



Prawo powszechnego ciężenia

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Prawo powszechnego ciążenia

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/water-stone-nature-turkey-relax-2045469/> [dostęp 20.03.2022].

Czy to nie ciekawe?

Jak to było z tym jabłkiem? Czy ono naprawdę uderzyło Newtona w głowę? I dlaczego w ogóle przedmioty spadają na Ziemię, a satelity krążą dookoła planet? Co za magiczna siła je utrzymuje? O tym w niniejszym materiale.

Twoje cele

Zapoznanie się z treścią tego materiału sprawi, że:

- zrozumiesz, czego dotyczy prawo powszechnego ciążenia,
- dowiesz się, dlaczego omawiane prawo uzyskało przymiotnik „powszechne”,
- dowiesz się, czym jest stała grawitacyjna i zrozumiesz, dlaczego określana jest mianem uniwersalnej,
- przeanalizujesz, jak siła grawitacji zależy od masy i od odległości pomiędzy masami.

Przeczytaj

Warto przeczytać

W 1687 roku sir Izaak Newton sformułował – jak sam określił: „fundamentalne prawo doświadczalne” – prawo powszechnego ciążenia. Dla uatrakcyjnienia tego faktu, opowiada się, że spadło mu wówczas na głowę jabłko. To ponoć mit, ale rzeczywiście Newton mógł na podstawie obserwacji upuszczanych ciał wywnioskować następującą zależność:

„Każdy obiekt we Wszechświecie przyciąga inny obiekt wzdłuż linii przechodzącej przez ich środki, proporcjonalnie do ich mas i odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości między nimi.”



Rys. 1. Ziemia i Księżyc.

Źródło: NASA.

Dlaczego prawo to uzyskało przymiotnik powszechnego? Ze względu na fakt, iż wszystkie ciała przyciągają się wzajemnie – niezależnie od tego, czy mówimy o małych obiektach znajdujących się przy powierzchni Ziemi, czy o wielkich [galaktykach](#).

Zgodnie ze słowami Newtona wszystkie ciała, które mają masę, przyciągają się wzajemnie siłą proporcjonalną do iloczynu tych mas i odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości między nimi. Współczynnikiem proporcjonalności jest tutaj [stała grawitacji](#), oznaczana symbolem G , której wartość liczbowa wynosi $6,67408(31) \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$.

Prawo powszechnej grawitacji można zapisać zatem w postaci wzoru:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

gdzie:

m_1, m_2 – masy oddziaływających ze sobą ciał,

r – odległość pomiędzy środkami mas,

G – stała grawitacji.

Wzór ten można stosować w przypadku:

- punktów materialnych,
- jednorodnych kul,
- jednorodnej kuli i ciała o dowolnym kształcie znacznie mniejszym od niej (na przykład oddziaływania między Ziemią a ciałami znajdującymi się na jej powierzchni).

Zobaczmy, jak wygląda ta siła na przykładzie dwóch jednokilogramowych jednorodnych kul znajdujących się w odległości 1 m od siebie. Mamy wówczas:

$$F_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

Otrzymany wynik jest równy co do wartości stałej G . Taki też jest jej sens fizyczny – jej wartość jest równa sile oddziaływania między dwoma ciałami o masach 1 kg znajdującymi się w odległości 1 m od siebie.

Słowniczek

stała grawitacji

(ang. *gravitational constant*) – stała fizyczna służąca do opisu pola grawitacyjnego – jej wartość jest równa sile oddziaływania między dwoma ciałami o masach 1 kg znajdującymi się w odległości 1 m od siebie.

galaktyka

(ang. *galaxy*) – duży, grawitacyjnie związany układ gwiazd, pyłu i gazu międzygwiazdowego oraz niewidocznej ciemnej materii. Typowa galaktyka zawiera od 10^7 do 10^{12} gwiazd orbitujących wokół wspólnego środka masy. Oprócz pojedynczych gwiazd, galaktyki zawierają dużą liczbę układów gwiazd oraz różnego rodzaju mgławice.

Symulacja interaktywna

Prawo powszechnego ciążenia

Na poniższej symulacji przedstawiono trzy ciała o trzech różnych masach znajdujące się na trzech różnych orbitach Ziemi. Wektory reprezentują siłę grawitacji, jaka działa na każde z tych ciał ze strony centralnej planety. Zanim przejdziesz do poleceń umieszczonych pod animacją, pobaw się nią. Sprawdź, jakie funkcjonalności zapewnia myszka i suwaki umieszczone w prawym górnym rogu symulacji.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DhAJCKI7T>

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




Polecenie 1

Na podstawie ustawień początkowych symulacji można wysnuć wniosek, że im dalej znajduje się ciało od masy centralnej, tym większa siła grawitacji na nie działa. Wyjaśnij, gdzie tkwi błąd w tym rozumowaniu.

Polecenie 2

- Umieść na symulacji pierwsze z ciał na orbicie o promieniu równym promieniowi Ziemi i nadaj mu masę równą 1.
- Drugie i trzecie ciało umieść odpowiednio w dwa i trzy razy większej odległości od środka Ziemi.
- Następnie spróbuj nadać im masy takie, by długości ich wektorów były równe długości wektora pierwszego z ciał. Dla ułatwienia sobie zadania ustaw za pomocą myszki kamerę tak, by obserwować układ z punktu leżącego na osi obrotu Ziemi.
- Pamiętaj, że kolejne promienie orbit ciał rosną liniowo ($1 \cdot r_1, 2 \cdot r_1, 3 \cdot r_1$), co możesz powiedzieć o zależności między masami? Czy potrafisz przewidzieć, jaką masę miałyby czwarte ciało (nie widoczne na animacji) krążące po orbicie o promieniu $4 \cdot r_1$?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Na podstawie tekstu określ prawdziwość poniższych zdań.

→ Współczesne zastosowania

Siła grawitacji jest wykorzystywana na całym świecie w elektrowniach wodnych do produkcji energii elektrycznej.

Nagromadzone masy wody, spadając, wprawiają w ruch turbiny generatora prądu. W Polsce elektrownie wodne wytwarzają zaledwie około 7,3% energii elektrycznej. Dla porównania w Norwegii w ten sposób uzyskuje się 98% potrzebnej energii elektrycznej.

Grawitacja utrzymuje także na orbitach okołozemskich sondy kosmiczne, tzw. sztuczne satelity Ziemi. Pomagają one przewidywać pogodę, służą do wielu zastosowań w telekomunikacji (dzięki nim mamy łączność internetową z innymi kontynentami, nadają programy telewizyjne i radiowe),

dokładnie lokalizują pozycję na całej kuli ziemskiej (system GPS – *Global Positioning System*), zajmują się także szpiegowaniem na potrzeby wojska.

W życiu codziennym jesteśmy zainteresowani zarówno zmniejszaniem, jak i zwiększaniem oporów powietrza. Konstruktorzy aut zwracają uwagę na aerodynamiczny kształt pojazdu, dla którego opór powietrza będzie najmniejszy. Również rowerzysta jest zainteresowany tym, żeby zmniejszyć siły tarcia o cząsteczki powietrza – kaski ochronne mają opływowe kształty. Spadochroniarze przeciwnie, są zainteresowani zwiększaniem sił oporu. Większa powierzchnia spadochronu pozwala skoczkowi wylądować na ziemi z mniejszą prędkością, a więc bezpieczniej.



Spadochron wykorzystuje siłę tarcia cząsteczek powietrza – dzięki niej skoczek może bezpiecznie wylądować

Źródło: dostępny w internecie: www.kopernik.org.pl [dostęp 20.03.2022].

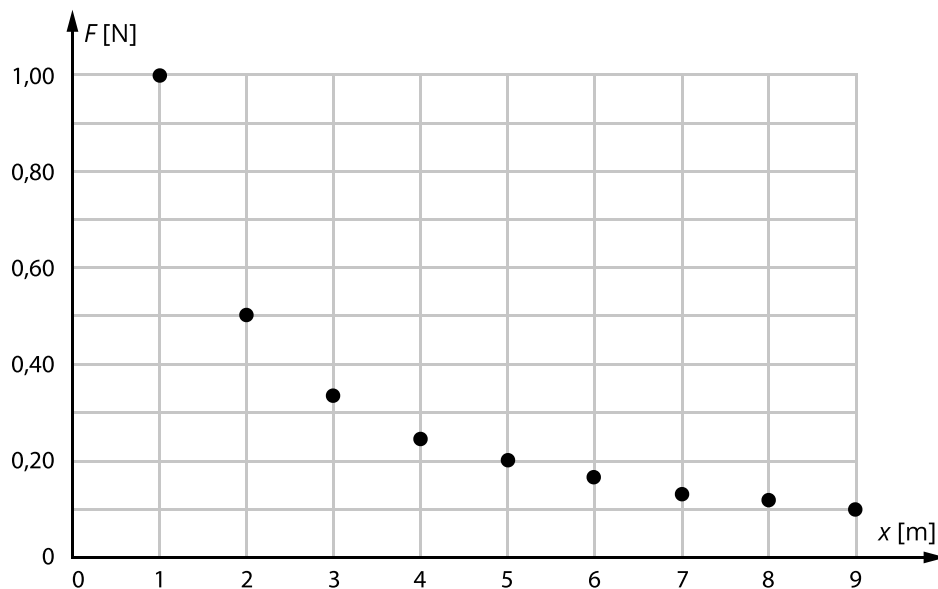
http://www.kopernik.org.pl/fileadmin/user_upload/OFERTA_KOMERCYJNA/Wystawa_Eksperymentuj__PDF/co_spadanie_pierwsze.pdf.

	Prawda	Fałsz
Siła grawitacji znalazła zastosowanie w technice i przemyśle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spadające ciała tracą swoją energię.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Na sondy znajdujące się na orbitach okołozemskich nie działa siła grawitacji.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ćwiczenie 4



Wykres przedstawia zależność siły działającej w pewnym punkcie pola na znajdujące się w nim ciało. Czy zależność ta jest zgodna z prawem powszechnego ciężenia?



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

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



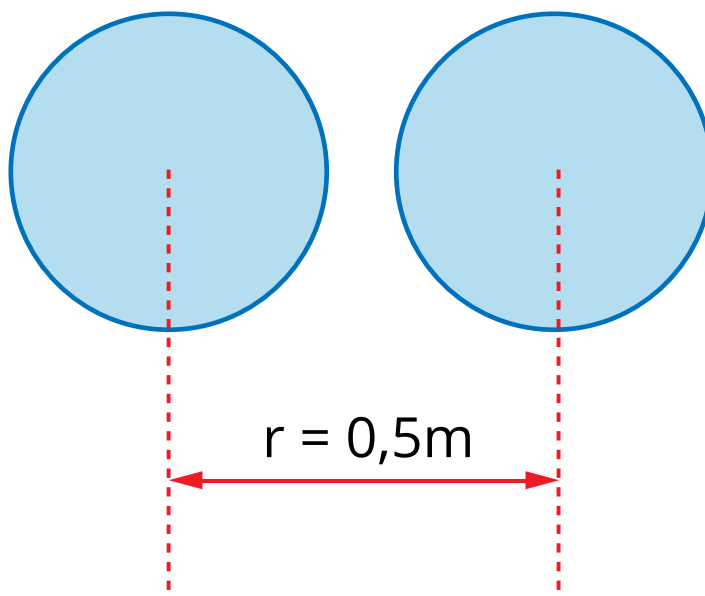
Ćwiczenie 9



Ćwiczenie 10



Wyznacz promień jednorodnej kuli przedstawionej na rysunku, jeśli wiadomo, że obie kule są takie same i zostały wykonane z materiału o gęstości 2700 kg/m^3 . Siła oddziaływania grawitacyjnego między kulami wynosi $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ N}$. Wynik podaj w zaokrągleniu do pełnych centymetrów.



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

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Prawo powszechnego ciężenia
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa
programowa:**

Cele kształcenia – wymagania ogólne

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach.

III. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:

1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach.

IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:

1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: <ul style="list-style-type: none"> • 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. zrozumie, czego dotyczy prawo powszechnego ciężenia. 2. dowie się, dlaczego omawiane prawo uzyskało przymiotnik „powszechne”. 3. dowie się, czym jest stała grawitacyjna i zrozumie, dlaczego określana jest mianem uniwersalnej. 4. przeanalizuje, jak siła grawitacji zależy od masy i od odległości pomiędzy masami.
Strategie nauczania:	blended-learning
Metody nauczania:	merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, doświadczenia, podsumowująca rozmowa kierowana
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> – praca w parach, – praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna / rzutnik
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Zgodnie ze strategią blended-learning, w systemie klasowo - lekcyjnym nauczyciel rozpoczyna lekcję. Należy zaciekawić uczniów tematem – efekt ten może uzyskać poprzez odniesienie do życia codziennego, pokazanie oczywistego doświadczenia obrazującego upadanie przedmiotów na podłoże, opowiedzenie anegdotki o Newtonie, któremu jabłko spadło na głowę. Następnie, zadaniem nauczyciela jest rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązanie do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej. W tej części uczniowie powinni krótko scharakteryzować siłę grawitacji.</p>	
Faza realizacyjna:	

Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

- nauczyciel przedstawia uczniom informacje na temat prawa powszechnego ciężenia,
- uczniowie słuchają nauczyciela i zadają pytania dotyczące kwestii problemowych lub niezrozumiałych,
- nauczyciel wprowadza uczniom wzór opisujący prawo powszechnego ciężenia,
- uczniowie opisują liczbowo siły działające na zaproponowane przez siebie ciała fizyczne.

Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:

- uczniowie na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela rozwiązują samodzielnie zadania rachunkowe (mogą być to zadania zawarte w niniejszym e-materiale),
- uczniowie dobierają się w pary i sprawdzają sobie nawzajem rozwiązania zadań próbując omówić ewentualne problemy,
- nauczyciel podchodzi do każdej z par i sprawdza wyniki pracy.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają rozwiązywane w trakcie lekcji zadania. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.

Praca domowa:

W ramach realizacji zajęć zdalnych (zgodnie z obraną strategią nauczania) zadaniem uczniów jest zapoznanie się z animacją dołączoną do niniejszego e-materiału w celu utrwalenia omawianych zagadnień. Dodatkowo uczniowie powinni wykonać trzy wybrane przez nauczyciela zadania rachunkowe, spośród dołączonych do e-materiału.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Animacja może być wykorzystana w pracy samodzielnej ucznia przed lekcją lub na lekcji w fazie wprowadzającej w celu sprowokowania uczniów do dyskusji.