

Układ Słoneczny

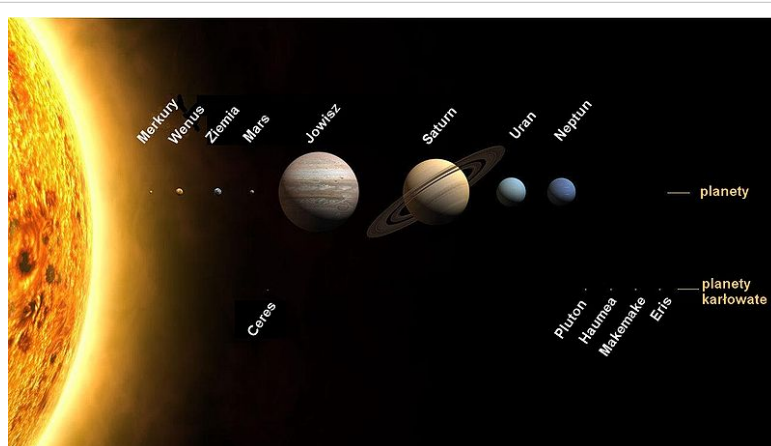
Układ Słoneczny – układ planetarny składający się ze Słońca i powiązanych z nim grawitacyjnie ciał niebieskich. Ciała te to osiem planet, 166 znanych księżyców^[1], pięć planet karłowatych i miliardy małych ciał Układu Słonecznego, do których zalicza się planetoidy, obiekty pasa Kuipera, komety, meteoroidy i pył okołoplanetarny.

Zbadane regiony Układu Słonecznego zawierają, licząc od Słońca: cztery planety skaliste (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars), pas planetoid

składający się z małych skalistych ciał, cztery zewnętrzne planety-olbrzymy (Jowisz, Saturn, Uran, Neptun) oraz drugi pas – pas Kuipera, składający się z obiektów skalno-lodowych. Za pasem Kuipera znajduje się dysk rozproszony, dużo dalej heliopauza i w końcu hipotetyczny obłok Oorta. Odkryto także pięć planet karłowatych: Ceres (największy obiekt w pasie planetoid), Pluton (do 2006 uznawany za 9. planetę Układu), Haumea, Makemake (drugi co do wielkości obiekt w pasie Kuipera) i Eris (największy znany obiekt w dysku rozproszonym).

Sześć z ośmiu planet i trzy z planet karłowatych mają naturalne satelity, zwane księżycami. Każda z planet zewnętrznych jest otoczona pierścieniami złożonymi z pyłu kosmicznego. Wszystkie planety z wyjątkiem Ziemi i Urana (który zawdzięcza nazwę greckiemu bóstwu Uranosowi) noszą imiona bóstw z mitologii rzymskiej.

Szacuje się, że formowanie się i ewolucja Układu Słonecznego rozpoczęły się 4,6 miliarda lat temu, gdy na skutek grawitacyjnego zapadnięcia się części niestabilnego obłoku molekularnego rozpoczął się proces formowania Słońca i innych gwiazd. Układ wciąż podlega ewolucyjnym i chaotycznym zmianom i nie będzie istniał wiecznie w obecnej postaci. Za około 3 miliardy lat oczekiwane jest zderzenie Galaktyki Andromedy z Drogą Mleczną, a w ciągu około 5 miliardów lat Słońce powiększy wielokrotnie swoją średnicę stając się czerwonym olbrzymem, co doprowadzi do zniszczenia planet skalistych, wliczając w to Ziemię. Następnie Słońce odrzuci swoje zewnętrzne warstwy jako mgławicę planetarną i przekształci się w białego karła, którego temperatura i jasność będą stopniowo spadać aż do całkowitej "śmierci" gwiazdy.



Słońce, planety i planety karłowate Układu Słonecznego; wielkości w skali, odległości nie zachowują skali

Terminologia

Obiekty orbitujące wokół Słońca są podzielone na trzy grupy: planety, planety karłowate i małe ciała Układu Słonecznego.

Astronomowie zwykle mierzą odległości w Układzie Słonecznym w jednostkach astronomicznych (skrót: *j.a.* lub *AU*). Jedna jednostka astronomiczna to średnia odległość pomiędzy Ziemią a Słońcem czyli około 149 598 000 km. Pluton jest odległy o około 39,3 *j.a.* od Słońca,

podczas gdy Jowisz krąży po orbicie odległej o około 5,2 *j.a.* od Słońca. Jeden rok świetlny, jednostka używana do wyrażania odległości międzygwiazdowych, to około 63 240 *j.a.*

Nieformalnie, Układ Słoneczny jest czasami dzielony na oddzielne strefy. Wewnętrzny Układ Słoneczny zawiera cztery planety skaliste i główny pas planetoid. Czasami definiuje się zewnętrzny Układ Słoneczny jako obejmujący wszystko poza pasem planetoid^[2]. Od czasu odkrycia pasa Kuipera, niektórzy używają tego określenia dla obszaru poza orbitą Neptuna, a wtedy gazowe olbrzymy stanowią "strefę środkową"^[3].

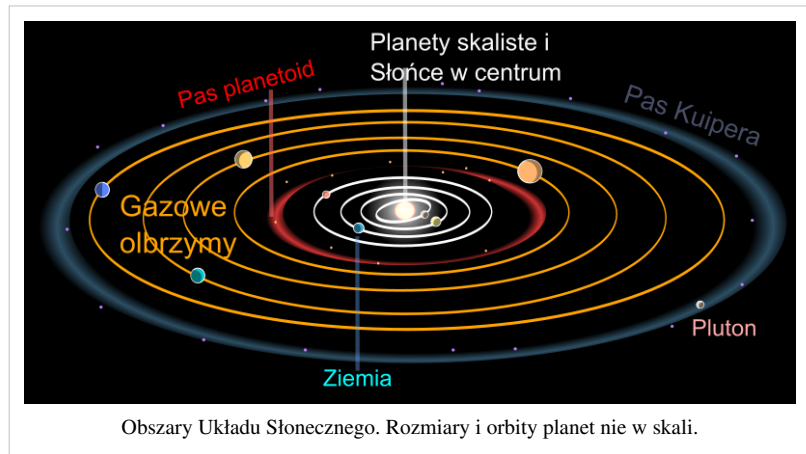
Planeta

Jest to ciało niebieskie, które znajduje się na orbicie wokół Słońca, ma wystarczającą masę aby własną grawitacją pokonać siły ciała stałego tak, aby wytworzyć kształt odpowiadający równowadze hydrostatycznej (prawie okrągły) i wyczyścić przestrzeń w pobliżu swojej orbity, oraz nie jest satelitą.

Planeta karłowata

Jest to ciało niebieskie, które znajduje się na orbicie wokół Słońca, ma wystarczającą masę aby własną grawitacją pokonać siły ciała stałego tak, aby wytworzyć kształt odpowiadający równowadze hydrostatycznej (prawie okrągły), nie wyczyściło przestrzeni w pobliżu swojej orbity, oraz nie jest satelitą.

Wszystkie pozostałe obiekty okrążające Słońce, oprócz satelitów, powinny być określane wspólnie jako "małe ciała Układu Słonecznego".



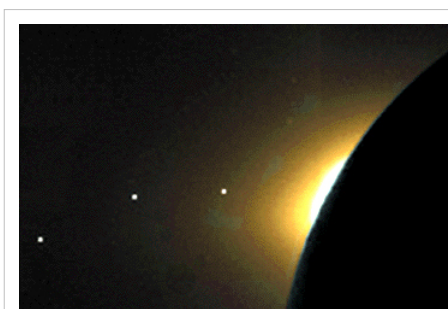
Powstanie i ewolucja

Układ Słoneczny powstał około 4,6 miliarda lat temu z zagęszczenia obłoku molekularnego. Owa stosunkowo rzadka chmura gazu (przede wszystkim wodoru i helu) i pyłu kosmicznego o średnicy kilku lat świetlnych, zapadła się grawitacyjnie – prawdopodobnie pod wpływem jakiegoś zaburzenia zewnętrznego, związanego na przykład z niedalekim wybuchem supernowej. Kurczeniu się obłoku odpowiadało zwiększanie się gęstości, szczególnie w centrum, oraz formowanie się wirującego coraz szybciej dysku protoplanetarnego o średnicy około 200 j.a.^[4] Centralny obiekt dysku – protogwiazda – w końcu przekształcił się w Słońce, a w otaczającym je dysku poszczególne ciała niebieskie: przede wszystkim planety, ale także i pozostałe składniki Układu Słonecznego.



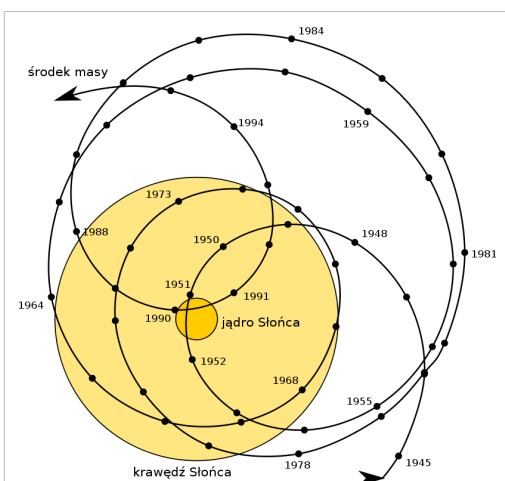
Artystyczna wizja dysku protoplanetarnego

Struktura



Ekliptyka widziana w świetle słonecznym zza Księżyca. Zdjęcie sondy Clementine. Od lewej: Merkurym, Mars, Saturn.

Centrum Układu Słonecznego stanowi Słońce, gwiazda ciągu głównego typu widmowego G2, która zawiera 99,86% znanej masy Układu^[5] i dominuje w nim grawitacyjnie^[6]. Jowisz i Saturn, dwa największe ciała orbitujące wokół Słońca, stanowią więcej niż 90% pozostałej masy układu^{[7] [8] [9] [10]}.



Położenie środka ciężkości Układu Słonecznego względem Słońca w latach 1945 - 1995

Większość orbit dużych ciał krążących wokół Słońca położona jest blisko płaszczyzny orbity ziemskiej, zwanej ekliptyką, podczas gdy orbity komet i obiektów Pasa Kuipera są zwykle położone pod większym kątem do ekliptyki.

Wszystkie planety i większość innych ciał okrążają Słońce zgodnie z kierunkiem jego własnej rotacji (przeciwnej do wskazówek zegara, patrząc z góry na biegun północny Słońca). Istnieją też wyjątki, takie jak Komety Halleya.

Orbitalny ruch ciał niebieskich obiegających Słońce opisał Jan Kepler, formułując prawa ruchu planet. Według I prawa Keplera każde ciało krąży (w przybliżeniu) po elipsie, a Słońce leży w jednym z ognisk elipsy. Im bliżej Słońca znajduje się ciało, tym szybciej się porusza. Orbity planet są zbliżone do okręgu, jednak wiele komet, planetoid i obiektów Pasa Kuipera krąży po silnie wydłużonych elipsach. Z tego powodu odległość ciała niebieskiego od Słońca zmienia się w trakcie obiegu Słońca. Maksymalne zbliżenie do Słońca nazywane jest peryhelium, a największe oddalenie – aphelium.

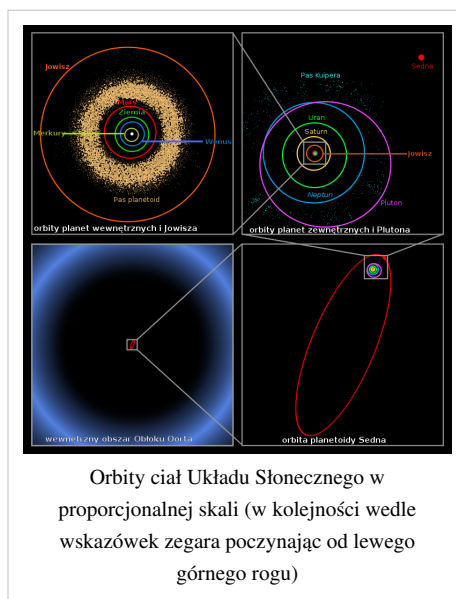
Ze względu na ogromne różnice w stosunkach odległości wiele wizualizacji Układu Słonecznego ukazuje orbity planet w podobnych do siebie odległościach. W rzeczywistości, z kilkoma wyjątkami, im dalej planeta lub pas planetoid znajduje się od Słońca, tym bardziej rośnie odległość pomiędzy jej orbitą a orbitą poprzedniego ciała. Na przykład Wenus znajduje się średnio o 0,33 j.a. dalej niż Merkury, podczas gdy Saturn znajduje się o 4,3 j.a. dalej od Jowisza, a Neptun krąży o 10,5 j.a. dalej od Urana. Podejmowano próby, aby określić związek pomiędzy tymi odległościami (patrz: Reguła Titiusa-Bodego), jednak żadna tego typu teoria nie znalazła wytłumaczenia i nie została zaakceptowana.

Słońce

Duża masa Słońca umożliwiła uzyskanie wystarczająco wysokiej temperatury, by mogła zachodzić reakcja termojądrowa, uwalniająca ogromne ilości energii, która jest wysyłana w przestrzeń w większości jako promieniowanie elektromagnetyczne, w tym i światło widzialne.

Gwiazdy porządkuje się na diagramie Hertzsprunga-Russella, na którym umieszcza się je według jasności absolutnej i temperatury powierzchni. Słońce jest klasyfikowane jako umiarkowanie duży żółty karzeł, jednak ta nazwa może być myląca ponieważ, w porównaniu do innych gwiazd w Galaktyce, Słońce jest raczej duże i jasne. Większość gwiazd na diagramie Hertzsprunga-Russella położona jest w obszarze nazywanym ciągiem głównym; Słońce leży właśnie pośrodku tego obszaru. Gwiazdy jaśniejsze i gorętsze od Słońca występują rzadko. Gwiazdy ciemniejsze i chłodniejsze są powszechne^[11].

Miejsce Słońca w ciągu głównym określa go jako gwiazdę w "sile wieku". Nie wyczerpało ono jeszcze swojego zapasu wodoru niezbędnego do reakcji termojądrowej. Spalając wodór, Słońce staje się coraz jaśniejsze. We wcześniejszych etapach swojego życia jego jasność wynosiła 75% obecnej jasności^[12].



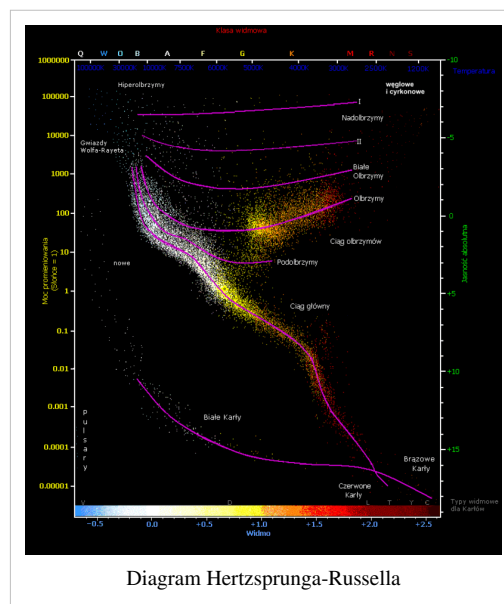
Orbity ciał Układu Słonecznego w proporcjonalnej skali (w kolejności wedle wskazówek zegara poczynając od lewego górnego rogu)



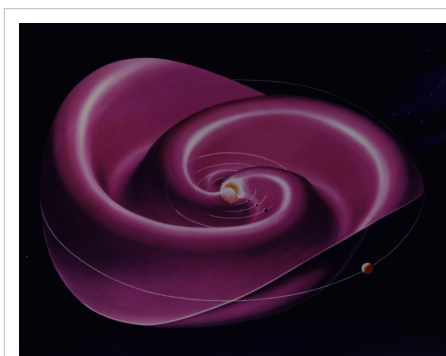
Słońce widziane w promieniach X

Obliczenia dotyczące stosunku wodoru i helu wskazują, że znajduje się ono mniej więcej w połowie swojego życia jako gwiazda ciągu głównego. W końcu, za około pięć miliardów lat, Słońce zacznie się znacznie szybciej zmieniać i opuści ciąg główny - stanie się znacznie większe i chłodniejsze (czerwieńsze), zmieniając się w czerwonego olbrzyma^[13]. Wówczas jego jasność absolutna będzie kilka tysięcy razy większa od obecnej, ale temperatura jego powierzchni będzie znacznie mniejsza, taka jak rozżarzonego węgla w ognisku (około 500 °C).

Słońce jest gwiazdą I populacji; narodziło się w późniejszych etapach ewolucji Wszechświata. Zawiera więcej pierwiastków cięższych od wodoru i helu czyli tzw. "metali" (mówiąc w żargonie astronomicznym) niż starsze gwiazdy II populacji^[14]. Pierwiastki cięższe niż wodór i hel powstają tylko w jądrach gwiazd, a pierwiastki cięższe od żelaza tylko podczas eksplozji gwiazd. Pierwsze pokolenie gwiazd (hipotetycznej III populacji i częściowo II populacji) zakończyło swoją ewolucję w akcie eksplozji supernowej, dzięki czemu wszechświat został wzbogacony o atomy pierwiastków ciężkich. Najstarsze gwiazdy zawierają niewiele metali, podczas gdy gwiazdy powstałe później zawierają ich więcej. Ta właśnie duża zawartość metali jest, jak się wydaje, decydująca dla faktu, że Słońce wytworzyło układ planetarny, gdyż planety formują się z dysków zawierających pył kosmiczny^[15].



Materia międzyplanetarna



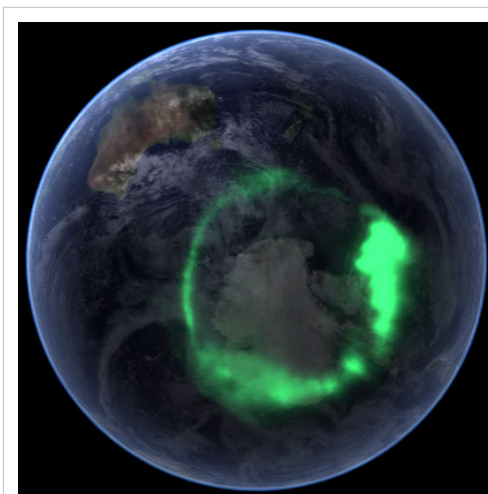
Artystyczna wizja spirali Parkera przedstawiającej zmiany pola magnetycznego w płaszczyźnie równikowej Słońca wywołane zmianami wiatru słonecznego. W wyniku obrotu Słońca zmiany przybierają kształt spirali. Okręgi ukazują orbity 5 planet (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz)

Oprócz światła, Słońce wyrzuca strumień naładowanych cząstek, głównie protonów i elektronów, znany jako wiatr słoneczny. Cząstki te są wyrzucane z prędkością około 1,5 miliona km/h^[16], strumień ten jest hamowany przez pole magnetyczne Słońca, a w dużej odległości od gwiazdy także przez wiatry ośrodka międzygwiazdowego (galaktyczne); ocenia się, że wiatr słoneczny sięga do odległości co najmniej 100 j.a. Aktywność słoneczna wpływa na intensywność wiatru słonecznego, poprzez burze magnetyczne oraz koronalne wyrzuty masy, tworząc tak zwaną *kosmiczną pogodę*^[17].

Pole magnetyczne Ziemi chroni jej atmosferę przed wiatrem słonecznym. Wenus i Mars nie mają pola magnetycznego, dlatego wiatr słoneczny powoduje, że ich atmosfery są powoli wywiewane w przestrzeń^[18]. Interakcja wiatru słonecznego z polem magnetycznym planety tworzy zorze polarne obserwowane w pobliżu biegunów Ziemi, a także planet-olbrzymów.

Przez Układ Słoneczny przechodzi także promieniowanie kosmiczne pochodzące spoza układu. Wiatr słoneczny w obrębie heliosfery (zwłaszcza w gęstszym płaszczu) i planetarne pola magnetyczne częściowo chronią przed nim Układ Słoneczny, choć nie wiadomo, w jakim stopniu. Nie jest także znany wpływ zmian pola magnetycznego Słońca na gęstość promieniowania kosmicznego w ośrodku międzyplanetarnym^[19].

Materia międzyplanetarna jest miejscem występowania co najmniej dwóch dyskowatych obszarów pyłu kosmicznego. Pierwszy, zodiakalny obłok pyłu, leży w wewnętrznej części Układu Słonecznego i powoduje powstawanie światła zodiakalnego. Prawdopodobnie tworzą go kolizje w pasie planetoid^[20]. Drugi rozciąga się w obszarze od około 10 j.a. do ok. 40 j.a., a powstał prawdopodobnie wskutek podobnych kolizji w pasie Kuipera^{[21] [22]}.



Zorza polarna wokół bieguna południowego zarejestrowana przez satelitę NASA IMAGE

Większe ciała niebieskie

Słońce i planety Układu Słonecznego

LP	Planeta/Gwiazda	Symbol	Średnica równikowa (km oraz średnica Ziemi)	Masa (10 ²¹ kg oraz MZ)	Odległość od Słońca (km oraz j.a.)	Czas obiegu (dni / lat ziemskich)	Okres obrotu.	Księżycy	Rodzaj
	Słońce	☉	ok. 1 392 000 109	ok. 1 989 100 000 332 950	-	-	25d 9h 7m	-	gwiazda
1	Merkury	☿	4 879 0,3825	330,2 0,0552	57 909 170 0,3871	87,969 0,2408	58d 15h 26m	0	skalista
2	Wenus	♀	12 104 0,9489	4 868,5 0,8149	108 208 926 0,7233	224,701 0,6152	243d 0h 27m	0	skalista
3	Ziemia	♁	12 756 1,0000	5 974,2 1,0000	149 597 887 1,0000	365,256 1,0000	23h 56m 04s	1	skalista
4	Mars	♂	6 805 0,5335	641,9 0,1074	227 936 637 1,5237	686,960 1,8808	24h 37m 23s	2	skalista
5	Jowisz	♃	142 984 11,2092	1 898 600,8 317,8000	778 412 027 5,2034	4 333,287 11,8637	9h 55m 30s	63	gazowa
6	Saturn	♄	120 536 9,4494	568 516,8 95,1620	1 426 725 413 9,5371	10 756,200 29,4484	10h 39m 22s	62	gazowa
7	Uran	♅	51 118 4,0074	86 841,0 14,5360	2 870 972 220 19,1913	30 707,490 84,0711	17h 14m 24s	27	gazowa
8	Neptun	♆	49 528 3,8827	102 439,6 17,1470	4 498 252 900 30,0690	60 223,353 164,8799	16h 06m 36s	13	gazowa

Planety skaliste krążą blisko Słońca, mają niewielkie rozmiary i stosunkowo wysoką gęstość. Prędkość obrotu wokół własnej osi jest mała, mają

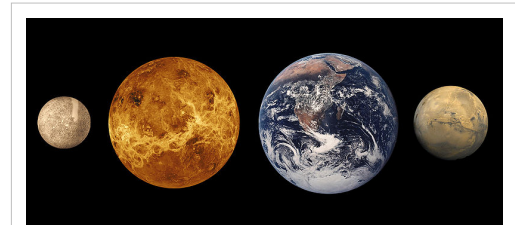


Względne odległości dzielące ciała niebieskie w Układzie Słonecznym

niewiele satelitów. Planety gazowe położone dalej od Słońca są dużo większe, mają małą gęstość, a prędkość obrotu wokół własnej osi jest większa. Każda z nich posiada wiele satelitów.

Planety wewnętrzne (skaliste)

Cztery wewnętrzne planety Układu Słonecznego są planetami skalistymi, mają dużą gęstość, są zbudowane ze skał, posiadają najwyżej kilka księżyców lub nie mają ich w ogóle i nie posiadają pierścieni. Składają się w znacznej części z minerałów o wysokiej temperaturze topnienia, takich jak krzemiany, które tworzą ich skorupę oraz płaszcz, a także metali takich jak żelazo i nikiel, które tworzą ich jądra. Trzy z czterech planet wewnętrznych (Wenus, Ziemia i Mars) mają atmosferę. Na ich powierzchni występują kraterzy uderzeniowe oraz tektoniczne cechy ukształtowania powierzchni takie jak rowy tektoniczne i wulkany.



Planety wewnętrzne. Od lewej do prawej: Merkury, Wenus, Ziemia i Mars (w skali)

Merkury

Merkury (0,4 j.a.) jest najbliższą Słońca i najmniejszą planetą (0,055 masy Ziemi). Merkury nie ma naturalnych satelitów, a jedyne znane jego cechy geologiczne oprócz kraterów uderzeniowych to obłe grzbiety i urwiska, prawdopodobnie powstałe w okresie kurczenia się jego stygnącego wnętrza we wczesnej historii planety^[23]. Merkury prawie w ogóle nie posiada atmosfery gdyż jest ona "zdmuchiwana" przez wiatr słoneczny^[24]. Nie wiadomo dokładnie jak ukształtowały się jego stosunkowo duże żelazne jądro i cienki płaszcz. Według części hipotez jego zewnętrzne warstwy zostały zdarte przez ogromne uderzenie i to spowodowało, że nie rozrósł się w pełni będąc pod wpływem promieniowania młodego Słońca^[25] ^[26].

Wenus

Wenus (0,7 j.a.) jest zbliżona rozmiarami do Ziemi (0,815 masy Ziemi) i podobnie jak ona, ma gruby płynny płaszcz wokół żelaznego jądra i masywną atmosferę, 90 razy gęstszą niż ziemską. Wenus nie posiada satelitów. Jest najgorętszą planetą, temperatura powierzchni osiąga powyżej 400 °C, z powodu dużej zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze^[27]. Nie posiada ona pola magnetycznego, które mogłoby zapobiec uszczupleniu jej gęstej atmosfery, co sugeruje że atmosfera jest stale uzupełniana przez aktywność wulkaniczną^[28]. Nie ma jednak jak dotąd innych dowodów współczesnej aktywności geologicznej na Wenus.

Ziemia

Ziemia (1 j.a.) jest największą i najgęstszą z planet wewnętrznych, jedyną z pewnością aktywną geologicznie i jedyną znaną planetą na której istnieje życie. Jej hydrosfera jest unikalna wśród planet skalistych. Jest także jedyną planetą gdzie została zaobserwowana tektonika płyt. Atmosfera ziemską jest odmienna od atmosfer pozostałych planet i jest wciąż kształtowana przez procesy biologiczne, dzięki którym zawiera 21% wolnego tlenu^[29]. Posiada jednego naturalnego satelitę – Księżyc – jedynego dużego satelitę pośród planet skalistych w Układzie Słonecznym. Czasem wręcz określa się układ Ziemia-Księżyc jako planetę podwójną.

Mars

Mars (1,5 j.a.) jest mniejszy niż Ziemia i Wenus (0,107 masy Ziemi). Ma rzadką atmosferę złożoną głównie z dwutlenku węgla. Jego powierzchnia jest usiana wieloma wulkanami takimi jak Olympus Mons i dolinami ryftowymi takimi jak Valles Marineris. Nie wiadomo, czy Mars wykazuje współcześnie aktywność geologiczną. Jego czerwona barwa pochodzi od gleby bogatej w tlenki żelaza^[30]. Mars ma dwa niewielkie

księżyce: Fobosa i Deimosa, które są prawdopodobnie przechwyconymi planetoidami^[31].

Pas planetoid

Planetoidy to w większości małe ciała Układu Słonecznego, składające się głównie ze skalistych i metalicznych minerałów.

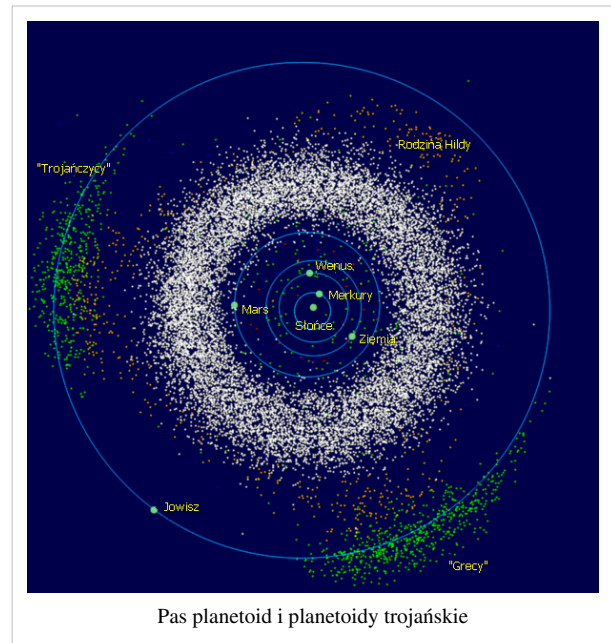
Główny pas planetoid zajmuje orbitę pomiędzy Marsem a Jowiszem, w obszarze od 2,12 do 3,3 j.a. od Słońca^[32]. Uważa się, że jest to pozostałość po procesie formacji Układu Słonecznego, tzn. że jest to materia, która nie zdołała się połączyć w większy obiekt z powodu oddziaływania grawitacyjnego Jowisza.

Rozmiar planetoid wynosi od setek kilometrów do rozmiarów mikroskopijnych. Wszystkie planetoidy z wyjątkiem Ceres są klasyfikowane jako małe ciała Układu Słonecznego, jednak niektóre, takie jak Vesta i Hygieia być może zostaną uznane za planety karłowate, jeśli okaże się że osiągnęły równowagę hydrostatyczną (czyli że potrafią pod wpływem własnej grawitacji osiągnąć kształt zbliżony do kulistego).

Do 2002, zidentyfikowano około 40000 obiektów mających ponad 1 km średnicy w pasie planetoid, a ich szacowana liczba wynosić może od 700 tys. do 1,7 mln^[33]. Jednak łączna masa asteroid zapewne nie przekracza jednej tysięcznej masy Ziemi^[34]. Pas planetoid nie jest zbyt gęsty; sondy kosmiczne zwykle przechodzą przez niego bez kolizji. Planetoidy o średnicach pomiędzy 10 i 10^{-4} m nazywa się meteoroidami^[35].

Niektóre spośród planetoid posiadają własne satelity. Nazywa się je zwykle księżycami planetoid, a jeśli oba ciała są zbliżonych rozmiarów, to uznaje się je za planetoidę podwójną.

Planetoidy w głównym pasie są podzielone na grupy w oparciu o charakterystyki ich orbit. Często łączy je także wspólne pochodzenie. Z pasa planetoid pochodzą także niektóre komety krótkookresowe, które możliwe były jednym ze źródeł wody na Ziemi^[36].



Pas planetoid i planetoidy trojańskie

Ceres

Ceres to największy i najwcześniej odkryty obiekt w pasie planetoid. Ma średnicę 952,4 km i stanowi około 1/3 łącznej masy pasa^[37]. Po odkryciu w 1801 uważany był za planetę, jednak odkrycia podobnych obiektów sprawiły, że zaczęto określać go jako *planetka* lub *planetoida*^[38]. W 2006 został przeklasyfikowany ponownie, jako planeta karłowata.

Planety zewnętrzne

Cztery planety zewnętrzne są gazowymi olbrzymami (zwanymi też "planetami jowiszowymi"), razem stanowią 99% znanej masy orbitującej wokół Słońca. Jowisz i Saturn składają się w większości z wodoru i helu, zaś Uran i Neptun – z zamrożonej wody, zamrożonego amoniaku i metanu. Według niektórych podziałów, Uran i Neptun należą do oddzielnej kategorii, "lodowych olbrzymów"^[39]. Wszystkie cztery planety gazowe posiadają pierścienie, jednak jedynie pierścienie Saturna są łatwo widzialne z Ziemi. Termin *planety zewnętrzne* nie powinien być mylony z pojęciem *planety górne*, który oznacza planety znajdujące się w większej odległości od Słońca niż Ziemia (planety gazowe i Mars).

Jowisz

Jowisz (5,2 j.a.) ma masę równą 318 mas Ziemi, czyli 2,5 razy więcej niż wszystkie pozostałe planety Układu. Składa się w większości z wodoru i helu. Duża ilość ciepła pochodząca z wnętrza planety tworzy wiele interesujących zjawisk w jego atmosferze, takich jak równoleżnikowe pasma chmur czy Wielka Czerwona Plama. Jowisz posiada 63 znane księżyce. Cztery największe z nich, tzw. księżyce galileuszowe, wykazują podobieństwa do planet skalistych, takie jak wulkanizm i zjawiska tektoniczne^[40]. Ganimedes, największy naturalny satelita w Układzie Słonecznym, jest większy niż Merkury.

Saturn

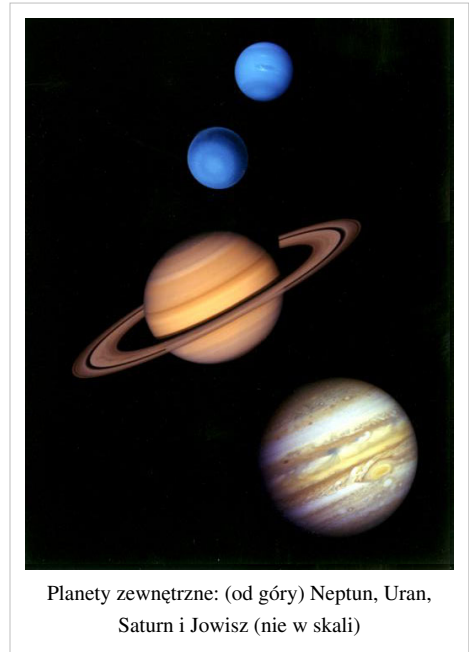
Saturn (9,5 j.a.) słynie ze swoich szerokich i jasnych pierścieni. Pod względem budowy i składu atmosfery bardzo przypomina on Jowisza. Ma jednak bardzo małą gęstość, przy średnicy równej ok. 84% średnicy Jowisza jest ponad trzykrotnie mniej masywny. Posiada 60 znanych satelitów (oraz trzy, których istnienie nie zostało potwierdzone). Tytan i Enceladus są zbudowane w większości z lodu; wykazują też oznaki aktywności geologicznej (lodowe wulkany)^[41]. Tytan jest większy niż Merkury i jest jedynym satelitą w Układzie Słonecznym, który posiada gęstą atmosferę, w której zachodzą złożone zjawiska pogodowe i najprawdopodobniej powierzchniowe zbiorniki (jeziora i morza) ciekłych węglowodorów. Ciśnienie na jego powierzchni jest o ok. 47% większe niż na powierzchni Ziemi.

Uran

Uran (19,6 j.a.), przy masie 14 mas Ziemi, jest najlżejszą z planet-olbrzymów. Jego unikalną cechą jest to, że obiega Słońce "leżąc na boku"; jego oś obrotu jest nachylona do ekliptyki pod kątem bliskim 90°. Ma także znacznie mniej aktywne jądro i wypromieniowuje mniej ciepła niż pozostałe olbrzymy^[42]. Uran ma 27 znanych księżyców (dane do stycznia 2009^[43]), spośród których największe to Tytania, Oberon, Umbriel, Ariel i Miranda.

Neptun

Neptun (30 j.a.), chociaż nieco mniejszy od Urana, ma większą masę (równą 17 mas Ziemi) i większą gęstość. Wypromieniowuje też więcej ciepła, ale nie tak dużo jak Jowisz czy Saturn^[44]. Neptun ma 13 znanych



Planety zewnętrzne: (od góry) Neptun, Uran, Saturn i Jowisz (nie w skali)

księżyców. Największy z nich, Tryton, jest geologicznie aktywny, posiada aktywne gejzery płynnego azotu^[45]. Tryton jest jedynym znanym dużym satelitą poruszającym się wokół swojej planety w kierunku wstecznym – przeciwnym niż jej ruch wirowy.

Obszar obiektów transneptunowych

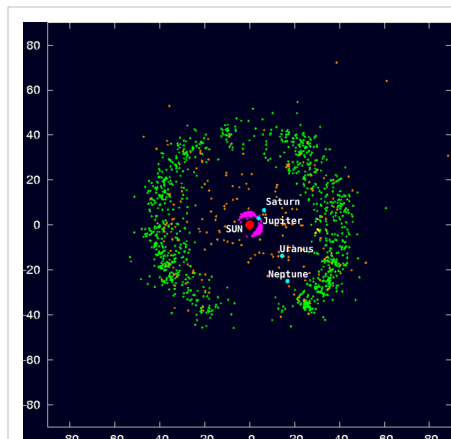
Obszar Układu Słonecznego poza orbitą Neptuna jest wciąż mało zbadany. Dotychczasowe badania wskazują, że znajduje się tam znaczna ilość z małych obiektów (największy znany ma średnicę pięciokrotnie mniejszą niż Ziemia i masę dużo mniejszą niż Księżyc), zbudowanych głównie ze skał i lodu. Obszar ten czasami zwany jest "zewnętrznym układem słonecznym", jednak wg innych termin ten odnosi się do obszaru poza pasem planetoid.

Pas Kuipera

Zasadnicza część pasa Kuipera to ogromny pierścień planetoid, zbudowanych głównie z lodu. Rozciąga się w odległościach 30-50 j.a. od Słońca. Składa się głównie z małych ciał Układu Słonecznego, lecz niektóre z największych jego obiektów, takie jak Quaoar, Varuna czy Orcus, mogą na podstawie definicji IAU zostać w przyszłości uznane za planety karłowate. Zidentyfikowano ponad tysiąc obiektów, z tego około tuzina o średnicy 1000 km lub większej. Ocenia się że w pasie istnieje ponad 100 tys. obiektów o średnicy przekraczającej 50 km. Wikipédia:Weryfikowalność. Łączna masa obiektów w pasie stanowić ma co najwyżej dziesiątą część masy Ziemi; szacunki te są jednak niepewne ze względu na niepewności w albedo, brak danych o gęstości większości tych obiektów i dokładne zbadanie jedynie wewnętrznego obszaru pasa Kuipera^[46]. Orbity większości obiektów są nachylone do ekliptyki. Wiele obiektów posiada satelity, niektóre są planetoidami podwójnymi.

Obiekty Pasa Kuipera można z grubsza podzielić na te "klasyczne" i te będące w rezonansie orbitalnym z Neptunem, czyli takie których okres obiegu związany jest z okresem obiegu planety. Rezonans 2:3 oznacza, że ciało okrąży Słońce dwukrotnie w przeciągu trzech okrążeń Słońca przez Neptuna. Ten rodzaj rezonansu dotyczy już obiektów przecinających orbitę samego Neptuna, np. Plutona. Od nazwy tej planety karłowatej, obiekty będące w takim rezonansie nazywa się plutonkami (plutino)^[47]. Część "klasyczna" pasa zawiera obiekty nie będące w rezonansie z Neptunem i rozciąga się z grubsza od 39,4 j.a. do 47,7 j.a.^[48]. Noszą nazwę *cubewano*, wziętą od pierwszego odkrytego obiektu tego typu, (15760) 1992 QB₁^[49].

Pluton i Charon



Mapa wszystkich znanych obiektów pasa Kuipera (zielone kropki), w zestawieniu z czterema planetami zewnętrznymi. Stan na 1 stycznia 2000. Na skalach podano odległości w j.a



Porównanie największych znanych obiektów transneptunowych (rozmiary w skali).

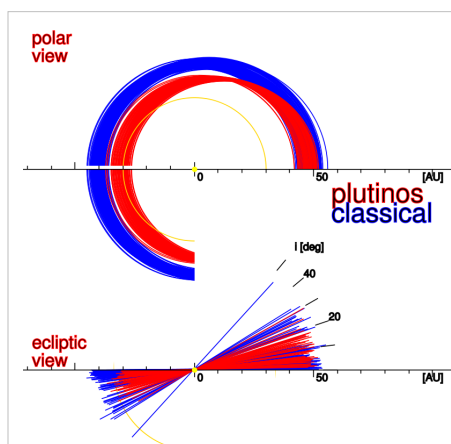
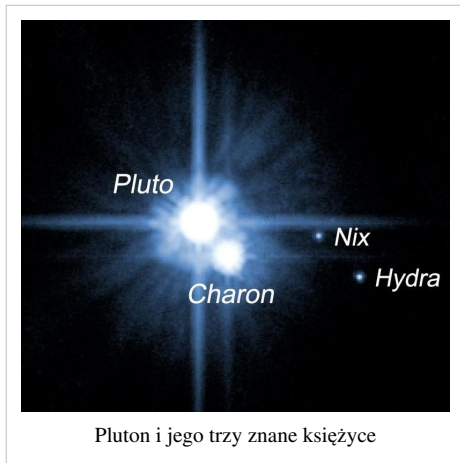


Diagram przedstawiający podział pasa Kuipera



Pluton i jego trzy znane księżycy

Charona po dalszych orbitach.

Makemake

Makemake, planeta karłowata o średnicy wynoszącej około $\frac{3}{4}$ średnicy Plutona jest jednym z niewielu ciał pasa Kuipera nie posiadających odkrytego satelity. Jego ekstremalnie niska średnia temperatura (około 30 K) sprawia, że najprawdopodobniej ma powierzchnię pokrytą metanowym i etanowym lodem. Jego orbita jest silnie nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 29° a okres obiegu wokół Słońca wynosi blisko 310 lat.

Dysk rozproszony

Dysk rozproszony zachodzi na pas Kuipera, lecz rozciąga się dużo dalej na zewnątrz. Uważa się, że ten obszar jest źródłem większości komet krótkookresowych. Prawdopodobnie obiekty dysku rozproszonego zostały wyrzucone na orbity *erratyczne* (nieregularne) przez oddziaływanie grawitacyjne Neptuna, który w okresie formowania się Układu Słonecznego poruszał się po bardziej oddalonej orbicie (patrz: migracja planetarna). Większość obiektów dysku rozproszonego (SDO – *scattered disc objects*) ma peryhelia w pasie Kuipera, lecz aphelia rozciągają się aż do 150 j.a. od Słońca. Orbity SDO są również silnie nachylone do płaszczyzny ekliptyki, a często są prawie prostopadłe do niej. Niektórzy astronomowie uważają dysk rozproszony za część pasa Kuipera i używają pojęcia "rozproszone obiekty pasa Kuipera"^[50].

Eris

Pluton (średnio 39 j.a.), planeta karłowata, jest największym znanym obiektem w pasie Kuipera. Kiedy został odkryty w 1930, uznano go za dziewiątą planetę; sytuacja zmieniła się w 2006 r. z wprowadzeniem nowej definicji planety. Pluton ma stosunkowo ekscentryczną orbitę nachyloną pod kątem 17° do płaszczyzny ekliptyki i rozciągającą się od 29,7 j.a. w peryhelium (wewnątrz orbity Neptuna) do 49,5 j.a. w aphelium.

Jego największy księżyc Charon ma masę tylko 7 razy mniejszą niż Pluton, dlatego tworzy wraz z Plutonem podwójną planetę karłowatą, co sprawia że punkt wokół którego krążą (barycentrum) znajduje się w przestrzeni pomiędzy nimi. Dwa znacznie mniejsze księżycy, Nix i Hydra, okrążają Plutona i

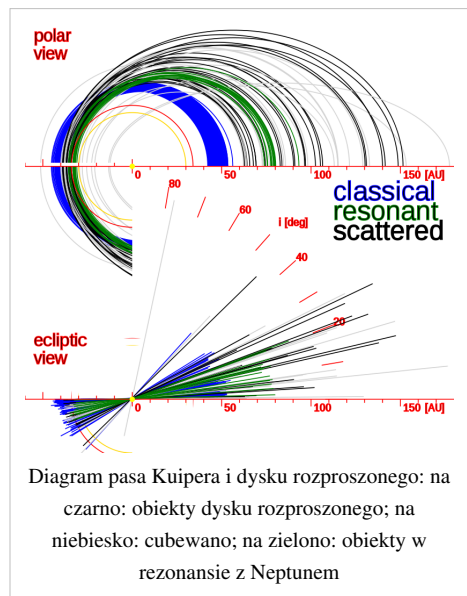
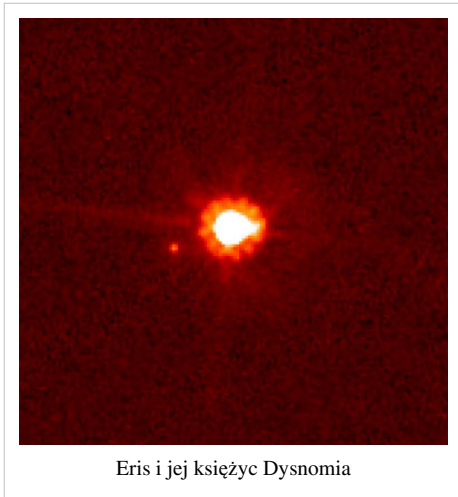


Diagram pasa Kuipera i dysku rozproszonego: na czarno: obiekty dysku rozproszonego; na niebiesko: cubewano; na zielono: obiekty w rezonansie z Neptunem



Eris i jej księżyc Dysnomia

Eris (średnio 68 j.a.) jest największym znanym obiektem dysku rozproszonego. Jej odkrycie spowodowało debatę nad nową definicją planety, ponieważ jest ona co najmniej o 5% większa niż Pluton. Ma ona średnicę w przybliżeniu 2400 km. Jest największą ze znanych planet karłowatych^[51]. Posiada jeden znany księżyc, Dysnomię. Podobnie jak w przypadku Plutona, jej orbita jest silnie ekscentryczna; Eris ma peryhelium w odległości 38,2 j.a. od Słońca (średni dystans Plutona), a aphelium w 97,6 j.a. i jest stromo nachylona do ekliptyki.

Mniejsze ciała Układu Słonecznego

Oprócz planetoid pasa głównego i pasa Kuipera, w Układzie Słonecznym istnieje wiele grup (rodzin) planetoid poruszających się po

innych orbitach.

- Trojańczycy to planetoidy, które znajdują się w punktach libracyjnych L_4 i L_5 Jowisza, Neptuna i Marsa. Są to obszary stabilne grawitacyjnie, utrzymujące ciało na wspólnej orbicie z planetą.
- Planetoidy rodziny Hildy są w rezonansie 2:3 z Jowiszem; to znaczy, że obiegają Słońce trzy razy na każde dwa okrążenia Jowisza.
- Centaury to planetoidy krążące po orbitach między orbitami Saturna i Neptuna.
- Planetoidy bliskie Ziemi to trzy grupy planetoid, z których wiele przecina orbity planet wewnętrznych.

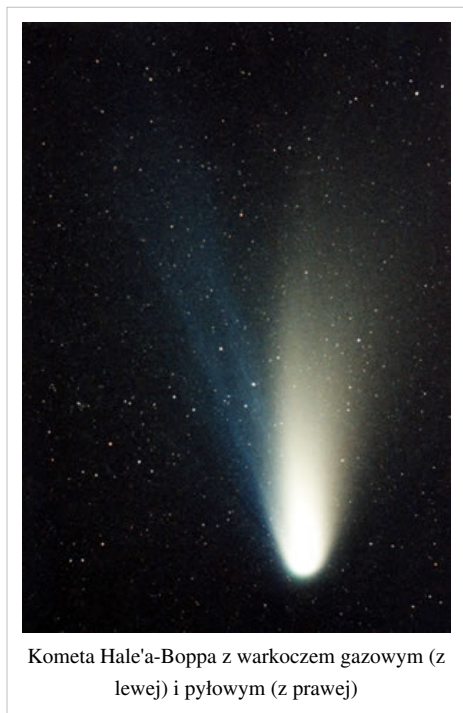
Komety

Komety są to małe ciała Układu Słonecznego, zazwyczaj o średnicy zaledwie kilku kilometrów, złożone w większości z lodu. Ich orbity są silnie ekscentryczne; zwykle peryhelium znajduje się w okolicach orbit planet wewnętrznych, natomiast aphelium znajduje się daleko za orbitą Plutona. Kiedy kometa zbliża się do Słońca, jej lodowa powierzchnia zaczyna sublimować, tworząc komę – długi warkocz gazu i pyłu często możliwy do zaobserwowania gołym okiem z Ziemi.

Wiele grup komet, takich jak np. grupa Kreutza, pochodzi z rozpadu pierwotnej komety^[52]. Niektóre komety, poruszające się po orbitach hiperbolicznych, mogą pochodzić spoza Układu Słonecznego, ale dokładne określenie ich orbit jest trudne^[53]. Stare, nieaktywne komety, których lodowe części już wyparowały pod wpływem ogrzewania przez Słońce, zaliczane są do planetoid^[54]

Komety krótkookresowe poruszają się po orbitach, których trwałość nie przekracza dwustu lat. Orbity komet długookresowych utrzymują się przez tysiące lat. Komety długookresowe, takie jak kometa Hale'a-Boppa, prawdopodobnie pochodzą z obłoku Oorta. Powstają one zapewne w wyniku zblżenia się dwóch ciał w pasie Kuipera lub obłoku Oorta, które mogą zostać wytracone ze swoich orbit i skierowane ku wewnętrznej części Układu Słonecznego, gdzie są obserwowane jako komety, albo też zostać wyrzucone w przestrzeń międzygwiazdną.

Komety i planetoidy mogą zderzać się z planetami, dlatego stanowią potencjalne zagrożenie dla życia na Ziemi. Ostatnie zderzenie komety z planetą zaobserwowano 16 czerwca 1994 roku, kiedy kometa Shoemaker-Levy 9 zderzyła się z Jowiszem. Na Ziemi znajduje się szereg kraterów uderzeniowych, które są śladami upadku komet lub



Kometa Hale'a-Boppa z warkoczem gazowym (z lewej) i pyłowym (z prawej)

planetoid.

Najdalsze obszary

Miejsce gdzie Układ Słoneczny się kończy, a zaczyna się przestrzeń międzygwiazdowa nie jest precyzyjnie określone, gdyż jego granice są kształtowane przez dwa różne zjawiska: wiatr słoneczny i grawitację Słońca. Prawdopodobnie wiatr słoneczny ustępuje przed ośrodkiem międzygwiazdowym z grubszą na dystansie czterech odległości Plutona od Słońca. Jednakże strefa Roche'a, obszar gdzie grawitacja Słońca dominuje, kończy się w przybliżeniu w połowie drogi do najbliższych gwiazd, czyli tysiąc razy dalej.

Heliosfera

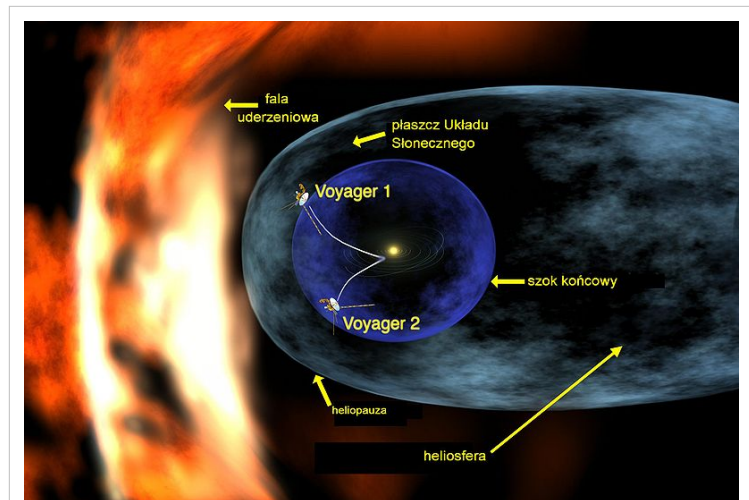
Przestrzeń Układu Słonecznego wypełniona jest strumieniem cząstek wyrzucanych przez Słońce nazywanych wiatrem słonecznym. Obszar, w którym ciśnienie wiatru słonecznego przewyższa ciśnienie materii międzygwiazdowej, nazywa się *heliosferą*. Na ruch cząstek wyrzuconych przez Słońce wpływa jego pole magnetyczne, które przeważa nad galaktycznym polem magnetycznym.

Szok końcowy

Wiatr słoneczny wieje z naddźwiękową prędkością aż do odległości 95 j.a. (aphelium Plutona wynosi 49,3 j.a.). Granica tego obszaru nosi nazwę szoku końcowego. Jest to strefa, w której cząstki wiatru słonecznego są spowalniane do prędkości poddźwiękowych, napotykając przeciwne wiatry ośrodka międzygwiazdowego (galaktycznego). Według danych z Voyagera 1 szok końcowy znajduje się w odległości 85 j.a. od Słońca, z kolei Voyager 2 przesłał dane, według których granica ta znajduje się już w odległości 76 j.a. Prawdopodobnie wynika to z nieregularnego kształtu tej struktury.

Płaszcz Układu Słonecznego

Poza szokiem końcowym, w obszarze zwanym płaszczem Układu Słonecznego, wiatr słoneczny porusza się z prędkością poddźwiękową, w związku z czym zagęszcza się i tworzą się w nim turbulencje. Płaszcz jest rozciągnięty przez wiatry międzygwiazdowe w kształt przypominający ogon komety; rozciąga się na 40 j.a. w kierunku ruchu Układu Słonecznego i wielokrotnie dalej w przeciwną stronę. Obszar graniczny płaszcza nazywa się heliopauzą, gdzie wiatr słoneczny zupełnie zatrzymuje się i zaczyna się przestrzeń międzygwiazdowa^[55].



Sondy Voyager wkraczające w obszar płaszcza Układu Słonecznego

Heliopauza

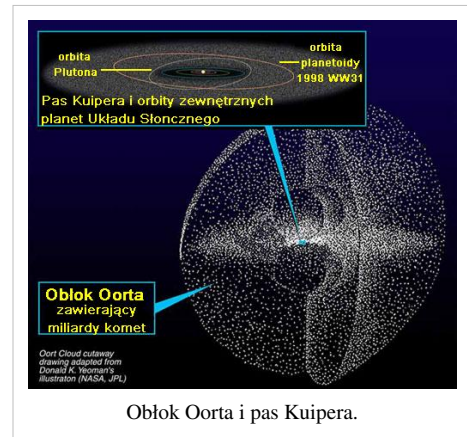
Obwiednia zewnętrznej krawędzi heliosfery jest prawdopodobnie kształtowana przez oddziaływanie z ośrodkiem międzygwiazdowym, według praw mechaniki płynów^[56], jak również przez słoneczne pola magnetyczne, przy czym część północna jest rozleglejsza, rozciągając się o 9 j.a. (ok. 900 milionów mil) dalej niż część południowa. Jedną z hipotez postuluje istnienie strefy, w której na granicy heliopauzy dochodzi do formowania się ściany gorącego wodoru z materii międzygwiazdowej.

Żaden statek kosmiczny (sonda) nie przeszedł jeszcze przez heliopauzę, więc nie można wiedzieć na pewno jakie warunki panują w lokalnej przestrzeni międzygwiazdowej. Sondy Voyager NASA mają przejść przez heliopauzę w przyszłej dekadzie i przesłać cenne dane na temat poziomów promieniowania i wiatru słonecznego^[57]. Niewiele wiadomo o tym, na ile heliosfera chroni Układ Słoneczny przed promieniowaniem kosmicznym. W 2008 roku NASA planuje misję Interstellar Boundary Explorer (IBEX) mającą na celu uzyskanie obrazu heliosfery przy pomocy obrazowana energetycznych neutralnych atomów (ENA)^[58] ^[59].

Za heliopauzą, w odległości ok. 230 j.a., leży tzw. łukowa fala uderzeniowa (*bow shock*), plazma wzbudzana przez Słońce podczas drogi przez ośrodek międzygwiazdowy Galaktyki^[60].

Obłok Oorta

Hipotetyczny obłok Oorta to bardzo liczna grupa obiektów (od miliarda do biliona), zbudowanych głównie z lodu, tworzących w wewnętrznej części spłaszczoną, a dalej sferyczną otoczkę Układu Słonecznego. Rozciąga się on od 300 do 50 000 j.a. (prawie rok świetlny) od Słońca, a być może nawet dwukrotnie dalej^[61]. Przymuszcza się, że składa się z planetozymali wyrzuconych z wewnętrznych obszarów Układu, wskutek grawitacyjnych oddziaływań dużych planet w początkowych fazach jego formowania. Struktura obłoku podlega wpływom innych gwiazd, ich bliskie przejścia, które zdarzały się w przeszłości i będą zdarzać w przyszłości, mogą wytrącać z niego komety w kierunku planet^[62] ^[63].

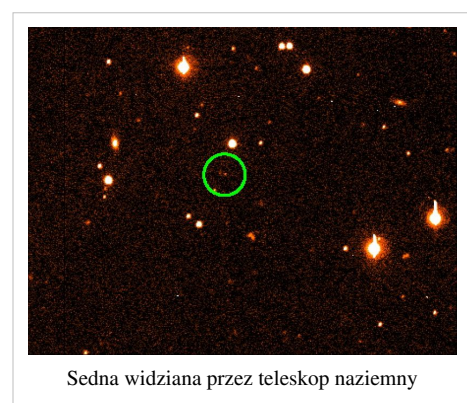


Obłok Oorta i pas Kuipera.

Sedna jest dużym, czerwonym obiektem transneptunowym o silnie wydłużonej orbicie (76 j.a. w peryhelium; 928 j.a. w aphelium). Krąży ona poza obszarem pasa Kuipera, większość astronomów uważa również, że nie należy ona do dysku rozproszonego. Jest ona przedstawicielką innej grupy obiektów, do której może należeć również 2000 CR₁₀₅ (peryhelium w 45 j.a., aphelium w 415 j.a., okres obiegu 3420 lat)^[64]. Grupę tę określa się jako "wewnętrzny obłok Oorta", gdyż mogła się ona uformować podobnie jak obłok zewnętrzny^[65]. Nie wiadomo, jak liczna jest ta grupa ciał. Sedna zostanie prawdopodobnie zaliczona w przyszłości do grona planet karłowatych.

Niezbadane obszary

Znaczna część naszego Układu Słonecznego pozostaje wciąż nieznaną. Według szacunków pole grawitacyjne Słońca dominuje nad siłami grawitacyjnymi sąsiednich gwiazd w zasięgu około dwóch lat świetlnych, zaś zewnętrzna część obłoku Oorta rozciąga się do około 50 000 j.a. Oprócz pojedynczych odkryć, takich jak odnalezienie w 2003 roku planetoidy Sedny, obszar pomiędzy pasem Kuipera i obłokiem Oorta o promieniu dziesiątek tysięcy j.a. jest wciąż praktycznie nieopisany. Pas Kuipera urywa się nagle w odległości ok. 50 j.a. od Słońca, granica ta znana jest jako "klif Kuipera". Przyczyna tego zjawiska nie jest znana, ale takie granice tworzą się zwykle na skutek oddziaływania grawitacyjnego masywnych ciał – istnieje możliwość, że powoduje je niezobserwowana dotąd planeta.

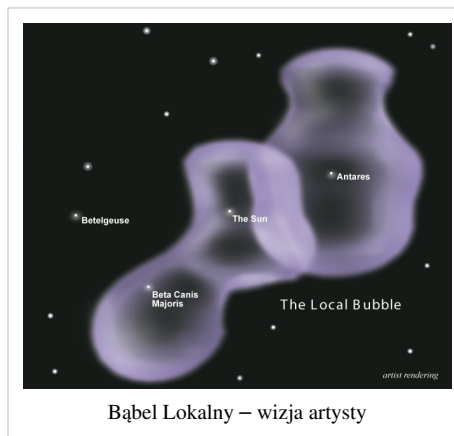


Pomimo wielu niepowodzeń, trwają również badania obszaru pomiędzy Merkurym a Słońcem. Jeżeli istnieją tam jakies planetoidy, to najprawdopodobniej mają rozmiary nie większe niż 60 km^[66].

Najbliższe sąsiedztwo

Bezpośrednie sąsiedztwo Układu Słonecznego stanowi Lokalny Obłok Międzygwiazdowy (ang. *Local Fluff*) – gęsty obłok, część bardziej rozsiąganego obłoku zwanego Bąblem Lokalnym (ang. *Local Bubble*) w ośrodku międzygwiazdowym. Ma on kształt klepsydry, a jego średnica to około 300 lat świetlnych. Obłok wypełnia plazma o wysokiej temperaturze, co sugeruje, że jest pozostałością po kilku supernowych^[67].

Apeks Słońca (punkt, w kierunku którego Słońce porusza się w przestrzeni międzygwiazdowej) leży w gwiazdozbiornie Herkulesa, w pobliżu granicy z gwiazdozbiornem Lutni. Prędkość tego ruchu wynosi 16,5 km/s, czyli 50 lat świetlnych na milion lat^[68].



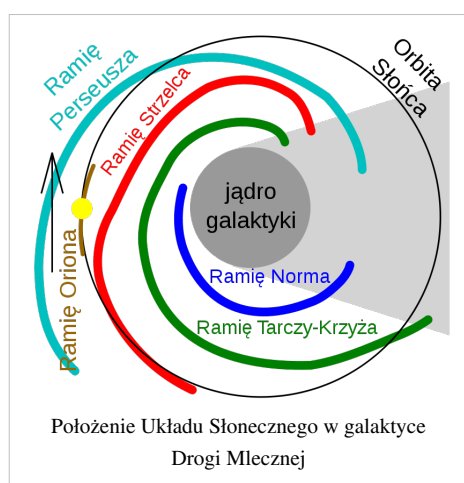
Bąbel Lokalny – wizja artysty

Sąsiedztwo gwiazdne

W odległości do 10 lat świetlnych (95 bilionów km) od Słońca istnieje stosunkowo niewiele gwiazd. Najbliższe znajduje się potrójny układ gwiazd Alfa Centauri (ok. 4,4 lat świetlnych). Są to Alfa Centauri A i B – ciasno związana para gwiazd podobnych do Słońca, oraz mały czerwony karzeł Proxima Centauri (Alfa Centauri C), okrążający je w odległości 0,2 roku świetlnego. Nieco dalej znajdują się czerwone karły Gwiazda Barnarda (5,9 lat świetlnych), Wolf 359 (7,8 lat świetlnych) i Lalande 21185 (8,3 lat świetlnych), która może posiadać układ planetarny. Największą gwiazdą w tym zasięgu jest Syriusz (8,6 lat świetlnych) – jasna gwiazda ciągu głównego, około dwukrotnie masywniejsza od Słońca, wokół której krąży biały karzeł Syriusz B. W odległości 8,7 lat świetlnych znajduje się podwójny czerwony karzeł Luyten 726-8, a w odległości 9,7 lat świetlnych czerwony karzeł Ross 154^[69]. Najbliższa nam gwiazda podobna do Słońca to Tau Ceti, oddalona o 11,9 lat świetlnych. Jej masa to około 80% masy Słońca, jej jasność to ok. 60% jasności Słońca^[70].

Najbliższy pozasłoneczny system planetarny odkryto wokół gwiazdy Epsilon Eridani, gwiazdy nieco ciemniejszej i czerwonej niż Słońce, znajdującej się w odległości 10,5 lat świetlnych od Ziemi. Potwierdzono istnienie jednej planety (Epsilon Eridani b) około 1,5 razy cięższej od Jowisza, orbitującej wokół swej gwiazdy w okresie 6,9 roku, a podejrzewane jest istnienie drugiej^[71].

Położenie w Galaktyce



Układ Słoneczny znajduje się w galaktyce Drogi Mlecznej, która jest galaktyką spiralną z poprzeczką o średnicy około 100 tys. lat świetlnych i zawiera około 200 miliardów gwiazd^[72]. Nasze Słońce znajduje się w jednym z mniejszych spiralnych ramion Galaktyki, znanym jako Ramie Oriona (lub Ramie Lokalne)^[73]. Słońce leży w odległości około 25 tys. do 28 tys. lat świetlnych od centrum Galaktyki, a prędkość jego ruchu dookoła centrum Galaktyki to około 220 km/s. Pełny obrót, czyli rok galaktyczny trwa 225–250 milionów lat^[74].

Położenie Układu Słonecznego w Galaktyce jest prawdopodobnie jednym z czynników warunkujących ewolucję życia na Ziemi. Jego orbita w Galaktyce jest zbliżona do okręgu, a prędkość orbitalna jest

mniej więcej taka sama jak prędkość orbitalna ramion galaktycznych, co oznacza, że przejście pomiędzy ramionami zdarza się rzadko. W ramionach spiralnych znacznie częściej niż pomiędzy nimi dochodzi do wybuchów supernowych, które mogą mieć katastrofalny wpływ na klimat i biosferę planet; niektórzy naukowcy spekulują, że część wymierań na Ziemi mogła być spowodowana przez takie zjawiska^[75]. Ziemia znajduje się w miejscu względnie stabilnym, a zatem sprzyjającym ewolucji życia. Układ Słoneczny leży też wystarczająco daleko od gęsto wypełnionych gwiazdami regionów centrum Galaktyki, gdzie bliskie przejścia gwiazd mogłyby wytrącać ciała z obłoku Oorta i posyłać wiele komet do wnętrza Układu Słonecznego, powodując katastrofalne zderzenia. Intensywne promieniowanie z jądra Galaktyki również mogłoby zniszczyć życie na Ziemi^[76].

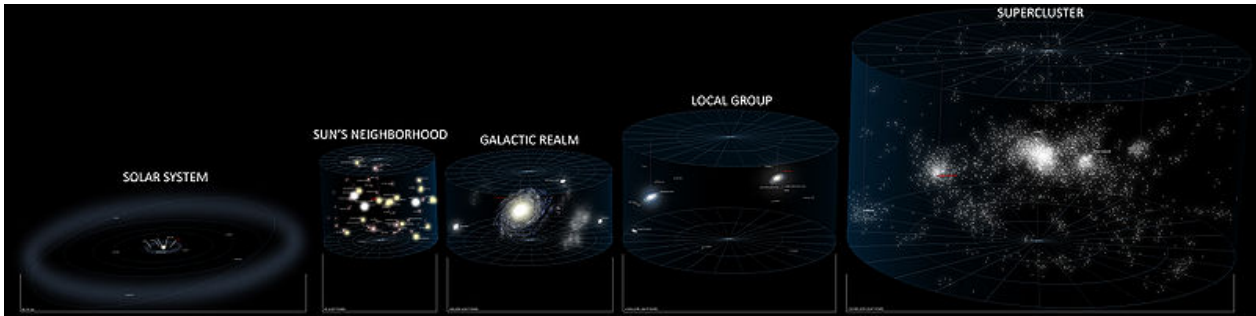


Diagram przedstawiający nasze położenie w Supergromadzie Lokalnej.

Badania Układu Słonecznego

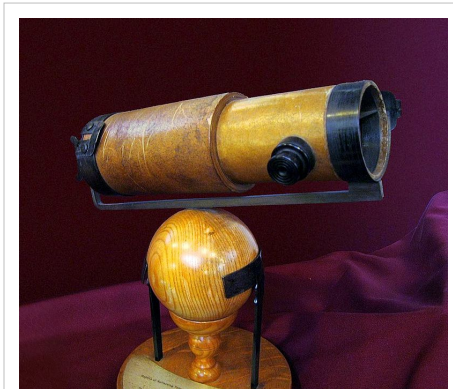
Przez wiele tysięcy lat ludzkość nie zdawała sobie sprawy z istnienia Układu Słonecznego. Ziemia była uważana nie tylko za centrum wszechświata, ale za zupełnie różną od boskich, eterycznych obiektów poruszających się po niebie. Indyjski matematyk i astronom Aryabhata i grecki filozof Arystarch z Samos pisali już wcześniej o heliocentrycznym porządku świata. Mikołaj Kopernik jako pierwszy w sposób matematyczny opracował model systemu heliocentrycznego. Jego XVII-wieczni następcy: Galileo Galilei, Jan Kepler, Isaac Newton, opracowali teorie/systemy które stopniowo ugruntowały przekonanie nie tylko o tym, że Ziemia krąży wokół Słońca, ale również, że planety rządzone są przez te same prawa fizyczne co Ziemia. W późniejszych czasach te same prawa umożliwiły opis zjawisk geologicznych, takich jak powstawanie gór i kraterów, a także wyjaśnienie zjawisk meteorologicznych na innych planetach.

Obserwacje przez teleskop

Pierwsze obserwacje Układu Słonecznego były prowadzone przez teleskop. Dzięki niemu astronomowie mogli dostrzec obiekty zbyt słabe, by można je było dostrzec gołym okiem.

Galileo Galilei pierwszy odkrył fizyczne właściwości poszczególnych ciał niebieskich. Dostrzegł kraterzy na Księżycu, plamy na Słońcu i cztery księżycy Jowisza^[77]. Christiaan Huygens w ślad za Galileuszem dostrzegł księżyc Saturna: Tytana oraz pierścienie Saturna^[78]. Giovanni Cassini później dostrzegł jeszcze cztery księżycy Saturna, przerwę w jego pierścieniach, oraz wielką czerwoną plamę na Jowiszu^[79].

W 1705 Edmond Halley spostrzegł, że pojawiająca się co jakiś czas na niebie kometa to ten sam obiekt, powracający regularnie co około 75–76 lat. Był to pierwszy dowód na to, że coś jeszcze oprócz planet okrąża Słońce^[80]. W tym samym czasie (1704), termin "Układ Słoneczny" po raz pierwszy pojawił się w języku angielskim^[81].



Replika teleskopu Isaaka Newtona

W 1781 William Herschel poszukiwał gwiazd podwójnych w gwiazdozbiore Byka, kiedy dostrzegł coś, co uznał za kometę. Po zbadaniu orbity tego ciała okazało się, że to nieznana dotychczas planeta – Uran^[82].

W 1801 Giuseppe Piazzi odkrył planetę karłowatą Ceres, niewielkie ciało niebieskie pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza, które początkowo zostało uznane za nową planetę. Później, dalsze odkrycia tysięcy innych małych ciał w tym obszarze doprowadziły do utworzenia terminu "pas planetoid"^[83].

W 1846 zaobserwowane nieregularności orbity Urana zrodziły podejrzenia, że poza orbitą Urana musi znajdować się jeszcze jakaś planeta. Obliczenia Urbain Le Verriera doprowadziły w końcu do odkrycia Neptuna^[84]. Badając orbitę Merkurego Le Verrier postulował istnienie hipotetycznej planety Wulkan krążącej na orbicie bliższej Słońca niż Merkury w 1859 r. Późniejsze dokładne obserwacje tych rejonów Układu Słonecznego wykluczyły jednak istnienie planety lub nawet planetoidy tak blisko Słońca.

Można spierać się, kiedy Układ Słoneczny został w pełni "odkryty". Trzy XIX-wieczne odkrycia określiły jego naturę i miejsce we Wszechświecie. W 1838 Friedrich Bessel zmierzył paralaksę gwiazdową – zauważalne przesunięcie pozycji gwiazdy względem innych spowodowane przez ruch obiegowy Ziemi dookoła Słońca. Był to nie tylko pierwszy bezpośredni i eksperymentalny dowód heliocentryzmu, ale także okazało się, po

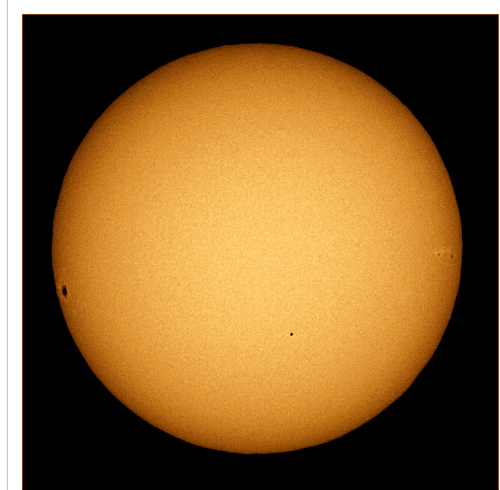
raz pierwszy, jak ogromna odległość dzieli Układ Słoneczny od innych gwiazd. W 1859 Robert Bunsen i Gustav Kirchhoff, używając dopiero co wynalezionej spektroskopu, zbadali spektralne właściwości Słońca i odkryli że jest ono zbudowane z tych samych pierwiastków, które występują na Ziemi, ustanawiając po raz pierwszy "fizyczny pomost pomiędzy Ziemią a niebem".^[85] Następnie Angelo Secchi porównał charakterystykę spektralną Słońca i innych gwiazd i okazało się że te charakterystyki są w zasadzie identyczne. Świadomość tego, że Słońce jest gwiazdą, doprowadziła do hipotezy, że inne gwiazdy też mogą mieć własne systemy planetarne. Jednak na dowiedzenie tego potrzeba było czekać jeszcze 140 lat.

Widoczne rozbieżności orbit planet zewnętrznych doprowadziły Percivala Lovella do wniosku, że za orbitą Neptuna musi istnieć jeszcze jakaś planeta – "Planeta X". Po jego śmierci, w Obserwatorium Lovella prowadzono poszukiwania które w końcu doprowadziły Clyde Tombaugh do odkrycia Plutona w 1930 r. Okazało się jednak, że Pluton jest zbyt mały i jego odkrycie nie tłumaczy w pełni nieregularności orbit planet zewnętrznych. Podobnie jak Ceres, Pluton początkowo był uważany za planetę, ale po odkryciu wielu innych ciał podobnego rozmiaru w jego pobliżu, został sklasyfikowany w 2006 r. jako planeta karłowata przez IAU^[84].

Pierwszy pozasłoneczny system planetarny (pulsara PSR B1257+12) został odkryty w 1992 przez polskiego astronoma Aleksandra Wolszczana. Trzy lata później, została odkryta pierwsza planeta pozasłoneczna 51 Pegasi b, krążąca wokół gwiazdy podobnej do Słońca. Do 2008 r. znaleziono 221 pozasłonecznych systemów planetarnych^[86].

Również w 1992 astronomowie David Jewitt z Uniwersytetu Hawajskiego i Jane Luu z Massachusetts Institute of Technology odkryli (15760) 1992 QB₁ – obiekt, który dowiódł, że musi należeć do zupełnie nowej grupy ciał w Układzie Słonecznym nazwanej pasem Kuipera; zbudowanych z lodu, podobnie jak pas planetoid. Takie obiekty jak Pluton i Charon okazały się być częścią pasa Kuipera^[87] ^[88].

W 2005 Mike Brown, Chad Trujillo i David Rabinowitz ogłosili odkrycie Eris, obiektu należącego do dysku rozproszonego, większego niż Pluton i zarazem największego obiektu transneptunowego^[89].



Słońce sfotografowane przez teleskop przy użyciu specjalnego filtra słonecznego. Wyraźnie widoczne plamy na Słońcu i zaciemnienie brzegów

Badania za pomocą sond kosmicznych

Od początku ery podboju kosmosu, ogromną rolę odegrały misje sond kosmicznych pod nadzorem różnych instytucji.

Wszystkie planety Układu Słonecznego zostały dotychczas odwiedzone/zbadane w różnym stopniu przez statki wystrzelone z Ziemi. Dzięki tym bezzałogowym wyprawom, ludzkość zdołała pozyskać zdjęcia wykonane z bliskiej odległości wszystkich planet a także, w przypadku lądowników, pobrać próbki gleb i atmosfer Księżyca, Marsa i Wenus.

Pierwszą zbudowaną przez człowieka maszyną wysłaną w kosmos był radziecki sztuczny satelita *Sputnik 1*, wystrzelony w 1957 r., który pomyślnie okrążył Ziemię przez ponad rok. Amerykański próbnik *Explorer 6*, wystrzelony w 1959 r., był pierwszym sztucznym satelitą, który sfotografował Ziemię z kosmosu.

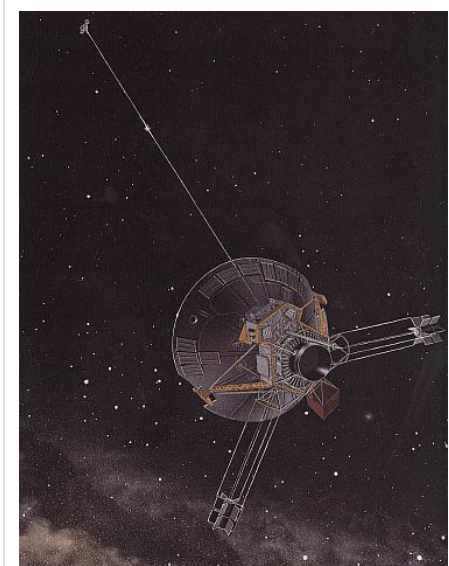
Przeloty w pobliżu innych planet

Pierwszy udany przelot w pobliżu innego ciała niebieskiego wykonała sonda Łuna 1 w 1959 roku. Według planu miała uderzyć w powierzchnię Księżyca, jednak chybiła celu i weszła na orbitę okołosłoneczną. Jednocześnie stała się pierwszym ciałem stworzonym przez człowieka okrążającym Słońce. *Mariner 2* był pierwszą sondą, która przeleciała wokół innej planety, Wenus w 1962 r. Pierwszy udany przelot w pobliżu Marsa wykonał *Mariner 4* w 1965 r. Merkury został osiągnięty przez *Marinera 10* w 1974 r.

Pierwszą sondą przeznaczoną do zbadania planet zewnętrznych był *Pioneer 10*, który przeleciał w pobliżu Jowisza w roku 1973. *Pioneer 11* pierwszy przeleciał w pobliżu Saturna w roku 1979. Sondy *Voyager* wystrzelone w roku 1977 przebyły ogromnie długą trasę w pobliżu planet zewnętrznych. Obie przeleciały w pobliżu Jowisza w roku 1979 i w pobliżu Saturna w latach 1980–1981. *Voyager 2* przeleciał również blisko Urana w roku 1986 i Neptuna w roku 1989. Sondy *Voyager* znajdują się obecnie daleko poza orbitą Neptuna i kierują się w stronę granic Układu Słonecznego, by wykonać badania *szoku końcowego* (ang. *termination shock*), płaszczca Układu Słonecznego (*heliosheath*) i heliopauzy. Według NASA, oba *Voyagery* już osiągnęły szok końcowy w odległości 93 j.a. od Słońca^[55] ^[91].

Pierwszy przelot w pobliżu komety miał miejsce w roku 1985, kiedy *International Cometary Explorer (ICE)* minął komętę *Giacobini-Zinner*^[92]. Pierwszy przelot w pobliżu planetoidy był udziałem sondy *Galileo* która wykonała zdjęcia zarówno planetoidy 951 Gaspra (1991) jak i planetoidy 243 Ida (1993) podczas lotu do Jowisza.

Żaden obiekt pasa Kuipera nie został dotychczas odwiedzony przez jakąkolwiek sondę. Sonda *New Horizons* wystrzelona 19 stycznia 2006 i wprowadzona na trajektorię ucieczkową z Układu Słonecznego jest obecnie pierwszą sondą przeznaczoną do zbadania pasa Kuipera. Ma ona również przelecieć w pobliżu Plutona w lipcu 2015. Jeśli będzie to możliwe, misja zostanie przedłużona o wykonanie obserwacji jeszcze innych obiektów pasa Kuipera^[93].



Pioneer 10, przelatujący w pobliżu orbity Plutona w 1983 r. – wizja artysty. Ostatnie sygnały od tej sondy otrzymano w styczniu 2003, nadesłane z odległości około 82 j.a. Licząca już 35 lat sonda obecnie oddala się od Słońca z prędkością ponad 43,400 km/h (27,000 mph)^[90].

Orbitery, lądowniki i łaziki

W 1966 r. Księżyc stał się pierwszym ciałem niebieskim, na orbicie którego umieszczono sztucznego satelitę (*Luna 10*). Później umieszczono sztucznego satelitę na orbicie Marsa (1971) (*Mariner 9*), Wenus (1975) (*Wenera 9*), Jowisza (1995) (*Galileo*), planetoidy 433 Eros (2000) (*NEAR Shoemaker*) i Saturna (2004) (sonda *Cassini-Huygens*). Sonda MESSENGER jest obecnie w drodze do Merkurego, by osiągnąć jego orbitę w 2011 r. Sonda *Dawn* ma osiągnąć orbitę planetoidy Vesta w 2011 r. i orbitę planety karłowatej Ceres w 2015 r.



Zdjęcie Ziemi (zakreślona kółkiem) wykonane przez sondę Voyager 1 z odległości 6,4 miliarda km. Widoczne smugi światła są spowodowane przez dyfrakcję promieni słonecznych (wychodzące spoza kadru w lewą stronę). Zdjęcie znane jako "Pale Blue Dot".

Pierwszą sondą, która dotknęła powierzchni innego ciała niebieskiego była radziecka sonda *Luna 2*, która uderzyła w Księżyc w 1959 r. Od tamtej pory osiągane były coraz dalsze planety: uderzenia w powierzchnię Wenus lub udane lądowania na jej powierzchni w 1966 (*Wenera 3*), nieudane próby lądowania na powierzchni Marsa w 1971 (*Mars 3*). Jednak w pełni udane lądowanie na powierzchni Marsa wykonała sonda *Viking 1* w roku 1976. Udane lądowanie na powierzchni planetoidy 433 Eros w 2001 wykonała sonda *NEAR Shoemaker*. Udane lądowanie wykonała na powierzchni księżycy Saturna Tytana sonda *Huygens*. Udane lądowanie na powierzchni komety Tempel 1 – powiodło się w misji *Deep Impact* w 2005 r. Orbiter *Galileo* zrzucił sondę w atmosferę Jowisza w 1995 r. Jako że Jowisz nie posiada właściwie powierzchni, sonda została zniszczona przez rosnące ciśnienie i temperaturę podczas schodzenia w głąb.

Do dzisiaj, tylko dwa ciała w Układzie Słonecznym: Księżyc i Mars były badane przez łaziki. Pierwszym łazikiem był radziecki *Lunochod 1*, który wylądował na Księżycu w 1970 r. Pierwszym na innej planecie był *Sojourner*, który zdołał przejechać 500 metrów po powierzchni Marsa w 1997 roku. Jedyny załogowy łazik, który jeździł po obcym świecie, to Lunar Roving Vehicle, którym jeździli astronauty misji Apollo 15, 16 i 17 w latach 1971–72.

Wyprawy załogowe

Eksploracja załogowa Układu Słonecznego jest obecnie ograniczona do okolic najbliższego sąsiedztwa Ziemi. Pierwszym człowiekiem w kosmosie (przy założeniu że kosmos zaczyna się od wysokości 100 km nad powierzchnią Ziemi) i na orbicie okołoziemskiej był Jurij Gagarin, Radziecki kosmonauta, który wystartował rakiętą *Wostok 1* dnia 12 kwietnia 1961 r. Pierwszym człowiekiem, który chodził po powierzchni innego ciała niebieskiego w Układzie Słonecznym był Neil Armstrong, który postawił pierwszy krok na powierzchni Księżycy 21 lipca 1969 podczas misji Apollo 11. Do 1972 miało miejsce jeszcze pięć lądowań na Księżycu. Amerykański wahadłowiec kosmiczny, który pierwszy raz wystartował w 1981, jest jedynym statkiem kosmicznym wielokrotnego użytku, który odbył wiele pomyślnych lotów orbitalnych. Zbudowano pięć egzemplarzy tego pojazdu, łącznie wszystkie odbyły dotychczas 121 misji, dwa z nich uległy katastrofie.

Pierwszą stacją kosmiczną, która miała na pokładzie więcej niż jedną załogę, była NASA Skylab, na pokładzie której znajdowały się więcej niż trzy załogi w latach 1973–74. Pierwszą stacją, gdzie ludzie mieszkali przez blisko dziesięć lat (1989–1999) była radziecka stacja Mir, która zakończyła już służbę. Jej następcą została *International Space Station*, na której ludzie przebywają do dziś. W 2004 *SpaceShipOne* został pierwszym prywatnym pojazdem w kosmosie podczas lotu suborbitalnego. Tego samego roku prezydent USA George W. Bush ogłosił program *Vision for Space Exploration*, który zapowiadał zastąpienie wysłużonych wahadłowców nowymi konstrukcjami, kolejne misje na Księżyc, a w końcu załogową wyprawę na Marsa.

Adnotacje

- [1] Scott S. Sheppard: The Jupiter Satellite Page (<http://www.dtm.ciw.edu/sheppard/satellites/>). W: *Carnegie Institution for Science, Department of Terrestrial Magnetism* [on-line]. [dostęp 2008-04-02].
- [2] nineplanets.org: An Overview of the Solar System (<http://www.nineplanets.org/overview.html>). [dostęp 2007-02-15].
- [3] Amir Alexander: New Horizons Set to Launch on 9-Year Voyage to Pluto and the Kuiper Belt (http://www.planetary.org/news/2006/0116_New_Horizons_Set_to_Launch_on_9_Year.html). W: *The Planetary Society* [on-line]. 2006. [dostęp 2006-11-08].
- [4] Lecture 13: The Nebular Theory of the origin of the Solar System (http://atropos.as.arizona.edu/aiz/teaching/nats102/mario/solar_system.html). W: *University of Arizona* [on-line]. [dostęp 2006-12-27].
- [5] Patricia L. Barnes-Svarney: *Asteroid: Earth Destroyer Or New Frontier?* (http://books.google.com/books?id=sadqcEC4r8sC&pg=PA37&dq=Sun+99.86%&lr=&as_brr=0&as_pt=ALLTYPES&hl=pl). Basic Books, s. 37. ISBN 0-7382-0885-X.
- [6] M Woolfson: *accessdate=2006-07-22 Chapter 1. The Solar System* (<http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/jplbasic/bsf1-1.htm>). W: *Basics of Space Flight* [on-line].
- [7] Masa Układu Słonecznego wyłączając Słońce, Jowisza i Saturna może być określona poprzez zsumowanie wszystkich obliczonych mas jego największych obiektów i używając szacunkowych obliczeń dla mas obiektów z obłoku Oorta (szacowany na ok. 3 masy Ziemi), pasa Kuipera (obliczany na ok. 0,1 masy Ziemi) i pasa planetoid (oceniany na 0,0005 mas Ziemi – co daje razem zaokrąglając w górę ok. ~37 mas Ziemi lub 8,1% masy orbitującej wokół Słońca. Trzy kolejne przypisy odnoszą się, odpowiednio, do obłoku Oorta, pasa Kuipera i pasa planetoid
- [8] Alessandro Morbidelli: *Origin and Dynamical Evolution of Comets and their Reservoirs* (http://arxiv.org/PS_cache/astro-ph/pdf/0512/0512256v1.pdf). W: *CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur* [on-line]. 2006. [dostęp 2007-08-03].
- [9] Audrey Delsanti, David Jewitt: *The Solar System Beyond the Planets* (<http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/papers/2006/DJ06.pdf>). W: *Institute for Astronomy, University of Hawaii* [on-line]. 2006. [dostęp 2007-01-03].
- [10] G. A. Krasinsky, Pitjeva, E. V.; Vasilyev, M. V.; Yagudina, E. I.: *Hidden Mass in the Asteroid Belt* (http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2002Icar..158...98K&db_key=AST&data_type=HTML&format=&high=4326fb2cf906949). lipiec 2002. ss. 98–105.
- [11] R. L. Smart, Carollo, M. G. Lattanzi, B. McLean, A. Spagna: *The Second Guide Star Catalogue and Cool Stars* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2001udns.conf..119S>). W: *Perkins Observatory* [on-line]. 2001. [dostęp 2006-12-26].
- [12] J.F. Kasting, T.P. Ackerman. *Climatic Consequences of Very High Carbon Dioxide Levels in the Earth's Early Atmosphere*. „*[[czasopismo]]*”, ss. 1383–1385 (1986). doi:10.1126/science.11539665 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.11539665>). PMID 11539665.
- [13] Richard W. Pogge: *The Once and Future Sun* (<http://www-astronomy.mps.ohio-state.edu/~pogge/Lectures/vistas97.html>). W: *Perkins Observatory* [on-line]. 1997. [dostęp 2006-06-23].
- [14] T. S. van Albada, Norman Baker. *On the Two Oosterhoff Groups of Globular Clusters*. „*[[czasopismo]]*”, ss. 477–498 (1973). doi:10.1086/152434 (<http://dx.doi.org/10.1086/152434>).
- [15] Charles H. Lineweaver: *An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect* (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0012399>). W: *University of New South Wales* [on-line]. 2001-03-09. [dostęp 2006-07-23].
- [16] *Solar Physics: The Solar Wind* (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/SolarWind.shtml>). W: *Marshall Space Flight Center* [on-line]. 2006-07-16. [dostęp 2006-10-03].
- [17] Tony Phillips: *The Sun Does a Flip* (http://science.nasa.gov/headlines/y2001/ast15feb_1.htm). W: *Science@NASA* [on-line]. 2001-02-15. [dostęp 2007-02-04].
- [18] Richard Lundin. *Erosion by the Solar Wind* (<http://sciencemag.org/cgi/content/full/291/5510/1909>). „*Science*”, s. 1909 (2001-03-09). doi:10.1126/science.1059763 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.1059763>). [dostęp 2006-12-26].
- [19] U. W. Langner, M.S. Potgieter. *Effects of the position of the solar wind termination shock and the heliopause on the heliospheric modulation of cosmic rays* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2005AdSpR..35.2084L>). „*Advances in Space Research*”, ss. 2084–2090 (2005). doi:10.1016/j.asr.2004.12.005 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2004.12.005>). [dostęp 2007-02-11].
- [20] *Long-term Evolution of the Zodiacal Cloud* (<http://astrobiology.arc.nasa.gov/workshops/1997/zodiac/backman/IIIc.html>). 1998. [dostęp 2007-02-03].
- [21] *ESA scientist discovers a way to shortlist stars that might have planets* (<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=29471>). 2003. [dostęp 2007-02-03].
- [22] M. Landgraf, Liou, J.-C., Zook, H. A., Grün, E.. *Origins of Solar System Dust beyond Jupiter* (<http://www.iop.org/EJ/article/1538-3881/123/5/2857/201502.html>). „*The Astronomical Journal*”, ss. 2857–2861 (May 2002). doi:10.1086/339704 (<http://dx.doi.org/10.1086/339704>). [dostęp 2007-02-09].
- [23] Schenk P., Melosh H.J. (1994), *Lobate Thrust Scarps and the Thickness of Mercury's Lithosphere*, Abstracts of the 25th Lunar and Planetary Science Conference, 1994LPI....25.1203S
- [24] Bill Arnett: *Mercury* (<http://www.nineplanets.org/mercury.html>). 2006. [dostęp 2006-09-14]. ss. The Nine Planets.
- [25] Benz, W., Slattery, W. L., Cameron, A. G. W. (1988), *Collisional stripping of Mercury's mantle*, *Icarus*, v. 74, p. 516–528.
- [26] Cameron, A. G. W. (1985), *The partial volatilization of Mercury*, *Icarus*, v. 64, p. 285–294.
- [27] Mark Alan Bullock. *The Stability of Climate on Venus* (<http://www.boulder.swri.edu/~bullock/Homedocs/PhDThesis.pdf>). „*[[czasopismo]]*” (1997). Southwest Research Institute. [dostęp 2006-12-26].

- [28] Paul Rincon: Climate Change as a Regulator of Tectonics on Venus (http://www.boulder.swri.edu/~bullock/Homedocs/Science2_1999.pdf). 1999. [dostęp 2006-11-19].
- [29] Anne E. Egger, M.A./M.S.: Earth's Atmosphere: Composition and Structure (http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?c3=&mid=107&l=). [dostęp 2006-12-26].
- [30] David Noever: Modern Martian Marvels: Volcanoes? (<http://www.astrobio.net/news/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1360&mode=thread&order=0&thold=0>). 2004. [dostęp 2006-07-23].
- [31] Scott S. Sheppard, David Jewitt, and Jan Kleyna: A Survey for Outer Satellites of Mars: Limits to Completeness (<http://www.journals.uchicago.edu/cgi-bin/resolve?doi=10.1086/424541&erFrom=-8489916761933094142Guest>). 2004. [dostęp 2006-12-26].
- [32] Main Asteroid Belt | CAS CMS (<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/M/Main+Asteroid+Belt>)
- [33] New study reveals twice as many asteroids as previously believed (<http://www.alphagalileo.org/index.cfm?fuseaction=readRelease&Releaseid=9162>). W: *ESA* [on-line]. 2002. [dostęp 2006-06-23].
- [34] G. A. Krasinsky, Pitjeva, E. V.; Vasilyev, M. V.; Yagudina, E. I. *Hidden Mass in the Asteroid Belt* (http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2002Icar..158..98K&db_key=AST&data_type=HTML&format=&high=4326fb2cf906949). „Icarus”, ss. 98–105 (July 2002). doi:10.1006/icar.2002.6837 (<http://dx.doi.org/10.1006/icar.2002.6837>).
- [35] Beech, M., Duncan I. Steel. *On the Definition of the Term Meteoroid* (http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1995QJRAS..36..281B&db_key=AST&data_type=HTML&format=&high=44b52c369007834). „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society”, ss. 281–284 (September 1995). [dostęp 2006-08-31].
- [36] Phil Berardelli: Main-Belt Comets May Have Been Source Of Earths Water (http://www.spacedaily.com/reports/Main_Belt_Comets_May_Have_Been_Source_Of_Earths_Water.html). 2006. [dostęp 2006-06-23].
- [37] Donald K. Yeomans: 1 Ceres (<http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=Ceres;orb=1>). JPL Small-Body Database Browser, July 5, 2007. [dostęp 2007-07-05].—The listed values were rounded at the magnitude of uncertainty (1-sigma).
- [38] James L. Hilton: When Did the Asteroids Become Minor Planets? (<http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/minorplanets.php>). September 17, 2001. [dostęp 2006-08-16].
- [39] C. Sotin: *The Outer Planets and their Moons: Comparative Studies of the Outer Planets prior to the Exploration of the Saturn System by Cassini-Huygens (Space Sciences Series of ISSI)* (<http://books.google.com/books?id=MbmiTd3x1UcC&pg=PA453&dq=ice+giants&hl=pl#PPA452,M1>). Springer, ss. 452-453. ISBN 978-1-4020-3362-9.
- [40] Pappalardo, R T: Geology of the Icy Galilean Satellites: A Framework for Compositional Studies ([http://www.agu.org/cgi-bin/SFgate/SFgate/?&listenv=table&multiple=1&range=1&directget=1&application=fm99&database=/data/epubs/wais/indexes/fm99/fm99&maxhits=200&="P11C-10](http://www.agu.org/cgi-bin/SFgate/SFgate/?&listenv=table&multiple=1&range=1&directget=1&application=fm99&database=/data/epubs/wais/indexes/fm99/fm99&maxhits=200&=)"). 1999. [dostęp 2006-01-16].
- [41] J. S. Kargel: Cryovolcanism on the icy satellites (<http://www.springerlink.com/content/n7435h4506788p22/>). W: *U.S. Geological Survey* [on-line]. 1994. [dostęp 2006-01-16].
- [42] Hawksett, David; Longstaff, Alan; Cooper, Keith; Clark, Stuart: 10 Mysteries of the Solar System (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2005AsNow..19h..65H>). W: *Astronomy Now* [on-line]. 2005. [dostęp 2006-01-16].
- [43] Uranus: Moons (<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Uranus&Display=Moons>)
- [44] Podolak, M.; Reynolds, R. T.; Young, R.: Post Voyager comparisons of the interiors of Uranus and Neptune (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1990GeoRL..17.1737P>). 1990. [dostęp 2006-01-16].
- [45] Duxbury, N.S., Brown, R.H.: The Plausibility of Boiling Geysers on Triton (<http://trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/handle/2014/28034?mode=full>). W: *Beacon eSpace* [on-line]. 1995. [dostęp 2006-01-16].
- [46] Audrey Delsanti and David Jewitt: The Solar System Beyond The Planets (<http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/papers/2006/DJ06.pdf>). W: *Institute for Astronomy, University of Hawaii* [on-line]. 2006. [dostęp 2007-01-03].
- [47] J. Fajans, L. Friedland. *Autoresonant (nonstationary) excitation of pendulums, Plutinos, plasmas, and other nonlinear oscillators* (http://scitation.aip.org/journals/doc/AJPIAS-ft/vol_69/iss_10/1096_1.html). „American Journal of Physics”, ss. 1096–1102 (October 2001). doi:10.1119/1.1389278 (<http://dx.doi.org/10.1119/1.1389278>). [dostęp 2006-12-26].
- [48] M. W. Buie, R. L. Millis, L. H. Wasserman, J. L. Elliot, S. D. Kern, K. B. Clancy, E. I. Chiang, A. B. Jordan, K. J. Meech, R. M. Wagner, D. E. Trilling: Procedures, Resources and Selected Results of the Deep Ecliptic Survey (<http://www.citebase.org/fulltext?format=application/pdf&identifier=oai:arXiv.org:astro-ph/0309251>). W: *Lowell Observatory, University of Pennsylvania, Large Binocular Telescope Observatory, Massachusetts Institute of Technology, University of Hawaii, University of California at Berkeley* [on-line]. 2005. [dostęp 2006-09-07].
- [49] E. Dotto¹, M.A. Barucci², and M. Fulchignoni: Beyond Neptune, the new frontier of the Solar System (<http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIS/3/PDF/20.pdf>). 2006-08-24. [dostęp 2006-12-26].
- [50] David Jewitt: The 1000 km Scale KBOs (http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb/big_kbo.html). W: *University of Hawaii* [on-line]. 2005. [dostęp 2006-07-16].
- [51] Mike Brown: The discovery of 2003-UB313-Eris, the 10th planet-largest known dwarf planet. (<http://www.gps.caltech.edu/~mbrown/planetlila/>). W: *CalTech* [on-line]. 2005. [dostęp 2006-09-15].
- [52] Sekanina, Zdenek. *Kreutz Sungrazers: the Ultimate Case of Cometary Fragmentation and Disintegration?*. „Publications of the Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Czech Republic” (2001).
- [53] M. Królikowska. *A Study of the Original Orbits of Hyperbolic Comets* (http://www.aanda.org/index.php?option=com_base_ora&url=articles/aa/full/2001/34/aa1250/aa1250.right.html&access=standard&Itemid=81). „Astronomy & Astrophysics”, ss. 316–324 (2001). doi:10.1051/0004-6361:20010945 (<http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361:20010945>). [dostęp 2007-01-02].

- [54] Fred L. Whipple: The Activities of Comets Related to their Aging and Origin (<http://www.springerlink.com/content/x0358171h463w246/>). 1992-04. [dostęp 2006-12-26].
- [55] Voyager Enters Solar System's Final Frontier (http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/voyager_agu.html). W: NASA [on-line]. [dostęp 2007-04-02].
- [56] Fahr, H. J.; Kausch, T.; Scherer, H.: A 5-fluid hydrodynamic approach to model the Solar System-interstellar medium interaction (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000A&A...357..268F>). W: *Institut für Astrophysik und Extraterrestrische Forschung der Universität Bonn* [on-line]. 2000. [dostęp 2006-06-23].
- [57] Voyager – Mission – Interstellar Mission (<http://voyager.jpl.nasa.gov/mission/interstellar.html>). 2007. [dostęp 2008-05-08].
- [58] R. L. McNutt, Jr. et al.. *Innovative Interstellar Explorer* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006AIPC..858..341M>). „{{czasopismo}}”, ss. 341–347 (2006). doi:10.1063/1.2359348 (<http://dx.doi.org/10.1063/1.2359348>).
- [59] Interstellar space, and step on it! (<http://space.newscientist.com/article/mg19325850.900-interstellar-space-and-step-on-it.html>). W: *New Scientist* [on-line]. 2007-01-05. [dostęp 2007-02-05].
- [60] P. C. Frisch: The Sun's Heliosphere & Heliopause (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap020624.html>). W: *University of Chicago* [on-line]. 2002. [dostęp 2006-06-23].
- [61] T. Encrenaz, JP. Bibring, M. Blanc, MA. Barucci, F. Roques, PH. Zarka: *The Solar System: Third edition*. Wyd. Springer. 2004, s. 1.
- [62] Stern SA, Weissman PR.: Rapid collisional evolution of comets during the formation of the Oort cloud. (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11214311&dopt=Citation). W: *Space Studies Department, Southwest Research Institute, Boulder, Colorado* [on-line]. 2001. [dostęp 2006-11-19].
- [63] Bill Arnett: The Kuiper Belt and the Oort Cloud (<http://www.nineplanets.org/kboc.html>). W: *nineplanets.org* [on-line]. 2006. [dostęp 2006-06-23].
- [64] David Jewitt: Sedna – 2003 VB₁₂ (<http://www.ifa.hawaii.edu/~jewitt/kb/sedna.html>). W: *University of Hawaii* [on-line]. 2004. [dostęp 2006-06-23].
- [65] Mike Brown: Sedna (<http://www.gps.caltech.edu/~mbrown/sedna/>). W: *CalTech* [on-line]. [dostęp 2007-05-02].
- [66] Durda D.D.; Stern S.A.; Colwell W.B.; Parker J.W.; Levison H.F.; Hassler D.M.: A New Observational Search for Vulcanoids in SOHO/LASCO Coronagraph Images (<http://www.ingentaconnect.com/search/expand?pub=infobike://ap/is/2000/00000148/00000001/art06520&unc=ml>). 2004. [dostęp 2006-07-23].
- [67] Near-Earth Supernovas (http://science.nasa.gov/headlines/y2003/06jan_bubble.htm). W: NASA [on-line]. [dostęp 2006-07-23].
- [68] Priscilla Frisch (2000). "The Galactic Environment of the Sun" (<http://web.archive.org/web/20071124131720/http://www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/21173/page/2?&print=yes>), *American Scientist*.
- [69] Stars within 10 light years (<http://www.solstation.com/stars/s10ly.htm>). W: *SolStation* [on-line]. [dostęp 2007-04-02].
- [70] Tau Ceti (<http://www.solstation.com/stars/tau-ceti.htm>). W: *SolStation* [on-line]. [dostęp 2007-04-02].
- [71] Hubble Zeroes in on Nearest Known Exoplanet (<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/32/text/>). W: *Hubblesite* [on-line]. 2006.
- [72] A.D. Dolgov: Magnetic fields in cosmology (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0306443>). 2003. [dostęp 2006-07-23].
- [73] R. Drimmel, D. N. Spergel: Three Dimensional Structure of the Milky Way Disk (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0101259>). 2001. [dostęp 2006-07-23].
- [74] Stacy Leong: Period of the Sun's Orbit around the Galaxy (Cosmic Year) (<http://hypertextbook.com/facts/2002/StacyLeong.shtml>). W: *The Physics Factbook* [on-line]. 2002. [dostęp 2007-04-02].
- [75] Supernova Explosion may Have Caused Mammoth Extinction (<http://www.physorg.com/news6734.html>). W: *Physorg.com* [on-line]. 2005. [dostęp 2007-02-02].
- [76] Leslie Mullen: Galactic Habitable Zones (<http://www.astrobio.net/news/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=139>). W: *Astrobiology Magazine* [on-line]. 2001. [dostęp 2006-06-23].
- [77] Eric W. Weisstein: Galileo Galilei (1564–1642) (<http://scienceworld.wolfram.com/biography/Galileo.html>). W: *Wolfram Research* [on-line]. 2006. [dostęp 2006-11-08].
- [78] Discoverer of Titan: Christiaan Huygens (http://www.esa.int/esaSC/SEMJRT57ESD_index_0.html). W: *ESA Space Science* [on-line]. 2005. [dostęp 2006-11-08].
- [79] Giovanni Domenico Cassini (June 8, 1625–September 14, 1712) (<http://www.seds.org/messier/Xtra/Bios/cassini.html>). W: *SEDS.org* [on-line]. [dostęp 2006-11-08].
- [80] Comet Halley (<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/comets/halley.html>). W: *University of Tennessee* [on-line]. [dostęp 2006-12-27].
- [81] Etymonline: Solar System (<http://www.etymonline.com/index.php?search=solar+system&searchmode=none>). [dostęp 2008-01-24].
- [82] Herschel, Sir William (1738–1822) (<http://science.enotes.com/earth-science/herschel-sir-william>). W: *enotes.com* [on-line]. [dostęp 2006-11-08].
- [83] Discovery of Ceres: 2nd Centenary, [[1 January (<http://www.astro.unipa.it/Asteroids2001/>)] 1801–1 January 2001]. W: *astro.unipa.it* [on-line]. 2000. [dostęp 2006-11-08].
- [84] J. J. O'Connor and E. F. Robertson: Mathematical discovery of planets (http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Neptune_and_Pluto.html). W: *St. Andrews University* [on-line]. 1996. [dostęp 2006-11-08].
- [85] Spectroscopy and the Birth of Astrophysics (<http://www.aip.org/history/cosmology/tools/tools-spectroscopy.htm>). W: *Center for History of Physics, a Division of the American Institute of Physics* [on-line]. [dostęp 2008-04-30].

- [86] Extrasolar Planets Encyclopedia (<http://exoplanet.eu/catalog.php>). W: *Paris Observatory* [on-line]. [dostęp 2008-01-24].
- [87] Jane X. Luu and David C. Jewitt: KUIPER BELT OBJECTS: Relics from the Accretion Disk of the Sun (<http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.astro.40.060401.093818>). W: *MIT, University of Hawaii* [on-line]. 2002. [dostęp 2006-11-09].
- [88] Minor Planet Center: List of Trans-Neptunian Objects (<http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/TNOs.html>). [dostęp 2007-04-02].
- [89] Eris (2003 UB313) (<http://www.solstation.com/stars/ub313.htm>). W: *Solstation.com* [on-line]. 2006. [dostęp 2006-11-09].
- [90] Donald Savage; Michael Mewhinney: Farewell Pioneer 10 (http://solarsystem.nasa.gov/news/display.cfm?News_ID=4618). NASA, 2003-02-25. [dostęp 2007-07-11].
- [91] Randy Culp: Time Line of Space Exploration (<http://my.execpc.com/~culp/space/timeline.html>). 2002. [dostęp 2006-07-01].
- [92] Comet Space Missions (http://seds.lpl.arizona.edu/~spider/spider/Comets/c_missions.html), accessed 2007-10-23.
- [93] New Horizons NASA's Pluto-Kuiper Belt Mission (<http://pluto.jhuapl.edu/>). 2006. [dostęp 2006-07-01].

Przypisy

Zobacz też

- Chronologiczny wykaz odkryć planet, planet karłowatych i ich księżyców w Układzie Słonecznym
- New Horizons
- Plutoidy
- Cassini-Huygens
- Celestia

Linki zewnętrzne

- Nine Planets (<http://www.nineplanets.org/>) – bogaty zbiór informacji o Układzie Słonecznym
- Strona NASA (http://science.nasa.gov/ssl/pad/solar/suess/Interstellar_Probe/ISP-Intro.html) na temat sondy przeznaczonej do badania heliopauzy
- <http://www.solar.po.opole.pl> – strona o Układzie Słonecznym
- <http://www.astronomia.boo.pl/us.html> – strona opisująca Układ Słoneczny
- Układ Słoneczny w tabelach i artykuły go opisujące (http://www.astronomia.pl/uklad_sloneczny/)
- Informacja na temat drugiego "Układu Słonecznego" (<http://www.polskieradio.pl/nauka/temattygodnia/artyku38170.html>)
- Atlas Wszechświata (<http://wszechswiat.astrowww.pl>) – miejsce Układu Słonecznego we Wszechświecie
- Układ Słoneczny (http://www.dmoz.org/World/Polski/Nauka_i_edukacja/Astronomia/Uklad_Sloneczny) w katalogu Open Directory Project

Źródła i autorzy artykułu

Układ Słoneczny Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?oldid=23503895> Autorzy: 4C, A., ABX, AdSR, Adi, Adrian 1111, Ajsmen91, Allgau, Ananas96, Ankry, Artpoz5, Asafana, Ataleh, Bambus-Klucha, Bastian, Beau, Benek333, Bladekiller, Bocianski, Bonio, Bukaj, CD, CommonsDelinker, Czach, Czaderak, Czart3, Datrio, Drgn, Dzikos, Dzoker, E2rd, EMeczKa, Egregius, EmCe, Enejsi, Filemon, Grayghost, Grotisque, Grzegorz Petka, Gładka, HarrisonBergeron, Hashar, Herr Kriss, Highlight, Holek, Ignasiak, Interfecto, JaBoJa, Japanriver, Jaskch, Jckowal, Jersz, Jill Tarter, John Belushi, Jordi Polo, Jotemp, Jpa3, Julio, KKOza, Kamil1993s, Kan240, Karol007, Kokorik, Konradek, Kpjas, Krochmal, Lajsikonik, Leafnode, Llnoba, LukKot, Lukasz Lukomski, MK wars, MRN, Macter4, Maikking, Makary, Marcin Robert, Marek110s, Margoz, Marqk, Master Ren', Masti, MateuszK, MatiOmet, Merdis, Micipol, Milen, Mintho, Monika Meżyńska, Monopol, Mpfiz, Mpn, Norbiastronom, Nowak2000, Obbie, Odder, PKal, PMG, Patyczex11, Pawel Jochym, Pawel ze Szczecina, Piecica, Pietras1988, Piotrek221 Ief, Pixel, Popszes, Prz rulez, Pstan, Qblik, Radek68, Refycul, Remigiu, Rentier, Reytan, Roo72, Rumun999, Rww23, S99, Sam, Sblive, Sbrzuc, Scibor, Selena von Eichendorf, Sfu, Shaqspeare, Siedlaro, Slaweks, Snake-Eyes, Sobi3ch, Staszek Szybki Jest, Stefeck, Stepa, Stok, Stv, Superborsuk, SwPawel, Szczureq, Taw, Teo ns, The boss, ToSter, Topory, Tsca, Vear, Vulpecula, Vuvarl, WTM, Wi-ko, Witek1988, Wladca adam, conversion script, 224 anonimowych edycji

Źródła, licencje i autorzy grafik

Plik:Planety2008.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Planety2008.jpg> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

Plik:Układ Słoneczny.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Układ_Słoneczny.svg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

Plik:Protoplanetary-disk.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Protoplanetary-disk.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: NASA

Plik:Solarsystem.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Solarsystem.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: Kaktuse

Plik:Solar system barycenter pl.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Solar_system_barycenter_pl.svg Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Autorzy: User:Herr Kriss, User:Rubik-wuerfel

Plik:Sedna.svg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sedna.svg> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

Plik:Sun in X-Ray.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sun_in_X-Ray.png Licencja: Public Domain Autorzy: NASA Goddard Laboratory for Atmospheres

Plik:Diagram H-R2 PL.gif Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Diagram_H-R2_PL.gif Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Original uploader was Codiak at pl.wikipedia. Later version(s) were uploaded by Mpfiz at pl.wikipedia.

Plik:Heliospheric-current-sheet.gif Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Heliospheric-current-sheet.gif> Licencja: Public Domain Autorzy: Werner Heil (see "other version" below).

Plik:Aurora australis 20050911.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Aurora_australis_20050911.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: NASA

Plik:Sun symbol.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sun_symbol.svg Licencja: Public Domain Autorzy: Lexicon

Plik:Mercury symbol.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury_symbol.svg Licencja: Public Domain Autorzy: Lexicon

Plik:Venus symbol.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Venus_symbol.svg Licencja: Public Domain Autorzy: Kyle the hacker

Plik:Earth symbol.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth_symbol.svg Licencja: Public Domain Autorzy: User:OsgoodLawyer

Plik:Mars symbol.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mars_symbol.svg Licencja: Public Domain Autorzy: Kyle the hacker

Plik:Jupiter symbol.ant.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Jupiter_symbol.ant.png Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: Ant, Deadstar, Duesentrieb, EugeneZelenko, Ilmari Karonen, Karelj, Rursus, Ruslik0, Starwiz, WolfgangRieger

Plik:Saturn symbol.ant.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Saturn_symbol.ant.png Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: Ant, Bryan Derksen, Duesentrieb, EugeneZelenko, Ilmari Karonen, Rursus, Starwiz, WolfgangRieger

Plik:Uranus symbol.ant2.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Uranus_symbol.ant2.svg Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: user:MesserWoland

Plik:Symbol neptun.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Symbol_neptun.svg Licencja: Public Domain Autorzy: Ch1902, Rursus, Ruslik0, Stanmar, Starwiz, Urhixidur, WolfgangRieger

Plik:Odległosci w układzie słonecznym.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Odległosci_w_układzie_słonecznym.jpg Licencja: nieznaną Autorzy: user:Marcin Suwalczan

Plik:Terrestrial planet size comparisons.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Terrestrial_planet_size_comparisons.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: wikipedia user Brian0918

Plik:Rodzina Hildy.PNG Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Rodzina_Hildy.PNG Licencja: Public Domain Autorzy: Translation of a polish version: John Belushi; original uploader of a polish version was Roo72 at pl.wikipedia. Original author was Mdf at en.wikipedia.

Plik:Gas giants in the solar system.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Gas_giants_in_the_solar_system.jpg Licencja: nieznaną Autorzy: NASA

Plik:Outersolarsystem objectpositions labels comp.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Outersolarsystem_objectpositions_labels_comp.png Licencja: Free Art License Autorzy: 84user, Kaldari, Peteforsyth, Poppy, Venkat.athma, Wikibob, WilyD, 4 anonimowych edycji

Plik:EightTNOs pl.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:EightTNOs_pl.png Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: User:Lexicon

Plik:TheKuiperBelt Projections 55AU Classical Plutinos.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:TheKuiperBelt_Projections_55AU_Classical_Plutinos.svg Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: User:Eurocommuter

Plik:Pluto system 2006.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Pluto_system_2006.jpg Licencja: nieznaną Autorzy: H. Weaver (JHU/APL), A. Stern (SwRI), and the HST Pluto Companion Search Team

Plik:TheKuiperBelt Projections 100AU Classical SDO.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:TheKuiperBelt_Projections_100AU_Classical_SDO.svg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Eurocommuter

Plik:Eris and dysnomia2.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Eris_and_dysnomia2.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: John800104, Kalki, Krinkle, Ruslik0, 1 anonimowych edycji

Plik:Comet c1995o1.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Comet_c1995o1.jpg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Miketsukunibito

Plik:Voyagery.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Voyagery.jpg> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

Plik:Oort i Kuiper.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Oort_i_Kuiper.jpg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

Plik:Sedna-NASA.JPG Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sedna-NASA.JPG> Licencja: nieznaną Autorzy: User:Evercat

Plik:Local bubble.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Local_bubble.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: NASA; modified from original version by

Plik:Droga Mleczna.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Droga_Mleczna.svg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi, User:Dragons flight, User:Surachit

Plik:Universe Reference Map (Location) 001.jpeg Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Universe_Reference_Map_\(Location\)_001.jpeg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Universe_Reference_Map_(Location)_001.jpeg) Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Autorzy: User:Azcolvin429

Plik:NewtonsTelescopeReplica.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:NewtonsTelescopeReplica.jpg> Licencja: nieznaną Autorzy: Basilicofresco, DrJunge, Eoghanacht, Fabian Commons, HHahn, Jahobr, Plindenbaum, Sanao, Solipsis, Thomas Gun, Thuresson, Wst, Xocoyote, 11 anonimowych edycji

Plik:Mercury transit 2.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury_transit_2.jpg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Mila Zinkova

Plik:Pioneer10-11.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Pioneer10-11.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: NASA

Plik:PaleBlueDot.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:PaleBlueDot.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: Emijrp, Kenyon, Nard the Bard, Superm401, 6 anonimowych edycji

Licencja

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
