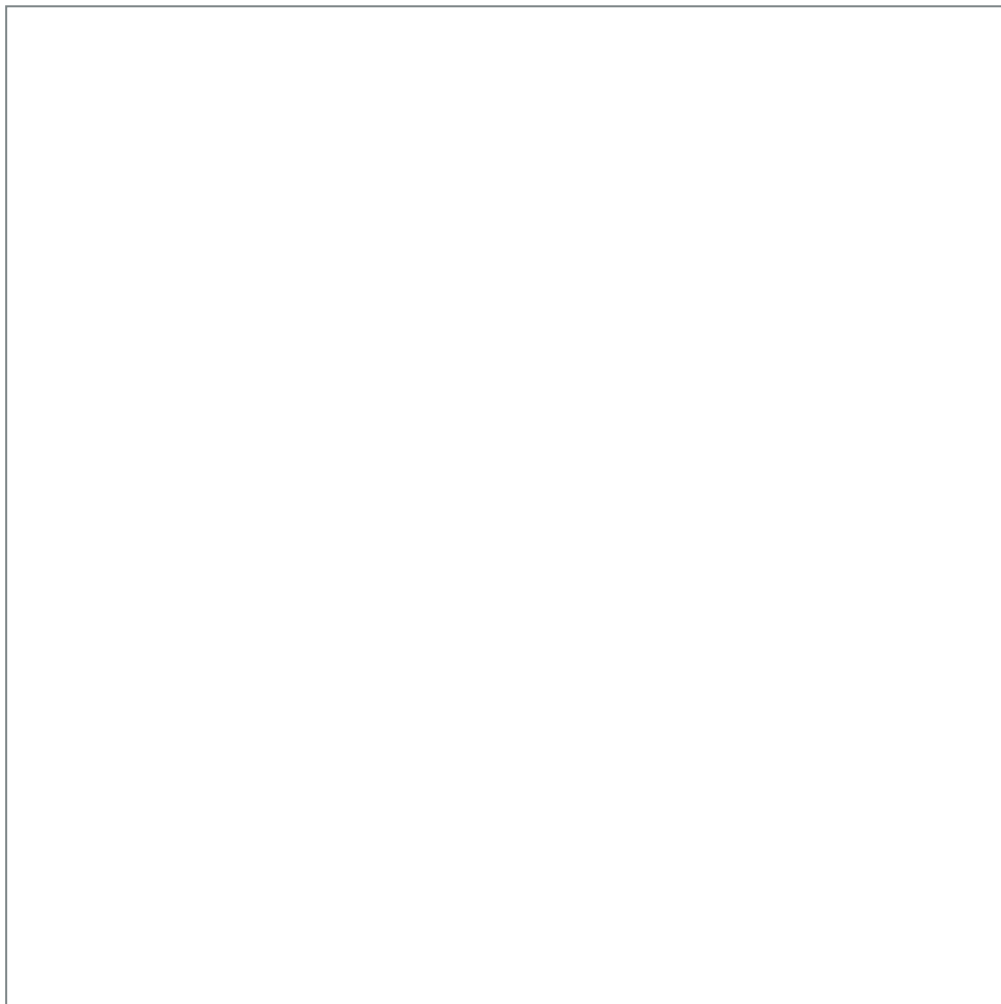
1. Siła to wielkość fizyczna, która jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.
2. Siłę oznaczamy dużą literą F (z ang. *force* – siła). Na cześć sir Isaaca Newtona jednostkę siły nazwano niutonem:

$$[F] = 1 \text{ niuton} = 1 \text{ N.}$$

3. Siła jest wielkością wektorową. Aby w pełni opisać siłę musimy podać jej wartość (długość wektora), kierunek, zwrot i punkt przyłożenia.
4. Siłomierz jest przyrządem służącym do wyznaczania, z jaką wartością działa siła.
5. Siłę, która zastępuje działanie kilku innych sił działających na dane ciało, nazywamy wypadkową, natomiast poszczególne siły – składowymi.
6. Siła wypadkowa jest wektorową sumą sił składowych.
7. Jeśli siły działające na ciało się równoważą, to siła wypadkowa będąca ich sumą równa jest 0 N.
8. Dwie siły równoważą się, gdy działają wzdłuż tego samego kierunku, mają wspólny punkt przyłożenia (działają na to samo ciało), mają taką samą wartość (długość wektora), ale przeciwne zwroty.

Ćwiczenie 9

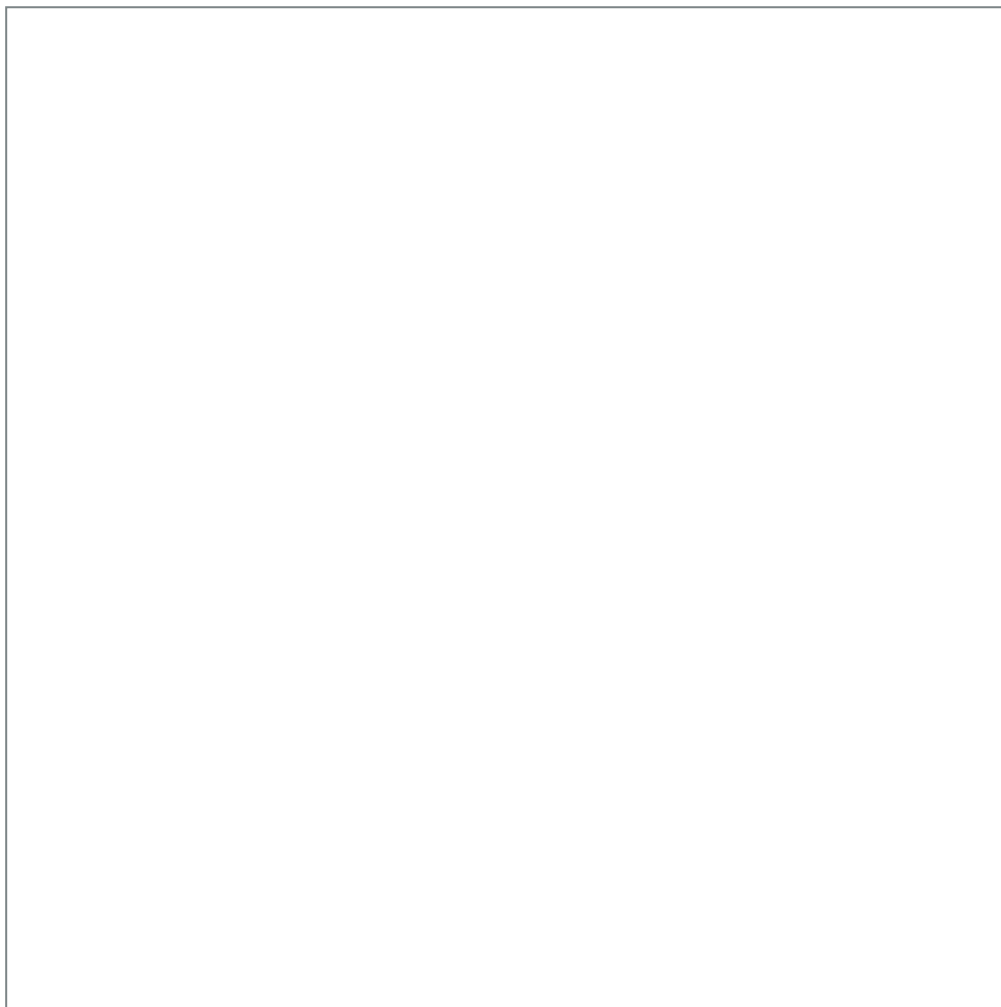
Siła wypadkowa dwóch sił znajdujących się na tej samej prostej i zwróconych w przeciwne strony jest równa 150 N , a większa ze składowych ma wartość 400 N . Oblicz wartość mniejszej siły i przedstaw graficznie opisaną sytuację.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Przedstaw na rysunku cztery siły o wartościach: 3, 6, 7 i 10 N, przyłożone w jednym punkcie tego samego ciała. Siły działają wzdłuż jednej prostej i się równoważą.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 11



Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe. Zaznacz wszystkie stwierdzenia prawdziwe.

- ☐ Siła jest miarą dowolnego oddziaływania w przyrodzie.
- ☐ Siła jest wielkością wektorową, ponieważ do jej opisu potrzebne są cztery cechy: kierunek, zwrot, wartość oraz punkt przyłożenia.
- ☐ Siła wypadkowa to siła, która zastępuje kilka różnych sił działających na ciało.
- ☐ Siła jest miarą tylko oddziaływań grawitacyjnych i elektrycznych.
- ☐ Siła ma tylko wartość. Kierunek i zwrot są zbędne do opisu siły.
- ☐ Jeżeli siły działają w tę samą stronę wzdłuż tego samego kierunku, to ich wypadkowa jest różnicą wartości tych sił.
- ☐ Siła o wartości 1 N to siła, z jaką Ziemia przyciąga ciało o masie 1 kg.
- ☐ Jeżeli siły działają wzdłuż tego samego kierunku w przeciwne strony, to ich wypadkowa jest różnicą wartości tych sił.
- ☐ Siła jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.

Ćwiczenie 12



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz **Prawda** albo **Fałsz**.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Siły równoważą się, gdy zwrócone są w tę samą stronę.	☐	☐
Siły równoważą się, gdy ich siła wypadkowa ma wartość równą 0 N.	☐	☐
Siły mogą się równoważyć tylko wtedy, gdy przyłożone są do tego samego ciała.	☐	☐
Siła wypadkowa to siła, która zastępuje kilka różnych sił działających na ciało.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Słownik

siłomierz

przyrząd służący do pomiaru wartości działającej siły.



Isaac Newton

Isaac Newton

1643.01.4 Woolsthorpe-by-Colsterworth – 1727.03.31 Kensington

Angielski fizyk, matematyk, astronom, filozof, historyk, badacz Biblii i alchemik.

W słynnym dziele *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687 r.) przedstawił prawo powszechnego ciążenia, a także prawa ruchu, które stały się podstawą mechaniki klasycznej. Niezależnie od Gottfrieda Leibniza przyczynił się do rozwoju rachunku różniczkowego i całkowego.