

Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni różnych planet

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



Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni różnych planet

Czy to nie ciekawe?

Ciała spadając z pewnej wysokości zwiększają swoją prędkość – poruszają się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem zależnym od tego, na jakiej planecie się znajdują. Jak wygląda ta zależność? O tym w niniejszym materiale.

Twoje cele

Zapoznanie się z treścią materiału sprawi, że:

- dowiesz się, od czego zależy przyspieszenie grawitacyjne,
- przeanalizujesz, jak zmienia się przyspieszenie grawitacyjne planet,
- obliczysz, jakie wartości przyjmuje przyspieszenie grawitacyjne w przypadku poszczególnych planet Układu Słonecznego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wiesz, że wartość siły grawitacji działającej na ciało znajdujące się w pobliżu powierzchni Ziemi wyraża się wzorem:

$$F_g = mg$$

gdzie m - masa ciała, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - przyspieszenie ziemskie. Znasz też prawo powszechnego ciążenia, zgodnie z którym wartość siły grawitacji działającej na ciało o masie m znajdujące się na powierzchni planety o masie M i promieniu R wyraża się wzorem:

$$F_g = G \frac{Mm}{R^2}$$

Porównując te zależności

$$mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

otrzymujemy zależność na przyspieszenie ziemskie:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

gdzie G - stała grawitacji, M - masa Ziemi, a R - jej promień. Możesz sprawdzić, że po wstawieniu odpowiednich wartości otrzymasz znaną wartość przyspieszenia ziemskiego - około $9,81 \text{ m/s}^2$. Z takim przyspieszeniem spada swobodnie skoczek spadochronowy w początkowej fazie skoku (Rys. 1).



Rys. 1. Skoczek spadochronowy w początkowej fazie skoku.

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.stockvault.net/photo/205959/professional-skydivers> [dostęp 18.04.2022], domena publiczna.

Podobnie przyspieszenie, z jakim spada ciało w pobliżu powierzchni dowolnej planety, można też wyznaczyć korzystając ze wzoru:

$$a = G \frac{M}{R^2}$$

gdzie:

a – przyspieszenie grawitacyjne [m/s^2],

G – uniwersalna stała grawitacyjna $\left[6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}\right]$,

M – masa planety [kg],

R – odległość ciała od środka planety będąca de facto promieniem tej planety [m].

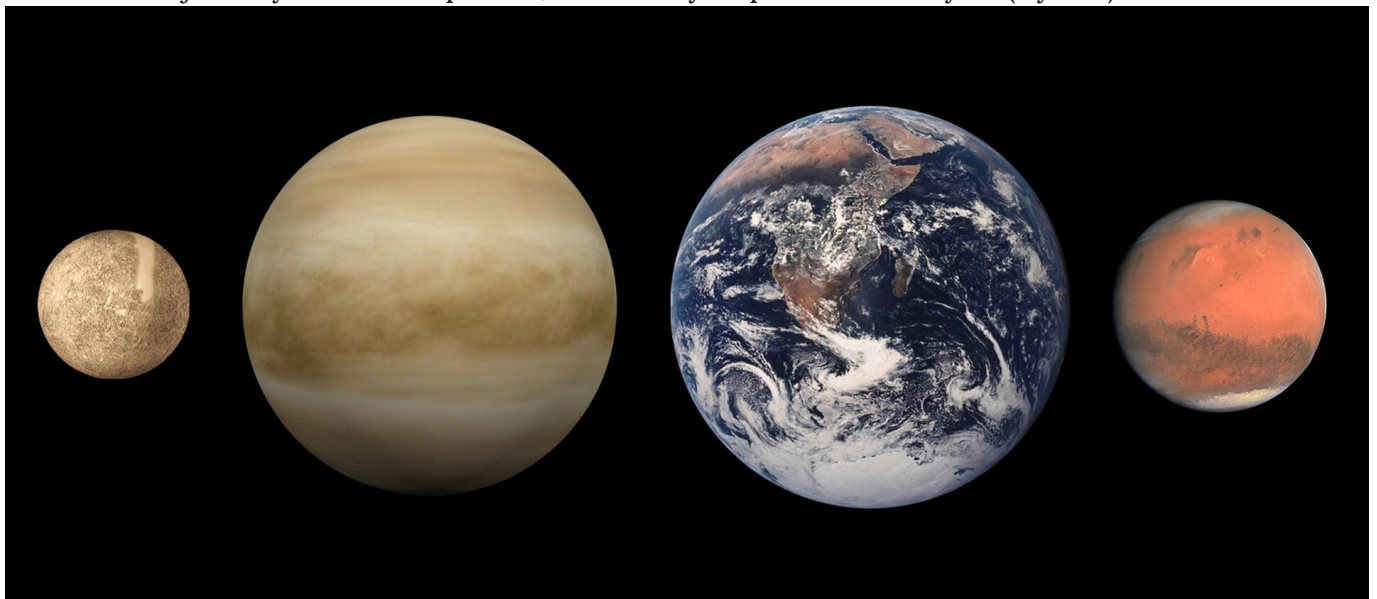
Podstawiając promień i masę planety do powyższego wzoru możemy obliczyć, z jakim przyspieszeniem spadałoby upuszczone swobodnie przy powierzchni planety ciało.

Planeta	masa [$\times 10^{23} \text{ kg}$]	promień [km]
Merkury	3,3	2 439
Wenus	48,7	6 052
Ziemia	59,7	6 371

Mars	6,4	3 390
Jowisz	18 981,9	69 911
Saturn	5 685,2	58 232
Uran	868,4	25 900
Neptun	1 024,4	24 750

Tab. 1. Zestawienie mas i promieni planet Układu Słonecznego

Zacznijmy od obliczenia i analizy wartości przyspieszeń grawitacyjnych na powierzchni czterech najbliższych Słońcu planet, tak zwanych planet skalistych (Rys. 2.).



Rys. 2. Wygląd z zachowaną skalą rozmiarów planet skalistych Układu Słonecznego. Od lewej: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars.

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Terrestrial_planet_size_comparisons.jpg [dostęp 18.04.2022], domena publiczna.

Po wstawieniu danych z Tabeli. 1. otrzymujemy następujące wartości przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni tych planet:

- Merkury:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{3,3 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(2439 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 3,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Wenus:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{48,7 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(6052 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 8,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Ziemia:

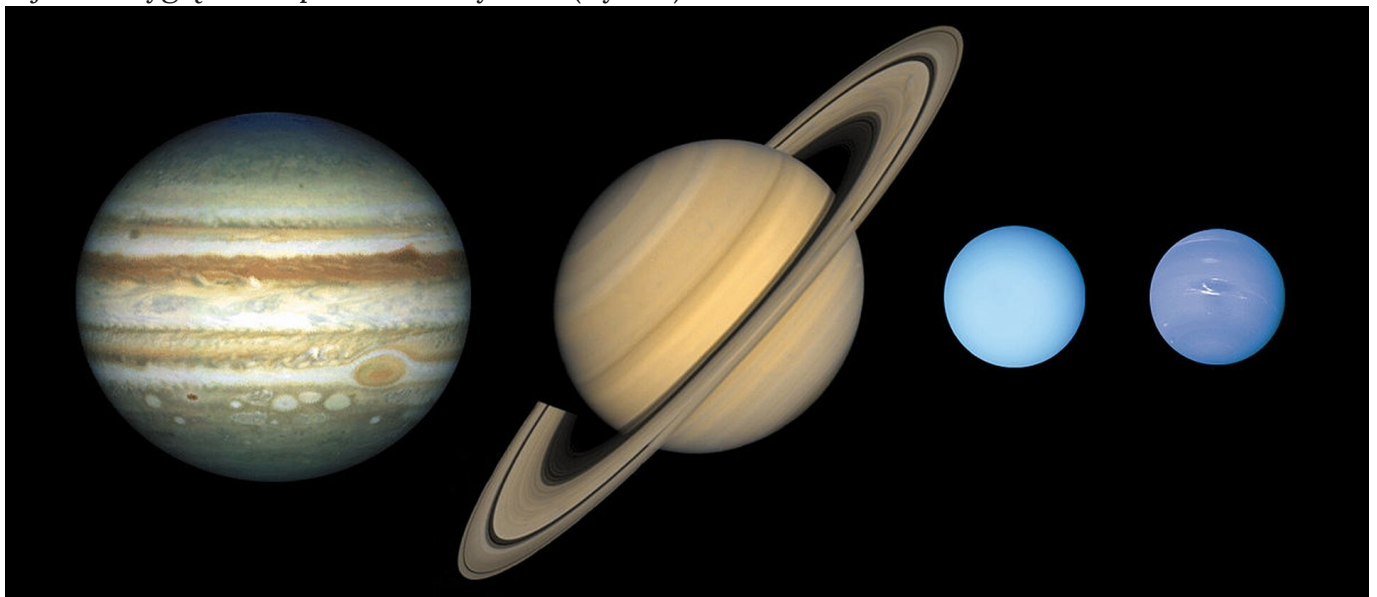
$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{59,7 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(6371 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Mars:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(390 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 3,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Zauważmy, że przybliżone wartości przyspieszeń grawitacyjnych na powierzchni Merkurego i Marsa są sobie równe i około dwa razy mniejsze od przyspieszenia ziemskiego. Z kolei przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Wenus jest tylko o $0,9 \text{ m/s}^2$ mniejsze od ziemskiego.

A jak to wygląda dla planet olbrzymów (Rys. 3.)?



Rys. 3. Cztery gazowe olbrzymy Układu Słonecznego w jednakowej skali. Od lewej: Jowisz, Saturn, Uran, Neptun.

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas_planet_size_comparisons.jpg?uselang=pl [dostęp 18.04.2022], domena publiczna.

Przyspieszenia grawitacyjne na powierzchni tych planet wynoszą:

- Jowisz:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{18981 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(69911 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 25,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Saturn:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{5685,2 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(58232 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Uran:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{868,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(25900 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 8,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Neptun:

$$a_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{1024,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(24750 \cdot 10^3 \text{ m})^2} \approx 11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Zauważmy równe wartości przyspieszeń grawitacyjnych na powierzchni Saturna i Neptuna, które znacznie różnią się rozmiarami i budową wewnętrzną. (Patrz e-materiał: „Co to są gazowe olbrzymy?”) A wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Urana niewiele różni się od przyspieszenia ziemskiego i na powierzchni Wenus.

Warto wspomnieć, że w przypadku centralnej gwiazdy naszego układu, czyli Słońca oraz planet olbrzymów – czyli obiektów niemających stałej powierzchni, dywagacje na temat swobodnego spadania są czysto teoretyczne i nieprawdopodobne, mają jedynie charakter ćwiczeniowy. Dodatkowo, w zależności od tego, czy znajdujemy się na równiku, czy na innych szerokościach geograficznych danej planety, wartość przyspieszenia grawitacyjnego będzie ulegała zmianie.

Oczywiście, obliczenia przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni planet, możemy wykonać z użyciem kalkulatora, jednak byłaby to mozolna praca. Znacznie efektywniejszym rozwiązaniem będzie skorzystanie z arkusza kalkulacyjnego. Znając dane zaprezentowane w Tab. 1., należy wprowadzić do arkusza przedstawiony powyżej wzór. Możesz to wykonać samodzielnie i sprawdzić, czy wyniki obliczeń będą takie, jak obliczone powyżej.

Słowniczek

Przyspieszenie grawitacyjne

(ang.: *gravitational acceleration*) – wielkość wektorowa wyrażająca zmianę prędkości ciała w jednostce czasu, wynikająca z działania na ciało przyciągania grawitacyjnego.

Symulacja interaktywna

Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni różnych planet

Symulacja pozwoli Ci zrozumieć, jak oblicza się przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni wybranej planety. Uruchom symulację i obserwuj, jak spadają ciała na różnych planetach.

Uwaga. Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.

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

Polecenie 1

Na której planecie przyspieszenie grawitacyjne jest najbardziej zbliżone do ziemskiego? Czy są na niej warunki korzystne do zamieszkania? Wyszukaj odpowiednie informacje w dostępnych źródłach.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni różnych planet
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych.</p> <p>IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 2) stosuje do obliczeń związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <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. poda, od czego zależy przyspieszenie grawitacyjne. 2. przeanalizuje, jak zmienia się przyspieszenie grawitacyjne planet. 3. obliczy, jakie wartości przyjmuje przyspieszenie grawitacyjne w przypadku poszczególnych planet Układu Słonecznego.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - merytoryczna dyskusja wprowadzająca, - obserwacja, - doświadczenie, - podsumowująca rozmowa kierowana.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca indywidualna, - praca w parach i w grupie.
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna/rzutnik
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Nauczyciel rozpoznaje wiedzę wyjściową uczniów na temat przyspieszenia grawitacyjnego oraz nawiązuje do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej.</p> <p>Uczniowie przedstawiają posiadane informacje na temat pola grawitacyjnego, które poznali na poprzednich lekcjach.</p>	
Faza realizacyjna:	

- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:
 - nauczyciel prosi uczniów o podanie wzoru na przyspieszenie grawitacyjne, wyjaśnienie symboli wielkości fizycznych oraz podanie ich jednostek,
 - uczniowie odpowiadają na pytania nauczyciela, prosząc o wyjaśnienie kwestii problemowych lub niezrozumiałych (jeżeli takowe są),
 - nauczyciel zachęca uczniów do zadawania pytań,
 - nauczyciel odpowiada na pytania uczniów, koryguje ich odpowiedzi, ewentualnie naprowadza na właściwy trop.
- Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:
 - uczniowie na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela rozwiązują samodzielnie zadania (mogą być to zadania zawarte w niniejszym e-materiale),
 - uczniowie dobierają się w pary (w przypadku licznych klas mogą to być grupy 3-4 osobowe) 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. Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Zadaniem uczniów jest zapoznanie się z symulacją dołączoną do niniejszego materiału w celu utrwalenia omawianych zagadnień. Dodatkowo uczniowie powinni wykonać dwa wybrane przez nauczyciela zadania rachunkowe, spośród dołączonych do materiału.

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

Symulacja interaktywna może być wykorzystana w pracy samodzielnej ucznia na lekcji.