



## Co to są planety karłowate?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Co to są planety karłowate?

Źródło: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute.

### Czy to nie ciekawe?

Z pewnością setki razy słyszałeś różnego typu informacje o planetach. Żyjemy na jednej z nich – Ziemi. Jednak w Układzie Słonecznym znajdują się różne ciała niebieskie poza planetami, takie jak asteroidy, komety oraz planety karłowate. Czym są planety karłowate? Gdzie się znajdują? Czy to takie małe planetki, czy może to tylko zbieżność nazw? Czy można w jasny sposób określić, czym one się różnią od zwykłych, powszechnie znanych planet? Ziemię, z racji tego, że na niej żyjemy, możemy w łatwy sposób badać, ale czy jest to tak samo łatwe w przypadku planet karłowatych?

Astronomowie od wielu lat badają bliski i daleki Wszechświat. Starają się usystematyzować to, co widzą, a często odkrywają coś nowego. Ujednolicają nazwy tak, aby każdy człowiek bez względu na kraj, w którym robi obserwacje dokładnie wiedział, jak opisać dany obiekt. Dzięki jednoznacznym kryteriom i nazwom astronomowie nie mają problemu z opisywaniem obserwowanych obiektów. Kolejne odkrycia i badania Układu Słonecznego w XXI wieku sprawiły, że pojawił się termin *planety karłowate*.

#### Twoje cele

Dzięki tym e-materiałom:

- poznasz definicję planety i planety karłowatej,
- zrozumiesz, czym są planety karłowate,
- zrozumiesz, dlaczego niektóre planety karłowate nie mogą być planetami,
- wymienisz znane planety karłowate,
- wskażesz misje kosmiczne, które zajmują się badaniem planet karłowatych,
- uzasadnisz brak obszernej wiedzy na temat planet karłowatych.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Termin planeta karłowata jest bardzo młody, ponieważ dopiero w sierpniu 2006 roku podczas obrad Międzynarodowej Unii Astronomicznej (w skrócie IAU, od angielskiej nazwy *International Astronomical Union*) został przyjęty przez astronomów jako oficjalna nazwa konkretnej klasy obiektów. Podczas tego samego zgromadzenia Pluton przestał być dziewiątą planetą Układu Słonecznego, stając się planetą karłowatą.

Oficjalna definicja planety Układu Słonecznego składa się z trzech warunków, które obiekt musi spełnić, by być planetą:

1. okrąża Słońce,
2. ma wystarczającą masę, aby dzięki swojej grawitacji pokonywać wewnętrzne oddziaływania międzycząsteczkowe i zachowywać dzięki temu kształt prawie kulisty, na podobieństwo ogromnej kropli cieczy. Nazywa się to zachowanie równowagi hydrostatycznej,
3. na jego orbicie okołosłonecznej nie znajdują się inne ciała niebieskie, ponieważ na skutek oddziaływania grawitacyjnego zostały one przez planetę przyciągnięte (astronomowie w skrócie mówią, że „planeta wyczyściła swoją orbitę”).

Planety karłowate spełniają dwa pierwsze warunki, ale nie spełniają trzeciego – nie znajdują się samotnie na swojej orbicie wokół Słońca. Obecnie jest 5 planet karłowatych zatwierdzonych przez IAU (Tab. 1). Wszystkie planety poruszają się wokół Słońca po elipsach. Elipsa może przybierać kształt prawie kołowy – tak jest w przypadku planet. Jednak elipsy, po których poruszają się planety karłowate, mają dużą tzw. ekscentryczność, tj. orbity te są bardzo wydłużone. Słońce leży w jednym z ognisk każdej z tych elips, przez co różnica między najmniejszą i największą odległością planety karłowatej od Słońca może wynosić ponad 20 AU (Tab. 1). Inklinacja jest kątem nachylenia orbity danego ciała niebieskiego do płaszczyzny ekliptyki. W wewnętrznej części Układu Słonecznego ciała niebieskie nie mają inklinacji większej niż 12 stopni.

Nazwa	Region	Średni promień orbity	Okres obiegu wokół Słońca	Inklinacja	Peryhelium	Aphelium
Ceres	Pas planetoid	2,77 AU	4,60 lat	10,59	2,56 AU	2,97 AU

Nazwa	Region	Średni promień orbity	Okres obiegu wokół Słońca	Inklinacja	Peryhelium	Aphelium
Pluton	Pas Kuipera	39,48 AU	248,09 lat	17,14	29,66 AU	49,31 AU
Haumea	Pas Kuipera	43,13 AU	283,28 lat	28,22	35,11 AU	51,58 AU
Makemake	Pas Kuipera	45,79 AU	309,90 lat	28,96	38,57 AU	52,78 AU
Eris	Dysk rozproszony	67,67 AU	557,00 lat	44,19	37,82 AU	97,51 AU

Tab. 1. Parametry orbit planet karłowatych

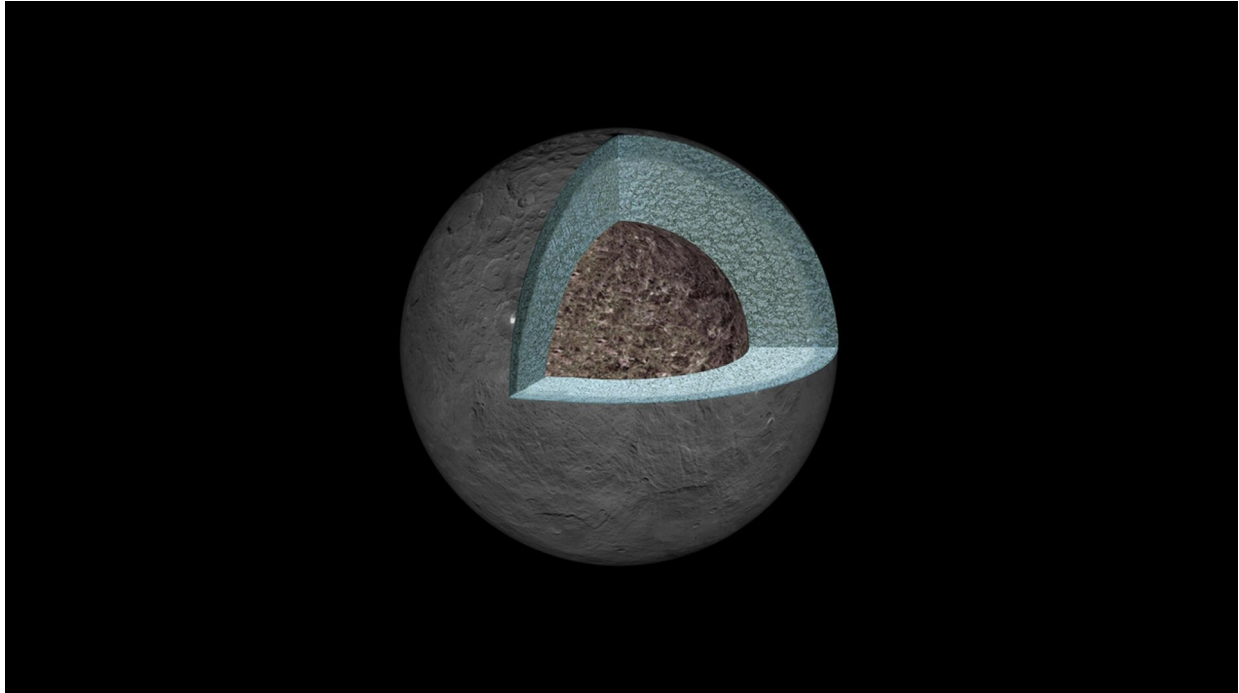
Ceres jest najbliższą nam planetą karłowatą oraz jedyną znaną planetą karłowatą w pasie planetoid. Jej masa to zaledwie  $9,5 \cdot 10^{20}$  kg czyli jest 100 razy lżejsza od Księżyca. Jej kształt jest prawie kulisty, ponieważ długość jej średnicy waha się od 909 do 975 km. Ma trzy składowe warstwy: jądro składa się prawdopodobnie z wodnych krzemianów, następnie ma powłokę z lodu wodnego, a najbardziej zewnętrzna warstwa – skorupa – składa się z mieszanki różnych minerałów (Rys. 1.). Jej powierzchnia pokryta jest głównie kraterami i skalistymi strukturami (Rys. 2.). Analizę budowy Ceres można było wykonać dzięki dokładnym obserwacjom dostarczonym przez sondę kosmiczną Dawn (NASA).

Bezzałogowe specjalistyczne loty w przestrzeń kosmiczną (misje kosmiczne) są najlepszym sposobem badania Układu Słonecznego. Astronomowie, inżynierowie i mechanicy tworzą urządzenia, które, sterowane z Ziemi, dokonują dokładnych pomiarów ciał niebieskich w kosmosie. Każda sonda kosmiczna jest budowana na potrzeby danej misji kosmicznej, czyli musi bardzo dokładnie wypełnić wcześniej zaplanowany scenariusz misji.

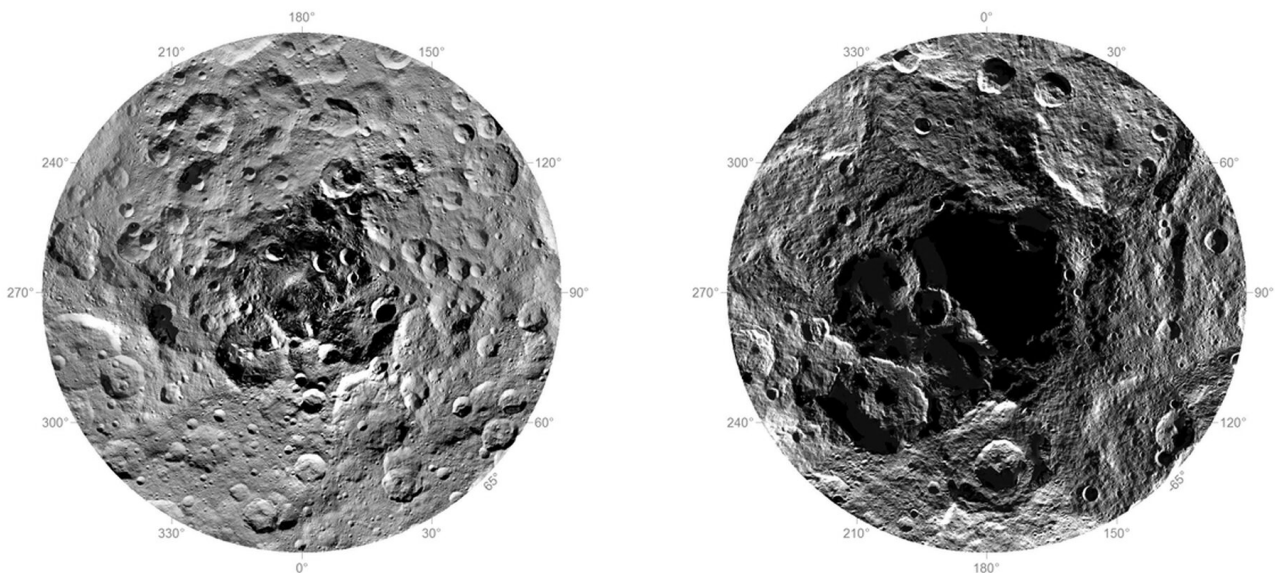
Sonda Dawn miała na celu wykonanie zdjęć Ceres i [asteroidy](#) Vesty. Stworzenie takiej sondy i opracowanie jej przelotu do celu obserwacji było bardzo trudne. W pasie planetoid znajduje się wiele ciał niebieskich, których trajektorii nie znamy, więc istnieje zawsze ryzyko, że jakiś obiekt może uszkodzić sondę. Misja Dawn zakończyła się pełnym sukcesem, dlatego teraz znamy dokładną budowę Ceres.

Dzięki badaniom sondy Dawn potwierdzono, że Vesta jest tylko asteroidą (patrz: słowniczek). Nie może być planetą karłowatą, ponieważ nie jest w stanie utrzymać równowagi hydrostatycznej (czyli nie spełnia drugiego z warunków w definicji planety karłowatej).

Wśród obiektów pasa planetoid znajdują się takie, które mogą być planetami karłowatymi np. Pallas, czy Hygiea. Brak precyzyjnych pomiarów nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, że spełniają one kryterium równowagi hydrostatycznej. Do badania tych obiektów niezbędna jest kolejna misja kosmiczna.



Rys 1. Artystyczna wizja budowy Ceres, stworzona w oparciu o dane dostarczone przez satelitę Dawn  
Źródło: NASA / JPL-Caltech / UCLA / MPS / DLR / IDA.

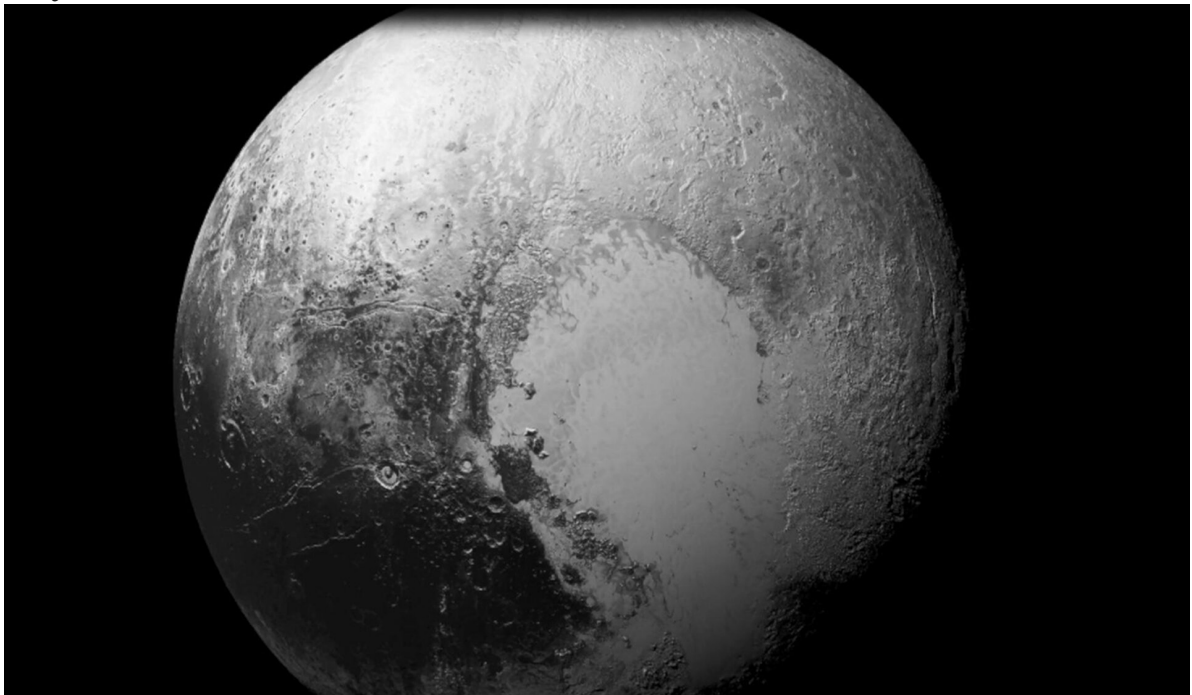


Rys. 2. Bieguny Ceres (lewy – północny, prawy – południowy) - zdjęcia wykonane w 2015 roku przez satelitę Dawn (NASA), ukazujące ogromną liczbę kraterów na powierzchni planety karłowatej  
Źródło: NASA / JPL-Caltech / UCLA / MPS / DLR / IDA, dostępny w internecie: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/633/first-complete-look-at-ceres-poles/> [dostęp 1.09.2022].

Pozostałe znane planety karłowate znajdują się w znacznie dalszych rejonach Układu Słonecznego, poza obszarem planet, czyli w pasie Kuipera oraz w dysku rozproszonym (ponad 30 AU od Ziemi). Regiony te są jeszcze niezbadane z powodu znaczącej odległości od

Ziemi, braku własnej energii wyświecanej w przestrzeń kosmiczną i małych rozmiarów ciał niebieskich tam się znajdujących. Naziemne teleskopy XXI wieku pozwalają wykrywać coraz to dalsze ciała niebieskie Układu Słonecznego, ale nie dają możliwości ich badania. Prawdopodobnie planet karłowatych jest znacznie więcej niż tych znanych.

Najbardziej znaną planetą karłowatą jest Pluton. Odkryto go w 1930 roku i przez 76 lat był traktowany jako ostatnia planeta Układu Słonecznego. Bardzo różnił się zarówno budową jak i orbitą od pozostałych planet. Jego orbita ma duży mimośród - elipsa, po której się porusza jest mocno spłaszczona. Różnica odległości pomiędzy najbliższym (peryhelium, 29,66 AU) a najdalszym (aphelium, 49,31 AU) punktem orbity od Słońca wynosi prawie 20 AU. Masą przypomina nieco nasz Księżyc, ponieważ jest lżejszy od niego zaledwie siedmiokrotnie. Promień Plutona jest równy 1180 km. Ma on co najmniej 5 księżyców, cienką atmosferę składającą się głównie z azotu, metanu i tlenku węgla. Pluton jest największą znaną planetą karłowatą.



Rys. 3. Zdjęcie Plutona wykonane w 2016 roku przez sondę kosmiczną New Horizons (NASA)

Źródło: NASA / APL / SwRI, dostępny w internecie: <https://www.nasa.gov/image-feature/pluto-image-sent-to-earth-on-july-14-2015> [dostęp 1.09.2022].

Pozostałe planety karłowate nie zostały jeszcze dokładnie zbadane. Znamy tylko przybliżone wartości ich rozmiarów.

Haumea prawdopodobnie ma kształt cygara o nie do końca sprecyzowanych wymiarach. Obecnie najbardziej prawdopodobne jest, że jej wymiary wynoszą około 2000 km x 1500 km x 990 km. Składa się głównie ze skał pokrytych warstwą lodu, a wokół niej krążą dwa księżyce.

Makemake ma promień o długości około 715 km i prawdopodobnie jeden księżyc. Eris jest prawie tej samej wielkości co Pluton, ale jest zbyt daleko, aby dokładnie wyznaczyć jej

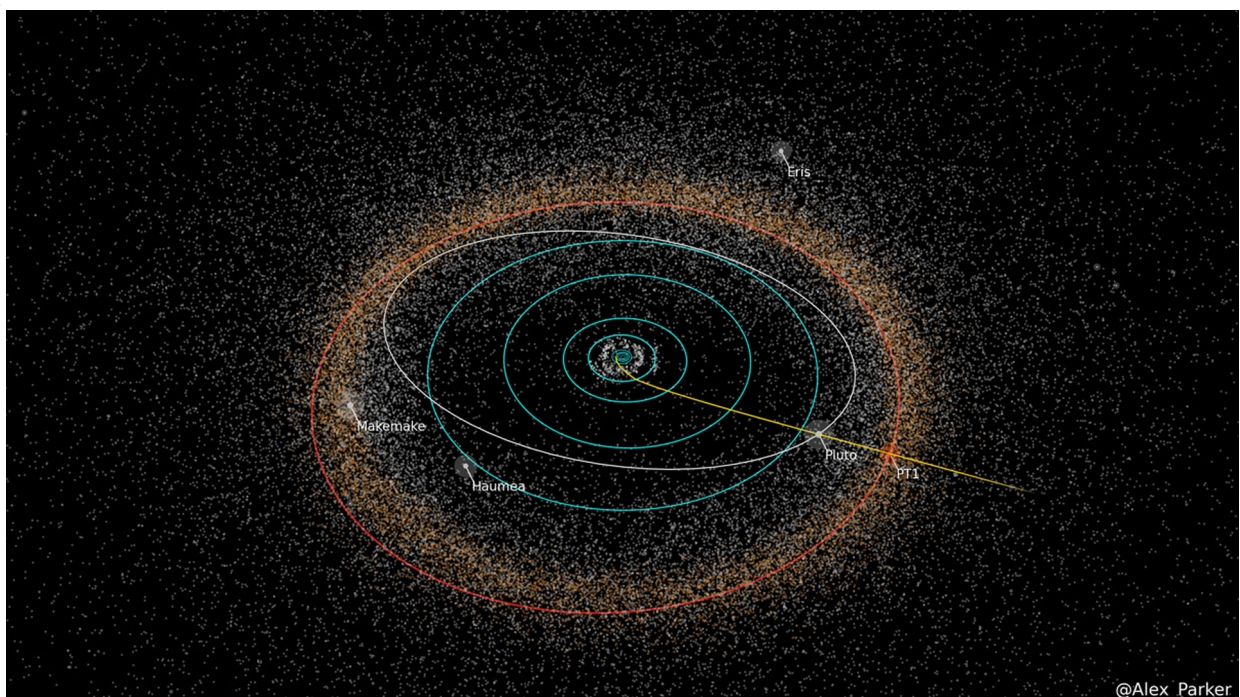
parametry fizyczne. Zdjęcia z kosmicznego teleskopu Hubble'a pokazują, że ma jeden księżyc.



Rys. 4. Porównanie planet karłowatych znajdujących się w zewnętrznych regionach Układu Słonecznego wraz z księżycami tych planet

Źródło: NASA, Lexicon, licencja: CC BY-SA 3.0.

Sonda New Horizons wystrzelona w 2006 roku miała na celu zbadanie obiektów pasa Kuipera. Ze względu na fakt, że pas Kuipera oddalony jest od Ziemi o ponad 30 AU, astronomowie musieli bardzo dokładnie wyliczyć trasę przelotu sondy oraz czas, w którym ją wystrzelono. Musiała minąć 5 planet oraz przelecieć przez **pas planetoid**. Wykorzystując asystę grawitacyjną Jowisza doleciała do Plutona. Manewr ten pozwolił zaoszczędzić paliwo. Sonda dokonała bardzo dokładnych pomiarów tej planety karłowatej oraz jej największego księżycy – Charona, a także wykonała zdjęcia pozostałych księżyców: Nix, Hydra, Kerberos, Styx. Następnie poleciała w głąb pasa Kuipera i w styczniu 2019 roku dokonała analizy planetoidy 2014 MU<sub>69</sub>. Sonda ta nadal dokonuje pomiarów i cały czas znajduje się w pasie Kuipera.



Rys. 5. Ilustracja pokazuje pas Kuipera z zaznaczonymi orbitami planet gazowych, Plutona i planetoidy 2014 MU<sub>69</sub>, na żółto wskazano orbitę Ceres, a także pozycje gdzie znajdują się pozostałe dalekie planety karłowate

Źródło: NASA / JHUAPL / SwRI / Alex Parker.

Obecnie nie ma żadnej misji takiej jak New Horizons, która umożliwiłaby wykonanie zdjęć i pomiarów dalszych planet karłowatych. Jedynych informacji dotyczących tych obiektów dostarczają największe teleskopy (między innymi [teleskopy Kecka](#), kosmiczny teleskop Hubble'a), ale dane te pozwalają ocenić jedynie parametry orbit, a nie dokładne parametry fizyczne ciał.

## Słowniczek

### **asteroida (planetoida)**

(*ang.: asteroid*) małe ciało niebieskie obiegające gwiazdę centralną, posiadające stałą nieregularną powierzchnię, składające się głównie ze skał i lodu. (z j. greckiego: *asteroeidés* – gwiazdzisty; planeta + *eídos* – postać)

### **perihelium**

(*ang.: perihelion*) punkt eliptycznej orbity leżący najbliżej Słońca. (z j. greckiego: *pery* – w pobliżu, dookoła; *helios* – Słońce)

### **aphelium**

(*ang.: aphelion*) punkt eliptycznej orbity leżący najdalej od Słońca. (z j. greckiego: *apo* – oddalony, odległy; *helios* – Słońce)

### **mimośród (ekscentryczność)**

(*ang.: eccentricity*) wielkość charakteryzująca elipsę, oznaczana symbolem  $e$ . Określa jak bardzo elipsa jest spłaszczona: jest to stosunek odległości pomiędzy ogniskiem elipsy i jej środkiem do długości wielkiej półosi elipsy (gdy  $e = 0$ , elipsa jest okręgiem).

### **inklinacja**

(*ang.: orbital inclination*) kąt nachylenia orbity planety do ekliptyki (płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca).

### **pas planetoid**

(*ang.: asteroid belt*) obszar pomiędzy Marsem i Jowiszem, w którym znajdują się małe ciała niebieskie i planeta karłowata.

### **pas Kuipera**

(*ang.: Kuiper belt*) jest podobny do pasa planetoid, lecz znacznie większy (około 25 AU szerokości). Rozciąga się za orbitą Neptuna i zawiera małe ciała niebieskie i planety karłowate.

### **dysk rozproszony**

(*ang.: scattered disc*) obszar Układu Słonecznego, w który przechodzi pas Kuipera. Składa się również z małych ciał niebieskich, jest jednak znacznie bardziej rozproszony – inklinacje orbit obiektów z dysku mogą być większe od 40 stopni.

### **równowaga hydrostatyczna**

(*ang.: hydrostatic equilibrium*) równowaga pomiędzy siłą grawitacyjną danego ciała a siłami ciśnień, które działają przeciwnie do grawitacji. Gdyby grawitacja była większa, ciało zapadałoby się; gdyby siły ciśnień przewyższyły grawitację, to ciało rozszerzałoby się lub doszłoby do eksplozji.

### **Teleskopy Kecka**

(*ang.: W. M. Keck Observatory*) dwa ogromne bliźniacze teleskopy Keck I i Keck II znajdujące się na Hawajach. Zwierciadło każdego z nich ma średnicę 10 m i wspólnie tworzą jeden z największych na Ziemi układów optycznych.

### **Teleskop Hubble'a**

(*ang.: Hubble Space Telescope*) teleskop kosmiczny wystrzelony w przestrzeń w 1990 roku jako pierwszy tego typu instrument w przestrzeni okołozemskiej.

### **bezzałogowa misja kosmiczna**

(*ang.: Uncrewed, unmanned spaceflight*) sonda kosmiczna, która powstaje w celu przeprowadzenia określonego pomiaru ciała niebieskiego. Astronomowie i inżynierowie współpracują, aby zaplanować dokładnie przelot sondy w ustalonych rejonach Układu Słonecznego tak, aby koszt całej misji był najniższy.

### **Międzynarodowa Unia Astronomiczna**

(*ang.: International Astronomical Union*) międzynarodowa organizacja zrzeszająca tysiące astronomów. Każdy kraj ma co najmniej jednego przedstawiciela w tej organizacji. Unia posiada wyłączne prawo do nadawania nazw nowo odkrytym ciałom niebieskim. Kongresy generalne, na których podejmowane są najważniejsze decyzje odnośnie nazw i definicji, odbywają się raz na trzy lata.

### **asysta grawitacyjna**

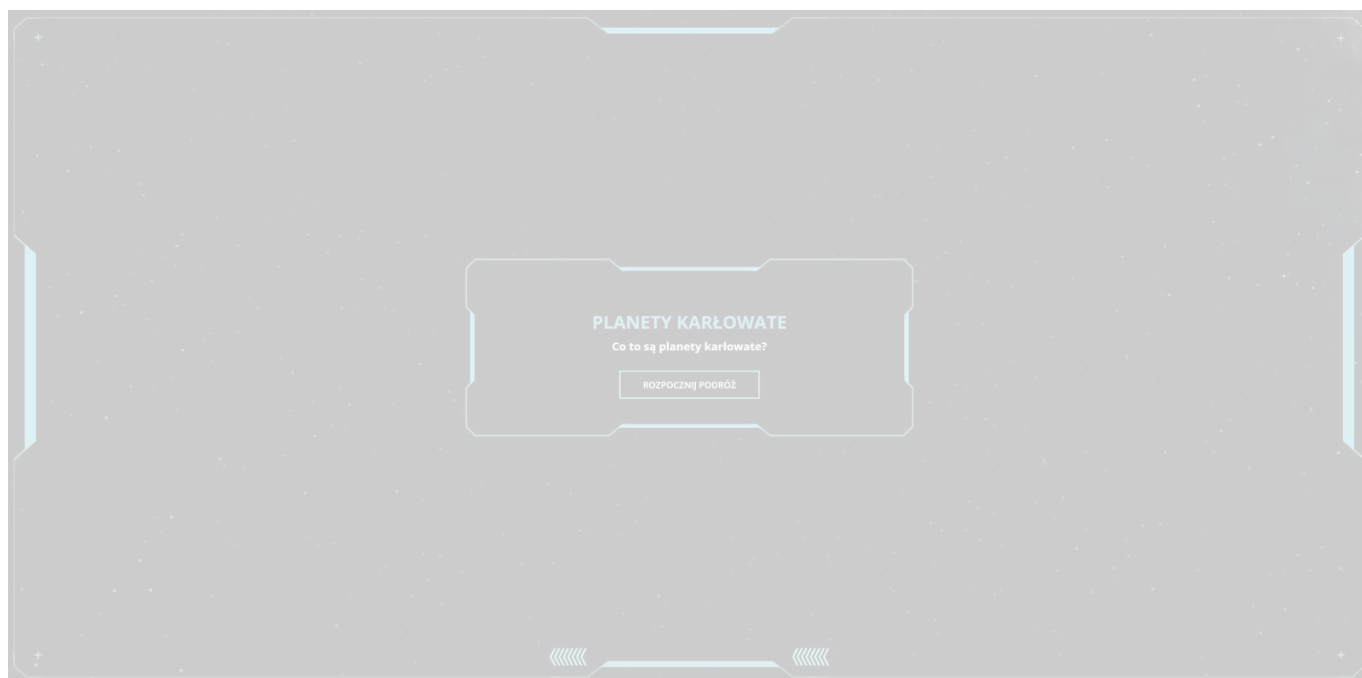
(*ang.: gravity assist*) sonda kosmiczna wystrzelona w kosmos ma tak zaplanowaną trasę przelotu, aby wykorzystać pole grawitacyjne planety, którą mija. Jeżeli sonda przeleci po odpowiednim torze w polu grawitacyjnym poruszającej się planety, zwiększa swoją energię kinetyczną, czyli również może zwiększyć swoją prędkość nawet o wartość podwojonej prędkości planety. Asysta grawitacyjna planet Układu Słonecznego pozwala sondom uzyskać prędkość ucieczki z Układu Słonecznego. Pierwsza asysta grawitacyjna była zastosowana w 1974 roku podczas przelotu misji Mariner 10 w polu grawitacyjnym Wenus. Asysta grawitacyjna pozwala zaoszczędzić paliwo.

# Gra edukacyjna

---

## Misja do planet karłowatych

Zobacz, jak dasz sobie radę podczas wirtualnej podróży do planet karłowatych.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DoroWTo39>

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

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Ćwiczenie 9



# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Monika Sitek
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Czym są planety karłowate?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne:</b></p> <p>IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe.</p> <p>Uczeń:</p> <p>17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki;</p> <p>18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii;</p> <p>IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:</p> <p>9) opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego i parseka.</p>
<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</b></p> <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>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. nauczy się rozróżniania pojęć: planety i planety karłowate, będzie potrafił podać definicję tych ciał niebieskich zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Unii Astronomicznej.</li> <li>2. wskaże misje kosmiczne, które badały planety karłowate, będzie tworzył własne opinie o jakości i przydatności takich misji.</li> <li>3. będzie umiejętnie argumentował i analizował problemy związane z obserwacjami i z analizą parametrów fizycznych takich jak masa, promień, kształt planet karłowatych.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	blended-learning
<b>Metody nauczania:</b>	Pogadanka, burza mózgów
<b>Formy zajęć:</b>	Praca w grupach
<b>Środki dydaktyczne:</b>	–
<b>Materiały pomocnicze:</b>	<p>Strona NASA, na której znajdują się liczne zdjęcia i grafiki niezbędne do wizualizacji zagadnienia.</p> <p>E-materiał: „Co nazywamy Układem Słonecznym?”, „Jak zmienia się energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym podczas przemieszczania ciała?”</p>
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca</b>	
<p>Nauczyciel zadaje pytanie będące tematem zajęć. Może skorzystać z tekstu zawartego w e-materiale w bloku I. Stawia cele w oparciu o cele przedstawione na początku e-materiału. Nauczyciel odwołuje się do potocznych skojarzeń związanych ze słowami karłowaty i planety. Uczniowie przed lekcją powinni <i>rozegrać grę</i> (multimedialne bazy).</p>	
<b>Faza realizacyjna</b>	

Nauczyciel rozpoczyna dyskusję na temat zagadnienia zawartego w temacie, wspierając się poniższymi pytaniami:

Od kiedy znamy pojęcie planety karłowate?

Co to są planety karłowate?

Kto słyszał o planecie karłowatej?

Czym się różnią planety karłowate od planet gazowych, a czym od planet skalistych?

Jakie są różnice pomiędzy znanymi planetami karłowatymi?

Co uczniowie sądzą o bezzałogowych misjach kosmicznych?

Lekcja powinna być bardzo dynamiczna. Podczas poruszania kolejnych zagadnień nauczyciel wyświetla uczniom fotografie planet karłowatych. Kiedy uczniowie powiedzą coś o różnicach orbit planet i planet karłowatych nauczyciel powinien wyjaśnić i narysować elipsę oraz zależności pomiędzy jej parametrami. Uczniowie podczas dyskusji na temat sond kosmicznych powinni poruszyć temat asysty grawitacyjnej. Nauczyciel wyjaśnia, w jaki sposób zwiększa się prędkość satelity w polu grawitacyjnym.

Dyskusję powinna zakończyć burza mózgów: gdzie teraz powinny polecieć kolejne sondy kosmiczne?

Podczas tej burzy mózgów nauczyciel naprowadza uczniów na problem związany z czasem trwania takiej podróży.

### **Faza podsumowująca**

Uczniowie podzieleni na grupy wypisują zagadnienia poruszane podczas dyskusji i burzy mózgów. Oceniają, jak wiele nowych pojęć poznali oraz, ile zależności zrozumieli. Podsumowanie dyskusji powinno zawierać kompendium wiedzy na temat planet karłowatych.

Nauczyciel może w klasie z uczniami rozwiązać zadania 9, 10 z zestawu ćwiczeń.

### **Praca domowa**

Zadania z multimediu sprawdzającego, które nie zostały rozwiązane na lekcji.

<b>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:</b>	Multimedium bazowe – gra edukacyjna powinna zostać rozegrana przez uczniów przed lekcją. Gra ma na celu poruszenie wyobraźni uczniów w temacie planet karłowatych, przedstawić podstawowe zagadnienia. Ucząca gra w formie pytań i odpowiedzi jest fundamentem do dyskusji przeprowadzonej na lekcji. Jeżeli uczniowie nie rozegrali gry w domu, gra może być sposobem sprawdzenia wiedzy pod koniec lekcji.
--	--