




## Badanie ciężaru człowieka na powierzchni różnych planet

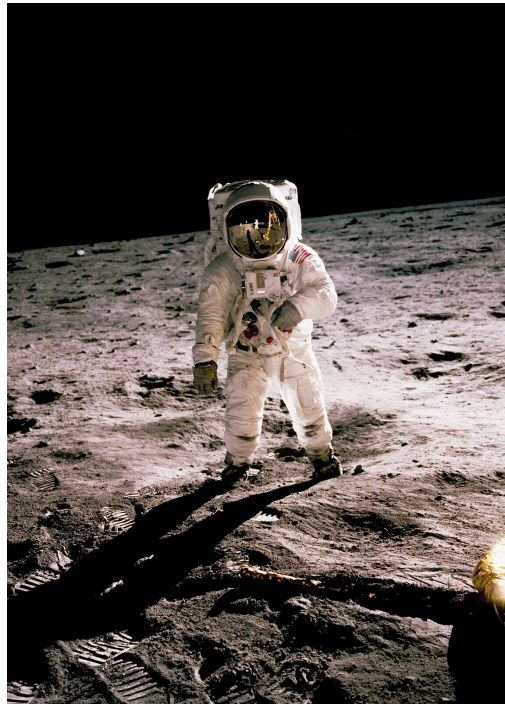
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Badanie ciężaru człowieka na powierzchni różnych planet

### Czy to nie ciekawe?

Pojęcia masy i ciężaru ciała są - niestety - dość często mylone. O różnicach między nimi oraz metodzie wyznaczania ciężaru człowieka na różnych planetach, dowiesz się z niniejszego materiału.



Rys. a. Póki co, mimo ambitnego tytułu tego e-materiału, ciężar człowieka mogliśmy zbadać poza Ziemią jedynie na Księżycu. [Photo by History in HD on Unsplash]

## Twoje cele

Zapoznanie się z treścią materiału sprawi, że:

- przypomnisz sobie takie pojęcia, jak: masa i ciężar,
- dowiesz się, od czego zależy ciężar ciała,
- obliczysz ciężar ciał na różnych planetach.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

W fizyce słowa takie jak: **masa**, **ciężar** i siła grawitacji znaczą coś innego. W mowie potocznej są jednak często ze sobą utożsamiane. Z tego też względu, aby uniknąć nieporozumień i dobrze zrozumieć omawiany temat, rozpoczniemy od wyjaśnień. Zaczniemy od **masy**, czyli pojęcia określającego licznosc materii w danym ciele. Masa  $m$  – wyznaczana za pomocą **wagi** – jest cechą charakterystyczną danego ciała, niezależną od jego położenia w kosmosie.

Obiekt umieszczony w pobliżu Ziemi (bądź innej planety) jest przyciągany przez nią siłą grawitacji  $\vec{F}_g$  zależną od iloczynu masy ciała i masy planety oraz kwadratu odległości między nimi. Siła grawitacji – często utożsamiana z ciężarem  $\vec{Q}$  – w rzeczywistości jest tylko jedną z jego składowych. Ciężar  $\vec{Q}$  jest wypadkową siły grawitacji  $\vec{F}_g$  i siły odśrodkowej  $\vec{F}_{od}$  wynikającej z ruchu obrotowego Ziemi:

$$\vec{Q} = \vec{F}_g + \vec{F}_{od}$$

Suma ta przyjmuje różną wartość w zależności od szerokości geograficznej, na jakiej znajduje się ciało (więcej o tym przeczytasz w innych materiałach). Ze względu na to, iż  $\vec{F}_{od}$  przyjmuje bardzo małe wartości, często przyjmujemy, że ciężar:  $|\vec{Q}| \approx |\vec{F}_g|$ . To przybliżenie będzie stosowane również w niniejszym materiale.

Gdy już wiemy, co dokładnie oznaczają przytoczone pojęcia, zastanówmy się nad tym, jak ciężar ciała zmienia się w zależności od tego, na jakiej planecie się znajdujemy oraz w jaki sposób związany jest on z masą ciała. Okazuje się, że wielkości te powiązane są między sobą przyspieszeniem grawitacyjnym. O tym, jak dokładnie wygląda ta zależność i z czego ona wynika, dowiesz się z materiału *Jak definiuje się przyspieszenie grawitacyjne?* A tymczasem wróćmy do tematu.

Wykonajmy w tym celu proste doświadczenie. Weźmy do ręki piłeczkę o bardzo niewielkich rozmiarach i o masie 2,5 g. Jaką siłą piłeczka ta jest przyciągana przez Ziemię? Spróbujmy to wyznaczyć. W momencie, gdy upuścimy piłeczkę, możemy zauważyć, że porusza się ona ruchem jednostajnie przyspieszonym, zatem siła, z jaką jest ona przyciągana, może zostać opisana zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona wzorem:

$$F = m \cdot a$$

gdzie  $m$  to masa [kg], zaś  $a$  – przyspieszenie [ $\frac{m}{s^2}$ ].

Skoro jest to ruch jednostajnie przyspieszony, możemy zauważyć, że wartość przyspieszenia można wyznaczyć ze wzoru na drogę:

$$s = \frac{at^2}{2} \rightarrow a = \frac{2s}{t^2}$$

czyli:

$$F = m \cdot \frac{2s}{t^2}$$

Znając masę piłeczki (którą można wyznaczyć za pomocą wagi), wysokość, z jakiej spadała oraz czas spadku (wyznaczony z wielokrotnego pomiaru), jesteśmy w stanie oszacować siłę, jaka na nią działa oraz przyspieszenie, z jakim spadała. Wartość tego przyspieszenia, oznaczana jako  $g$ , zależy od masy i promienia planety, na której się znajdujemy. Dla Ziemi przyjmujemy wartość  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ . Inną metodą wyznaczenia  $g$  jest wykorzystanie wahadła matematycznego, ale więcej na ten temat dowiesz się z materiałów dotyczących ruchu drgającego.

Ziemia działa siłą na każdy obiekt posiadający masę – zarówno na piłeczkę, jak i na jabłko, człowieka czy słońia. Siła ta – zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona – powoduje, że ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym. Znając więc wartość tego przyspieszenia oraz masę interesującego nas obiektu, jesteśmy w stanie określić siłę, z jaką jest ono przyciągane. I tak na przykład człowiek o masie 50 kg jest przyciągany przez naszą planetę siłą:

$$F = mg = 50kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 490,5N$$

Innymi słowy można powiedzieć, że jego ciężar wynosi 490,5 N.

A jak to wygląda dla innych planet? Tak samo... i trochę inaczej. Tak samo, bo obowiązuje II zasada dynamiki, inaczej, bo różne są przyspieszenia grawitacyjne. Nie będziemy jednak podróżowali na ich powierzchnię, żeby ustalić przyspieszenia grawitacyjne. Wartości te możemy znaleźć w tablicach fizycznych lub w Internecie (Tab. 1.).

	$a_g [\frac{m}{s^2}]$
<b>Słońce</b>	274,8
<b>Merkury</b>	3,7
<b>Wenus</b>	8,9
<b>Mars</b>	3,7
<b>Jowisz</b>	24,8
<b>Saturn</b>	10,4
<b>Uran</b>	8,7
<b>Neptun</b>	11,2

Ziemia	9,81
Księżyc	1,62

**Tab. 1.** Wartości przyspieszenia grawitacyjnego dla wybranych ciał niebieskich [[https://en.wikipedia.org/wiki/Surface\\_gravity](https://en.wikipedia.org/wiki/Surface_gravity)].

Określmy więc ciężar 50 kg człowieka na poszczególnych planetach.

- Merkury:

$$F = 50kg \cdot 3,7 \frac{m}{s^2} = 185N$$

- Wenus:

$$F = 50kg \cdot 8,9 \frac{m}{s^2} = 445N$$

- Mars:

$$F = 50kg \cdot 3,7 \frac{m}{s^2} = 185N$$

- Jowisz:

$$F = 50kg \cdot 24,8 \frac{m}{s^2} = 1240N$$

- Saturn:

$$F = 50kg \cdot 10,4 \frac{m}{s^2} = 520N$$

- Uran:

$$F = 50kg \cdot 8,7 \frac{m}{s^2} = 435N$$

- Neptun:

$$F = 50kg \cdot 11,2 \frac{m}{s^2} = 560N$$

Na Księżycu ciężar wyniesie:

$$F = 50kg \cdot 1,62 \frac{m}{s^2} = 81N$$

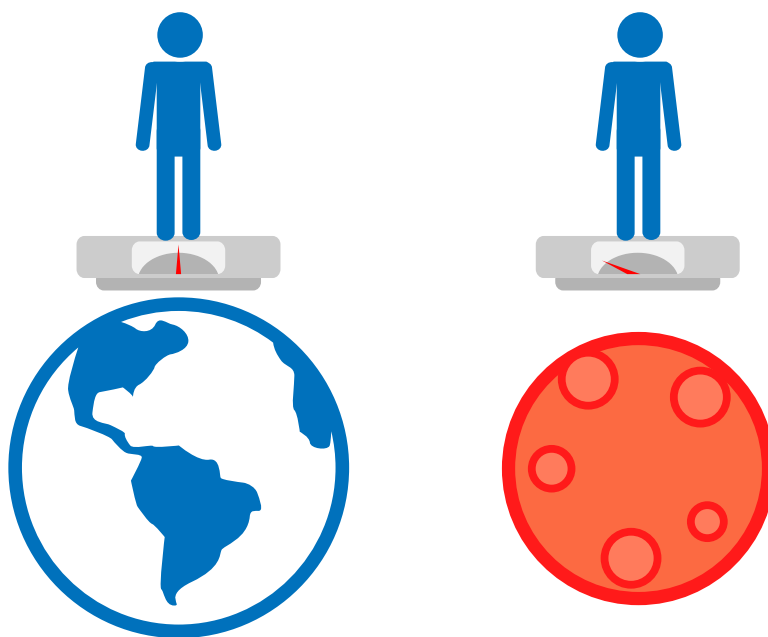
a na Słońcu:

$$F = 50kg \cdot 274,8 \frac{m}{s^2} = 13740N$$

Powyższe rozważania należy jednak opatrzyć komentarzem wyjaśniającym. W przypadku Słońca i planet olbrzymów, które nie mają stałej powierzchni, dywagacje na temat ciężaru czy swobodnego spadania są czysto teoretyczne i nieprawdopodobne, mają jedynie

charakter ćwiczeniowy (w przypadku gazowych olbrzymów „powierzchnia” jest zdefiniowana jako wysokość, na której ciśnienie atmosferyczne wynosi 1 bar).

Dodatkowo, warto jeszcze zwrócić tutaj uwagę na pomiar masy. Wiemy już, że jest ona taka sama, niezależnie od tego, gdzie ciało się znajduje. Należy jednak pamiętać, że w przypadku różnych planet, chcąc określić masę, nie powinniśmy korzystać z wagi sprężynowej, gdyż zasada jej działania opiera się na równowadze sił: ciężkości i sprężystości. Urządzenie to – de facto wyznaczające siłę, która odkształca sprężynę – jest wyskalowane dla celów praktycznych tak, byśmy mogli odczytać na nim masę ważonego ciała. Zatem zmierzona siła jest dzielona przez przyspieszenie grawitacyjne Ziemi. By móc używać tego samego urządzenia na Marsie – wynik pomiaru powinien być podzielony przez przyspieszenie grawitacyjne Marsa, nie zaś przez  $9,81 \frac{m}{s^2}$  (Rys. 1), gdyż wskazanie wagi będzie zaniżone. W przypadku naszego teoretycznego przykładu należałoby więc użyć wagi szalkowej – która wykorzystuje równowagę mas (porównuje mierzoną masę z odważnikami).



Rys. 1. Gdybyśmy użyli do pomiaru masy na innych planetach tej samej wagi sprężynowej, co na Ziemi – wskazania byłyby różne, pomimo, że masa nie ulega zmianie. Źródło: <https://epodreczniki.pl/a/masa-i-ciężar-ciała/DEsbw1kwB>

Jeśli na Ziemi waga wskaże 50 kg, to ciężar ciała na naszej planecie wynosi około:

$$50kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 490,5N$$

Na Marsie wartość przyspieszenia grawitacyjnego wynosi  $3,7 \frac{m}{s^2}$ , zatem ciężar wynosi tam:

$$50kg \cdot 3,7 \frac{m}{s^2} = 185N$$

Stosując wagę sprężynową wyskalowaną na Ziemi w jednostkach masy otrzymalibyśmy zatem wynik pomiaru około 19 kg, co nie jest prawdą. Zatem, aby nasza waga wskazywała poprawną wartość, należałoby „podmienić” w niej skalę, tak, by wynik pomiaru był dzielony przez 3,7, nie zaś (jak w przypadku Ziemi) 9,81.

## Słowniczek

### ciężar

(*ang.: weight*) wypadkowa siły grawitacyjnej, z jaką ciało niebieskie przyciąga dany obiekt oraz siły odśrodkowej, wynikającej z ruchu obrotowego tego ciała.

### masa

(*ang.: mass*) liczność materii danego ciała.

### waga

(*ang.: weighing scale*) przyrząd pomiarowy służący do pomiaru masy.

# Symulacja interaktywna

## Badanie ciężaru człowieka na powierzchni różnych planet

Niniejsza symulacja pozwoli Ci lepiej zrozumieć, jak oblicza się ciężar ciała na różnych planetach. Zastanów się, na której planecie Twój ciężar jest najmniejszy. Aby uruchomić symulację wprowadź masę astronauty oraz wybierz planetę, na której ma się on znajdować.



Merkur

Wenus

Ziemia

Mars

Jowisz

Saturn

Uran

Neptun

Masa astronauty: 80 kg

Planeta : Merkury

Przyspieszenie grawitacyjne :  $3.7 \text{ m/s}^2$

Ciężar : 296 N

Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DTJ9W8Wzy>

### Polecenie 1

Określ swój własny ciężar na Ziemi, a następnie ustal, jaką masę miałoby ciało o tym samym ciężarze umieszczone na Jowiszu. Pamiętaj jednak, że Jowisz nie ma stałej powierzchni, więc takie ustalenia są czysto teoretyczne i nieprawdopodobne, mają jedynie charakter ćwiczeniowy.

### Polecenie 2

Odszukaj w swoim otoczeniu przedmiot, którego ciężar na Merkurym jest taki sam, jak Twój na Ziemi. Spróbuj go podnieść i wyobraź sobie, że właśnie podnosisz samego/samą siebie na Merkurym.

# Sprawdź się

---

	$a_g \left[ \frac{m}{s^2} \right]$
<b>Merkury</b>	3,7
<b>Wenus</b>	8,9
<b>Mars</b>	3,7
<b>Jowisz</b>	24,8
<b>Saturn</b>	10,4
<b>Uran</b>	8,7
<b>Neptun</b>	11,2
<b>Ziemia</b>	9,81

**Tab. 2.** Wartości przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni planet

Pokaż ćwiczenia:   

- Ćwiczenie 1 
- Ćwiczenie 2 
- Ćwiczenie 3 
- Ćwiczenie 4 
- Ćwiczenie 5 
- Ćwiczenie 6 
- Ćwiczenie 7 
- Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

## Konspekt (scenariusz) lekcji

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Ewelina Kędzierska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Ciężar człowieka na powierzchni różnych ciał niebieskich</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.</p> <p>III. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.</p> <p>IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał.</p>

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<b>Uczeń:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. definiuje prawo powszechnego ciężenia.</li> <li>2. uzasadnia, dlaczego omawiane prawo uzyskało przymiotnik „powszechne”.</li> <li>3. tłumaczy, czym jest stała grawitacyjna i dlaczego określana jest mianem uniwersalnej.</li> <li>4. analizuje, jak siła grawitacji zależy od masy i od odległości pomiędzy masami.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	formative feedback
<b>Metody nauczania:</b>	merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, doświadczenia, podsumowująca rozmowa kierowana
<b>Formy zajęć:</b>	- praca w parach, - praca indywidualna.
<b>Środki dydaktyczne:</b>	tablica multimedialna / rzutnik
<b>Materiały pomocnicze:</b>	brak
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem – efekt ten może uzyskać poprzez odniesienie do życia codziennego czy wskazanie najczęściej popełnianych przez ludzi błędów w trakcie rozmów na temat grawitacji. 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 przypomnieć pojęcia takie jak: masa, ciężar, przyspieszenie grawitacyjne.</p>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu:

- nauczyciel przypomina uczniom informacje na temat spadku swobodnego (ruchu jednostajnie przyspieszonego),
- uczniowie słuchają nauczyciela i zadają pytania dotyczące kwestii problemowych lub niezrozumiałych,
- nauczyciel wyświetla / wypisuje uczniom przyspieszenia grawitacyjne dla różnych ciał niebieskich,
- uczniowie wspólnie z nauczycielem obliczają ciężar człowieka o zadanej masie na każdym z tych ciał.

Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów:

- uczniowie na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela rozwiązują samodzielnie zadania rachunkowe: 2, 3, 4, 5, 6 zawarte w zestawie ćwiczeń.
- 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. Podsumowuje także ogólnie ich pracę, oceniając zaangażowanie i uczynione postępy, a także udzielając rad i wskazówek odnośnie dalszej nauki.

#### **Praca domowa:**

Zadaniem uczniów jest zapoznanie się z symulacją interaktywną dołączoną do niniejszego e-materiału w celu utrwalenia omawianych zagadnień. Dodatkowo uczniowie powinni wykonać 7 i 8 zadanie z zestawu ćwiczeń.

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

Symulacja interaktywna może być wykorzystana w pracy samodzielnej ucznia przed lekcją lub po niej.