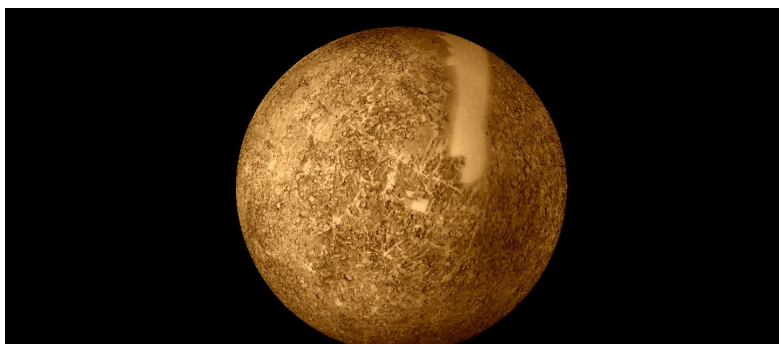


# Merkury

Merkury ☿



Obraz jest mozaiką zdjęć wykonanych przez sondę Mariner 10.

## Historia odkrycia

<b>Odkrywca</b>	Babilończycy
<b>Data odkrycia</b>	znana w starożytności
<b>Średnia odległość od Słońca</b>	57 909 176 km 0,38709893 j.a.
<b>Obwód orbity</b>	$36 \times 10^{10}$ m 2,406 j.a.
<b>Mimośród</b>	0,20563069
<b>Peryhelium</b>	46 001 272 km 0,30749951 j.a.
<b>Aphelium</b>	69 817 079 km 0,46669835 j.a.
<b>Rok gwiazdowy</b>	87,96935 dni (0,240847 lat)
<b>Obieg synodyczny</b>	115,88 d <sup>[1]</sup>
<b>Średnia prędkość orbitalna</b>	47,87 km/s <sup>[1]</sup>
<b>Maksymalna prędkość</b>	58,98 km/s
<b>Minimalna prędkość</b>	38,86 km/s
<b>Nachylenie orbity względem ekliptyki</b>	7,00487° (3,38° względem równika słonecznego)
<b>Satelity naturalne</b>	brak

## Charakterystyka fizyczna

<b>Średnica na równiku</b>	4879,4 km (0,383 Ziemi)
<b>Powierzchnia</b>	$75 \times 10^6$ km <sup>2</sup> (0,147 Ziemi)
<b>Objętość</b>	$6,1 \times 10^{10}$ km <sup>3</sup> (0,056 Ziemi)
<b>Masa</b>	$3,3302 \times 10^{23}$ kg

Gęstość	5,427 g/cm <sup>3</sup>
Przyspieszenie grawitacyjne na równiku	3,701 m/s <sup>2</sup> (0,376 g)
Prędkość ucieczki	4,3 km/s
Prędkość wynikająca z rotacji	10,892 km/h (na równiku)
Okres rotacji	58 d 15 h 26 m
Deklinacja	61,45°
Nachylenie równika względem płaszczyzny orbity	0,027° <sup>[2]</sup>
Albedo	0,10–0,12
Średnia temp.: Dzień	350 °C
Średnia temp.: Noc	–200°C
Temperatura powierzchni	<b>min.    śred.    maks.</b> 100 K   442,5 K   700 K
<b>Skład atmosfery<sup>[1]</sup></b>	
Ciśnienie atmosferyczne	10 <sup>-12</sup> hPa
Tlen	42,0%
Sód	29,0%
Wodór	22,0%
Hel	6,0%
Potas	0,5%
Pozostałe: argon, dwutlenek węgla, woda, azot, ksenon, krypton, neon	0,5%

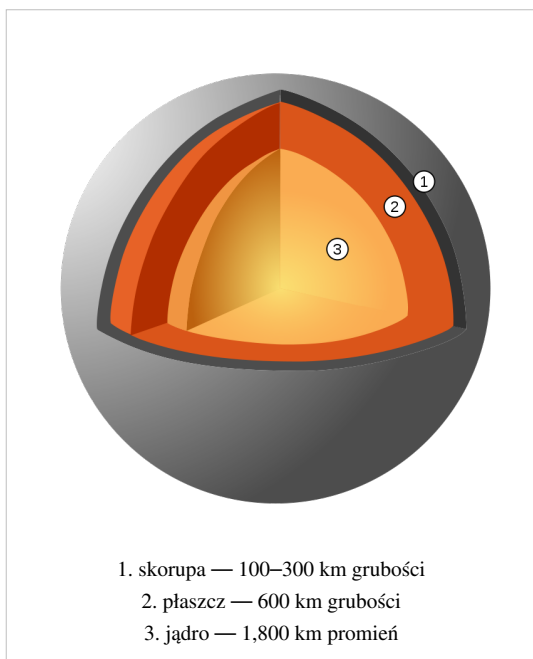
**Merkury** — najmniejsza i najbliższa Słońcu planeta Układu Słonecznego. Jako planeta wewnętrzna znajduje się dla ziemskiego obserwatora zawsze bardzo blisko Słońca, dlatego jest trudna do obserwacji. Mimo to należy do planet widocznych gołym okiem i była znana już w starożytności. Merkurego dojrzeć można jedynie tuż przed wschodem lub tuż po zachodzie Słońca.

Ukształtowaniem powierzchni Merkury przypomina Księżyc: są na nim liczne kratery uderzeniowe i praktycznie pozbawiony jest atmosfery. Temperatura powierzchni waha się od –183 °C do 427 °C. W przeciwieństwie do Księżycyca, planeta ma jednak duże żelazne jądro, generujące pole magnetyczne o natężeniu stokrotnie mniejszym od natężenia ziemskiego pola magnetycznego<sup>[3]</sup>. Wielkość jądra powoduje, że Merkury ma jedną z największych gęstości spośród planet Układu Słonecznego<sup>[4]</sup> (nieznacznie większą ma Ziemia). Merkury nie posiada naturalnych satelitów.

Pierwsze udokumentowane obserwacje Merkurego sięgają pierwszego tysiąclecia p.n.e. Do IV wieku p.n.e. greccy astronomowie uważali, że są to dwa ciała niebieskie: pierwsze widzialne tylko przed wschodem Słońca (nazywali je Apollo), drugie widzialne tylko po zachodzie Słońca (nazywali je Hermesem)<sup>[5]</sup>. Za sprawą szybkiego ruchu planety, powodowanego jej krótką orbitą, Rzymianie nadali planecie nazwę na cześć posłańca bogów i patrona handlarzy – Merkurego. Symbol astronomiczny planety to stylizowana wersja kaduceusza Hermesa<sup>[6]</sup>.

W porównaniu z innymi planetami Układu Słonecznego o Merkury wiadomo stosunkowo niewiele; ze względu na problemy natury technicznej zbadały go dotychczas tylko dwie sondy. Pierwsza z nich – Mariner 10 – wykonała w latach 1974–75 mapy 45% powierzchni. Następnie sonda MESSENGER podczas pierwszego przelotu 14 stycznia 2008 zobrazowała kolejne 30% powierzchni planety. MESSENGER zbliżył się do Merkurego ponownie 6 października 2008 i po raz trzeci 29 września 2009. Po tych przelotach sfotografowane jest już 98% powierzchni, częściowo jednak przy niekorzystnym oświetleniu, nie sprzyjającym obserwacjom topografii<sup>[7]</sup>. W 2011 sonda wejdzie na orbitę w celu zbadania i wykonania mapy całego globu.

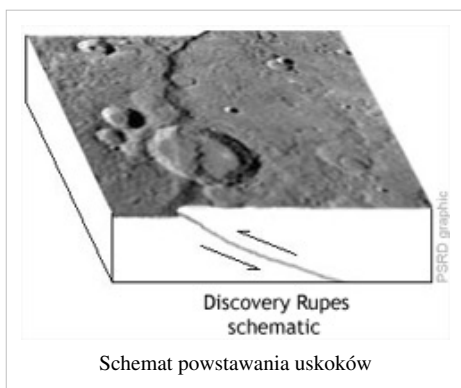
## Struktura wewnętrzna



Merkury jest jedną z czterech planet skalistych Układu Słonecznego. Jego średnica wynosi 4879 km, i pod względem wielkości jest to najmniejsza planeta Układu<sup>[11]</sup>. Merkury jest mniejszy (choć ma większą masę) niż największe naturalne satelity planet gazowych, Ganimedes i Tytan. Składa się on w 70% z metalu, a w 30% z krzemianów<sup>[8]</sup>. Gęstość Merkurego, która wynosi 5,427 g/cm<sup>3</sup>, jest drugą co do wielkości w Układzie Słonecznym i nieznacznie mniejsza od gęstości Ziemi wynoszącej 5,515 g/cm<sup>3</sup><sup>[11]</sup>. Nie uwzględniając efektu kompresji przez grawitację, gęstość planety wynosiłaby 5,3 g/cm<sup>3</sup>, a Ziemi – 4,4 g/cm<sup>3</sup><sup>[9]</sup>.

Dane o gęstości planety pozwalają dowiedzieć się więcej o jej strukturze wewnętrznej. Podczas gdy gęstość Ziemi wynika w dużej mierze z kompresji jej masy poprzez grawitację (szczególnie w jądrze), warstwy wewnętrzne Merkurego, ze względu na jego znacznie mniejszą masę, są znacznie mniej skompresowane. Z powodu małej wielkości planety w stosunku do wysokiej gęstości musi ona mieć duże, bogate w żelazo jądro<sup>[10]</sup>. Geolodzy oszacowali, że jądro Merkurego zajmuje około 42% jego objętości; dla Ziemi jest to 17%. Bieżące badania sugerują, że Merkury ma płynne jądro<sup>[11]</sup><sup>[12]</sup>.

Jądro otacza warstwa zwana, przez analogię do płaszczki ziemskiej, płaszczem o grubości 600 km, składająca się z krzemianów<sup>[13]</sup>. Symulacje sugerują, że we wczesniej historii planety kolizja z innym ciałem niebieskim o średnicy kilkuset kilometrów pozbawiła Merkurego większości materiału, z którego powstawał płaszcz. Wyjaśniałoby to zagadkę relatywnie cienkiego płaszczki w stosunku do dużego jądra<sup>[14]</sup>.



Według danych uzyskanych z Mariner 10 i obserwacji z użyciem teleskopu skorupa Merkurego ma grubość 100–300 km<sup>[15]</sup>. Jedną z wyróżniających cech powierzchni Merkurego jest występowanie licznych uskoku, czasami rozciągających się na kilkaset kilometrów. Uważa się, że powstały w wyniku kontrakcji jądra i płaszczki po uformowaniu się skorupy<sup>[16]</sup>. Największym z nich jest Discovery Rupes, o długości ponad 500 km i wysokości do 1,5 km<sup>[17]</sup>.

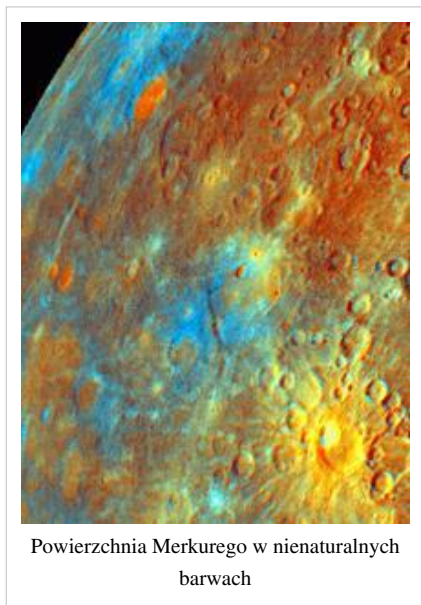
Merkuriańskie jądro zawiera więcej żelaza niż jakkolwiek planeta Układu Słonecznego. Powstało kilka hipotez wyjaśniających to zjawisko. Dominująca z nich stwierdza, że Merkury powstał z takiej

samej materii jak inne planety, dlatego stosunek zawartości metalu do krzemianów był podobny jak w chondrytach (czyli typowy dla materii skalistej Układu Słonecznego), a początkowa masa Merkurego była 2,25 razy większa niż obecnie<sup>[14]</sup>. Następnie w planetę uderzył planetozymal o masie 1/6 masy Merkurego<sup>[14]</sup>. Kolidacja pozbawiła planetę większości pierwotnego płaszcza i skorupy, pozostawiając nienaruszone jądro<sup>[14]</sup>. W podobny sposób miał uformować się ziemski Księżyc (Teoria wielkiego zderzenia)<sup>[14]</sup>.

Wersja alternatywna głosi, że Merkury powstał z mgławicy słonecznej, zanim zakończyły się procesy gwiazdotwórcze Słońca i ustabilizowała się energia przez nie emitowana. Zasugerowano, że planeta miała masę dwa razy większą niż obecnie, lecz podczas kontrakcji proto-Słońca temperatura Merkurego wynosiła od 2500 K do 3500 K, być może nawet 10 000 K<sup>[18]</sup>. Większość skalistej powierzchni musiała w takich warunkach zamienić się w parę, formując atmosferę „skalistych oparów”, którą rozwiął wiatr słoneczny<sup>[18]</sup>.

Inna sugeruje wersję zdarzeń, w której przed utworzeniem się Merkurego gaz mgławicy słonecznej powodował opór aerodynamiczny, hamując ruch pyłu, co spowodowało, że część lżejszego pyłu (zawierającego krzemiany) została usunięta z dysku, z którego utworzył się Merkury<sup>[19]</sup>. Z każdej hipotezy wynika inny skład chemiczny powierzchni. Najbliższe misje MESSENGER i BepiColombo mają za zadanie poczynienie obserwacji w celu weryfikacji tych hipotez<sup>[20] [21]</sup>.

## Powierzchnia



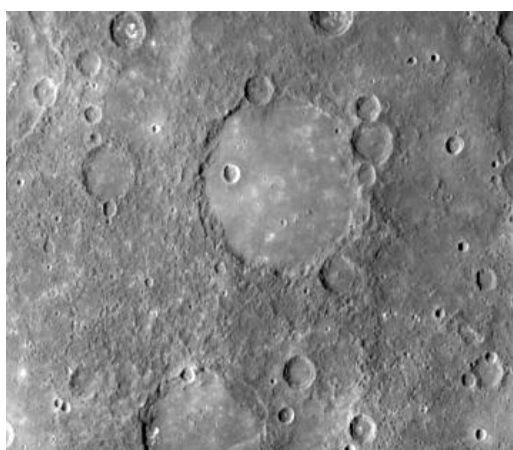
Powierzchnia Merkurego w nienaturalnych barwach

Powierzchnia Merkurego niezwykle przypomina powierzchnię ziemskiego Księżyca. Dominują na nim równiny podobne do mórz księżycowych oraz krateru uderzeniowe, oznaczające brak aktywności geologicznej przez miliardy lat. Ponieważ wiedza o geologii Merkurego pochodziła do niedawna tylko z ziemskich obserwacji i z danych przekazanych przez sondę Mariner 10, jest to najmniej zbadana planeta skalista<sup>[12]</sup>. Dane pochodzące z przelotów MESSENGER-a pozwalają odkryć nieznane dotąd zakątki Merkurego. Przykładem jest zaobserwowanie nietypowego 40-kilometrowego krateru „Pająk”, składającego się z ponad 100 wąskich koryt<sup>[22] [23]</sup>.

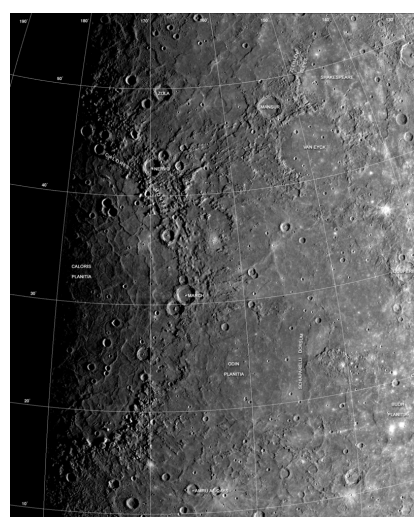
Na podstawie różnic w albedo – zdolności odbijania przez daną powierzchnię padającego na nią światła – możliwe było poznanie ukształtowania Merkurego z użyciem teleskopu. Na planecie znajdują się dorsa, typowe dla Księżyca wyżyny, góry, równiny, skarpy oraz doliny<sup>[24] [25]</sup>.

Merkury był intensywnie bombardowany przez komety i asteroidy podczas jego powstawania 4,6 miliarda lat temu, wkrótce po powstaniu, oraz w okresie Wielkiego Bombardowania, tj. od 4,1 do 3,8 mld. lat temu<sup>[26]</sup>. Efekty kolizji na powierzchni<sup>[25]</sup> zostały dodatkowo zintensyfikowane brakiem atmosfery, która mogłaby spowolnić uderzające w planetę ciała niebieskie<sup>[27]</sup>. W ich wyniku powstały na Merkurym różnej wielkości krateru uderzeniowe. Ponadto planeta była początkowo aktywna wulkanicznie, a krateru uderzeniowe takie jak *Caloris Planitia* wypełnione zostały magmą, co doprowadziło do powstania gładkich równin podobnych do mórz księżycowych<sup>[28] [29]</sup>.

## Kratery



Krajobraz usiany kraterami na południowej półkuli Merkurego



Równina Żaru jest jednym z największych kraterów w Układzie Słonecznym

Kratery merkuriańskie różnią się wielkością: od małych okrągłych otworów do wielopięściowych basenów uderzeniowych, rozciągających się na setki kilometrów. Uważa się, że tereny o większej ilości kraterów są pod względem geologicznym starsze, tam zaś, gdzie jest ich mniej, powierzchnia jest młodsza, nosi też ślady aktywności tektonicznej, która spowodowała zatarcie starszych kraterów zderzeniowych. Jednak bez względu na czas powstania wszystkie wykazują na Merkurym oznaki degradacji<sup>[30]</sup>.

Najbardziej charakterystyczny jest krater na półkuli północnej o średnicy 1550 km, zwany Równiną Żaru (łac. *Caloris Planitia*)<sup>[31]</sup>. Uчені przypuszczają, że jest on pozostałością po uderzeniu wielkiego meteorytu ok. 3,8 miliarda lat temu. Uderzenie to było na tyle silne, że wywołało erupcje wulkaniczne, a dookoła krateru wypiętrzył się pierścień o wysokości 2 km. Na antypodach Caloris Basen znajduje się duży, nietypowy, pagórkowaty rejon przezywany „dziwnym terenem”. Jedną z hipotez sugeruje, że fale sejsmiczne z kolizji meteorytu rozprzestrzeniły się w warstwie powierzchniowej planety aż do ich skupienia na antypodach. Naprężenie wynikłe ze skupienia fal sejsmicznych spowodowało zniekształcenia powierzchni<sup>[32]</sup>. Alternatywna teoria głosi, że teren uformował się wskutek akumulacji na antypodach wyrzutów z erupcji wulkanicznych<sup>[33]</sup>.

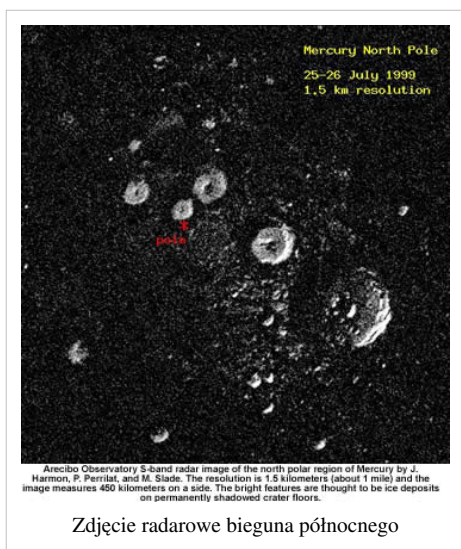
Zidentyfikowano co najmniej 15 basenów uderzeniowych, m.in. 400-kilometrowy Basen Tołstoja z pokrywą wyrzutową sięgającą 500 km od pierścienia krateru oraz 625-kilometrowy Basen Beethovena<sup>[30]</sup>. Na podstawie obserwacji naziemnych sugerowano istnienie na półkuli niesfotografowanej przez Marinera 10 tzw. Basenu Skinakas o średnicy 2300 km<sup>[34]</sup>,

jednak zdjęcia przesłane przez sondę MESSENGER w październiku 2008 nie potwierdziły jego istnienia. Skutki wietrzenia kosmicznego powierzchni Merkurego w wyniku procesów takich jak wiatr słoneczny i upadek mikrometeorytów porównywalne są do efektów obserwowanych na powierzchni Księżyca<sup>[35]</sup>. Jednak w przeciwieństwie do kraterów na Księżycu ich merkuriańskie odpowiedniki mają mniejsze pokrywy wyrzutowe wskutek silniejszej grawitacji na powierzchni planety<sup>[30]</sup>.

## Warunki i atmosfera

Średnia temperatura powierzchni Merkurego wynosi 442,5 K<sup>[1]</sup> i waha się od 100 K do 700 K<sup>[36]</sup>, ze względu na brak atmosfery. Z racji bliskości Słońca temperatura nasłonecznionej półkuli może przekraczać znacznie 400°C. Po stronie nieoświetlonej średnia temperatura wynosi -163 °C<sup>[37]</sup>. Na żadnej innej planecie Układu Słonecznego nie ma tak dużych różnic temperatur. Intensywność promieniowania słonecznego na powierzchnię Merkurego wynosi od 4,59 do 10,61 stałej słonecznej dla Ziemi (1370 Wm<sup>-2</sup>)<sup>[38]</sup>



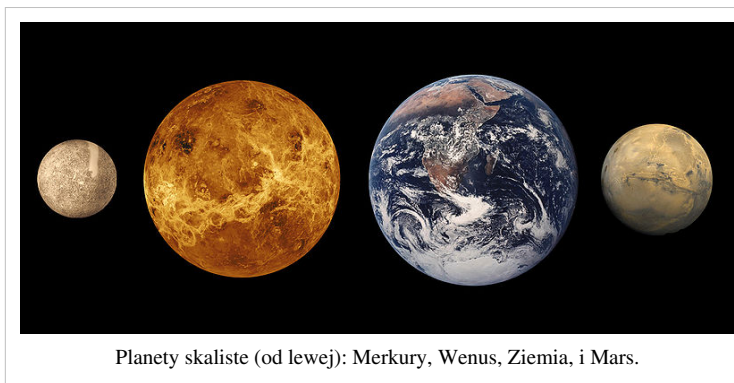


Pomimo ogólnej wysokiej temperatury powierzchni pomiary radarowe silnie sugerują, że na planecie znajduje się lód. Do dolnych części niektórych kraterów w strefie okołobiegunowej nigdy nie dociera światło słoneczne, a temperatury są tam znacznie niższe od średniej globalnej. Woda z lodem dobrze odbija fale wysyłane przez radar, a obserwacje z użyciem teleskopów Goldstone i Very Large Array na początku lat 90. wykazały bardzo duży współczynnik odbicia w niektórych rejonach w pobliżu biegunów<sup>[39]</sup>. Według astronomów, lód to najbardziej prawdopodobna, choć nie jedyna możliwa, przyczyna tego efektu<sup>[40]</sup>.

Przypuszczalnie grubość pokrywy lodowej wynosi kilka metrów, a jej całkowita masa  $10^{14}$ – $10^{15}$  kg<sup>[41]</sup>. Dla porównania, masa lodu na Antarktydzie wynosi  $4 \times 10^{18}$  kg, a czapa lodowa bieguna południowego Marsa zawiera  $10^{16}$  kg wody<sup>[41]</sup>. Nie jest znane źródło

pochodzenia lodu<sup>[41]</sup>.

Ciśnienie atmosfery Merkurego stanowi nikły ułamek ciśnienia atmosfery ziemskiej – zaledwie  $10^{-11}$  hPa<sup>[42]</sup> – jest to niemal próżnia laboratoryjna. Grawitacja planety jest zbyt słaba dla utrzymania stabilnej atmosfery przez dłuższy czas; planeta ma jednak bardzo rozrzedzoną egzosferę<sup>[43]</sup>, w której skład wchodzi przede wszystkim tlen i sód. W mniejszych ilościach występują w niej wodór, hel, wapń oraz potas. Wykryto także śladowe ilości argonu, dwutlenku węgla, wody, azotu, ksenonu, kryptonu i neonu. Merkuriańska egzosfera nie jest stabilna – atomy nieustannie ulatują w przestrzeń międzyplanetarną, a pozyskiwane są na nowo z różnorodnych źródeł. Wodór i hel pochodzą prawdopodobnie z wiatru słonecznego. Atomy te dyfundują z magnetosfery, by później ulecieć w przestrzeń kosmiczną. Rozpad radioaktywny pierwiastków w skorupie Merkurego to kolejne źródło helu, a także sodu i potasu.



Para wodna znajduje się na planecie wskutek procesów takich jak: upadek komet na powierzchnię, rozpylanie jonowe tworzące wodę z wodoru i tlenu (pochodzących z wiatru słonecznego i skał merkuriańskich), a także sublimacja ze zbiorników lodu w rejonach okołobiegunowych, gdzie lokalna topografia tworzy miejsca w kraterach, do których nigdy nie dociera światło słoneczne (w tych miejscach może do dnia dzisiejszego występować woda)<sup>[44]</sup><sup>[45]</sup>.

MESSENGER wykrył w atmosferze Merkurego duże ilości wapnia, helu, wodorotlenków, magnezu, tlenu, potasu, krzemu, sodu i wody. Zaskoczeniem dla astronomów było odkrycie dużej proporcji jonów związanych z wodą, takich jak  $O^+$ , oraz  $H_2O^+$ <sup>[44]</sup><sup>[45]</sup>. Zakłada się, że zostały one przeniesione z powierzchni planety lub egzosfery przez wiatr słoneczny<sup>[46]</sup>.

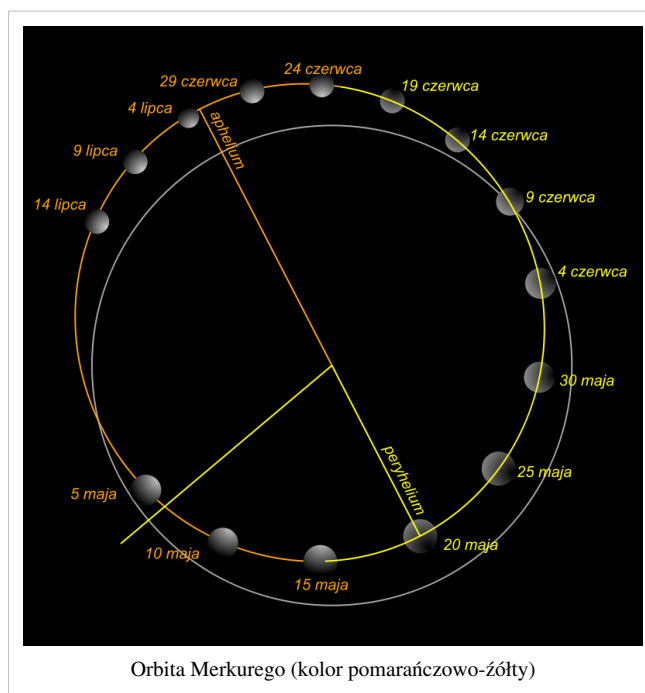
Niektóre teorie ewolucji układów planetarnych przewidują, że planety leżące w niezbyt dużej odległości od gwiazdy migrują do centrum układu planetarnego. Jeżeli znajdują się bliżej niż 0,1 j.a. od swojej gwiazdy, to powoli tracą atmosferę, aż pozostanie z nich tylko skaliste jądro<sup>[47]</sup>. Atmosfera Merkurego mogła w przeszłości podlegać podobnym procesom.

## Magnetosfera

Pomimo małej średnicy i wolnej, 59-dniowej rotacji, Merkury ma dość silne i wyraźnie globalne pole magnetyczne. Według danych z *Marinera 10* jego natężenie w magnetosferze planety stanowi 1,1% natężenia magnetosfery ziemskiej. Indukcja magnetyczna na merkurijskim równiku wynosi ok. 300 nT<sup>[48]</sup> [49]. Podobnie jak ziemskie, jest ono dipolowe<sup>[50]</sup>. Jednak w przeciwieństwie do biegunów ziemskich merkurijskie znajdują się niemal na osi obrotu planety<sup>[51]</sup>. Pomiary *Marinera 10* i pierwszy przelot *MESSENGER*-a wykazały, że natężenie i kształt pola magnetycznego są stabilne<sup>[51]</sup>. Jednak podczas drugiego zbliżenia w październiku 2008 roku *MESSENGER* zaobserwował wiele dynamicznych zjawisk w magnetosferze Merkurego. Rekoneksja magnetyczna zachodziła 10 razy intensywniej, niż obserwowana na Ziemi podczas największej aktywności słonecznej. Zaobserwowano wywołane zmianami energii wiatru słonecznego fale plazmy i fale magnetyczne<sup>[52]</sup>.

Istnienie pola magnetycznego wokół Merkurego wiąże się z cyrkulacją wewnątrz globu dużego, płynnego, żelaznego jądra, które generuje je na zasadzie efektu dynama. W podobny sposób wytwarzane jest ziemskie pole magnetyczne<sup>[53]</sup> [54]. Oddziaływanie sił pływowych wskutek dużej ekscentryczności orbity utrzymuje jądro w stanie ciekłym, co wymagane jest do wywołania tego efektu<sup>[55]</sup>.

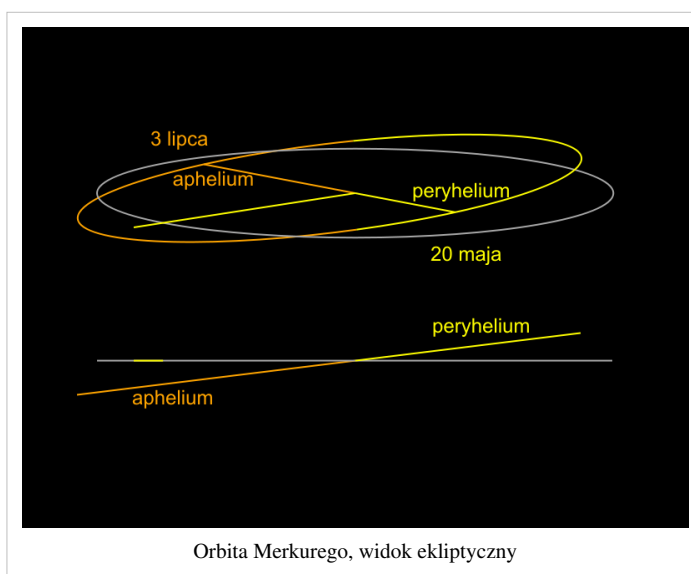
Pole magnetyczne jest zdolne do odchylenia wiatru słonecznego tak, by omijał planetę, co tworzy magnetosferę. Magnetosfera Merkurego – choć mała – jest wystarczająco silna, aby uwięzić plazmę wiatru słonecznego<sup>[50]</sup>. Przyczynia się to do wietrzenia kosmicznego powierzchni planety<sup>[51]</sup>.



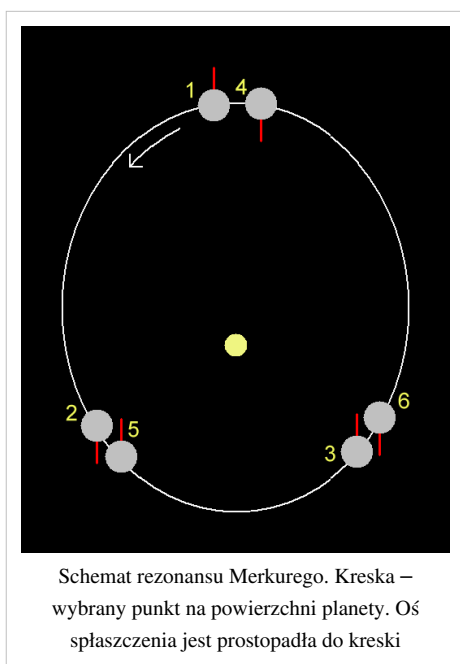
## Orbita i rotacja

Okres rotacji Merkurego wokół własnej osi jest dość nietypowy w porównaniu z pozostałymi planetami – jeden obrót trwa aż 58 dni, 15 godzin i 26 minut. Zatem dzień merkurijski stanowi dwie trzecie merkurijskiego roku. Tak powolny ruch obrotowy jest wynikiem silnego oddziaływania grawitacyjnego Słońca<sup>[56]</sup>.

Merkury porusza się po orbicie o dość dużym mimośrodzie, równym 0,2056 – co powoduje, że w perihelium przybliża się on na 46 mln km do Słońca, a w aphelium oddala od niego na 69,8 mln km. Zmienia się przez to widoczna z jego powierzchni średnica kąтова Słońca – od 1°09' do 1°44'. Również wyjątkowym jest fakt, że orbita tej planety nachylona jest o nieco ponad 7° do płaszczyzny ekliptyki. Nachylenie orbity sprawia, że przejście Merkurego przed tarczą słoneczną (tranzyt) może być obserwowane z Ziemi tylko, gdy Merkury jest blisko ekliptyki, a zdarza się to średnio co 7 lat.



Kąt nachylenia równika Merkurego do płaszczyzny orbity wynoszący  $0,027^{\circ}$ <sup>[2]</sup> jest zanedbywalnie mały<sup>[57]</sup> <sup>[58]</sup>. Oznacza to, że obserwator znajdujący się na równiku Merkurego podczas lokalnego południa nigdy nie dostrzeże Słońca na więcej niż  $1/30$  stopnia na północ lub południe od zenitu. Z kolei na biegunach Słońce cały czas jest na linii horyzontu lub tuż przy niej i nigdy nie wszędzie wyżej niż  $2,1'$  ponad horyzont<sup>[2]</sup>.



Jeden obieg Merkurego wokół Słońca trwa ok. 88 ziemskich dni. Okres obrotu jest w rezonansie 3:2 z czasem obiegu, tzn. planeta obraca się trzykrotnie na każde dwa obiegi wokół Słońca. Rezonans ten sprawia, że w peryhelium, gdy siły pływowe są największe, Merkury jest zwrócony w stronę Słońca wzdłuż tej samej osi, w wyniku czego (podobnie jak Księżyc) wydłużył się w tej osi. W rezonansie tym efekty wywołane siłami pływowymi są minimalne, zapewniając utrzymanie rezonansu zwane zablokowaniem pływowym<sup>[59]</sup>. Nie rozstrzygnięto w sposób zadowalający, w jaki sposób Merkury uzyskał rezonans. Uważa się, że rezonans ten powstał w wyniku działania sił tarcia wywołanych pływami, by doszło do zablokowania w rezonansie. Hipoteza postawiona przez Alexandre C. M. Correia i Jacques'a Laskara zakłada, że orbita Merkurego zmieniała się w chaotyczny sposób, a jej mimośród mógł w historii planety dochodzić nawet do  $0,325$ . Przy tej wartości mimośrodu schwytywanie na rezonansie  $3/2$  jest najbardziej prawdopodobne, co wykazano przez

symulacje komputerowe<sup>[60]</sup>.

Na około cztery dni ziemskie przed peryhelium kątowna prędkość orbitalna Merkurego jest równa prędkości kątowej planety wokół własnej osi, następnie przez 8 dni kątowna prędkość orbitalna jest większa od kątowej prędkości wokół własnej osi, tak więc pozorny ruch Słońca ustaje i przez ten czas odbywa się w przeciwną stronę; Słońce wydaje się wykonywać ruch wsteczny. Cztery dni po peryhelium Słońce powraca do normalnego pozornego kierunku ruchu. W wyniku tych procesów na pewnej długości geograficznej na Merkurym można zaobserwować nietypowe zjawisko. Polega ono na tym, że Słońce wschodzi tylko częściowo, następnie zachodzi (cofając się) i ponownie wschodzi w tym samym dniu merkuriańskim<sup>[8]</sup>.

## Ruch peryhelium

W XIX wieku francuski matematyk Urbain Le Verrier zauważył, że mechanika klasyczna oraz perturbacje znanych planet nie mogą całkowicie wyjaśnić wolnej precesji orbity Merkurego wokół Słońca. Zaproponował więc istnienie innej planety na orbicie jeszcze bliżej Słońca jako wytłumaczenie tej perturbacji (inne hipotezy zakładały niewielkie spłaszczenie Słońca). Zakończone sukcesem poszukiwania Neptuna jako przyczyna perturbacji orbity Uranu sprawiły, że środowisko astronomiczne skłoniło się ku wersji Le Verriera, a hipotetyczna planeta została nawet nazwana Wulkanem. Jednakże nigdy jej nie odnaleziono<sup>[61]</sup>.

Ostatecznego wyjaśnienia przemieszczania się peryhelium dokonano na początku XX wieku za pomocą ogólnej teorii względności Alberta Einsteina; był to też jeden z pierwszych faktów przemawiających za prawdziwością tej teorii. Perturbacje merkuriańskiego peryhelium są nieznaczne i wynoszą  $42,98$  sekund kątowych na stulecie, czyli potrzeba ponad 12 milionów orbit dla pełnego obrotu elipsy. Podobny, choć mniejszy efekt występuje na innych ciałach niebieskich, np.  $8,62''/\text{wiek}$  dla Wenus,  $3,84''/\text{wiek}$  dla Ziemi i  $10,05''/\text{wiek}$  dla planetoidy 1566 Ikar<sup>[62]</sup> <sup>[63]</sup>.



## Obserwacja

Jasność obserwowana Merkurego waha się od  $-2,0^m$  do  $5,5^m$ <sup>[64]</sup>. Jego obserwacja jest utrudniona ze względu na bliski dystans do Słońca, ponieważ Merkury zwykle ginie w jego blasku. Można go więc dostrzec jedynie tuż przed zmierzchem lub tuż po świcie. Kosmiczny Teleskop Hubble'a nie może obserwować go nigdy – ze względu na przedsięwzięte środki ostrożności, uniemożliwiające zbytnie zwracanie się teleskopu w stronę Słońca<sup>[65]</sup>.

Oglądany z Ziemi Merkury objawia się w fazach, podobnie jak Księżyc. Kiedy planeta znajduje się po przeciwnej stronie Słońca niż Ziemia (konjunkcja górna), jest ona w pełni; podczas koniunkcji dolnej (między Słońcem a Ziemią) – jest w nowiu. W obu przypadkach planeta wschodzi i zachodzi wówczas równorzędnie ze Słońcem i jest dla ziemskiego obserwatora niewidoczna. Podczas pierwszej i ostatniej kwadry elongacja na wschód lub zachód osiąga swoją maksymalną wartość – odległość Merkurego od Słońca wynosi od  $17,9^\circ$  w peryhelium do  $27,8^\circ$  w aphelium<sup>[66]</sup> <sup>[67]</sup>. Przy maksymalnej wartości elongacji zachodniej Merkury wschodzi przed Słońcem najwcześniej, w okresie maksymalnej elongacji wschodniej zachodzi po Słońcu najpóźniej<sup>[68]</sup>.

Merkury osiąga koniunkcję dolną średnio raz 116 dni<sup>[11]</sup>, wahając się od 111 dni do 121 dni z powodu ekscentryczności orbity. Jego minimalny dystans od Ziemi może wynieść 77,3 milionów km<sup>[11]</sup>, jednak co najmniej do 2153 roku nie spadnie on poniżej 82 milionów km<sup>[67]</sup>. Czas trwania ruchu wstecznego z punktu widzenia ziemskiego obserwatora waha się od 8 do 15 dni, co również jest wynikiem dużej ekscentryczności orbity<sup>[8]</sup>.

Merkury jest zazwyczaj lepiej widoczny na półkuli południowej niż północnej<sup>[68]</sup>.

Merkury jest najjaśniejszy w fazie garbatej, pomiędzy ostatnią kwadrą a pełnią. Mimo że w tym okresie dzieli go większy dystans od Ziemi niż w fazie sierpa, jest on wtedy znacznie lepiej oświetlony<sup>[64]</sup>. Sytuacja wygląda więc inaczej niż w przypadku Wenus, którą najlepiej widać w fazie sierpa, ponieważ znajduje się wówczas o wiele bliżej Ziemi niż w fazie garbatej<sup>[69]</sup>.

## Badania Merkurego

### Starożytność

Najstarsze znane udokumentowane obserwacje Merkurego pochodzą z tablic Mul Apin. Zostały one najprawdopodobniej przeprowadzone przez asyryjskich astronomów ok. XIV wieku p.n.e.<sup>[70]</sup>. Nazwa oznaczająca Merkurego została wygrawerowana pismem klinowym jako UDU.IDIM.GU<sub>4</sub>.UD („skacząca planeta”)<sup>[71]</sup>. Zapiski z Babilonu sięgają pierwszego tysiąclecia p.n.e. Babilończycy nazywali planetę Nabu – na cześć boga mądrości i pisarzy w swojej mitologii<sup>[72]</sup>.

Starożytni Grecy w czasach Hezjoda nazywali planetę Στίλβων (*Stilbon*), co oznaczało „migotanie”, oraz Ἑρμάων (*Hermaon*)<sup>[73]</sup>. Później wprowadzili nazwę Apollo na określenie Merkurego o poranku i Hermes na planetę widzianą wieczorem. Około IV wieku p.n.e. greccy astronomowie zrozumieli, że obie nazwy odnoszą się do tego samego ciała. Rzymianie nazwali planetę imieniem boskiego posłańca – Merkurego, odpowiednika greckiego Hermesa<sup>[5]</sup> <sup>[74]</sup>.

W starożytnych Chinach Merkury znany był jako Chen Xing, „Gwiazda Godzinna”. Utożsamiany był z kierunkiem północnym i żywiołem Wody w filozofii wu xing<sup>[75]</sup>. Mitologia hinduistyczna używa imienia Budha dla Merkurego – na cześć boga handlarzy i opiekuna środy<sup>[76]</sup>. Bóg Odyn (lub Woden) z mitologii germańskiej, od którego wywodzi się angielska nazwa środy (Wednesday, od Woden's day), również utożsamiany był z Merkurym<sup>[77]</sup>. Majowie wyobrażali sobie Merkurego jako sowę lub cztery sowy (dwie o poranku i dwie wieczorem), będące posłańcami zaświatów<sup>[78]</sup>.

## Badania z użyciem teleskopu

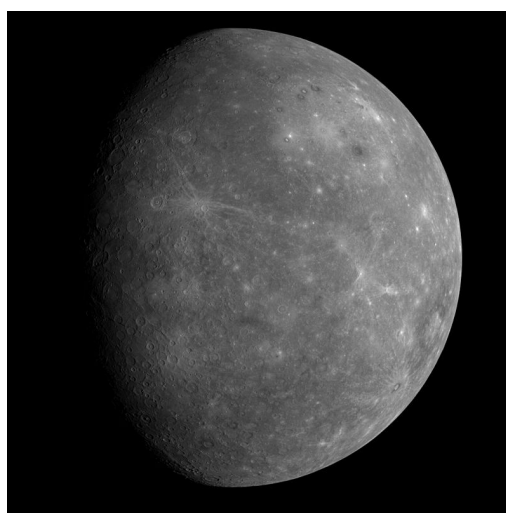
Pierwszych obserwacji Merkurego z użyciem teleskopu dokonał na początku XVII wieku Galileusz. Jednak mimo zakończonych powodzeniem prób obserwacji faz Wenus teleskop nie był dość silny, by zaobserwować fazy Merkurego. W 1631 Pierre Gassendi jako pierwszy zaobserwował przewidywany przez Jana Keplera tranzyt planety wzdłuż Słońca dzięki obserwacjom tranzytu Merkurego. W 1639 Giovanni Zupi za pomocą teleskopu odkrył, że fazy orbitalne planety są podobne do faz Księżyca i Wenus. Obserwacja ta udowodniła, że Merkury orbituje wokół Słońca<sup>[8]</sup>.

Niezwykle rzadkim zjawiskiem widzianym z Ziemi jest przejście pobliskiej planety przed inną planetą (okultacja). Merkury i Wenus zakrywają się raz na kilkaset lat, a ich jedyna zaobserwowana okultacja z 28 maja 1737 jest efektem obserwacji Johna Bevisa z Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Greenwich<sup>[79]</sup>. Kolejne zakrycie Merkurego przez Wenus nastąpi 31 grudnia 2133<sup>[80]</sup>.

Naturalne trudności związane z obserwacją Merkurego powodowały, badano go mniej intensywnie niż inne planety. W 1800 Johann Hieronymus Schröter poczynił obserwacje powierzchni, stwierdzając istnienie na Merkurym gór o wysokości 20 km. Friedrich Wilhelm Bessel po użyciu szkieł Schrötera nieprawidłowo oszacował okres rotacji jako 24-godzinny, z 70° kątem nachylenia równika względem płaszczyzny orbity<sup>[81]</sup>. W latach 80. XIX wieku Giovanni Schiaparelli wykonał poprawniejsze mapy i zasugerował, że okres rotacyjny Merkurego wynosi 88 dni, czyli tyle samo co okres orbitalny. Efekt ten miał wynikać z oddziaływania sił pływowych (niejednorodności pola grawitacyjnego Słońca oddziałującego na różne części planety)<sup>[82]</sup>. Zjawisko to nazywa się rotacją synchroniczną i występuje m.in. w przypadku ziemskiego Księżyca. Próby wykonania map powierzchni Merkurego kontynuował Eugenios Antoniadi, który opublikował w 1934 książkę zawierającą mapy planety na podstawie własnych obserwacji<sup>[50]</sup>. Wiele z elementów charakterystycznych powierzchni planety, m.in. tych identyfikowanych na podstawie różnic w albedo, zostało nazwanych po raz pierwszy na mapach Antoniadiego<sup>[83]</sup>.

W czerwcu 1962 radzieccy naukowcy z Instytutu Rosyjskiej Akademii Nauk pod przewodnictwem Władimira Kotelnikowa jako pierwsi dokonali odbicia sygnału radarowego od Merkurego<sup>[84]</sup> <sup>[85]</sup> <sup>[86]</sup>. Trzy lata później obserwacje radarowe amerykańskich astronomów Gordona Pettengilla i R. Dyce z użyciem 300-metrowego radioteleskopu w Obserwatorium Arecibo na Portoryko dowiodły niezbicie, że okres rotacyjny planety wynosi 59 dni<sup>[87]</sup>. Pogląd, że Merkury jest w rotacji synchronicznej z ruchem orbitalnym, był szeroko rozpowszechniony; było więc to dla środowiska astronomicznego zaskoczeniem. Gdyby istniało sprzężenie okresu obiegu z okresem obrotu w stosunku 1:1, ciemna strona planety byłaby ekstremalnie zimna. Tymczasem badania emisji radiowych ujawniły temperatury wyższe, niż oczekiwane. Jednak nie wszyscy od razu zdecydowali się odrzucić hipotezę rotacji synchronicznej; zaproponowano m.in. silne wiatry zdolne rozprzecznić ciepło jako wyjaśnienie obserwacji<sup>[88]</sup>.

Włoski astronom Giuseppe Colombo zauważył, że wartość rotacji wynosi ok. 2/3 okresu orbitalnego. Zasugerował więc, że musi istnieć inna forma sprzężenia okresu obiegu z okresem obrotu, w którym rezonans wynosi 3:2<sup>[89]</sup>. Późniejsze dane z Mariner 10 potwierdziły tą tezę<sup>[90]</sup>. Rezonans 3:2 wynika z ekscentryczności merkuriańskiej orbity, która w połączeniu z dużą prędkością planety sprawia, że Merkury obraca się szybciej. Nie oznacza to jednak, że mapy Schiaparelliego i Antoniadiego, z wyjątkiem współrzędnych, były nieprawidłowe<sup>[83]</sup>. Badacze oglądali te same cechy powierzchni w co drugim obrocie i je zapisywali, nie zwracając uwagi na drugą stronę planety.



Fotografia dotąd nieznannej strony Merkurego wykonana przez sondę Messenger 14.1.2008

Ziemskie obserwacje teleskopowe w ciągu kolejnych kilku dekad nie dostarczyły już istotnych danych, a poznanie podstawowych właściwości Merkurego stało się możliwe dopiero dzięki wyprawom sond kosmicznych. Dopiero niedawno postęp technologiczny pozwolił na dokładniejsze obserwacje z Ziemi. W 2000 1,5-metrowy teleskop Hale z Mount Wilson Observatory wykonał wysokiej rozdzielczości zdjęcia z wykorzystaniem tzw. „lucky imaging”. Niektóre z nich przedstawiały nie zobrazowane przez Mariner 10 cechy powierzchni planety<sup>[91]</sup>. Kolejne obserwacje zasugerowały istnienie olbrzymiego dwupięścieniowego krateru uderzeniowego, nazwanego nieformalnie „Basenem Skinakas”<sup>[92]</sup>. Hipoteza ta nie została potwierdzona danymi zebranymi w trakcie przelotów sondy MESSENGER. Radioteleskop Arecibo wykonał mapy większości planety, wliczając w to lokalacje na biegunach, które przypuszczalnie zawierają wodę i lód<sup>[93]</sup>.

## Badania bezpośrednie

Dotarcie na Merkurego stwarza kilka poważnych problemów natury technicznej, gdyż planeta orbituje znacznie bliżej Słońca niż Ziemia. Statek kosmiczny wystrzelony z Ziemi musi przebyć 91 milionów kilometrów w głąb grawitacyjnej studni potencjału Słońca. Zmiana prędkości ( $\Delta v$ ), wymagana aby statek mógł wejść na orbitę transferową z orbity Ziemi (gdzie prędkość orbitalna wynosi 30 km/s) na orbitę Merkurego, jest znaczna w porównaniu ze zmianą potrzebną do wejścia na orbitę innych planet<sup>[94]</sup>.

Energia potencjalna uwolniona przy przemieszczaniu się w dół studni potencjału Słońca zmienia się w energię kinetyczną; potrzebna jest więc kolejna duża zmiana prędkości rakiety, by na dłużej pozostać w pobliżu Merkurego. Aby wylądować bezpiecznie lub wejść na stabilną orbitę, statek kosmiczny musi polegać wyłącznie na napędzie raketowym (hamowanie aerodynamiczne jest wykluczone ze względu na brak atmosfery). Podróż na Merkurego wymaga więcej paliwa raketowego niż do całkowitego opuszczenia Układu Słonecznego. W związku z tym, w pobliże planety dotarły do tej pory jedynie dwie sondy kosmiczne<sup>[95]</sup>. Proponowaną metodą alternatywną jest użycie żagla słonecznego, który umożliwiłby dotarcie na synchroniczną z Merkurym orbitę wokół Słońca<sup>[96]</sup>.

## Mariner 10

Pierwszym statkiem kosmicznym, który dotarł do Merkurego, był Mariner 10 wysłany przez NASA. Sonda ta wykonała kilka tysięcy zdjęć powierzchni planety w latach 1974–1975<sup>[5]</sup>. Mariner 10 użył asysty grawitacyjnej Wenus, by zbliżyć się do Merkurego 29 marca 1974. Był to pierwszy przypadek wykorzystania przyciągania jednego obiektu, by osiągnąć inny cel. Równocześnie Mariner 10 był pierwszym pojazdem kosmicznym, który w ciągu jednej misji odwiedził dwie planety<sup>[94]</sup>. Mariner 10 dostarczył pierwszych bliskich ujęć powierzchni planety, które ujawniły, że jest ona zdominowana przez kraterzy oraz inne cechy geologiczne, np. gigantyczne skarpy, które później przypisywano skutkom nieznacznego kurczenia się planety ze względu na stygnięcie żelaznego jądra<sup>[97]</sup>. Jednak ze względu na długość okresu orbitalnego sondy przy obu jej przelotach nad Merkurym oświetlona była tylko jedna strona planety. Uczyniło to obserwację całego ciała niebieskiego niemożliwą<sup>[98]</sup>, a Mariner wykonał mapy jedynie 40–45% powierzchni<sup>[99]</sup>.



Mariner 10



Zdjęcie Merkurego z Mariner 10

Na dwa dni przed rozpoczęciem przelotu nad Merkurym wskaźniki Mariner'a zaczęły nieoczekiwanie rejestrować duże ilości promieniowania ultrafioletowego. Jako przyczynę wstępnie wymieniono merkuriański księżyc. Wkrótce okazało się, że promieniowanie pochodzi z gwiazdy 31 Crateris, a hipoteza, jakoby Merkury miał księżyc, została sfalsyfikowana.

Sonda zbliżyła się do planety trzykrotnie, a najmniejszy dystans, jaki dzielił ją od powierzchni, wyniósł 327 km<sup>[100]</sup>. Przy pierwszym przelocie magnetometr Mariner'a wykrył pole magnetyczne – ku zaskoczeniu geologów planetarnych. Rotacja Merkurego wydawała się być zbyt wolna do wygenerowania efektu dynama. Drugie zbliżenie poświęcono głównie na obrazowanie, natomiast przy ostatnim przelocie uzyskano szczegółowe dane magnetyczne. Okazało się, że pole magnetyczne planety działa podobnie jak ziemskie, które odpycha wiatr słoneczny wokół planety. Na temat źródła merkuriańskiego pola magnetycznego powstało kilka teorii<sup>[101]</sup>.

Kilka dni po ostatnim zbliżeniu do planety sonda wykorzystywała całkowicie zapas paliwa w silnikach manewrowych, co uniemożliwiało kontrolowanie orbity sondy. 24 marca 1975 przerwano łączność z sondą<sup>[102]</sup>. Możliwe, że Mariner 10 wciąż orbituje wokół Słońca i przelatuje w pobliżu Merkurego raz na kilka miesięcy<sup>[103]</sup>.

## MESENGER

3 sierpnia 2004 z Cape Canaveral Air Force Station z użyciem rakiety nośnej Delta II zainicjowano misję kolejnej sondy kosmicznej NASA – MESSENGER – ku pierwszej planecie Układu Słonecznego. Jej głównym celem jest wykonanie zdjęć półkuli, której nie zdołał zobrazić Mariner 10. W drodze do celu próbnik przeleciał w sierpniu 2005 koło Ziemi, a w październiku 2006 i czerwcu 2007 obok Wenus<sup>[104]</sup>. Pierwszy przelot MESSENGERA nad Merkurym miał miejsce 14 stycznia, a drugi 6 października 2008<sup>[105]</sup>. 29 września 2009 sonda przeleciała zaledwie 228 kilometrów ponad powierzchnią Merkurego<sup>[106]</sup>. Następnie sonda wejdzie w marcu 2011 na niską orbitę wokół Merkurego, stając się jego sztucznym satelitą<sup>[105]</sup>. Przez minimum rok sonda będzie przysyłać dane naukowe. Już podczas zbliżeń do planety wykonała zdjęcia niedostępnej dla Mariner'a 10 półkuli planety.

Celem misji jest pogłębienie wiedzy na temat dużej gęstości planety, jej geologicznej historii, pola magnetycznego, struktury jądra, znalezienia przyczyny braku atmosfery oraz rozstrzygnięcia, czy na biegunach znajduje się lód. Sonda zaopatrzona jest w przyrządy obrazujące o dużo wyższej rozdzielczości niż te, których używał Mariner. Dołączone do niej spektrometry mają ustalić skład chemiczny skorupy planety, natomiast magnetometry zmierzają prędkości naładowanych cząsteczek. Precyzyjne pomiary zmian prędkości sondy podczas orbitowania pomogą w poznaniu szczegółów wewnętrznej struktury Merkurego<sup>[20]</sup>.

## BepiColombo

Europejska Agencja Kosmiczna planuje wraz z JAXA wspólną misję kosmiczną pod nazwą BepiColombo. Mają być w niej wykorzystane dwie sondy: jedna do wykonywania map planety, druga do badania jej magnetosfery<sup>[107]</sup>. Zostaną one wystrzelone w kosmos w 2013 z Gujańskiego Centrum Kosmicznego za pomocą rosyjskiej rakiety Sojuz<sup>[107]</sup>. Podobnie jak w przypadku MESSENGERA, BepiColombo będzie musiał dokonać przelotów w pobliżu innych ciał niebieskich przed dotarciem do Merkurego w celu wykonania manewru asysty grawitacyjnej. Sondy zbliżą się do Księżyca, Wenus i kilkakrotnie do Merkurego przed wejściem na orbitę<sup>[107]</sup>. Statek napędzany będzie silnikiem jonowym zasilanym energią słoneczną, zdolnym do utrzymywania ciągu przez dłuższy czas<sup>[108]</sup><sup>[107]</sup>. BepiColombo dotrze na Merkurego w 2019<sup>[108]</sup>. Obie sondy będą badać planetę przez co najmniej rok<sup>[107]</sup>.



## Merkury w fikcji

Merkurego przedstawiano jako miejsce wydarzeń w literaturze i filmach z gatunku fantastyki naukowej. Powtarzające się motywy to niebezpieczeństwo wynikające z narażenia się na promieniowanie słoneczne, możliwość uniknięcia szkodliwej dawki promieniowania przez znalezienie się na terminatorze Merkurego oraz autokratyczne rządy na planecie. Do 1965 uważano, że Merkury był w rotacji synchronicznej ze Słońcem – jedna strona planety (oświetlona) miała być ekstremalnie gorąca, a druga (nieoświetlona) – ekstremalnie zimna. Literatura SF do 1965 odzwierciedla ówczesny pogląd naukowy na ten temat.

W *Ta Ohydna Siła* C.S. Lewisa z 1945 Merkury opisywany jest jako miejsce narodzin języka we wszechświecie. W *Wyspy na Niebie* Arthura C. Clarke z 1952 przytaczana jest opowieść o „Merkuriańczykach” żyjących na ciemnych, pozbawionych Słońca regionach planety. Z kolei w cyklu *Spotkanie z Ramą* rząd Merkurego usiłuje zniszczyć statek kosmiczny Rama. W nowelach Isaaca Asimova – *Runaround* (1952), *The Dying Night* (1956) i *Lucky Starr and The Big Sun of Mercury* (1956) jedna strona Merkurego jest stale oświetlona, a druga stale ciemna. W nowelce Dymitra Bilenkina „Desant na Merkurego”, atmosfera tej planety ujawnia specyficzne właściwości poprzez pojawianie się niezwykle realistycznych i tajemniczych miraży.

## Zobacz też

- Chronologiczny wykaz odkryć planet, planet karłowatych i ich księżyców w Układzie Słonecznym
- Przegląd zagadnień z zakresu astronomii
- Kolonizacja Merkurego

## Przypisy

- [1] Mercury Fact Sheet (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html>). NASA Goddard Space Flight Center, 30 listopada 2007. [dostęp 2008-05-28].
- [2] L.J. Margot, Peale, S. J.; Jurgens, R. F.; Slade, M. A.; Holin, I. V.. *Large Longitude Libration of Mercury Reveals a Molten Core*. „Science”. 316, ss. 710–714 (2007). doi:10.1126/science.1140514 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.1140514>).
- [3] Mercury magnetic field ([http://www-spc.igpp.ucla.edu/personnel/russell/papers/merc\\_mag/](http://www-spc.igpp.ucla.edu/personnel/russell/papers/merc_mag/)). C. T. Russell & J. G. Luhmann. [dostęp 2007-03-16].
- [4] Background Science (<http://sci.esa.int/science-e/www/category/index.cfm?categoryid=4586>) (ang.). European Space Agency. [dostęp 2008-05-23].
- [5] Chapter One (<http://history.nasa.gov/SP-424/ch1.htm>). W: Dunne, J. A., Burgess, E.: *The Voyage of Mariner 10 — Mission to Venus and Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-424/>). NASA History Office, 1978.
- [6] John Charles Duncan: *Astronomy: A Textbook*. Harper & Brothers, 1946, s. 125.
- [7] Brett Denevi: MESSENGER Teleconference Multimedia Page ([http://messenger.jhuapl.edu/news\\_room/presscon\\_multi6.html](http://messenger.jhuapl.edu/news_room/presscon_multi6.html)). 3 listopada 2009. [dostęp 2010-09-30].
- [8] Robert G. Strom, Sprague, Ann L.: *Exploring Mercury: the iron planet*. Springer, 2003. ISBN 1852337311.
- [9] Staff: Mercury (<http://astrogeology.usgs.gov/Projects/BrowseTheGeologicSolarSystem/MercuryBack.html>). U.S. Geological Survey, 8 maja 2003. [dostęp 2006-11-26].
- [10] Lyttleton, R. A.. *On the Internal Structures of Mercury and Venus*. „Astrophysics and Space Science”. 1 (5), s. 18 (1969). doi:10.1007/BF00653933 (<http://dx.doi.org/10.1007/BF00653933>).
- [11] Lauren Gold: Mercury has molten core, Cornell researcher shows (<http://www.news.cornell.edu/stories/May07/margot.mercury.html>). W: *Chronicle Online* [on-line]. 3 maja 2007. [dostęp 2008-05-12].
- [12] Dave Finley: Mercury's Core Molten, Radar Study Shows (<http://www.nrao.edu/pr/2007/mercury/>). 3 maja 2007. [dostęp 2008-05-12].
- [13] Gallant, R. 1986. *The National Geographic Picture Atlas of Our Universe*. National Geographic Society, 2nd edition.
- [14] Benz, W.; Slattery, W. L.; Cameron, A. G. W.. *Collisional stripping of Mercury's mantle*. „Icarus”. 3 (74), ss. 516–528 (1988). doi:10.1016/0019-1035(88)90118-2 ([http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035\(88\)90118-2](http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035(88)90118-2)).
- [15] J.D. Anderson, et al. *Shape and Orientation of Mercury from Radar Ranging Data*. „Icarus”. 124, s. 690 (10 lipca 1996). Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. doi:10.1006/icar.1996.0242 (<http://dx.doi.org/10.1006/icar.1996.0242>).
- [16] Schenk, P.; Melosh, H. J.; *Lobate Thrust Scarps and the Thickness of Mercury's Lithosphere* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1994LPI...25.1203S>). „Abstracts of the 25th Lunar and Planetary Science Conference”. 1994. Ss. 25.1203S. [dostęp 2008-06-03].
- [17] Watters, T. R.; Robinson, M. S.; Cook, A. C.. *Topographic models for Discovery Rupes, Mercury using digital stereophotogrammetry and photogrammetry* (<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc97/pdf/1511.PDF>). „Conference Paper, 28th Annual Lunar and Planetary Science Conference”. 1997. Ss. 28.1509W. [dostęp 2010-10-01].



- [18] Cameron, A. G. W.. *The partial volatilization of Mercury*. „Icarus”. 2 (64), ss. 285–294 (1985). doi:10.1016/0019-1035(85)90091-0 ([http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035\(85\)90091-0](http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035(85)90091-0)).
- [19] Weidenschilling, S. J.. *Iron/silicate fractionation and the origin of Mercury*. „Icarus”. 1 (35), ss. 99–111 (1987). doi:10.1016/0019-1035(78)90064-7 ([http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035\(78\)90064-7](http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035(78)90064-7)).
- [20] Ed Grayzeck: MESSENGER Web Site (<http://messenger.jhuapl.edu/>). Johns Hopkins University. [dostęp 2008-04-07].
- [21] BepiColombo (<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=30>). W: *ESA Science & Technology* [on-line]. European Space Agency. [dostęp 2008-04-07].
- [22] Staff: Scientists see Mercury in a new light (<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080201093149.htm>). Science Daily, 28 lutego 2008. [dostęp 2008-04-07].
- [23] A. Przegaliński: NASA, wid, 9616867, wiadomosc.html „Pajak” na Merkury kompletnie zaskoczył NASA (<http://wiadomosci.wp.pl/kat,1356,title,Pajak-na-Merkury-kompletnie-zaskoczyl>). [dostęp 2008-10-20].
- [24] Jennifer Blue: Gazetteer of Planetary Nomenclature (<http://planetarynames.wr.usgs.gov/>). US Geological Survey, 11 kwietnia 2008. [dostęp 2008-04-11].
- [25] Chapter Seven (<http://history.nasa.gov/SP-424/ch7.htm>). W: Dunne, J. A. and Burgess, E.: *The Voyage of Mariner 10 — Mission to Venus and Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-424/>). NASA History Office, 1978. [dostęp 2008-05-28].
- [26] Strom, Robert. *Mercury: a post-Mariner assessment* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1979SSRv...24....3S>). „Space Science Review”. 24, ss. 3–70 (wrzesień 1979).
- [27] A. L. Broadfoot. *Mercury's Atmosphere from Mariner 10: Preliminary Results*. „Science”. 4146 (185), ss. 166–169 (12 lipca 1974). doi:10.1126/science.185.4146.166 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.185.4146.166>). PMID 17810510.
- [28] Staff: Mercury (<http://astrogeology.usgs.gov/Projects/BrowseTheGeologicSolarSystem/MercuryBack.html>). U.S. Geological Survey, 5 sierpnia 2003. [dostęp 2008-04-07].
- [29] James W. Head. *Tectonic Evolution of the Terrestrial Planets* (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/213/4503/62>). „Science”. 4503 (213), ss. 62–76 (1981). doi:10.1126/science.213.4503.62 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.213.4503.62>). PMID 17741171. [dostęp 2008-04-07].
- [30] P. D. Spudis. *The Geological History of Mercury* (<http://www.lpi.usra.edu/meetings/mercury01/pdf/8029.pdf>). „Workshop on Mercury: Space Environment, Surface, and Interior, Chicago”, s. 100 (2001). [dostęp 2008-06-03].
- [31] David Shiga: Bizarre spider scar found on Mercury's surface (<http://space.newscientist.com/article/dn13257-bizarre-spider-scar-found-on-mercurys-surface.html>). NewScientist.com news service, 30 stycznia 2008.
- [32] Peter H. Schultz. *Seismic effects from major basin formations on the moon and Mercury* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1975Moon...12..159S>). „Earth, Moon, and Planets”. 2 (12), ss. 159–175 (1975). doi:10.1007/BF00577875 (<http://dx.doi.org/10.1007/BF00577875>). [dostęp 2008-04-16].
- [33] Mark A. Wieczorek. *A Serenitatis origin for the Imbrian grooves and South Pole-Aitken thorium anomaly* (<http://www.agu.org/pubs/crossref/2001/2000JE001384.shtml>). „Journal of Geophysical Research”. E11 (106), ss. 27853–27864 (2001). doi:10.1029/2000JE001384 (<http://dx.doi.org/10.1029/2000JE001384>). [dostęp 2008-05-12].
- [34] L. V. Ksanfomality. *Earth-based optical imaging of Mercury* ([http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006AdSpR...38..594K&db\\_key=AST&data\\_type=HTML&format=&high=461152a03222956](http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006AdSpR...38..594K&db_key=AST&data_type=HTML&format=&high=461152a03222956)). „Advances in Space Research”. 38, s. 594 (2006). doi:10.1016/j.asr.2005.05.071 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2005.05.071>).
- [35] B. W. Denevi, Robinson, M. S.. *Albedo of Immature Mercurian Crustal Materials: Evidence for the Presence of Ferrous Iron* (<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2008/pdf/1750.pdf>). „Lunar and Planetary Science”. 39, s. 1750 (2008). [dostęp 2008-06-03].
- [36] Prockter, Louise: *Ice in the Solar System*. Wyd. 2. Johns Hopkins APL Technical Digest, 2005.
- [37] T. L. Murdock. *Mercury: The Dark-Side Temperature* (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/170/3957/535>). „Science”. 3957 (170), ss. 535–537 (1970). doi:10.1126/science.170.3957.535 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.170.3957.535>). PMID 17799708. [dostęp 2008-04-09].
- [38] John S. Lewis: *Physics and Chemistry of the Solar System* (<http://books.google.co.uk/books?id=ERpMjmR1ErYC&pg=RA1-PA461&lpg=RA1-PA461&dq=solar-constant+mercury+-wikipedia+-wiki+-encyclopedia&source=web&ots=5jprP6dXYksig=iJEN0OU01yxgnZhPcG17z-exYw&hl=en#PRA1-PA461,M1>). Academic Press, 2004, s. 461. [dostęp 2008-06-03].
- [39] MA Slade. *Mercury radar imaging — Evidence for polar ice*. „Science”. 5082 (258), ss. 635–640 (1992). doi:10.1126/science.258.5082.635 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.258.5082.635>). PMID 17748898.
- [40] David R. Williams: Ice on Mercury ([http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice\\_mercury.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice_mercury.html)). NASA Goddard Space Flight Center, 2 czerwca 2005. [dostęp 2008-05-23].
- [41] K Rawlins, JI Moses, KJ Zahnle. *Exogenic Sources of Water for Mercury's Polar Ice*. „Bulletin of the American Astronomical Society”. 27, s. 1117 (1995). Bibcode: 1995DPS....27.2112R (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1995DPS....27.2112R>).
- [42] Deborah L. Domingue, Patrick L. Koehn, Rosemary M. Killen. *Mercury's Atmosphere: A Surface-Bounded Exosphere* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2007SSRv...131..161D>). „Space Science Reviews”. 131, ss. 161–186 (2007).
- [43] K Rawlins, JI Moses, KJ Zahnle. *Mercury's Atmosphere: A Surface-Bounded Exosphere* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2007SSRv...131..161D>). „Space Science Reviews”. 131, ss. 161–186 (Sierpień 2007). doi:10.1007/s11214-007-9260-9 (<http://dx.doi.org/10.1007/s11214-007-9260-9>). [dostęp 2008-10-25].
- [44] Hunten, D. M.; Shemansky, D. E.; Morgan, T. H.: *The Mercury Atmosphere*. University of Arizona Press, 1988, ss. 562–612. ISBN A89-43751 19–91.

- [45] Planetary News: Mercury ([http://www.planetary.org/news/2008/0703\\_MESSENGER\\_Scientists\\_Astonished\\_to.html](http://www.planetary.org/news/2008/0703_MESSENGER_Scientists_Astonished_to.html)). 3 lipca 2008. [dostęp 2008-10-26].
- [46] Newswise: Instrument Shows What Planet Mercury Is Made Of (<http://newswise.com/articles/view/542209/>). 6 lipca 2008. [dostęp 2008-10-26].
- [47] Hébrard G., Lecavelier Des Étangs A., Vidal-Madjar A., Désert J.-M., Ferlet R.. *Evaporation Rate of Hot Jupiters and Formation of Chthonian Planets* ([http://fr.arxiv.org/PS\\_cache/astro-ph/pdf/0312/0312384.pdf](http://fr.arxiv.org/PS_cache/astro-ph/pdf/0312/0312384.pdf)). „ASP Conference Proceedings”. 321 (2003-12-15). Institut d'astrophysique de Paris.
- [48] Michael A. Seeds: *Astronomy: The Solar System and Beyond*. Wyd. 4. Brooks Cole, 2004. ISBN 0534421113.
- [49] David R. Williams: Planetary Fact Sheets (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html>). NASA National Space Science Data Center, 6 stycznia 2005. [dostęp 2006-08-10].
- [50] J. Kelly Beatty, Petersen, Carolyn Collins, Chaikin, Andrew: *The New Solar System*. Cambridge University Press, 1999. ISBN 0521645875.
- [51] Staff: Mercury's Internal Magnetic Field ([http://messenger.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/image.php?page=2&gallery\\_id=2&image\\_id=152](http://messenger.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/image.php?page=2&gallery_id=2&image_id=152)). NASA, 30 stycznia 2008. [dostęp 2008-04-07].
- [52] Active Mercury ([http://science.nasa.gov/headlines/y2009/30apr\\_mercury.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2009/30apr_mercury.htm)) (ang.). [dostęp 2009-06-07].
- [53] Lauren Gold: Mercury has molten core, Cornell researcher shows (<http://www.news.cornell.edu/stories/May07/margot.mercury.html>). Cornell University, 3 maja 2007. [dostęp 2008-04-07].
- [54] Ulrich R. Christensen. *A deep dynamo generating Mercury's magnetic field*. „Nature”. 444, ss. 1056–1058 (2006). doi:10.1038/nature05342 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature05342>).
- [55] T. Spohn. *The interior structure of Mercury: what we know, what we expect from BepiColombo*. „Planetary and Space Science”. 14–15 (49), ss. 1561–1570 (2001). doi:10.1016/S0032-0633(01)00093-9 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0032-0633\(01\)00093-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-0633(01)00093-9)).
- [56] Podobnie oddziaływanie grawitacyjne Ziemi spowodowało, że prędkość rotacyjna i obrotowa Księżyca upodobniły się do siebie.
- [57] Samantha Harvey: Weather, Weather, Everywhere? ([http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST\\_ID=725](http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST_ID=725)). NASA Jet Propulsion Laboratory, 24 kwietnia 2008. [dostęp 2008-05-23].
- [58] S. Biswas: *Cosmic Perspectives in Space Physics*. Springer, 2000, s. 176.
- [59] Samantha Harvey: Today in Astronomy 111: Mercury ([http://www.pas.rochester.edu/~dmw/ast111/Lectures/Lect\\_06b.pdf](http://www.pas.rochester.edu/~dmw/ast111/Lectures/Lect_06b.pdf)). 18 września 2008. [dostęp 2008-10-31].
- [60] Jacques Correia, Laskar. *Mercury's capture into the 3/2 spin-orbit resonance as a result of its chaotic dynamics* (<http://www.nature.com/nature/journal/v429/n6994/abs/nature02609.html>). „Nature”. 429, ss. 848-850 (2004). doi:10.1038/nature02609 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature02609>). [dostęp 2008-11-04].
- [61] Richard Baum, Sheehan, William: *In Search of Planet Vulcan, The Ghost in Newton's Clockwork Machine*. 1997. ISBN 0-306-45567-6.
- [62] J. J. Gilvarry. *Relativity Precession of the Asteroid Icarus* ([http://prola.aps.org/abstract/PR/v89/i5/p1046\\_1](http://prola.aps.org/abstract/PR/v89/i5/p1046_1)). „Physical Review”. 5 (89), s. 1046 (1953). doi:10.1103/PhysRev.89.1046 (<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRev.89.1046>). [dostęp 2008-05-22].
- [63] Anonymous: 6.2 Anomalous Precession (<http://www.mathpages.com/rr/s6-02/6-02.htm>). W: *Reflections on Relativity* [on-line]. MathPages. [dostęp 2008-05-22].
- [64] Fred Espenak: Twelve Year Planetary Ephemeris: 1995–2006 (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/TYPE/mercury2.html>). W: *NASA Reference Publication 1349* [on-line]. NASA, 25 lipca 1996. [dostęp 2008-05-23].
- [65] Jeffrey Baumgardner. *A Digital High-Definition Imaging System for Spectral Studies of Extended Planetary Atmospheres. I. Initial Results in White Light Showing Features on the Hemisphere of Mercury Unimaged by Mariner 10*. „The Astronomical Journal”. 119, ss. 2458–2464 (2000). doi:10.1086/301323 (<http://dx.doi.org/10.1086/301323>).
- [66] John Walker: Mercury Chaser's Calculator (<http://www.fourmilab.ch/images/3planets/elongation.html>). Fourmilab Switzerland. [dostęp 2008-05-29].
- [67] Mercury Elognation and Distance (<http://home.comcast.net/~kpheider/Mercury.txt>). [dostęp 2008-05-30].
- [68] Patrick Kelly, red.: *Observer's Handbook 2007*. Royal Astronomical Society of Canada, 2007. ISBN 0-9738109-3-9.
- [69] Fred Espenak: NASA Reference Publication 1349; Venus: Twelve year planetary ephemeris, 1995–2006 (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/TTYPE/venus2.html>). W: *Twelve Year Planetary Ephemeris Directory* [on-line]. NASA, 1996. [dostęp 2008-05-24].
- [70] Bradley E. Schaefer. *The Latitude and Epoch for the Origin of the Astronomical Lore in MUL.APIN* (<http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2007AAS...210.4205S>). „American Astronomical Society Meeting 210, #42.05” (maj 2007). American Astronomical Society.
- [71] Hermann Hunger, Pingree, David. *MUL.APIN: An Astronomical Compendium in Cuneiform*. „Archiv für Orientforschung”. 24, s. 146 (1989). Austria: Verlag Ferdinand Berger & Sohne Gesellschaft MBH.
- [72] Staff: MESSENGER: Mercury and Ancient Cultures ([http://btc.montana.edu/messenger/elusive\\_planet/ancient\\_cultures\\_2.php](http://btc.montana.edu/messenger/elusive_planet/ancient_cultures_2.php)). NASA JPL, 2008. [dostęp 2008-04-07].
- [73] H.G. Liddell, R. Scott: *Greek–English Lexicon, with a Revised Supplement*. H.S. Jones, R. McKenzie. Wyd. 9. Oxford: Clarendon Press, 1996, ss. 690 i 1646. ISBN 0-19-864226-1.
- [74] Eugène Michel Antoniadi, Moore, Patrick: *The Planet Mercury*. Shaldon, Devon: Keith Reid Ltd, 1974, ss. 9–11.
- [75] David H. Kelley, Milone, E. F., Aveni, Anthony F.: *Exploring Ancient Skies: An Encyclopedic Survey of Archaeoastronomy*. Birkhäuser, 2004. ISBN 0387953108.
- [76] R.M. Pujari, Kolhe, Pradeep, Kumar, N. R.: *Pride of India: A Glimpse Into India's Scientific Heritage*. Samskrita Bharati, 2006. ISBN 8187276274.
- [77] Michael E. Bakich: *The Cambridge Planetary Handbook*. Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521632803.

- [78] Susan Milbrath: *Star Gods of the Maya: Astronomy in Art, Folklore and Calendars*. University of Texas Press, 1999. ISBN 0292752261.
- [79] RW Sinnott. *John Bevis and a Rare Occultation* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1986S&T....72..220S>). „Sky and Telescope”. 72, s. 220 (1986).
- [80] Timothy Ferris: *Seeing in the Dark : How Amateur Astronomers Are Discovering the Wonders of the Universe*. Simon & Schuster. ISBN 0-684-86580-7.
- [81] G. Colombo. *The Rotation of the Planet Mercury* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1965SAOSR.188.....C>). „SAO Special Report #188R”. [dostęp 2008-05-23].
- [82] E. S. Holden. *Announcement of the Discovery of the Rotation Period of Mercury [by Professor Schiaparelli]* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1890PASP....2...79H>). „Publications of the Astronomical Society of the Pacific”. 7 (2), s. 79 (1890). doi:10.1086/120099 (<http://dx.doi.org/10.1086/120099>). [dostęp 2008-06-03].
- [83] Surface Mapping (<http://history.nasa.gov/SP-423/surface.htm>). W: Merton E. Davies, et al: *Atlas of Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-423/sp423.htm>). NASA Office of Space Sciences, 1978. [dostęp 2008-05-28].
- [84] J. V. Evans, Brockelman, R. A.; Henry, J. C.; Hyde, G. M.; Kraft, L. G.; Reid, W. A.; Smith, W. W.. *Radio Echo Observations of Venus and Mercury at 23 cm Wavelength* (<http://articles.adsabs.harvard.edu/abs/1965AJ.....70..486E/0000487.000.html>). „Astronomical Journal”. 70, ss. 487–500 (1965). doi:10.1086/109772 (<http://dx.doi.org/10.1086/109772>). [dostęp 2008-05-23].
- [85] Patrick Moore: *The Data Book of Astronomy* ([http://books.google.com/books?lr=&as\\_brr=3&q=kotelnikov+1962+mercury&btnG=Search+Books](http://books.google.com/books?lr=&as_brr=3&q=kotelnikov+1962+mercury&btnG=Search+Books)). Nowy Jork: CRC Press, 2000, s. 483. ISBN 0750306203.
- [86] 5 (<http://history.nasa.gov/SP-4218/ch5.htm>). W: Andrew J. Butrica: *To See the Unseen: A History of Planetary Radar Astronomy* (<http://history.nasa.gov/SP-4218/sp4218.htm>). NASA History Office, Washington D.C., 1996.
- [87] G. H. Pettengill, Dyce, R. B.. *A Radar Determination of the Rotation of the Planet Mercury*. „Nature”. 1240 (206), ss. 451–2 (1965). doi:10.1038/2061240a0 (<http://dx.doi.org/10.1038/2061240a0>).
- [88] Bruce C. Murray, Burgess, Eric: *Flight to Mercury*. Columbia University Press, 1977. ISBN 0231039964.
- [89] G. Colombo. *Rotational Period of the Planet Mercury*. „Nature”. 208, s. 575 (1965). doi:10.1016/j.asr.2005.05.071 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2005.05.071>).
- [90] Davies, Merton E. et al: *Mariner 10 Mission and Spacecraft* (<http://history.nasa.gov/SP-423/mariner.htm>). W: *SP-423 Atlas of Mercury* [on-line]. NASA JPL, październik 1976. [dostęp 2008-04-07].
- [91] R. F. Dantowitz. *Ground-based High-Resolution Imaging of Mercury* ([http://ukads.nottingham.ac.uk/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2000AJ....119.2455D&amp;db\\_key=AST](http://ukads.nottingham.ac.uk/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2000AJ....119.2455D&amp;db_key=AST)). „Astronomical Journal”. 119, ss. 2455–2457 (2000). doi:10.1016/j.asr.2005.05.071 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2005.05.071>).
- [92] Ksanfomality, L. V.. *Earth-based optical imaging of Mercury* ([http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006AdSpR...38..594K&amp;db\\_key=AST&amp;data\\_type=HTML&amp;format=&amp;high=461152a03222956](http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006AdSpR...38..594K&amp;db_key=AST&amp;data_type=HTML&amp;format=&amp;high=461152a03222956)). „Advances in Space Research”. 38, s. 594 (2006). doi:10.1016/j.asr.2005.05.071 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2005.05.071>).
- [93] Harmon, J. K. et al. *Mercury: Radar images of the equatorial and midlatitude zones* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2007Icar..187..374H>). „Icarus”. 187, s. 374 (2007). doi:10.1016/j.icarus.2006.09.026 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2006.09.026>).
- [94] 4 (<http://history.nasa.gov/SP-424/ch4.htm>). W: Dunne, J. A., Burgess, E.: *The Voyage of Mariner 10 — Mission to Venus and Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-424/>). NASA History Office, 1978. [dostęp 2008-05-28].
- [95] Mercury (<http://solarsystem.jpl.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=OverviewLong>). NASA Jet Propulsion Laboratory, 5 maja 2008. [dostęp 2008-05-29].
- [96] M. Leipold. *Mercury sun-synchronous polar orbiter with a solar sail*. „Acta Astronautica”. 1 (39), ss. 143–151 (Lipiec 1996). doi:10.1016/S0094-5765(96)00131-2 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0094-5765\(96\)00131-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0094-5765(96)00131-2)).
- [97] Tony Phillips: *NASA 2006 Transit of Mercury* ([http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/20oct\\_transitofmercury.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/20oct_transitofmercury.html)). W: *SP-423 Atlas of Mercury* [on-line]. NASA, październik 1976. [dostęp 2008-04-07].
- [98] BepiColumbo – Background Science (<http://sci.esa.int/science-e/www/category/index.cfm?fcategoryid=4586>). European Space Agency. [dostęp 2008-05-30].
- [99] Tariq Malik: *MESSENGER to test theory of shrinking Mercury* ([http://www.usatoday.com/tech/news/2004-08-16-mercury-may-shrink\\_x.htm](http://www.usatoday.com/tech/news/2004-08-16-mercury-may-shrink_x.htm)). USA Today, 16 sierpnia 2004. [dostęp 2008-05-23].
- [100] *Mariner 10 Mission and Spacecraft* (<http://history.nasa.gov/SP-423/mariner.htm>). W: Merton E. Davies, et al: *Atlas of Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-423/sp423.htm>). NASA Office of Space Sciences, 1978. [dostęp 2008-05-30].
- [101] Norman F. Ness. *Mercury – Magnetic field and interior* (<http://adsabs.harvard.edu/full/1978SSRv...21..527N>). „Space Science Reviews”. 21, ss. 527–553 (marzec 1978). doi:10.1007/BF00240907 (<http://dx.doi.org/10.1007/BF00240907>). [dostęp 2008-05-23].
- [102] Chapter Eight (<http://history.nasa.gov/SP-424/ch8.htm>). W: Dunne, J. A., Burgess, E.: *The Voyage of Mariner 10 — Mission to Venus and Mercury* (<http://history.nasa.gov/SP-424/>). NASA History Office, 1978.
- [103] Ed Grayzeck: *Mariner 10* (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1973-085A>). W: *NSSDC Master Catalog* [on-line]. NASA, 2 kwietnia 2008. [dostęp 2008-04-07].
- [104] *MESSENGER Engine Burn Puts Spacecraft on Track for Venus* (<http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=18956>). SpaceRef.com, 2005. [dostęp 2006-03-02].
- [105] *Countdown to MESSENGER's Closest Approach with Mercury* ([http://messenger.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/image.php?gallery\\_id=2&image\\_id=115](http://messenger.jhuapl.edu/gallery/sciencePhotos/image.php?gallery_id=2&image_id=115)). Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, 14 stycznia 2008. [dostęp 2008-05-30].
- [106] *Countdown to MESSENGER's Closest Approach with Mercury* (<http://news.astronet.pl/6306>). 14 stycznia 2008. [dostęp 2010-09-06].

- [107] ESA gives go-ahead to build BepiColombo ([http://www.esa.int/esaSC/SEM88XBE8YE\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaSC/SEM88XBE8YE_index_0.html)). European Space Agency, 26 lutego 2007. [dostęp 2008-05-29].
- [108] Nic Fleming: Star Trek-style ion engine to fuel Mercury craft (<http://www.telegraph.co.uk/earth/main.jhtml?view=DETAILS&grid=&xml=/earth/2008/01/18/scimerc118.xml>). 18 stycznia 2008. [dostęp 2008-05-23].

## Linki zewnętrzne

- Wskazówki dot. obserwacji Merkurego (<http://urania.pta.edu.pl/po11.html>) (pol.)
- Mercury (<http://space.about.com/cs/solarsystem/p/mercuryinfo.htm>) (ang.)
- Atlas of Mercury — NASA (<http://history.nasa.gov/SP-423/sp423.htm>) (ang.)
- Nine Planets Information (<http://www.nineplanets.org/mercury.html>) (ang.)
- NASA's Mercury fact sheet (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html>) (ang.)
- Mercury Profile (<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury>) wg NASA's Solar System Exploration (<http://solarsystem.nasa.gov>) (ang.)
- 'BepiColombo', ESA's Mercury Mission ([http://www.esa.int/export/esaSC/120391\\_index\\_0\\_m.html](http://www.esa.int/export/esaSC/120391_index_0_m.html)) (ang.)
- Merkur (dt.) (<http://www.flug-ins-all.de/planeten/der-merkur>) (niem.)
- 'Messenger', NASA's Mercury Mission (<http://messenger.jhuapl.edu/>) (ang.)
- SolarViews.com — Mercury (<http://www.solarviews.com/eng/mercury.htm>) (ang.)
- Planets — Mercury (<http://www.projectshum.org/Planets/mercury.html>) Wprowadzenie dla dzieci. (ang.)
- Mercury *World Book Online Reference Center* ([http://www.nasa.gov/worldbook/mercury\\_worldbook.html](http://www.nasa.gov/worldbook/mercury_worldbook.html)) (ang.)
- Astronomy Cast: Mercury (<http://www.astronomycast.com/astronomy/episode-49-mercury/>) (ang.)
- A Day On Mercury ([http://btc.montana.edu/MESSENGER/Interactives/ANIMATIONS/Day\\_On\\_Mercury/day\\_on\\_mercury\\_full.htm](http://btc.montana.edu/MESSENGER/Interactives/ANIMATIONS/Day_On_Mercury/day_on_mercury_full.htm)) Dzień na Merkurym – animacja (ang.)
- Active Mercury ([http://science.nasa.gov/headlines/y2009/30apr\\_mercury.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2009/30apr_mercury.htm)) Doniesienie NASA z odkryć MESSENGERA. (ang.)

# Źródła i autorzy artykułu

**Mercury** *Źródło:* <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?oldid=23499663> *Autorzy:* Adi, Alfons6669, Andre Engels, Azureus, Balcer, Bambus-Klucha, Beau, Bellisarius, Beno, Bladyniec, Blueshade, Bukaj, Buldożer, Bulwersator, Byczek1, Cathy Richards, CiaPan, DMX17, Dodek, EMeczKa, Ejcum, Energo, Filemon, Filip em, Foog, Grool, Gytha, Jakubhal, Jerry, Jersz, Jill Tarter, John Belushi, Jotempe, Julio, Jwitos, Kargul1965, Kauczuk, Kenraiz, Kicior99, Kokorik, Kpjas, Lajskonik, Lolek01, Lord Ag.Ent, LukKot, Lukas Skywalker, Lukasz Lukomski, MaTip, Maikking, Marek2, Margoż, Martinwilke1980, MatFizka, Mic k ing, Micbora, MikolajSidor, Minimus, MonteChristof, Morg, Mpfiz, Mpn, Mroman, Pacynka malarza, Pepos, Pkuczynski, Polimerek, Qblik, Rabidmoon, Rafik k, Rentier, Roo72, Rémił, S99, Sam, Siedlaro, Skalee, Sobi3ch, Stoigniew, Stok, Stv, Superborsuk, TOR, Taw, Tommy Jantarek, Tscsa, Upior polnoicy, VanDut, Voytek s, Vuvarl, Wi-ko, Wiklol, Wiktoryn, Wojtazzz, Wostr, Woyteck, Wpedzich, Yarl, Youandme, Zero, conversion script, 112 anonimowych edycji

# Źródła, licencje i autorzy grafik

**Plik:Mercury symbol.svg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury\\_symbol.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury_symbol.svg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* Lexicon

**Plik:Reprocessed Mariner 10 image of Mercury.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Reprocessed\\_Mariner\\_10\\_image\\_of\\_Mercury.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Reprocessed_Mariner_10_image_of_Mercury.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* Mariner 10, Astrogeology Team, U.S. Geological Survey

**Plik:Mercury Internal Structure.svg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury\\_Internal\\_Structure.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury_Internal_Structure.svg) *Licencja:* GNU Free Documentation License *Autorzy:* Joel Holdsworth ()

**Plik:Rupes Discovery schematic.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Rupes\\_Discovery\\_schematic.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Rupes_Discovery_schematic.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* User:Lotse

**Plik:Mercure fausses couleurs.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercure\\_fausses\\_couleurs.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercure_fausses_couleurs.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* Bryan Derksen, CWitte, Delian, Lotse, TheDJ, 1 anonimowych edycji

**Plik:Mercure plaine lisse.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercure\\_plaine\\_lisse.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercure_plaine_lisse.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* Bryan Derksen, CWitte, Delian, Lotse, 1 anonimowych edycji

**Plik:Caloris basin labeled.png** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Caloris\\_basin\\_labeled.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Caloris_basin_labeled.png) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* NASA

**Plik:Merc fig2sm.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Merc\\_fig2sm.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Merc_fig2sm.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* Quote from : "NASA photo by..."

**Plik:Terrestrial planet size comparisons.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Terrestrial\\_planet\\_size\\_comparisons.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Terrestrial_planet_size_comparisons.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* wikipedia user Brian0918

**Plik:Orbita merkurego.svg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Orbita\\_merkurego.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Orbita_merkurego.svg) *Licencja:* GNU Free Documentation License *Autorzy:* User:Adi4000, User:Eurocommuter

**Plik:ThePlanets Orbits Mercury EclipticViewPL.svg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:ThePlanets\\_Orbits\\_Mercury\\_EclipticViewPL.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:ThePlanets_Orbits_Mercury_EclipticViewPL.svg) *Licencja:* GNU Free Documentation License *Autorzy:* User:Adi4000

**Plik:Mercury's orbital resonance.png** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury's\\_orbital\\_resonance.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury's_orbital_resonance.png) *Licencja:* GNU Free Documentation License *Autorzy:* Original uploader was Worldtraveller at en.wikipedia

**Plik:MESSENGER first photo of unseen side of mercury.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MESSENGER\\_first\\_photo\\_of\\_unseen\\_side\\_of\\_mercury.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MESSENGER_first_photo_of_unseen_side_of_mercury.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* w:NASANASA/w:Applied Physics LaboratoryJohns Hopkins University Applied Physics Laboratory/w:Carnegie Institution for ScienceCarnegie Institution of Washington

**Plik:Mariner10.gif** *Źródło:* <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mariner10.gif> *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* NASA

**Plik:Mercury Mariner10.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury\\_Mariner10.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Mercury_Mariner10.jpg) *Licencja:* GNU Free Documentation License *Autorzy:* Original uploader was Ricnun at en.wikipedia

**Plik:MESSENGER Assembly.jpg** *Źródło:* [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MESSENGER\\_Assembly.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MESSENGER_Assembly.jpg) *Licencja:* Public Domain *Autorzy:* NASA

## Licencja