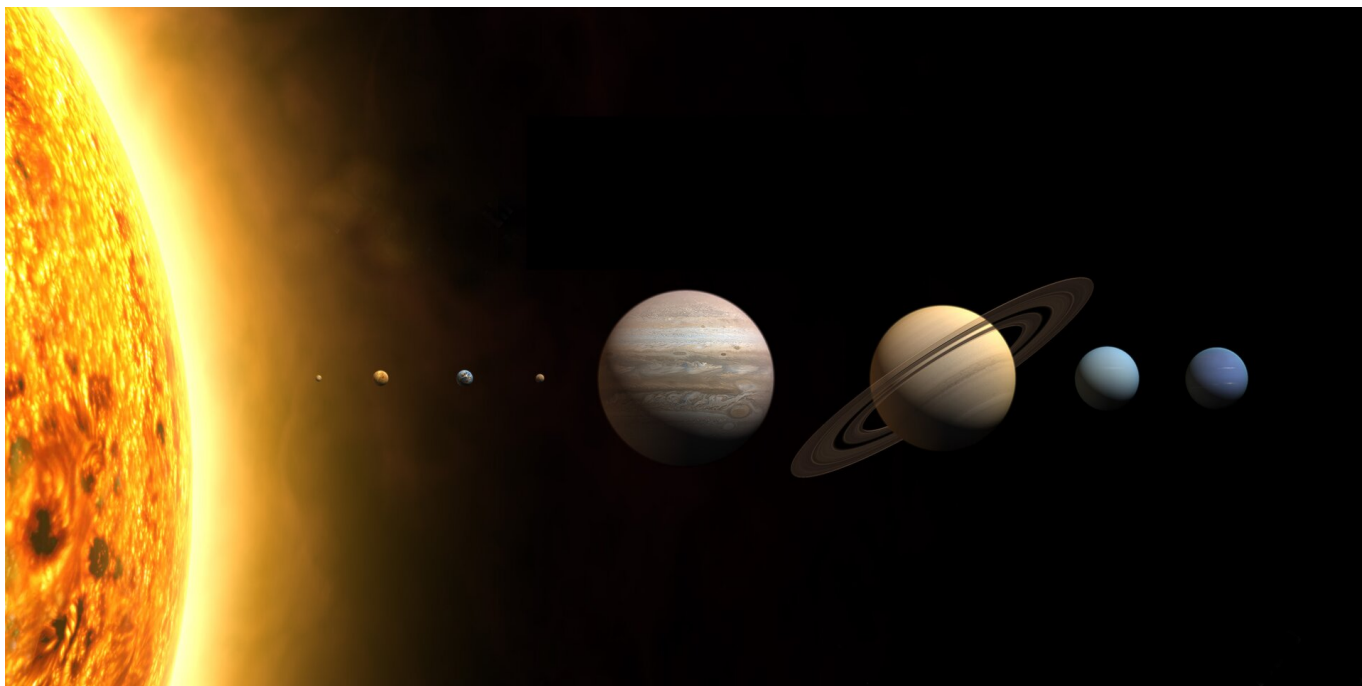




Co wiemy o księżycach Jowisza?

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



Co wiemy o księżycach Jowisza?

Źródło: dostępny w internecie: https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/pia12114_0.jpg [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Jowisz jest najmaszywniejszą planetą Układu Słonecznego, najbliższą Ziemi planetą gazową oraz (na ogół) drugą pod względem jasności planetą widoczną gołym okiem na nocnym niebie – Mars niekiedy bywa jaśniejszy. Jowisz jest obserwowany na różne sposoby: z Ziemi – gołym okiem, przez teleskopy znajdujące się na orbicie okołoziemskiej, jak również przez sondy kosmiczne. Jesteśmy w stanie wiele powiedzieć na temat planety, ale czy wiemy cokolwiek o jego księżycach? Jowisz ma aż 79 znanych księżyców (a przynajmniej taki jest stan naszej wiedzy na rok 2021)! Cztery z nich, nazwane na cześć odkrywcy księżycami Galileuszowymi, znane są już od początku XVII wieku. Czy księżyce Jowisza podobne są do ziemskiego Księżyca, który tak dobrze znamy z nocnego nieba? Czy wszystkie księżyce Jowisza są jedynie skałami krążącymi wokół planety, na których nic się nie dzieje? Księżyce Jowisza są najbardziej różnorodnym zbiorem naturalnych satelitów jednej planety, jaki jest znany w Układzie Słonecznym! Co jest tak niezwykłego w tych obiektach? Czym różnią się od siebie i od naszego Księżyca? Tego dowiesz się w tym e-materiale.

Twoje cele

- poznasz najważniejsze cechy księżyców Galileuszowych,
- będziesz umiał wymienić w kolejności najważniejsze księżyce Jowisza,
- poznasz metody odkrywania księżyców Jowisza,

- odróżnisz rodzaje księżyców Jowisza na podstawie zdjęć,
- wykorzystasz zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów i zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Historyczny przełom

Do czasów Galileusza, który zbudował pierwszy teleskop, poza ziemskim Księżycem nie był znany żaden inny [naturalny satelita](#) w Układzie Słonecznym. Tak Galileusz opisuje swoje odkrycie w dziele „Wysłannik gwiazd”, opublikowanym 12-go marca 1610 roku:

„Pozostała sprawa, która według mnie jest najważniejszej wagi – odkrycie czterech planet nigdy nie widzianych przez człowieka od stworzenia świata aż po dzień dzisiejszy, odkrycie poparte badaniami ich ustawień oraz obserwacją ich ruchów przez ostatnie dwa miesiące... Dnia zatem siódmego stycznia bieżącego tysiąc sześćset dziesiątego roku w pierwszej godzinie nocy, kiedy oglądałem ciała niebieskie przez lunetę, nadarzył mi się wówczas Jowisz. A ponieważ przygotowałem sobie bardzo dokładny przyrząd, spostrzegłem – co mi się nie udawało wskutek niedoskonałości poprzedniego przyrządu – że obok tej planety są trzy małe, ale jasno świecące gwiazdki. Chociaż uznałem je za gwiazdy stałe, wzbudziły we mnie pewną ciekawość, ponieważ ułożyły się dokładnie na linii prostej, równoległej do ekliptyki, i były jaskrawsze od innych podobnej wielkości.”

Tu następuje opis kilkudniowych obserwacji Galileusza w jego dziele. Opisuje on pełen zachwyty, jak w ciągu godzin obserwacji te niesamowite trzy obiekty przesuwają się po linii, na której leżały.

„Wtedy już doszedłem do niewątpliwego wniosku, że istnieją trzy gwiazdy niebieskie krążące wokół Jowisza, podobnie jak Wenus i Merkury krążą wokół Słońca. Stało się to zupełnie oczywiste z obserwacji, które nastąpiły później. Okazało się jednak, że nie trzech, a czterech wędrowców wykonuje swe obroty wokół Jowisza.”

Podczas conocnych obserwacji 16-tego stycznia Galileusz dostrzegł czwartą „gwiazdkę” leżącą na tej samej linii. Zrozumiał on wtedy, że obiekt ten do tej pory był niejako schowany za Jowiszem. Następnie podekscytowany astronom opisuje obserwacje i pomiary odległości między tymi obiektami oraz ich ruchu wraz z Jowiszem na tle gwiazd stałych w ciągu dwóch miesięcy.

„Mamy tu piękny i elegancki argument dla rozwiązania wątpliwości tych, którzy akceptują bez wahania obiegi planet wokół Słońca w systemie Kopernika, z niepokojem przyjmują, że jedynie Księżyc obiega Ziemię i towarzyszy jej w rocznym obiegu wokół Słońca. Niektórzy wyrażali przekonanie, że taka struktura świata winna być odrzucona jako niemożliwa. Teraz jednak mamy nie tylko jedną planetę obiegającą drugą i wraz z nią wykonującą obieg wokół Słońca, lecz na własne oczy możemy zobaczyć cztery gwiazdy wędrujące wokół Jowisza,

podobnie do Księżyca obiegającego Ziemię, przy czym wszystkie razem z Jowiszem zakreślają wielką orbitę wokół Słońca w obiegu trwającym dwanaście lat...”

Więcej o Galileuszu i jego dziełach dowiesz się z e-materiału „Kim był Galileusz?”.

Obserwacje Galileusza były przełomowym odkryciem w ówczesnym świecie. Każdy kto miał okazję przeczytać to dzieło, zachwycił się nim i opowiadał kolejnym osobom. Dopiero 300 lat później zaczęto odkrywać kolejne naturalne satelity Jowisza. Daty odkryć poszczególnych księżyców przedstawione zostały w Tabeli 1.

Dziś po ponad 400 latach wiemy, że Jowisz ma znanych 79 księżyców, ale cały czas dzięki rozwojowi nauki mogą zostać odkryte nowe, które za każdym razem tak samo zachwycają naukowców. Księżyce Jowisza pogrupowano ze względu na dużą ich różnorodność.

Podział księżyców Jowisza

Księżyce Jowisza dzieli się na dwie główne grupy oraz kilka podgrup:

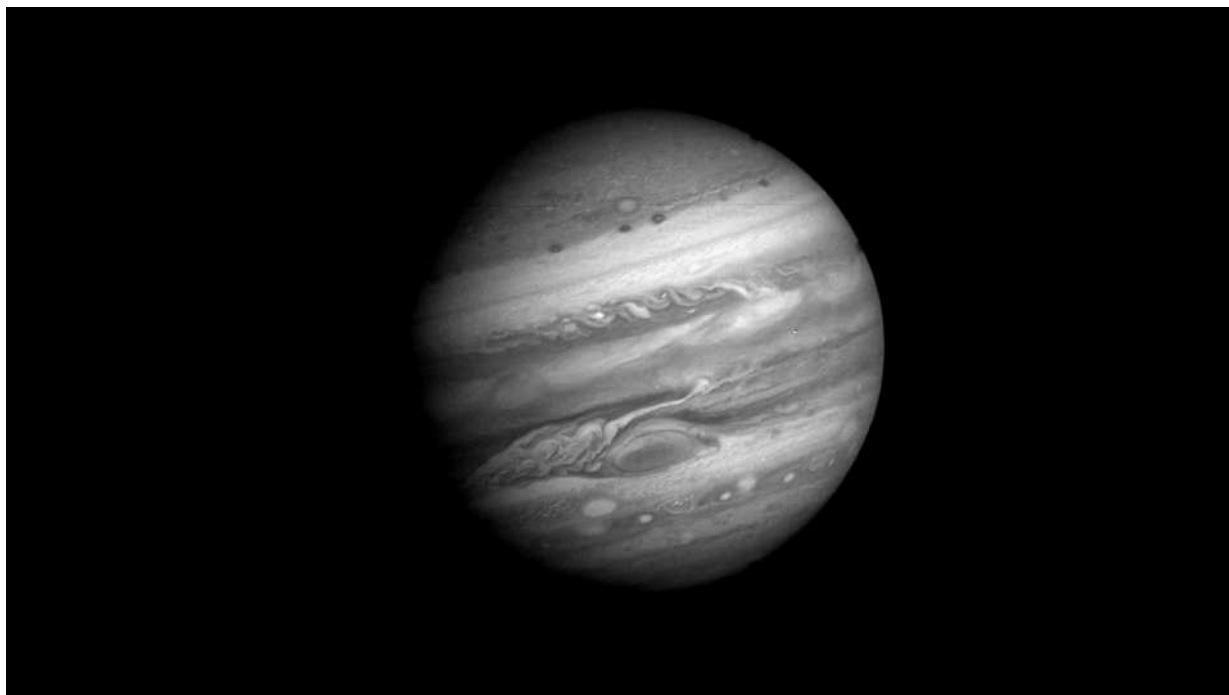
- księżyce regularne:

- grupa Amaltea lub księżyce wewnętrzne,
- księżyce Galileuszowe lub grupa główna (wyróżnione w tabeli),

- księżyce nieregularne:

- księżyce o ruchu prostym - ich ruch po orbicie jest zgodny z obrotem planety,
- księżyce o ruchu wstecznym - ich ruch po orbicie jest przeciwny do obrotu planety.

Podgrupy księżyców nieregularnych dzielą się na mniejsze pod względem podobieństw do jednego z księżyców tej grupy. Na przykład jedna podgrupa księżyców z grupy o ruchu prostym o nazwie Himalia charakteryzuje się podobną [inklinacją](#), nachyleniem osi obrotu oraz wiekiem i składem chemicznym księżyców. Prawdopodobnie księżyce należące do tej podgrupy powstały w tym samym czasie i zostały przyciągnięte do Jowisza z [pasa planetoid](#). Istnieje kilka księżyców, które należą do grupy o ruchu prostym, ale nie mają ani parametrów fizycznych, ani orbitalnych podobnych do pozostałych obiektów. Takimi księżycami są na przykład: Temisto, Karpo lub Valetudo.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RRzWdBtFstXjT>

Rys. 1. Zdjęcia Jowisza wykonane przez sondę Voyager 1.

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jupiter_from_Voyager_1_PIA02855_max_quality_fps1.ogv, domena publiczna.

Rys. 1. Na ilustracji widoczna jest animacja przedstawiająca planetę Jowisz. Na tle czarnej przestrzeni kosmicznej widoczna jest kulista, szara planeta. Na powierzchni planety widoczne są jasne pasy chmur tworzące się w płaszczyźnie prostopadłej względem osi obrotu planety. Chmury przesuwają się w kierunku lekko pochylonym w lewo od kierunku poziomego, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

Grupę retrograde dzieli się na trzy podgrupy: Karme, Anake i Pasifae. O małych księżycach, znajdujących się na dużych odległościach od Jowisza (ponad 10 mln km) niewiele wiadomo. Obiekty te są zbyt małe, aby dokonać dokładnych pomiarów ich budowy bez użycia sond kosmicznych znajdujących się blisko nich. Prawdopodobnie są to obiekty, które w wyniku zderzeń w przestrzeni okołojowiszowej rozdzieliły się na mniejsze i dzięki siłom grawitacji pozostały związane z planetą. Są to bardzo nieregularne skalisto-lodowe obiekty.

Tabela 1. Największe księżyce Jowisza w kolejności od najbliższego Jowiszowi wraz z ich charakterystyką. Wyróżniono cztery księżyce Galileuszowe

Nazwa	Półoś wielka w tys. km	Mimośród (ekscentryczność)	Okres obiegu w dniach	Średnica w km	Rok odkrycia
Metis	128,0	0,001	0,30	44	1979
Adrastea	129,0	0,002	0,30	16	1979

Amaltea	181,4	0,003	0,50	168	1892
Tebe	221,9	0,018	0,68	98	1979
Io	421,8	0,004	1,77	3643	1610
Europa	671,1	0,009	3,55	3122	1610
Ganimedes	1070,4	0,001	7,16	5262	1610
Kalisto	1882,7	0,007	16,69	4821	1610
Temisto	7507	0,242	130,00	9	1975
Leda	11165	0,164	240,9	18	1974
Himalia	11461	0,162	250,6	160	1904
Lyzitea	11717	0,112	259,2	38	1938
Elara	11741	0,217	259,6	78	1905
Ananke	21276	0,244	610,5	28	1951
Karme	23404	0,253	702,3	46	1938
Pazyfae	23624	0,409	708,0	58	1908
Sinope	23939	0,250	724,5	38	1914

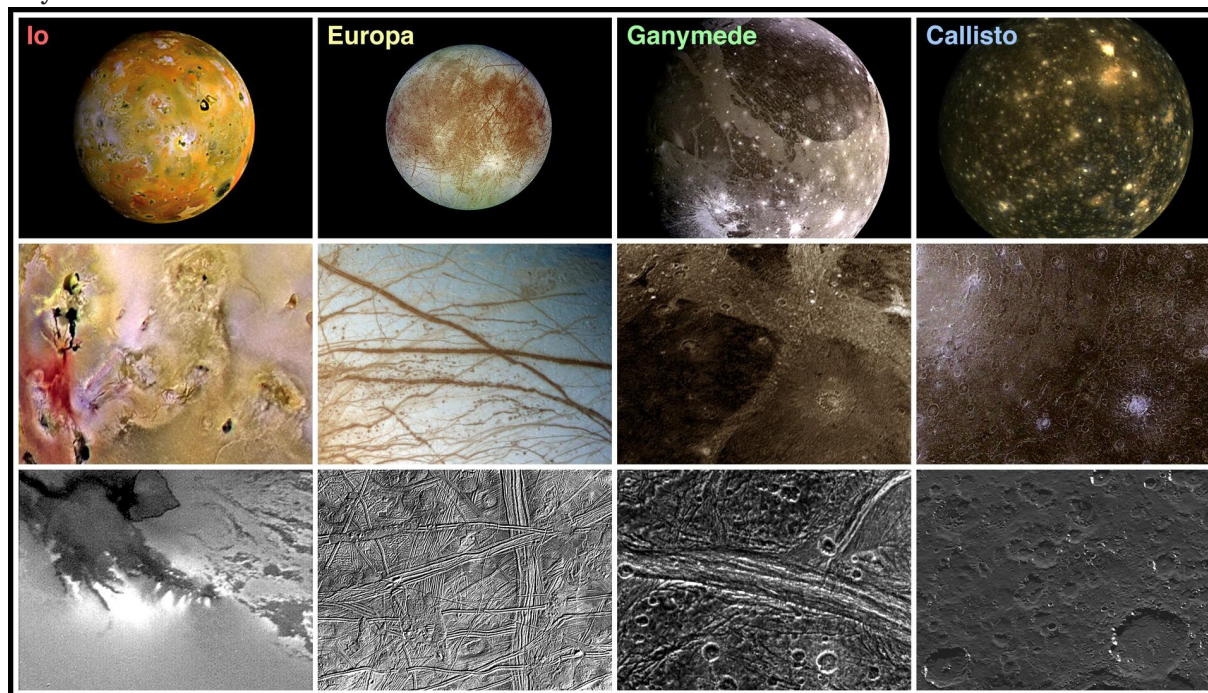
Pozostałe księżyce nie ujęte w tabeli to księżyce nieregularne, z czego 7 ma średnice z zakresu 5-7 km, a pozostałe średnice są mniejsze niż 5 km i zostały odkryte po 2000 roku.

Księżyce Galileuszowe – najważniejsze cechy



Rys. 2. Porównanie księżyców Galileuszowych z wielkością Jowisza. Od góry Io, Europa, Ganimedes i Kalisto.

Księżyce Galileuszowe są jednymi z największych znanych księżyców w Układzie Słonecznym. Ze względu na poruszanie się w silnym polu magnetycznym planety, każdy z tych księżyców ma niewielkie indukowane pole magnetyczne. I jest jeszcze jedno ciekawe zjawisko: na cztery obiegi Io wokół Jowisza przypadają dwa obiegi Europy i jeden Ganimedesa. Natomiast na trzy obiegi Ganimedesa przypada siedem obiegów Kalisto. Zjawisko to nazywa się **rezonansem orbitalnym**. Rezonans ten ma wpływ na kształt orbit – ich eliptyczność – oraz wymusza **siły pływowe**, które deformują księżyce oraz generują energię cieplną wewnątrz. Zjawiska fizyczne rządzące tym układem sprawiają, że każdy z księżyców jest inny.

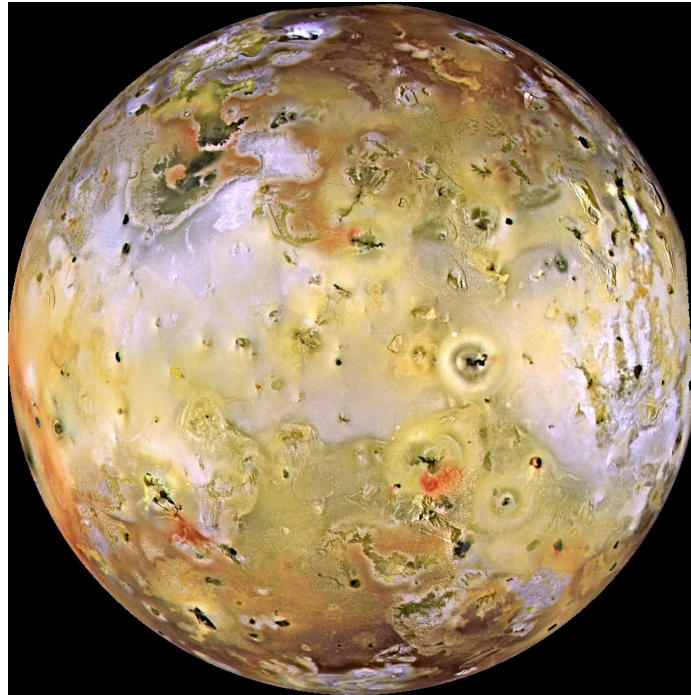


Rys. 3. Porównanie powierzchni księżyców Galileuszowych. Każda kolumna zestawienia odpowiada księżycowi w kolejności od najbliższego Jowiszowi, czyli Io, Europa, Ganimedes i Kalisto.

Źródło: dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jupiter.moons1.jpg> [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Io jest najbardziej wulkanicznym ciałem niebieskim w Układzie Słonecznym. Jego głównym budulcem są krzemiany, czyli takie same składniki, jak we wnętrzach planet skalistych. Wewnętrzne ciepło tego księżycy i ogromne wyrzuty lawy sięgające kilkuset kilometrów są wynikiem sił grawitacyjnych pochodzących z jednej strony od Jowisza, a z drugiej od masywnych Europy i Ganimedesa. Przez silną aktywność wulkaniczną powierzchnia Io cały czas się odnawia. Kolejne wybuchy wulkanów i pęknięcia cienkiej skorupy wypuszczają na powierzchnię stopione skały, które zalewają powierzchnię i zastygają, tworząc nową skorupę. Io ma również cieniutką atmosferę, której głównym składnikiem jest dwutlenek siarki. To właśnie siarka nadaje temu księżycowi żółto-pomarańczowy kolor. Atmosfera ta przechodzi w bardzo rzadką jonosferę, która tak jak i na innych ciałach niebieskich tworzy się w wyniku oddziaływania silnego promieniowania kosmicznego. Częsteczki z atmosfery, głównie dwutlenek siarki, zostają zjonizowane i zasilają jonosferę. Io porusza się w bardzo silnym polu magnetycznym Jowisza, indukującym prąd elektryczny w otoczeniu księżycy

i w jego atmosferze. Ponadto magnetosfera powoduje wywiewanie tej zjonizowanej materii z powierzchni Io w ilości około jednej tony na sekundę. Część materii wpada w atmosferę planety po trajektoriach zgodnych z liniami pola magnetycznego, tworząc torus materii pomiędzy Io a Jowiszem, a pozostała materia rozciąga się wokół planety. Zjonizowane cząsteczki powodują zorze polarne zarówno na Io, jak i na Jowiszu.



Rys. 4 Io.

Źródło: dostępny w internecie: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2379/io-3d-model/> [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Europa charakteryzuje się małą różnorodnością wysokości na powierzchni oraz licznymi chaotycznymi spękaniami. Nieliczne kratery na powierzchni wyglądają zupełnie inaczej niż te, które znajdują się na innych ciałach niebieskich. Kratery na Europie nie są głębokie, nie mają charakterystycznych wałów na obrzeżach oraz stożków centralnych. W środku kraterów oraz na ich krawędziach zauważyć można liczne spękania. Budowa wewnętrzna Europy jest wyraźnie zróżnicowana. Żelazne jądro otoczone jest krzemianami. Zewnętrzna warstwa płaszcza to ocean słonej wodny, który przykryty jest lodową skorupą. Istnienie wody w stanie ciekłym może być możliwe tak daleko od Słońca właśnie dzięki ogromnym siłom pływowym powodowanym przez Jowisza oraz Ganimedesa. Siły te generują wewnętrzne ciepło księżycy. Europa ma bardzo cienką i rzadką atmosferę składającą się głównie z wodoru i tlenu, które powstaje z rozkładu cząsteczek wody.



Rys. 5. Europa. Zdjęcie po prawej zostało wykonane przy użyciu fałszywych kolorów, które dzięki obserwacjom w podczerwieni uwidaczniają strukturę powierzchni lodowego księżyca.

Źródło: dostępny w internecie: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2388/europa-3d-model/> [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Ganimedes jest największym księżycem w Układzie Słonecznym, a ponadto jest większy od najmniejszej planety, czyli od Merkurego. Ma jednak małą gęstość, co sprawia, że jego masa stanowi zaledwie połowę masy Merkurego. Budowa wewnętrzna Ganimedesa jest podobna do budowy wewnętrznej Europy, lecz znacznie bardziej zróżnicowana. W samym środku znajduje się żelazne jądro, które przykrywa gruby, krzemianowy płaszcz. Powyżej płaszcz znajdują się warstwy naprzemienne gęstego lodu oraz słonej wody. Tak zwany gęsty lód nie występuje naturalnie na Ziemi. Powstaje on we wnętrzu księżyca pod wpływem bardzo wysokiego ciśnienia. Prawdopodobnie jest to lód-II, czyli odmiana trygonalna powstająca przy ciśnieniu rzędu 300 MPa. Skorupa Ganimedesa, tak jak i Europy, jest lodowa. Jednak powierzchnia Ganimedesa jest zróżnicowana. Jaśniejsze obszary charakteryzują się występowaniem rowów i są młodsze geologicznie. Natomiast starsze, ciemniejsze obszary, charakteryzują się występowaniem kraterów. Na powierzchni występują również góry, które prawdopodobnie wypiętrzyły się podczas przesuwania się płyt, na Ziemi nazywanych kontynentalnymi. Ganimedes ma bardzo rzadką tlenową atmosferę. Jest ona wynikiem dysocjacji lodu z powierzchni podczas napromieniowania. Cząsteczki lodu z powierzchni rozpadają się. Wodór powstały w tej reakcji, w większości zostaje uwolniony do przestrzeni kosmicznej – podobnie jak w atmosferze Europy.

Co ciekawe Ganimedes jest jedynym znanym księżycem w Układzie Słonecznym mającym własne dipolowe (a nie tylko indukowane) pole magnetyczne. Prawdopodobnie część jądra jest ciekła i pole magnetyczne wytwarza się poprzez efekt dynama, dokładnie tak jak na Ziemi.



Rys. 6. Ganimedes.

Źródło: dostępny w internecie: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2385/ganymede-3d-model/> [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Kalisto jest drugim co do wielkości księżycem Jowisza, a także trzecim co do wielkości księżycem Układu Słonecznego. Księżyc ten ma bardzo starą powierzchnię, usianą kraterami i nie przejawiającą żadnej aktywności. Kalisto jest najciemniejszym z księżyców Jowisza – odbija niespełna 17% promieniowania słonecznego. Część badań wskazuje, że pod bardzo grubą skorupą znajduje się słony ocean o grubości zaledwie 10 km. Głębsze warstwy Kalisto to prawdopodobnie mieszanina krzemianów i wody, która wraz z głębokością zmienia się – wzrasta ilość krzemianów. To powoduje, że Kalisto nie ma wydzielonego żelaznego jądra, tak jak pozostałe księżyce Galileuszowe. Jednak ze względu na niedostateczną ilość badań budowa wewnętrzna Kalisto jest nadal do końca nie wyjaśniona.

Ciekawostką jest to, że NASA rozważa wybudowanie bazy na Kalisto w celu eksploracji układu Jowisza. Powierzchnia księżycy jest stabilna, promieniowanie jest nieznaczne, więc to najlepsze miejsce postojowe dla statków kosmicznych.



Rys. 7. Kalisto.

Źródło: dostępny w internecie: <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2402/callisto-3d-model/> [dostęp 13.05.2022], domena publiczna.

Słowniczek

naturalny satelita - księżyc

(ang.: *natural satellite*) - ciało niebieskie pochodzenia naturalnego, okrążające planetę, planetę karłowatą lub planetoidę. Księżyc pisany wielką literą oznacza naturalnego satelitę Ziemi, natomiast inne księżyce w Układzie Słonecznym mają swoje nazwy zazwyczaj związane z nazwą planety, lub numer.

jednostka astronomiczna [au]

(ang.: *astronomical unit*) - średnia odległość Ziemi od Słońca używana przy określaniu odległości planet i obiektów w układach planetarnych

rezonans orbitalny

(ang.: *orbital resonance*) - zjawisko związane z obiegiem dwóch ciał niebieskich wokół masywnego ciała, w którym te dwa ciała pozostają w pewnym związku grawitacyjnym między sobą. Najmniej masywne ciało (księżyc) wykonuje pewną wielokrotność obiegów drugiego ciała (księżyc) wokół najbardziej masywnego (Jowisz).

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 wielkiej półosi elipsy (gdy $e=0$ to elipsa jest okręgiem)

inklinacja

(ang.: *orbital inclination*) - kąt nachylenia orbity planety do ekliptyki (płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca); w przypadku księżyców jest to kąt nachylenia orbity księżycy do orbity planety, wokół której krąży.

pas planetoid

(ang.: *asteroid belt*) - obszar pomiędzy Marsem i Jowiszem o szerokości nieco ponad jednej jednostki astronomicznej, w którym znajdują się małe ciała niebieskie i planeta karłowata.

siły pływowe

(ang.: *tidal forces*) - siły, które działają na rozciągle ciało w polu grawitacyjnym. Ze względu na rozmiary ciała istnieje różnica w wartości siły grawitacyjnej działającej na różne jego fragmenty.

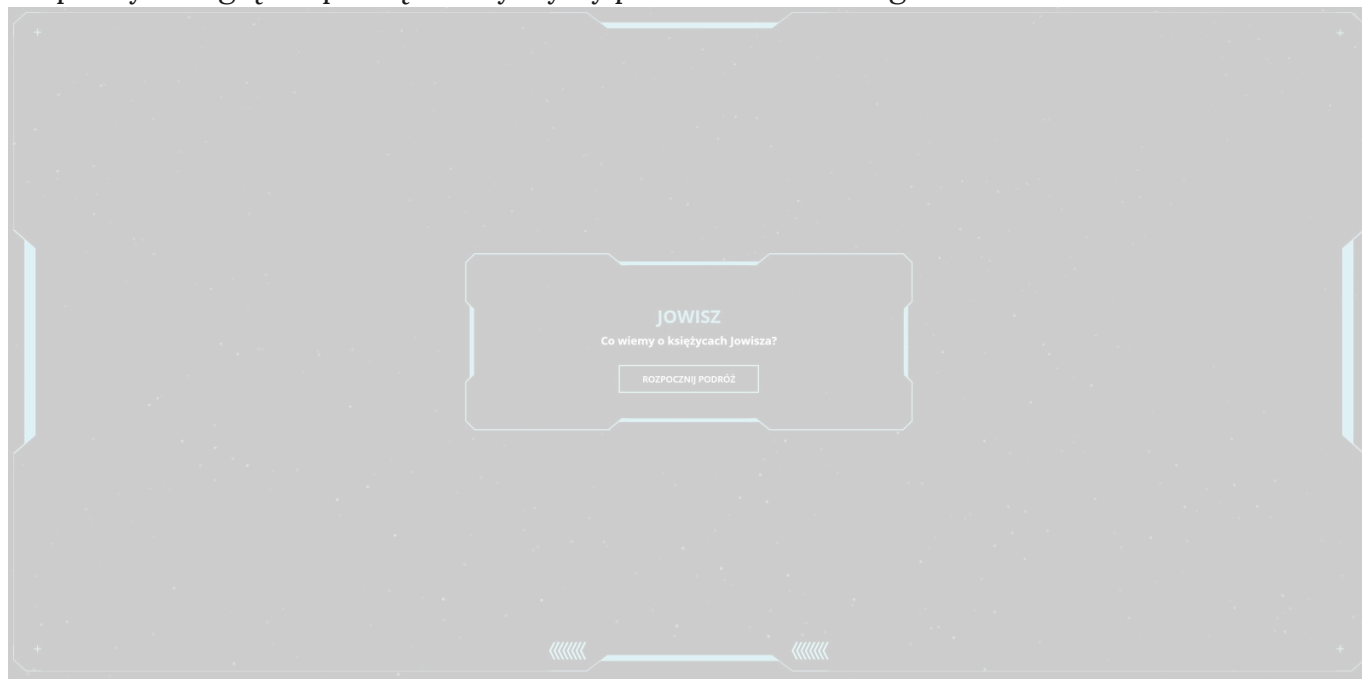
Gra edukacyjna

Co wiemy o księżycach Jowisza?

Gra edukacyjna, którą masz przed sobą, przypomina wirtualną podróż statkiem kosmicznym. Jako młody kosmonauta przemierzasz przestrzeń kosmiczną. W trakcie podróży statek ulega awarii i musisz go naprawić, prawidłowo odpowiadając na pytania związane z problematyką lotu.

W każdej chwili możesz skorzystać z podpowiedzi wciskając guzik „Houston, mamy problem”. Za każdą poprawną odpowiedź zdobywasz 1 punkt. Jeżeli jednak korzystasz z podpowiedzi przed wybraniem odpowiedzi, zyskujesz 0,5 pkt. Jeżeli raz poprawiasz odpowiedź, dostajesz o 0,25 pkt mniej, lecz po drugiej poprawce przechodzisz do następnego pytania bez dopisania punktów.

Gra składa się z trzech etapów. Do następnego etapu możesz przejść tylko wtedy, gdy osiągniesz minimalną, wyświetlaną w komunikacie liczbę punktów. Jeśli masz ich mniej – rozpoczynasz grę od początku. Życzymy powodzenia i miłego lotu!



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D7mBKrlkV>

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



W którym roku odkryto pierwsze księżyce Jowisza? Odpowiedź wpisz jako liczbę.

Odpowiedź: W roku.

Ćwiczenie 2



Wskaż instrument badawczy, który umożliwił odkrycie pierwszych księżyców Jowisza.

☐ teleskop

☐ teleskop umieszczony na orbicie okołoziemskiej

☐ sonda kosmiczna

Ćwiczenie 3



Podaj, który ze znanych księżyców Jowisza krąży najbliższej macierzystej planety.

Jest to

Ćwiczenie 4

Uporządkuj księżyce Jowisza w kolejności od najmniejszego do największego.

Himalia



Ganimedes



Io



Ananke



Kalisto



Europa



Amaltea



Ćwiczenie 5



Wskaż wszystkie księżyce Galileuszowe Jowisza.

Metis

☐

,

Ganimedes

☐

,

Amaltea

☐

,

Io

☐

,

Kalisto

☐

,

Tebe

☐

,

Europa

☐

,

Himalia

☐

,

Ananke

☐

,

Temisto

☐

.

Ćwiczenie 6



Ułóż księżyce Galileuszowe w kolejności występowania od najbliższego do najdalszego od Jowisza.

Kalisto



Io



Europa



Ganimedes



Ćwiczenie 7

Uzupełnij poprawnie poniższe zdania.

Główny podział w grupie księżyców nieregularnych Jowisza związany jest Księżyce regularne dzieli się na .

z wielkością i masą

ze składem chemicznym

księżyce o ruchu prostym i o ruchu wstecznym

z ruchem po orbicie

główne i wewnętrzne

małe i duże

Ćwiczenie 8



Wskaż pochodzenie większości księżyców Jowisza.

☐ Oderwały się od planety w wyniku ogromnego zderzenia

☐ Są to przechwycone grawitacyjnie drobne ciała niebieskie

☐ Powstały z pierwotnej mgławicy wraz z Jowiszem

Ćwiczenie 9



Ile księżyców Galileuszowych prawdopodobnie posiada ocean słonej wody pod powierzchnią?
Odpowiedź wpisz jako cyfrę.

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Monika Sitek
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Co wiemy o księżycach Jowisza
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 9) opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej, roku świetlnego i parseka.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. rozróżnia księżyce Jowisza na podstawie zdjęć, 2. wymienia najważniejsze cechy księżyców Galileuszowych, 3. opisuje typy księżyców Jowisza.
Strategie nauczania	game-based learning
Metody nauczania	pogadanka; burza mózgów, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w parach
Środki dydaktyczne:	urządzenia multimedialne dla uczniów w celu rozegrania gry edukacyjnej oraz prezentacji zdjęć pomocniczych w lekcji
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoczyna zajęcia od pytań: Co to jest księżyc? Ile księżyców może mieć planeta? Skąd się biorą naturalne satelity wokół planet? Następnie nauczyciel prowadzi otwartą dyskusję na temat księżyców, kładąc nacisk na księżyce Jowisza. Notuje na tablicy fakty z dotychczasowej wiedzy, które przytaczają uczniowie (nie wszyscy uczniowie muszą się z nimi zgadzać). Nauczyciel pyta uczniów czego chcieliby się dowiedzieć o księżycach Jowisza? Co byłoby dla nich ciekawe? Na tablicy wypisane zostają cele lekcji w oparciu o opinie uczniów.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie w parach rozgrywają grę edukacyjną z tego e-materiału. Każda para musi zanotować swój wynik i czas przebiegu gry. Nauczyciel tworzy ranking: wygrywa para, która miała najwięcej punktów i najlepszy czas. Nauczyciel kontroluje każdy etap gry i stara się stworzyć zestawienie zagadnień, z którymi uczniowie radzili sobie najsłabiej (parametry fizyczne, rozkład księżyców, skład chemiczny i budowa księżyców Galileuszowych). Można zrobić to zestawienie na podstawie opinii samych uczniów. Nauczyciel przeprowadza pogadankę połączoną z dyskusją na tematy, które najbardziej zaniepokoiły uczniów oraz sprawiły im największą trudność w grze, a także poszerza już zdobytą wiedzę uczniów o tematy związane z podziałem księżyców Jowisza, ich typami i podgrupami. Uczniowie powinni brać czynny udział w pogadance – jeżeli, ktoś z uczniów zna interesujący fakt o księżycach Jowisza powinien zaprezentować to klasie. Uczniowie muszą sprawdzić czy fakty przedstawione na początku lekcji – zanotowane na tablicy, są zgodne z prawdą.	
Faza podsumowująca:	

Nauczyciel prezentuje w zwartej i jasnej formie księżyc Jowisza, głównie księżyc Galileuszowe. Podczas podsumowania wyświetla na tablicy zdjęcie księżycy, o którym w danym momencie jest mowa, aby utrwalić uczniom obraz księżycy z faktami i zjawiskami na nim występującymi.

Uczniowie w parach dobranych przez nauczyciela (uczeń z pary z najlepszym wynikiem z uczniem ze słabym wynikiem w grze) wykonują zestaw ćwiczeń sprawdzających.

Nauczyciel pyta uczniów o to, czy osiągnęli postawione cele, w jakim stopniu pogłębili swoją wiedzę na temat Jowisza. Ranking najlepszych wyników w grze i w teście samosprawdzającym może posłużyć ewaluacji uczniów.

Praca domowa:

Zestawienie cech podobnych i cech przeciwnych księżyców galileuszowych w postaci tabeli.

Praca dodatkowa dla chętnych: porównanie znanych księżyców w całym Układzie Słonecznym.

**Wskazówki metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Gra edukacyjna może posłużyć uczniom do powtórzenia i utrwalenia wiadomości o księżycach Jowisza.