



Księżyc

Księżyc 	
	
Księżyc widziany z Ziemi	
Charakterystyka orbity	
Półoś wielka	384 400 km (0,0026 j.a.)
Obwód orbity	2 413 402 km (0,016 j.a.)
Mimośród	0,0554
Perygeum	363 104 km (0,0024 j.a.)
Apogeum	405 696 km (0,0027 j.a.)
Obieg syderyczny	27,321 661 d (27 ^d 7 ^h 43 ^m)
Obieg synodyczny	29,530 588 d (29 ^d 12 ^h 44 ^m 2,8 ^s)
Średnia prędkość orbitalna	1,022 km/s
Maks. prędkość orbitalna	1,082 km/s
Min. prędkość orbitalna	0,968 km/s
Inklinacja	między 28,60° a 18,30° (5,145 396° do ekliptyki)
Długość węzła wstępującego	125,08°
Długość perygeum orbity	318,15°
Jest satelitą	Ziemi
Charakterystyka fizyczna	
Średnica równikowa	3 476,2 km [1] (0,273 Ziemi)
Średnica biegunowa	3 472,0 km (0,273 Ziemi)
Promień	1 737,064 km (0,273 Ziemi)

Splaszczanie	0,0012
Powierzchnia	3,793×10 ⁷ km ² (0,074 Ziemi)
Odległość od Ziemi	384 403 km
Objętość	2,197×10 ¹⁰ km ³ (0,020 Ziemi)
Masa	7,347 673×10 ²² kg (0,0123 Ziemi)
Gęstość	3,344 g/cm ³
Przyspieszenie grawitacyjne na równiku	1,622 m/s ² (0,1654 Ziemi)
Prędkość ucieczki	2,38 km/s
Okres obrotu wokół własnej osi	27,321 661 d (synchroniczny z okresem obiegu)
Prędkość obrotu	16,655 km/h (na równiku)
Nachylenie osi	po między 3,60° a 6,69° (1,5424° do ekliptyki)
Rektascensja na biegunie północnym	266,8577° (17 ^h 47 ^m 26 ^s)
Deklinacja	65,6411°
Albedo	0,12
Jasność w pełni	-12,74 mag
Średnica kątowa tarczy widziana z Ziemi	<ul style="list-style-type: none"> • perygeum: 0°33'28" • apogeum: 0°29'55"
Temp. powierzchni	<ul style="list-style-type: none"> • min. 40K • średnia 250K • maks. 396K
Skład chemiczny	
Tlen	43%
Krzem	21%
Aluminium	10%
Wapń	9%
Żelazo	9%
Magnez	5%
Tytan	2%
Nikiel	0,6%
Sód	0,3%
Chrom	0,2%
Potas	0,1%
Mangan	0,1%

Siarka	0,1%
Fosfor	500 ppm
Węgiel	100 ppm
Azot	100 ppm
Wodór	50 ppm
Hel	20 ppm
Charakterystyka atmosfery	
Ciśnienie atmosferyczne	3×10^{-13} kPa
Hel	25%
Neon	25%
Wodór	23%
Argon	20%
Metan Amoniak Dwutlenek węgla	śladowe

Księżyc (łac. *Luna*, gr. Σελήνη *Selēnē*) – jedyny naturalny satelita Ziemi (nie licząc tzw. księżyców Kordylewskiego, które są obiektami pyłowymi i przez niektórych badaczy uważane za obiekty przejściowe). Jest piątym co do wielkości księżycem w Układzie Słonecznym. Przeciętna odległość od środka Ziemi do środka Księżyca to 384403 km, co stanowi mniej więcej trzydziestokrotność średnicy ziemskiej. Średnica Księżyca wynosi 3474 km^[2], nieco więcej niż 1/4 średnicy Ziemi. Oznacza to, że objętość Księżyca wynosi około 1/50 objętości kuli ziemskiej. Przyspieszenie grawitacyjne na jego powierzchni jest blisko 6 razy słabsze, niż na Ziemi. Księżyc wykonuje pełny obieg wokół Ziemi w ciągu 27,3 dnia (tzw. miesiąc syderyczny), a okresowe zmiany w geometrii układu Ziemia-Księżyc-Słońce powodują występowanie powtarzających się w cyklu 29,5-dniowym (tzw. miesiąc synodyczny) faz Księżyca.

Księżyc to jedyne ciało niebieskie, do którego podróżowali i na którym wylądowali ludzie. Pierwszym sztucznym obiektem w historii, który przeleciał blisko Księżyca, była wystrzelona przez Związek Radziecki Łuna 1; Łuna 2 jako pierwszy statek osiągnęła powierzchnię ziemskiego satelity, zaś Łuna 3 jeszcze w tym samym roku co poprzedniczki – 1959 – wykonała pierwsze zdjęcia niewidocznej z Ziemi strony Księżyca. Pierwszym statkiem, który przeprowadził udane miękkie lądowanie była Łuna 9, zaś pierwszym bezzałogowym pojazdem umieszczonym na orbicie Księżyca – Łuna 10 (oba w 1966)^[2]. Amerykański program Apollo obejmował misje załogowe, zakończone 6 lądowaniami w latach 1969-1972. Eksploracja Księżyca przez ludzi została przerwana wraz z zakończeniem lotów Apollo. Dopiero w 2007 roku kilka państw ogłosiło plany ponownego wysłania tam misji.

Nazwa i etymologia

W przeciwieństwie do naturalnych satelitów innych planet, ziemski nie ma innej polskiej nazwy niż właśnie "Księżyc" (pisane wielką literą).

Słowo *księżyc*, czyli księżę, wywodzi się jeszcze z wierzeń słowiańskich, gdzie księciem nazywany był księżyc w okresie między nowiem a pierwszą kwadrą (miał on być synem "starego" miesiąca)^[3]; ogólną nazwą był wówczas miesiąc – słowo będące derywatem od praindoeuropejskiej nazwy Księżyca, która może mieć związek z rdzeniem *mē-, oznaczającym mierzenie (czasu). "Księżyc" przyjął się jako ogólne określenie ziemskiego satelity nieco później.

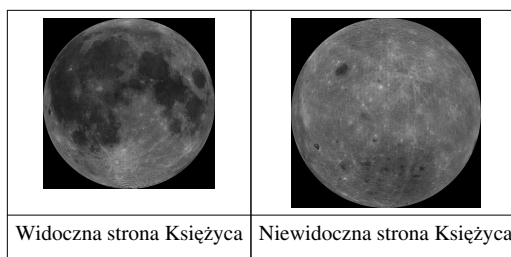
Nazwy niektórych pojęć i terminów związanych z Księżycem wywodzą się ze słów *Selene* (gr. Σελήνη "Księżyc", bogini i uosobienie Księżyca w mitologii greckiej)^{[4] [5]}, np.: selenologia, selenografia, selenofizyka, Selenita

(domniemany mieszkaniec Księżyca) i *Luna* (łac. "Księżyc", bogini i uosobienie Księżyca w mitologii rzymskiej)^[6]
^[7], np.: lunochemia, lunacja, lunarny, łunochod.

Powierzchnia Księżyca

Dwie strony Księżyca

Księżyc znajduje się w synchronicznej rotacji, co oznacza, że przez cały czas z Ziemi widoczna jest tylko jedna jego strona. We wczesnej historii ziemskiego satelity tempo jego rotacji spadło i zostało zatrzymane na obecnym poziomie wskutek procesów związanych z zjawiskami pływowymi^[8]. Mimo to wciąż obserwuje się niewielkie odchylenia Księżyca, zwane libracjami, które pozwalają na obserwowanie z Ziemi około 59% jego powierzchni^[2].



Skierowana w stronę Ziemi strona Księżyca jest nazywana stroną widoczną, zaś strona przeciwna – niewidoczną. Strona niewidoczna nie powinna być mylona z ciemną stroną, czyli półkulą aktualnie nieoświetloną przez Słońce (podczas nowiu strona zwrócona ku Ziemi jest ciemną stroną Księżyca). Strona niewidoczna została po raz pierwszy sfotografowana w 1959 roku przez radziecką sondę Łuna 3. Główną cechą wyróżniającą tę stronę jest niemal całkowity brak mórz księżycowych.

Morza



Ciemne i względnie nieurozmaicone obszary, które widać gołym okiem na oświetlonej części Księżyca, nazywane są morzami księżycowymi (łac. *maria*, poj. *mare*); termin ten nawiązuje do przekonań starożytnych astronomów, którzy uznawali, że są one wypełnione wodą. Obecnie wiemy, że są to obszary zestalonej magmy. Bazalt, powstały z zastygniętej lawy, wypełnił kraterów meteorytowych utworzone przez spadające odłamki skalne (Oceanus Procellarum to jeden z wyjątków, jeśli chodzi o tę regułę; jego powstanie nie jest związane z żadnym kraterem). Morza znajdują się niemal wyłącznie na widocznej stronie Księżyca, gdzie zajmują 31% powierzchni^[2], na stronie niewidocznej prawie nie występują (jedynie 2% powierzchni)^[9]. Dotychczas nie sformułowano przekonującej przyczyny takiego rozmieszczenia mórz księżycowych, ostatnio zwraca się uwagę na większą koncentrację

pierwiastków radioaktywnych, które produkują ciepło na widocznej półkuli, co wykazały mapy geochemiczne wykonane przez spektrometr gamma Lunar Prospector^[10] ^[11]. Obszary zawierające dużą liczbę wulkanów tarczowych i kopuł wulkanicznych znajdują się na terenie mórz półkuli widocznej^[12].

Morza i oceany na Księżycu:

Nazwa	Nazwa łacińska
Ocean Burz	Oceanus Procellarum
Morze Chmur	Mare Nubium
Morze Deszczów	Mare Imbrium
Morze Jasności	Mare Serenitatis
Morze Nektaru	Mare Nectaris
Morze Oparów	Mare Vaporum
Morze Przesileń	Mare Crisium
Morze Spokoju	Mare Tranquillitatis
Morze Wilgoci	Mare Humorum
Morze Zimna	Mare Frigoris
Morze Obfitości	Mare Fecunditatis
Jeziora Doskonałości	Lacus Excellentiae
Jezioro Śmierci	Lacus Mortis
Zatoka Rosy	Sinus Roris
Zatoka Tęczy	Sinus Iridum
Bagno Zgnilizny	Palus Putredinis

Wyżyny

Jaśniejsze obszary Księżyca nazywane są wyżynami lub górami (łac. *terrae*, ang. *highlands*), ponieważ położone są wyżej niż morza. Kilka największych obszarów górskich na widocznej półkuli znajduje się na obrzeżach ogromnych kraterów meteorytowych, z których wiele zostało wypełnionych bazaltem; uważa się je za pozostałości pierścieni uformowanych przez fale uderzeniowe^[13]. Głównym czynnikiem odróżniającym góry ziemskie od księżycowych jest fakt, że te ostatnie nie powstały w wyniku procesów tektonicznych, a jako efekt zderzeń kosmicznych^[14].

Zdjęcia wykonane w ramach misji Clementine pokazują, że cztery obszary górskie na skraju krateru Peary'ego na księżycowym biegunie północnym pozostają oświetlone przez cały czas. Istnienie takich "szczytów wiecznego światła" właśnie tam jest możliwe dzięki niezwykle małemu odchyleniu osi obrotu Księżyca od płaszczyzny ekliptyki. Jednak obszary takie nie zostały zaobserwowane na biegunie południowym, mimo że brzegi krateru Shackleton pozostają oświetlone przez 80% dnia. Innym następstwem niewielkiego nachylenia osi jest występowanie na dnach kraterów znajdujących się w pobliżu biegunów obszarów wiecznie zacienionych^[15].

Kratery uderzeniowe

Powierzchnia Księżyca nosi wyraźne ślady licznych uderzeń różnej wielkości odłamkami skalnymi^[16]. Kratery uderzeniowe powstają w przypadku zderzenia asteroidy lub komety z powierzchnią ciała niebieskiego; na Księżycu znajduje się około pół miliona kraterów o średnicy powyżej 1 km. Ponieważ uderzenia odłamków skalnych następują dość regularnie, na podstawie badań zagęszczenia kraterów na poszczególnych obszarach można określić wiek danej powierzchni. Brak czynników wpływających na erozję (z powodu braku atmosfery) oraz brak aktywności tektonicznej sprawił, że wiele kraterów pozostało do dziś w stanie niemal nienaruszonym, przynajmniej porównując je do ich ziemskich odpowiedników.

Największy z księżycowych kraterów, uznawany także za największy w całym Układzie Słonecznym, jest basen Biegun Południowy - Aitken (ang. *South Pole-Aitken basin*). Znajduje się on na niewidocznej półkuli, pomiędzy biegunem południowym a równikiem; jego średnica wynosi 2240 km, a głębokość – 13 km.^[17] Duże kratery uderzeniowe na widocznej stronie to między innymi Imbrium, Serenitatis, Crisium i Nectaris.

Lista największych kraterów księżycowych:

Krater	Średnica (km)	Wysokość ścian (km)
Arystoteles	87	2,73
Clavius	225	4,9
Grimaldi	222	3
Kopernik	90	3,9
Platon	100	2,44
Scheiner	110	6
Tycho	85	4,46
Albategnius	129	4,4
Archimedes	100	2,6
Klawiusz		
Eudoksus		
Kepler		
Langren		
Bailly		
Posejdon		
Ptolemeusz	140	3
Teofil		



Krater Dedalus na Księżycu

Regolit

Powierzchnia księżycy pokryta jest warstwą silnie rozdrobnionego pyłu, zwanego regolitem. Jej powstanie powiązane jest z uderzeniami meteorów w powierzchnię Księżycy, toteż warstwa obecna na starszych powierzchniach jest generalnie grubsza niż ta na stosunkowo młodych obszarach. Morza księżycowe pokryte są generalnie 3-5 m regolitu, podczas gdy warstwa pokrywająca wyżyny osiąga od 10 do 20 m grubości^[18]. Głębiej pod najmocniej rozdrobnionym regolitem znajduje się warstwa, do której odnosi się termin "megaregolit". Pokrywa ta jest znacznie grubsza, sięga dziesiątki kilometrów pod powierzchnię Księżycy, i obejmuje warstwę silnie skruszonej skały^[19].

Obecność wody

Komety oraz meteoroidy nieustannie bombardujące Księżyc najprawdopodobniej dostarczyły na jego powierzchnię pewną ilość wody. W takim przypadku cząsteczki wody szybko rozpadłyby się na tlen i wodór pod wpływem ultrafioletowego promieniowania słonecznego (atmosfera księżycowa, z racji rzadkości, pochłania niezwykle małą część tego promieniowania), te zaś – w warunkach słabej grawitacji – uleciałyby po pewnym czasie w przestrzeń kosmiczną. Jednak ze względu na niezwykle małe nachylenie osi obrotu Księżycy do płaszczyzny ekliptyki (zaledwie 1,5°) światło Słońca nie dociera do wnętrza głębokich kraterów znajdujących się w pobliżu biegunów, co stwarza na tych obszarach warunki do stabilnego istnienia cząsteczek wody.

Podczas misji Clementine wykonano mapy kraterów położonych blisko bieguna południowego^[20], wewnątrz których zachodzi takie zjawisko; symulacje komputerowe wykazały, że nawet 14 000 km² powierzchni Księżycy może pozostawać w wiecznym zacienieniu^[15]. Dane zebrane przez Clementine sugerują obecność lodu w tych rejonach, zaś wskazania spektrometru neutronowego Lunar Prospector wykazują nadzwyczaj wysoką koncentrację wodoru w wierzchnich warstwach regolitu na obszarach okołobiegunowych^[21]. Ilość znajdującej się tam wody szacuje się na około 1 km³.

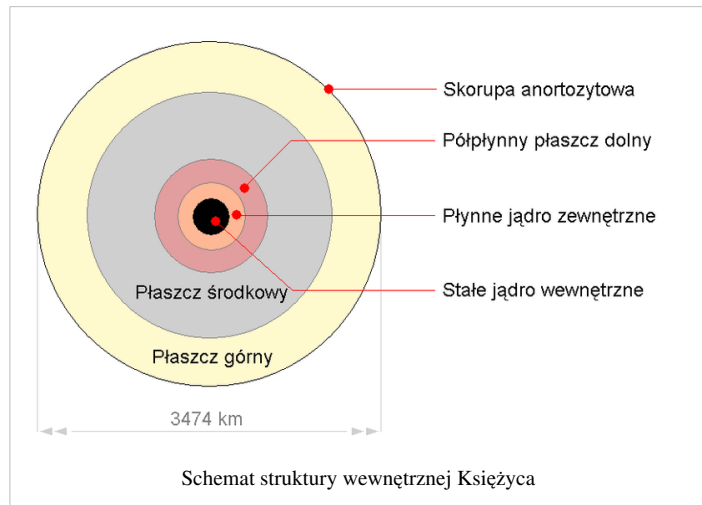
Lód może być wydobywany, a następnie rozdzielany na atomy tlenu i wodoru przy użyciu generatorów nuklearnych lub elektrowni zasilanych energią słoneczną. Obecność pewnej ilości nadającej się do użycia wody jest ważnym czynnikiem umożliwiającym ewentualną kolonizację Księżycy w przyszłości, transport wody z Ziemi byłby bowiem niezwykle kosztowny. Jednak niedawne obserwacje dokonane za pomocą radioteleskopu Arecibo pokazują, że rzekomy lód mógł być po prostu odłamkami skał wyrzuconymi po stosunkowo niedawnych uderzeniach meteorów^[22]. Kwestia ilości wody znajdującej się na Księżycu wciąż pozostaje nierozwiązana.

Na podstawie danych dostarczonych przez sondy Chandrayaan-1, Deep Impact oraz Cassini-Huygens, która dokonała pomiarów w 1997 roku, we wrześniu 2009 roku stwierdzono stałe występowanie wody oraz hydroksylu, wchodzących w reakcje z cząsteczkami skał i pyłu, szczególnie w górnych kilku milimetrach gruntu księżycowego^[23]. Miejsce znalezienia cząsteczek wody jest sporym zaskoczeniem, ponieważ do tej pory szukano jej nie na nasłonecznionych powierzchniach, a w głębokich kraterach i na biegunach Księżycy. Przywiezione w czasie wypraw Apollo księżycowe skały również zawierały śladowe ilości wody, jednak uznano wtedy, że woda dostała się do próbek już na Ziemi na skutek nieszczelności pojemników^[24].

Charakterystyka fizyczna

Struktura wewnętrzna

Księżyc jest ciałem wewnątrznie zróżnicowanym, złożonym z różniących się pod względem geochemicznym skorupy, płaszczu i jądra. Zróżnicowanie to jest najprawdopodobniej efektem krystalizacji frakcyjnej magmy księżycowej krótko po powstaniu ziemskiego satelity około 4,5 miliarda lat temu. Energia wymagana do stopienia zewnętrznych warstw miała prawdopodobnie swoje źródło w tzw. wielkim zderzeniu, które uważa się za przyczynę powstania układu Ziemia-Księżyc, oraz późniejszym ponownym połączeniu odłamków na orbicie ziemskiej. Krystalizacja tego oceanu magmy dała początek ciężkiemu płaszczowi oraz bogatej w plagioklasy skorupie (patrz też *Pochodzenie i ewolucja geologiczna* poniżej).



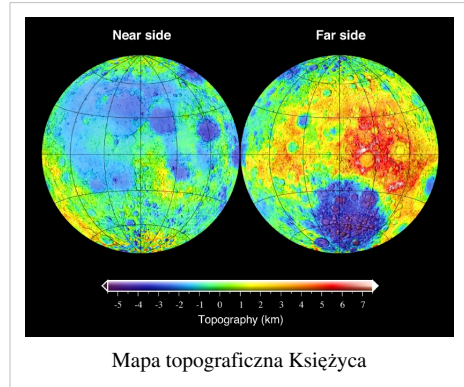
Geochemiczne mapy powierzchni Księżyca wykazują, że jego skorupa zawiera duże ilości skał anortozytowych^[25], co zgadza się z teorią dawnego istnienia oceanu magmy. Z pierwiastkowego punktu widzenia, składa się ona przede wszystkim z tlenu, krzemu, żelaza, wapnia oraz glinu. Bazując na metodach geofizycznych, oceniono jej grubość na około 50 km.^[26]

Częściowo płynny płaszcz księżycowy umożliwił wystąpienie erupcji wulkanicznych, a co za tym idzie powstanie bazaltowych mórz. Chemiczna analiza tych warstw bazaltu wskazuje na dominującą rolę oliwinu, ortopiroksenu i klinopiroksenu, przy czym płaszcz Księżyca jest bardziej bogaty w żelazo niż jego ziemski odpowiednik. Na niektórych obszarach bazalt księżycowy zawiera pewne ilości tytanu (w postaci minerału ilmenitu), co sugeruje duże zróżnicowanie składu chemicznego wewnątrz płaszczu. Głęboko pod powierzchnią (ok. 1000 km) stwierdzono występowanie powtarzających się w miesięcznych odstępach trzęsień, powiązanych prawdopodobnie z napięciami powodowanymi ekscentrycznością orbity Księżyca^[26].

Gęstość Księżyca wynosi średnio 3346,4 kg/m³, co czyni go drugim pod tym względem księżycem w całym Układzie Słonecznym (zaraz po Io). Jednak poczynione w tym kierunku badania wykazują, że promień jego jądra wynosi zaledwie 350 km^[26], co stanowi zaledwie 20% promienia całego Księżyca (niewiele, mając na uwadze fakt, że u większości skalnych planet i księżyców promień jądra sięga ok. 50% promienia całkowitego). Skład księżycowego jądra nie został do tej pory dokładnie poznany, jednak przypuszcza się, że zawiera ono przede wszystkim metaliczne żelazo oraz niewielkie ilości siarki i niklu. Analiza zróżnicowania obrotu Księżyca w czasie wskazuje, że przynajmniej część jądra znajduje się w stanie płynnym^[27].

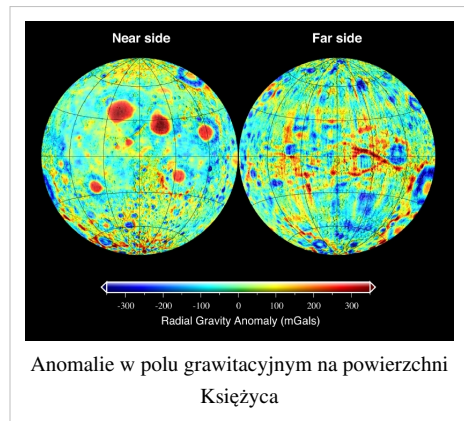
Topografia

Dane dotyczące topografii Księżyca zostały uzyskane dzięki metodom altymetrii laserowej oraz stereoanalizy obrazów, a ostatnio także na podstawie danych dostarczonych podczas misji Clementine. Najbardziej widocznym elementem topografii Księżyca jest ogromny basen Biegun Południowy - Aitken (ciemnofioletowy obszar na ilustracji), który obejmuje najniższe tereny na Księżycu. Obszary położone najwyżej znajdują się niedaleko na północny wschód od tego miejsca; przypuszcza się, że mogły one powstać z ogromnej ilości odłamków skalnych wyrzuconych przy uderzeniu, które spowodowało powstanie basenu Biegun Południowy – Aitken. Inne duże kratery, takie jak Imbrium, Serenitatis, Crisium, Smythii i Orientale, również wyróżniają się dość dużą różnicą wysokości pomiędzy dnem zagłębienia a jego brzegami i pobliskimi obszarami. Dodatkową ciekawostką może być fakt, że średnia wysokość terenu dla niewidocznej półkuli jest o około 1,9 km większa niż dla półkuli widocznej^[26].



Pole grawitacyjne

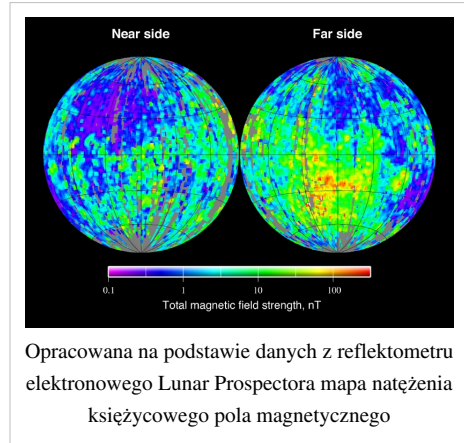
Natężenie pola grawitacyjnego (przyspieszenie grawitacyjne) Księżyca zostało wyliczone na podstawie obserwacji sygnałów radiowych wysyłanych przez orbitujące wokół Księżyca sondy. Wykorzystano do tego efekt Dopplera polegający na zmianie częstotliwości sygnałów radiowych odbieranych na Ziemi lub innej sondzie z sondy krążącej wokół Księżyca gdy oddala lub przybliża się ona do odbiornika a tym samym i Księżyca. Badanie takie przeprowadzono między innymi z użyciem sondy Lunar Prospector. Ponieważ z powierzchni Ziemi można obserwować tylko jedną stronę Księżyca, natężenie pola grawitacyjnego na jego niewidocznej stronie nie jest dobrze znane^[28].



Cechą charakterystyczną księżycowego pola grawitacyjnego jest występowanie tzw. maskonów, obszarów o zwiększonej grawitacji, świadczących o występowaniu pod powierzchnią Księżyca substancji o gęstości większej od otoczenia. Położenie maskonów jest powiązane z niektórymi ogromnymi basenami uderzeniowymi^[29]. Anomalie te wywierają znaczny wpływ na tor obiegu Księżyca przez statki kosmiczne, w związku z czym planowanie misji księżycowych wymaga opracowania dokładnego modelu grawitacyjnego. Istnienie maskonów może w pewnym stopniu być powodowane obecnością gęstej, bazaltowej lawy wypełniającej niektóre z basenów uderzeniowych. Samo to jednak nie tłumaczy całości tych anomalii grawitacyjnych; modele grawitacyjne wykonane przez Lunar Prospector pokazyują, że niektóre maskony występują w miejscach niezwiązanych z jakimikolwiek przejawami wulkanizmu^[30]. Z drugiej strony, wielkie obszary wulkanizmu bazaltowego w Oceanus Procellarum nie wywołują żadnych anomalii grawitacyjnych.

Pole magnetyczne

Księżyc ma zewnętrzne pole magnetyczne, którego natężenie waha się od 1 do 100 nanotesli – ponad 100 razy słabsze od ziemskiego (30000-60000 nanotesli). Inną różnicą jest fakt, że pole magnetyczne Księżyca nie ma charakteru dipolarnego, na podstawie tych cech uważa się, że głównym źródłem tego pola nie jest jądro, a skorupa^[31]. Jedną z hipotez zakłada, że nabrała ona właściwości magnetycznych we wczesnej historii satelity, kiedy dynamo magnetohydrodynamiczne w jądrze wciąż funkcjonowało, jednak ze względu na niewielkie rozmiary jądra teza ta wydaje się być mało prawdopodobna. Inne wyjaśnienie zakłada możliwość generowania pola magnetycznego podczas uderzeń meteorów w powierzchnię ciał pozbawionych grubej warstwy atmosfery. Teorię tę może popierać zaobserwowany wzrost natężenia pola na antypodach największych kraterów. Fenomen ten tłumaczony jest przemieszczaniem się plazmy powstałej podczas zderzenia w obecności otaczającego pola magnetycznego^[32].



Atmosfera

Atmosfera Księżyca jest niezwykle cienka; jej całkowita masa wynosi zaledwie 10^4 kg.^[33] Jednym ze źródeł jej pochodzenia jest uwalnianie gazów takich jak radon, powstających podczas rozpadu pierwiastków promieniotwórczych zawartych w płaszczu oraz skorupie. Również bombardowanie mikrometeoritami, jonami wiatru słonecznego, elektronami i promieniowaniem słonecznym powoduje odrywanie cząsteczek od powierzchni i ich przechodzenie do stanu gazowego^[25]. Gazy powstałe w ten sposób mogą zostać pod wpływem grawitacji wtórnie wchłonięte przez regolit lub ulecieć w przestrzeń kosmiczną, wyrzucone przez promieniowanie słoneczne albo pole magnetyczne wiatru słonecznego (o ile są zjonizowane). Pierwiastki takie jak sód (Na) czy potas (K) wykryto w atmosferze księżycowej metodami spektroskopii z Ziemi, natomiast spektroskop alfa Lunar Prospektora wykazał obecność radonu-222 i polonu-210.^[34] Argon-40, hel-4, tlen, metan, azot, tlenek węgla (II) oraz tlenek węgla (IV) zostały wykryte za pomocą detektorów ustawionych przez astronautów misji Apollo^[35].

Pochodzenie i ewolucja geologiczna

Powstanie Księżyca

Powstało kilka teorii wyjaśniających pochodzenie ziemskiego Księżyca. Najwcześniejsze przypuszczenia zakładały, że oderwał się on od skorupy ziemskiej wskutek sił odśrodkowych, pozostawiając bliźnię w postaci ogromnego zagłębienia (którym miał być Ocean Spokojny)^[36]. Jednak ta koncepcja "rozszczeniowa" wymagała zbyt dużej początkowej energii obrotu, toteż pojawiła się hipoteza zakładająca, że Księżyc powstał niezależnie od Ziemi i został przez nią tylko przechwycony^[37]. Również ona nie zdobyła uznania w świecie nauki, ponieważ warunki wymagane do spełnienia jej założeń (na przykład gruba warstwa atmosfery, zdolna rozproszyć energię Księżyca) były niemożliwe do spełnienia. Teoria "koformacji" zakładała natomiast, że Ziemia i Księżyc powstały równocześnie z tego samego dysku akrecyjnego. Według jej twórców, Księżyc uformował się z materiału otaczającego proto-Ziemię w taki sam sposób, jak planety z pierwotnego dysku wokółsłonecznego. Nie wyjaśnia ona jednak obecności na Księżycu żelaza w postaci metalicznej. Również żadna z tych hipotez nie wyjaśnia wysokiej wartości momentu pędu układu Ziemia-Księżyc^[38].

Obecnie, najpopularniejszą teorią tłumaczącą powstanie ziemskiego satelity jest teoria wielkiego zderzenia. Zakłada ona, że zderzenie proto-Ziemi z ciałem wielkości Marsa wyzwoliłoby ilość energii wystarczającą do wyrzucenia dostatecznej ilości materii na okołoziemską orbitę; z materii tej następnie miał uformować się Księżyc^[2]. Jako że według obecnie obowiązujących teorii planety powstawały w toku stopniowej akrecji z małych ciał, tego typu

zdarzenia musiały następować dość często w trakcie formacji Układu Słonecznego. Komputerowe symulacje takiego zdarzenia są też zgodne z danymi odnośnie momentu pędu systemu Ziemia-Księżyc, przewidują również niewielki rozmiar księżycowego jądra^[39]. Nierozstrzygnięte zagadnienia tej teorii dotyczą przede wszystkim ustalenia względnych rozmiarów Ziemi i ciała, z którym nastąpiła kolizja, a także tego, jaka ilość materiału pochodzącego z Ziemi i owego ciała utworzyła Księżyc. Według obecnych danych, ziemski satelita powstał $4,527 \pm 0,01$ miliarda lat temu, to jest około 30-50 milionów lat po uformowaniu się Układu Słonecznego^[40].

Księżycowy ocean magmy

Ogromna ilość energii uwolniona podczas zderzenia i późniejszego wtórnego połączenia się materiału na orbicie ziemskiej doprowadziła najprawdopodobniej do stopienia dużej części Księżyca. Stopiona wówczas zewnętrzna warstwa satelity znana jest jako tzw. księżycowy ocean magmy; uważa się, że jego głębokość sięgała od 500 km nawet do samego środka Księżyca^[10].

W miarę stygnięcia magmy rozpoczęła się jej frakcyjna krystalizacja i wewnętrzne rozwarstwianie, co dało początek różniącym się pod względem geochemicznym skorupie i płaszczowi. Przypuszcza się, że płaszcz oddzielił się od skorupy wskutek strącenia się minerałów: oliwinu, klinopiroksenu oraz ortopiroksenu. Po skryształowaniu około $\frac{3}{4}$ oceanu magmy na powierzchnię, z racji niskiej gęstości, wydostał się zestalony już anortyt, formując skorupę^[10].

Partie magmy skryształowane na samym końcu zajęły przestrzeń pomiędzy skorupą a płaszczem; zawierały one duże ilości pierwiastków niereaktywnych i produkujących ciepło. Warstwa ta jest w geologii określana za pomocą skrótu KREEP, powstałego od słów: potas (K), *rare earth elements* (REE, ang. metale ziem rzadkich) i fosfor (P); wydaje się ona skupiać w obrębie wyżyny Procellarum KREEP, obszaru geologicznego obejmującego większą część Oceanus Procellarum i Mare Imbrium na widocznej stronie Księżyca^[26].

Ewolucja geologiczna

Duża część późniejszej ewolucji geologicznej Księżyca została zdominowana przez zjawiska związane z kosmicznymi zderzeniami. Podział geologicznej skali czasu ziemskiego satelity jest w głównej mierze oparty na momentach wystąpień największych uderzeń, które przyczyniły się do powstania zagłębień takich jak Nectaris, Imbrium czy Orientale. Te ogromne kratery, o średnicy rzędu setek kilometrów, otoczone są zwykle wieloma pierścieniami materii wyrzuconej po uderzeniu. W pobliżu każdego z nich znajdują się też ogromne obszary pokryte tą materią, formujące góry i wyżyny. Wprawdzie określono dotychczas wiek zaledwie kilku wielopierścieniowych kraterów, informacje te są jednak niezwykle użyteczne przy stratygraficznym datowaniu względnym innych obszarów. Nieustanne bombardowanie powierzchni Księżyca odłamkami skalnymi odpowiedzialne jest za powstanie regolitu.

Kolejnym ważnym procesem odpowiedzialnym za ukształtowanie powierzchni Księżyca był wulkanizm, który spowodował powstanie mórz. Nagromadzenie pierwiastków wydzielających ciepło w obrębie wyżyny Procellarum KREEP prawdopodobnie doprowadziło do podgrzania i częściowego stopienia niżej położonego płaszczka. Część powstałej magmy w trakcie erupcji wydostała się na powierzchnię, tworząc ogromne, pokryte bazaltem obszary głównie na widocznej stronie Księżyca^[10]. Większość mórz księżycowych powstało w okresie imbryjskim (od 3,5 do 3 miliardów lat temu). Mimo to, niektóre próbki datowane są na 4,2 miliarda lat^[41], zaś najpóźniejsze erupcje miałyby wystąpić jedynie 1,2 miliarda lat temu^[42].

Wielu kontrowersji dostarczyła dyskusja nad tym, czy powierzchnia Księżyca wciąż podlega zmianom. Niektórzy astronomowie twierdzili, że obserwowali znikanie lub powstawanie kraterów oraz inne przejściowe zmiany (ang. *transient lunar phenomena*). Obecnie uważa się te relacje za fałszywe i tłumaczy przeprowadzaniem obserwacji w różnych warunkach oświetleniowych, kiepską stabilnością obrazu lub niedokładnością wcześniejszych rysunków. Jakkolwiek, potwierdzono występowanie zjawiska wydzielania gazów ze skorupy, co mogło być przyczyną niektórych zaobserwowanych zmian. Niedawno pojawiła się sugestia, jakoby obszar powierzchni Księżyca o średnicy 3 km miał być zmodyfikowany w wyniku uwolnienia dużej ilości gazu około miliona lat temu^[43] [44].

Skały księżycowe

Najogólniejszy podział skał księżycowych obejmuje skały tworzące morza i leżące na terenach wyżyn. Skały "wyżynne" dzielą się na trzy główne kategorie: żelazowo-anortozytowe, magnezowe oraz alkaliczne (niektórzy zaliczają te ostatnie do kategorii skał magnezowych). Skały żelazowo-anortozytowe składają się niemal wyłącznie z minerału anortytu (należącego do rodziny plagioklazów). Datowanie radiometryczne pozwoliło na określenie ich wieku na około 4,4 miliarda lat.^[41] ^[42]

Skały magnezowe i alkaliczne to przede wszystkim bogate w cięższe pierwiastki skały wulkaniczne. W tej grupie dominują dunity, troktolity, gabro, alkaliczne anortozyty i, w mniejszych ilościach, granity. W przeciwieństwie do żelazowo-anortozytowych, skały magnezowe i alkaliczne charakteryzują się stosunkowo dużą zawartością magnezu i żelaza. Uważa się, że powstały one wskutek intruzji magmy w warstwy uformowanej już skorupy księżycowej (choć niektóre przykłady wskazują również na ekstruzje jako źródło ich pochodzenia) około 4,4 – 3,9 miliarda lat temu. Badania wykazały również pewną zawartość komponentu geochemicznego KREEP.

Księżycowe morza zbudowane są wyłącznie z bazaltu. Pomimo dużego podobieństwa do bazaltów wyżynnych, bazalt "morski" charakteryzuje się zdecydowanie większą zawartością żelaza i tytanu oraz niemal całkowitym brakiem związków wodoru^[45] ^[46].

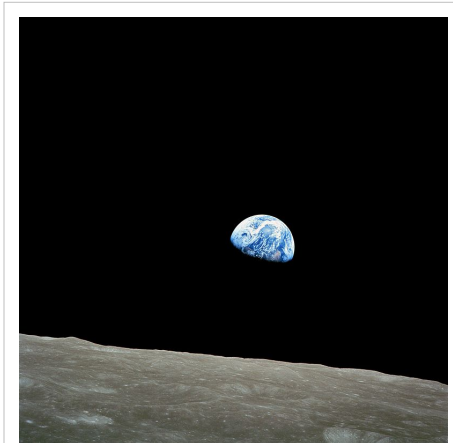
Według relacji astronautów, pył na powierzchni Księżyca przypominał śnieg i pachniał jak zużyty proch strzelniczy^[47]. Składa się on głównie z dwutlenku krzemu (SiO_2), najprawdopodobniej pochodzącego z meteorów uderzających w powierzchnię ziemskiego satelity. Inne składniki to wapń i magnez.

Orbita i powiązania z Ziemią

Całkowity obieg Księżyca wokół Ziemi (mierzony względem tzw. gwiazd stałych), czyli okres orbitalny, trwa około 27,3 dnia. Jednak uwzględniając ruch Ziemi po orbicie okołosłonecznej, okres ten wydłuża się do 29,5 dnia i nazywany jest miesiącem synodycznym (innymi słowy, to czas pomiędzy dwiema tymi samymi fazami Księżyca)^[2]. W przeciwieństwie do większości satelitów innych planet, orbita Księżyca leży w pobliżu płaszczyzny ekliptyki, nie zaś ziemskiej płaszczyzny równikowej. Księżyc Ziemi jest ponadto względnie największym satelitą całego Układu Słonecznego (w stosunku do obieganej planety); wprawdzie wskaźnik ten jest wyższy u Charona, satelity Plutona, jednak ten ostatni uznawany jest obecnie za planetę karłowatą.

Układ Ziemia-Księżyc tak naprawdę przypomina bardziej układ dwóch planet. Wynika to z faktu, że rozmiary Księżyca są względnie duże w porównaniu do Ziemi; jego średnica stanowi 1/4 średnicy ziemskiej, a masa – 1/81 masy Ziemi. Mimo to pogląd ten jest krytykowany w świecie nauki ze względu na to, że barycentrum układu znajduje się 1700 km pod powierzchnią Ziemi (w 3/4 jej promienia, licząc od środka). Powierzchnia Księżyca stanowi mniej niż 1/10 powierzchni Ziemi, albo około 1/4 powierzchni jej lądów (tyle, co Rosja, Kanada i USA razem wzięte).

W roku 1986 odkryto asteroidę 3753 Cruithne, poruszającą się po orbicie podkowiastej. Astronomowie jednak nie uznali jej za drugiego satelitę Ziemi ze względu na niestabilność jej orbity^[48]. Odkryto dotychczas jeszcze trzy takie asteroidy: 54509 YORP, (85770) 1998 UP₁ oraz 2002 AA29; wszystkie one krążą po orbitach podobnych do 3753 Cruithne^[49].



Ziemia widziana z Księżyca podczas misji Apollo 8, Wigilia 1968



Ziemia, Księżyc i dzieląca je odległość w jednakowej skali



Czas potrzebny światłu na przebycie odległości Ziemia-Księżyc (w skali)

Pływy morskie

Występujące na Ziemi pływy morskie wywoływane są przez siły pływowe głównie grawitacji Księżyca, wyolbrzymiane przez różne zjawiska zachodzące w ziemskich oceanach. Pływowe siły grawitacyjne istnieją dzięki temu, że wody po stronie zwróconej ku Księżycowi są przez niego silniej przyciągane niż te po stronie przeciwnej. Siły te "rozciągają" oceany, nadając im kształt elipsy. Powstają wówczas dwa „wybrzuszenia” – obszary podwyższonego poziomu morza – po dwóch stronach Ziemi: zwróconej ku Księżycowi i przeciwnej, a obniżenie w miejscach prostopadłych do nich.

Opisane wyżej deformacje okrążają Ziemię w rytm wschodów i zachodów Księżyca będąc jednocześnie ciągniętymi przez obrót Ziemi, w wyniku czego wyprzedzają trochę Księżyc. Natężenie tego zjawiska zwiększane jest poprzez bezwładność wody oraz kumulację energii w mniejszej ilości wody na przybrzeżnych spłyceńiach oceanów. Nakładanie się tych czynników jest analogiczne do efektu narastania fali przy brzegach.

Przesunięcie deformacji Ziemi względem Księżyca "przyspiesza" ruch Księżyca, a spowalnia ruch obrotowy Ziemi, w związku z czym doba ziemską wydłuża się w ciągu stulecia o 2 tysięczne sekundy^[50] (jest to główna przyczyna wydłużania się doby). Wzrost momentu pędu ruchu orbitalnego Księżyca sprawia, że rośnie promień jego orbity o 3,8 cm na rok^[51] (jednocześnie prędkość nieznacznie maleje). Zjawisko to będzie trwało dopóki na Ziemi będą pływy lub obrót Ziemi nie zsynchronizuje się z obiegiem Ziemi przez Księżyc.

Zaćmienia

Zaćmienia występują, gdy Słońce, Ziemia i Księżyc znajdują się w jednej linii. Zaćmienia Słońca występują podczas nowiu, kiedy Księżyc znajduje się pomiędzy Ziemią a Słońcem. Z kolei zaćmienia Księżyca zdarzają się podczas pełni – gdy to Ziemia jest pomiędzy Księżycem a Słońcem.

Jako że inklinacja Księżyca (nachylenie do płaszczyzny ekliptyki) wynosi około 5%, zaćmienia nie zdarzają się podczas każdego obiegu Księżyca. Warunkiem wystąpienia zaćmienia jest przejście w momencie trwania nowiu lub pełni przez tzw. węzeł księżycowy, czyli punkt, w którym orbita Księżyca przecina się z płaszczyzną ekliptyki^[52].

Okresowość zaćmień Słońca i Księżyca określana jest przez tzw. cykl Saros, trwający w przybliżeniu 6585,3 doby (18 lat, 11 dni i 8 godzin)^[53].



Zaćmienie Słońca w 1999

Fakt, iż wielkość kątowna Księżyca jest jedynie w przybliżeniu taka sama jak Słońca, umożliwia występowanie dwóch rodzajów zaćmień Słońca: całkowitego i obrączkowego^[54]. W przypadku zaćmienia całkowitego, Księżyc całkowicie zakrywa dysk słoneczny i korona słoneczna staje się dostrzegalna gołym okiem. Zaćmienia obrączkowe występują, gdy Księżyc jest w pobliżu apocentrum swego ruchu wokół Ziemi; jego wielkość kątowna jest wówczas mniejsza, w związku z czym nie jest on w stanie przykryć całego Słońca.

Jako że Księżyc powoli oddala się od Ziemi, jego wielkość kątowna maleje. Oznacza to, że setki milionów lat temu mógł on zawsze pokrywać całą tarczę słoneczną i zaćmienia obrączkowe nie występowały. Analogicznie, za 600 milionów lat Księżyc nie będzie w stanie zakryć całego Słońca i zjawisko zaćmienia całkowitego nie będzie więcej zachodzić^[52].

Związane z zaćmieniami jest zjawisko okultacji. Księżyc zakrywa obszar nieba o rozmiarze kątowym równym 1/2 stopnia; okultacja zachodzi, gdy jasna gwiazda lub planeta przechodzi za jego tarczą. Dla przykładu, zaćmienie słoneczne to okultacja Słońca. Jako że Księżyc znajduje się stosunkowo blisko Ziemi, okultacje poszczególnych gwiazd nie są widoczne w tym samym czasie w różnych miejscach. Z kolei dzięki zjawisku precesji każdego roku Księżyc zakrywa inne gwiazdy^[55].

Ostatnie całkowite zaćmienie Księżyca miało miejsce 21 lutego 2008 roku. Przy wschodzie Księżyca było ono widoczne w Ameryce Południowej, centralnej i wschodniej części Ameryki Północnej, na Grenlandii, w Afryce Zachodniej, Europie Zachodniej i Północnej oraz na Atlantyku, natomiast przy zachodzie Księżyca w pozostałej części Afryki i Europy (w tym również w Polsce), w środkowej Azji i w zachodniej części Oceanu Indyjskiego. Ostatnie zaćmienie Słońca – które obejmowało północną Kanadę, Rosję i Chiny – wystąpiło 1 sierpnia 2008^[56].

Obserwacja

Podczas pełni, gdy Księżyc jest najjaśniejszy osiąga wielkość gwiazdową rzędu $-12,6^m$. Dla porównania, wielkość gwiazdowa Słońca wynosi $-26,8^m$. Gdy Księżyc znajduje się w pierwszej lub trzeciej kwadrze, jego jasność nie równa się połowie jasności w pełni, a zaledwie około 1/10 tej wartości. Dzieje się tak, ponieważ Księżyc nie jest idealnym reflektorem Lamberta (natężenie światła odbieranego przez obserwatora jest więc zależne od kąta obserwacji). Dodatkową rolę pełni tu efekt opozycji – poza pełnią na widocznej stronie Księżyca powstają cienie wywołane przez różne wypukłości terenu, co zmniejsza ilość odbijanego światła.

Rozmiar kątowny Księżyca widzianego z Ziemi wynosi około 30'. Złudzenie optyczne sprawia, że Księżyc znajdujący się w pobliżu linii horyzontu wydaje się większy, lecz w rzeczywistości jego średnica kątowna zmniejsza się blisko widnokręgu o około 1,5%; spowodowane jest to nieznacznym wzrostem odległości między Księżycem a obserwatorem.

Na tle ciemnego nieba Księżyc wydaje się stosunkowo jasnym obiektem, mimo że odbija on jedynie 7% padającego nań światła (duża część jego powierzchni pokryta jest ciemnymi skałami bazaltowymi). Ma on bardzo niskie albedo,



Zaćmienie Księżyca 9 stycznia 2001



Mapa Księżyca autorstwa Jana Heweliusza z jego dzieła *Selenographia*

i jest *de facto* najślabszym reflektorem w całym Układzie Słonecznym^[57]. Kontrast między ciemnym tłem a jasnym ciałem niebieskim sprawia, że ciało to postrzegane jest jako jasny obiekt.

Największa wysokość Księżyca na niebie jest porównywalna z wysokością górowania Słońca. Zależy ona przede wszystkim od pory roku i fazy Księżyca – dla przykładu, Księżyc w pełni znajduje się najwyżej zimą. To, w którą stronę zwrócony jest półksiężyc, zależy z kolei od szerokości geograficznej obserwatora; w pobliżu równika Księżyc może przybrać kształt "łódki"^[58].

Podobnie do Słońca, Księżyc powoduje różne efekty atmosferyczne, takie jak 22-stopniowej wielkości halo oraz mniejsze korony obserwowane częściej przez warstwę cienkich chmur.

Większość ludzi nie zdaje sobie sprawy z tego, iż Księżyc jest widoczny na niebie tylko przez kilka godzin. Wyjątkiem są tylko dni w okolicach pełni, kiedy Księżyc gości na niebie przez całą noc. W pierwszej kwadrze widoczny jest wieczorem i zachodzi koło północy, a w ostatniej kwadrze wschodzi dopiero koło północy. Kolejnym błędem na temat obserwacji Księżyca jest pogląd, iż pełnia jest najlepszym momentem na obserwacje. Przy obserwacji terminatora (linii wschodu lub zachodu Słońca na Księżycu), można dostrzec wyraźniej rzeźbę terenu Księżyca, dzięki cieniom rzucanym przez obiekty znajdujące się na powierzchni.



Halo wokół Księżyca

Eksploracja Księżyca

Pierwszy krok w dziedzinie obserwacji Księżyca został poczyniony wraz z wynalazkiem teleskopu: Galileusz przy wykorzystaniu nowego instrumentu obserwował na jego powierzchni kraterzy i pasma górskie.

Zimnowojenny wyścig kosmiczny pomiędzy USA a Związkiem Radzieckim doprowadził do znacznego zwiększenia zainteresowania ziemskim satelitą. Bezzałogowe sondy, zarówno te przelatujące obok Księżyca, jak i lądujące na jego powierzchni, wysłano bezzwłocznie po tym, jak rozwój techniki stworzył taką możliwość. Sondy radzieckiego programu Łuna jako pierwsze osiągnęły powierzchnię Księżyca. Pierwszym bezzałogowym statkiem, który przewyciężył ziemską grawitację, była Łuna 1, z kolei z księżycową powierzchnią jako pierwsza zderzyła się Łuna 2. Pierwsze miękkie lądowanie było dziełem statku Łuna 9, a na orbicie Księżyca jako pierwsza znalazła się Łuna 10 (oba wymienione w 1966^[2]). Próbki skał księżycowych zostały dostarczone na Ziemię podczas trzech misji Łuna 16, 20 i 24, oraz wypraw Apollo o numerach od 11 do 17 (wyłączając Apollo 13, którego lądowanie nie powiodło się).

Lądowanie na Księżycu pierwszych ludzi w roku 1969 uznaje się za moment kulminacyjny kosmicznego wyścigu^[59]. Neil Armstrong, dowódca misji Apollo 11, stał się pierwszym człowiekiem na powierzchni Srebrnego Globu, jako pierwszy stawiając stopę na Księżycu dokładnie o 02:56 GMT 21 lipca 1969 roku. Do dziś ostatnią osobą, która stąpała po księżycowym gruncie, jest Eugene Cernan, członek misji Apollo 17 w grudniu 1972. Amerykańskie lądowanie i zakończony sukcesem powrót były możliwe dzięki znacznemu rozwojowi technologii w dziedzinach takich jak produkcja osłon termicznych i teorie dotyczące ponownego wejścia w atmosferę (wczesne lata 60).

Podczas misji Apollo zainstalowanych zostało wiele zestawów instrumentów badawczych. Długoterminowe stacje ALSEP (*Apollo lunar surface experiment package*, ang. Zestaw eksperymentalny powierzchni Księżyca Apollo) zainstalowane zostały w miejscach lądowania statków misji Apollo 12, 14, 15, 16 i 17, podczas gdy stacja tymczasowa znana jako EASEP (ang. *Early Apollo Scientific Experiments Package*) stanęła na Księżycu podczas misji Apollo 11. Wyposażenie stacji ALSEP składało się m.in. z czujników ciepła, sejsmometrów, magnetometrów i katowych retroreflektorów. Z powodów czysto finansowych zakończenie transmisji danych na Ziemię nastąpiło 30 września 1977^[60] ^[61]. Mimo że używane w laserowym pomiarze odległości Ziemia-Księżyc (ang. LLR, *lunar laser*

ranging) retroreflektory kątowe są instrumentami pasywnymi, wciąż znajdują się w użyciu. Mierzenie dystansu do stacji LLR jest okresowo powtarzane z ziemskich stacji nadawczych, zachowując dokładność do kilku centymetrów; dane pochodzące z tych badań wykorzystywane są do ustalenia dokładnych rozmiarów jądra księżycowego^[62].

Od połowy lat 60. do połowy lat 70. na Księżyc dotarło w sumie 65 obiektów stworzonych przez człowieka tak załogowych, jak i zrobotyzowanych (10 w samym 1971 roku), przy czym jako ostatnia znalazła się na jego powierzchni Łuna 24 w 1976. Jedynie 18 z tych statków przeprowadziło kontrolowane miękkie lądowanie, a zaledwie 9 powróciło na Ziemię dostarczając próbek gruntu księżycowego. Po tym okresie Związek Radziecki zmienił główny obiekt swoich zainteresowań na Wenus i tworzenie stacji kosmicznych, zaś rząd USA zainteresował się badaniem Marsa i dalszych planet. W roku 1990 Japonia, jako trzeci kraj na świecie, umieściła na okołoksiężycowej orbicie statek nazwany Hiten. Wystrzelił on małą sondę Hagoromo, jednak awaria transmitera wykluczyła możliwość pozyskania danych naukowych.

W 1994 USA, wprawdzie jedynie za pomocą robota, wreszcie jednak powróciło na Księżyc, wysyłając statek misji Clementine. Misja ta obejmowała stworzenie pierwszej topograficznej mapy Księżyca na kształt map ziemskich, oraz pierwsze multispektralne obrazy jego powierzchni. Kolejną misją była wyprawa Lunar Prospector, którego spektrometr neutronowy wykazał obecność anormalnie dużych ilości wodoru w pobliżu biegunów; spowodowane to jest prawdopodobnie obecnością lodu w górnych warstwach regolitu wewnątrz wiecznie zacienionych kraterów. Europejski *Smart 1*, wystrzelony 27 września 2003, znajdował się na orbicie Księżyca od 15 listopada 2004 do 3 września 2006.

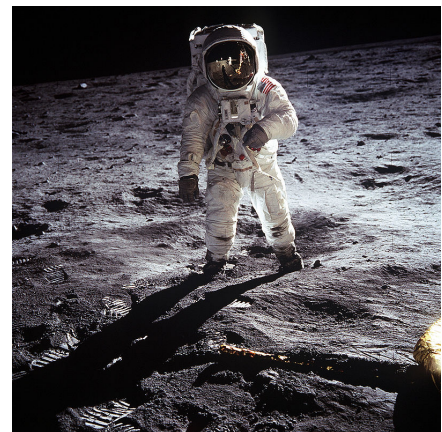
14 stycznia 2004 prezydent Stanów Zjednoczonych, George W. Bush, ogłosił plan przywrócenia misji załogowych na Księżyc (w ramach Programu Constellation) do roku 2020.^[63] Aktualnie NASA planuje utworzenie permanentnej bazy lunarnej na jednym z biegunów^[64].

Chińska Republika Ludowa opracowała plan eksploracji Księżyca i uruchomiła w tym celu program Chang'e. Próbnik *Chang'e 1* wystartował 24 października 2007 roku a orbitę Księżyca osiągnął 5 listopada. Przez rok ma transmitować na ziemię zdjęcia i dane naukowe^[65]. 14 września 2007 roku z kosmodromu Tanegashima wyniesiona została z kolei w ramach misji Selene japońska sonda Kaguya. Indie zamierzają wystrzelić w stronę Księżyca kilka bezzałogowych sond, poczynając od *Chandrayaan 1*, której start nastąpił 22 października 2008, oraz *Chandaryaan II* zapowiadanej na 2010 lub 2011; plany dotyczące tej drugiej zawierają możliwość wysłania robota – łazika księżycowego. Kraj ten planuje też wysłanie misji załogowej do 2030 roku^[66].

18 czerwca 2009 została wyniesiona przez NASA sonda kosmiczna *Lunar Reconnaissance Orbiter* i umieszczona na orbicie Księżyca 23 czerwca. Podstawowym zadaniem sondy jest przeprowadzanie obserwacji na potrzeby programu lotów załogowych na Księżyc. Ze szczegółowych zdjęć wykonanych przez sondę korzysta również **Moon Zoo** – jeden z ogólnodostępnych internetowych projektów astronomicznych^[67]. Również Rosja zapowiedziała wznowienie zamrożonego wcześniej projektu *Luna-Glob*, zakładającego wysłanie bezzałogowego lądownika oraz sondy orbitującej w roku 2009 lub 2010^[68].

Chronologiczna lista dwunastu ludzi, którzy stanęli na Księżycu

1. Neil A. Armstrong
2. Edwin E. „Buzz“ Aldrin
3. Charles P. Conrad
4. Alan L. Bean
5. Alan B. Shepard



Astronauta Buzz Aldrin sfotografowany przez Neila Armstronga podczas pierwszego lądowania na Księżycu

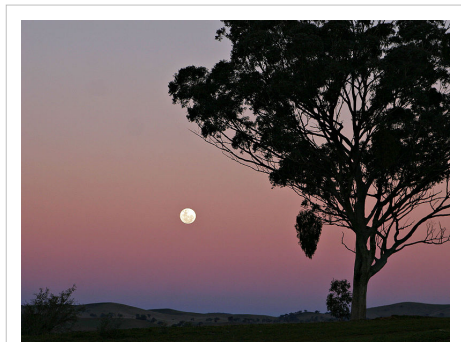
6. Edgar D. Mitchell
7. David R. Scott
8. James B. Irwin
9. John W. Young
10. Charles M. Duke
11. Eugene A. Cernan
12. Harrison H. Schmitt

Historia poglądów

Księżyc był tematem wielu dzieł sztuki i literatury, a także inspiracją dla niezliczonej rzeszy twórców. Jest często pojawiającym się motywem w malarstwie, poezji i dramacie, a także w prozie i muzyce. Najwcześniejszy z dotychczas odkrytych wizerunków Księżyca znajduje się w Knowth we wschodniej Irlandii i datowany jest na ok. 3000 lat p.n.e.^[69] Wiele prehistorycznych i starożytnych kultur wyznawało Księżyc jako boga lub inne zjawisko paranormalne. Księżyc jest uważany za symbol ukrytych stron ludzkiej natury i do dziś astrologowie sądzą, że wywiera on na umysł duży wpływ.

Pierwszej próby opisanie Księżyca w sposób naukowy dokonał filozof grecki Anaksagoras, który – na podstawie obserwacji zaćmień oraz badań spadających na Ziemię meteorytów – wysunął hipotezę głoszącą, że Księżyc i Słońce są w rzeczywistości ogromnymi skalistymi obiektami, i że ten pierwszy odbija światło pochodzące od drugiego z ciał. Jego ateistyczne poglądy na zagadnienia związane z niebem stały się główną przyczyną uwięzienia i, ostatecznie, banicji^[70].

Arystotelesowski opis Wszechświata umiejscawiał Księżyc na granicy pomiędzy sferami zmiennych żywiołów (ziemi, wody, powietrza i ognia) a stałymi gwiazdami eteru. Podział ten był utrzymywany jako jeden z aksjomatów fizyki przez wiele wieków po Arystotelesie^[71].



Księżyc podczas zachodu Słońca

Zanim wynaleziono teleskop, a więc do czasów późnego średniowiecza, rozpowszechniał się obraz Księżyca jako idealnie gładkiej sfery^[72]. W roku 1609 Galileusz wykonał jeden z pierwszych szkiców Księżyca, opartych na obserwacjach teleskopowych. Zamieścił go w swojej książce *Sidereus Nuncius* wraz z komentarzem, iż powierzchnia ziemskiego satelity urozmaicona jest licznymi pasmami górskimi oraz kraterami. Nieco później Giovanni Battista Riccioli i Francesco Maria Grimaldi na swojej mapie Księżyca nanieśli – funkcjonujące do dziś – nazwy poszczególnych kraterów.

Pierwsi kartografowie tworzący mapy Księżyca nazwali ciemniejsze fragmenty jego powierzchni "morzami" (łac. *maria*), zaś jaśniejszym obszarom nadali nazwę "wyżyn" (łac. *terrae*) lub kontynentów. Możliwość istnienia życia na Księżycu była poddawana poważnej dyskusji jeszcze w I połowie XIX wieku. Rozważaniom takim sprzyjały obserwowane na jego powierzchni wzory tworzone przez kontrastujące ze sobą morza i wyżyny: "człowiek na Księżycu", "zając i bawół" oraz wiele innych.

W roku 1835 na łamach *New York Sun* ukazał się cykl sześciu artykułów, dowodzących istnienia egzotycznych form życia na Księżycu; zdarzenie to określane jest obecnie jako Wielkie Księżycowe Oszustwo (ang. *Great Moon Hoax*)^[73]. Mniej więcej w tym samym czasie (lata 1834-1836) Wilhelm Beer i Johann Heinrich Mädler opublikowali swój czterotomowy atlas *Mappa Selenographica* oraz książkę *Der Mond* (1837), w których jasno



Mapa Księżyca wykonana przez gdańskiego astronoma Jana Heweliusza (1647)

stwierdzili, że Księżyc nie posiada niezbędnych dla życia atmosfery i wody.

Do chwili wystrzelenia sondy Łuna 3 w 1959 nie istniały żadne obrazy niewidocznej strony Księżyca; jej dokładna mapa została opracowana w ramach programu Lunar Orbiter w latach 60.

Status prawny

Pomimo symbolicznego pozostawienia na Księżycu kilku flag Związku Radzieckiego (rozrzuconych przez Łunę 2 i podczas późniejszych, zakończonych lądowaniem misji) oraz USA, żaden naród nie przypisuje sobie obecnie własności żadnego obszaru gruntu księżycowego. Rosja i USA są sygnatariuszami Traktatu o Przestrzeni Kosmicznej, według założeń którego Księżyc podlega takiej samej jurysdykcji jak wody międzynarodowe (*res communis*). Traktat ten zabrania m.in. używania Księżyca w celach militarnych, przede wszystkim umieszczenia tamże instalacji wojskowych oraz broni masowego rażenia (w tym broni nuklearnej)^[74].

Mimo to amerykański przedsiębiorca Dennis Hope twierdzi, iż znalazł lukę w Traktacie o Przestrzeni Kosmicznej. Założył on w roku 1980 przedsiębiorstwo zwane Ambasadą Księżycową i, korzystając z faktu, że nikt przed nim tego nie uczynił, zajął praktycznie cały Układ Słoneczny. Od tamtej pory za pośrednictwem Ambasady sprzedaje on działki na widocznej stronie Księżyca; udało mu się dotychczas sprzedać 2 mln z 3.112.002 parcel, co przy cenie pojedynczej działki rzędu £15 daje przychód liczony w dziesiątkach milionów dolarów (nie ponosząc praktycznie żadnych kosztów własnych). Hope opracował nawet specjalną konstytucję regulującą prawa posiadacza działki księżycowej. Faktem jest jednak, że akt własności takiej działki nie ma praktycznie żadnej mocy prawnej, a może być jedynie oryginalnym prezentem^[75].

Druga umowa międzynarodowa, zwana Traktatem Księżycowym, zakładała m.in. restrykcje w kwestii eksploatacji złóż księżycowych; nie została jednak ratyfikowana przez żadne z państw podejmujących misje kosmiczne.

W sierpniu 2007 NASA ogłosiła, że wszystkie przyszłe księżycowe misje kosmiczne oparte będą na jednostkach układu SI. Decyzja ta została podjęta dla ułatwienia współpracy z agencjami kosmicznymi państw używających obecnie systemu metrycznego:

”

Poza niewątpliwym ułatwieniem w przypadku sytuacji wyjątkowych, standard metryczny uczyni łatwiejszym nawiązywanie nowych form współpracy i kooperacji pomiędzy krajami tworzącymi swoje własne księżycowe programy kosmiczne. Wszystkie dane, naukowe czy operacyjne, będą podawane w kompatybilnych jednostkach – dla przykładu to, jak daleko musi przemieścić się pojazd, aby osiągnąć brzeg krateru. Jednolity system miar uczyni wymienianie się takimi danymi bardziej bezproblemowym.

”

‘— http://science.nasa.gov/headlines/y2007/08jan_metricmoon.htm”

Znaczenie ekonomiczne

Duże oczekiwania dotyczące eksploracji Księżyca odnoszą się do potencjalnego odnalezienia i wykorzystania złóż helu 3.^[76]

Przypisy

[1] <http://www.onasch.de/astro/showobject.php?lang=en&head=f&anim=129&obj=p03m01>

[2] P.D. Spudis: Moon (http://www.nasa.gov/worldbook/moon_worldbook.html). World Book Online Reference Center, NASA, 2004. [dostęp 2007-04-12].

[3] [słowianie.republika.pl] Bóstwa pomniejsze (<http://www.slowianie.republika.pl/pomniejsze.htm>)

[4] Vojtech Zamarovský: *Bohovia a hrdinovia antických bájí*. Bratislava: Perfekt a.s., 1998, ss. 406-407. ISBN 80-8046-098-1.

[5] Pierre Grimal: *Słownik mitologii greckiej i rzymskiej*. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich, 2008, s. 318. ISBN 83-04-04673-3.

[6] Vojtech Zamarovský, op. cit., s. 263.

[7] Pierre Grimal, op. cit., s. 212.

- [8] M. E. Alexander. *The Weak Friction Approximation and Tidal Evolution in Close Binary Systems* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1973Ap&SS..23..459A>). „Astrophysics and Space Science”. 23, ss. 459–508 (1973).
- [9] J.J. Gillis, P.D. Spudis. *The Composition and Geologic Setting of Lunar Far Side Maria* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1996LPI....27..413G>). „Lunar and Planetary Science”. 27, ss. 413–404 (1996).
- [10] C. Shearer. *Thermal and magmatic evolution of the Moon*. „Reviews in Mineralogy and Geochemistry”. 60, ss. 365–518 (2006).
- [11] G.J. Taylor: A New Moon for the Twenty-First Century (<http://www.psrhawaii.edu/Aug00/newMoon.html>). Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology, 2000-08-31. [dostęp 2007-04-12].
- [12] L.W.J.W. Head. *Lunar Gruithuisen and Mairan domes: Rheology and mode of emplacement* (<http://www.agu.org/pubs/crossref/2003/2002JE001909.shtml>). „Journal of Geophysical Research”. 108 (2003).
- [13] Lunar Orbiter: Impact Basin Geology (<http://www.lpi.usra.edu/expmoon/orbiter/orbiter-basins.html>). Lunar and Planetary Institute, 2000-10-03. [dostęp 2007-04-12].
- [14] Majestic Mountains (<http://sse.jpl.nasa.gov/educ/themes/display.cfm?Item=mountains>). W: *Solar System Exploration* [on-line]. NASA, 2006-12-04.
- [15] The Moon's Dark, Icy Poles (<http://www.psrhawaii.edu/June03/lunarShadows.html>). Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology, 2003-06-04.
- [16] H.J. Melosh: *Impact cratering: A geologic process*. 1989.
- [17] The biggest hole in the Solar System (<http://www.psrhawaii.edu/July98/spa.html>). Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology, 1998-07-17. [dostęp 2007-04-12].
- [18] G. Heiken: *Lunar Sourcebook, a user's guide to the Moon*. 1991, s. 736.
- [19] *Megaregolith thickness, heat flow, and the bulk composition of the moon* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1985Natur.313..121R>). „Nature”. 313, ss. 121–124 (1985).
- [20] Lunar Polar Composites (http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/clem2nd/slide_32.html). Lunar and Planetary Institute. [dostęp 2007-04-12].
- [21] Eureka! Ice found at lunar poles (<http://lunar.arc.nasa.gov/results/ice/eureka.htm>). Lunar Prospector (NASA), 2001-08-31. [dostęp 2007-04-12].
- [22] P. Spudis: Ice on the Moon (<http://www.thespacereview.com/article/740/1>). The Space Review, 2006-11-06. [dostęp 2007-04-12].
- [23] Na Księżycu jest woda (<http://www.tvn24.pl/0,1621032,0,1,na-ksiezycu-jest-woda-tam-trzeba-zakladac-bazy,wiadomosc.html>)
- [24] Jest woda na Księżycu (<http://www.newsweek.pl/artykuly/sekcje/nauka/jest-woda-na-ksiezycu,46333,1>)
- [25] P. Lucey. *Understanding the lunar surface and space-Moon interactions*. „Reviews in Mineralogy and Geochemistry”. 60, ss. 83–219 (2006).
- [26] M. Wieczorek. *The constitution and structure of the lunar interior* (http://web.mit.edu/bpweiss/www/Wieczorek_2006_RiMG.pdf). „Reviews in Mineralogy and Geochemistry”. 60, ss. 221–364 (2006).
- [27] J.G. Williams. *Lunar laser ranging science: Gravitational physics and lunar interior and geodesy* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1987AREPS..15..271S>). „Advances in Space Research”. 37, ss. 67-71 (2006). [dostęp 2007-04-12].
- [28] Doppler Gravity Experiment Results (<http://lunar.arc.nasa.gov/results/dopres.htm>). [dostęp 2 września 2007].
- [29] P. Muller. *Masons: lunar mass concentrations*. „Science”. 161, ss. 680–684 (1968).
- [30] A. Konopliv. *Recent gravity models as a result of the Lunar Prospector mission*. „Icarus”. 50, ss. 1–18 (2001).
- [31] Magnetometer / Electron Reflectometer Results (<http://lunar.arc.nasa.gov/results/magelres.htm>). Lunar Prospector (NASA), 2001.
- [32] L.L. Hood. *Formation of magnetic anomalies antipodal to lunar impact basins: Two-dimensional model calculations*. „J. Geophys. Res.”. 96, ss. 9837–9846 (1991).
- [33] Ruth Globus: Impact Upon Lunar Atmosphere (<http://www.nas.nasa.gov/About/Education/SpaceSettlement/75SummerStudy/5appendJ.html>). 2002.
- [34] S. Lawson. *Recent outgassing from the lunar surface: the Lunar Prospector alpha particle spectrometer*. „J. Geophys. Res.”. 110, s. 1029 (2005).
- [35] S.A. Stern. *The Lunar atmosphere: History, status, current problems, and context*. „Rev. Geophys.”. 37, ss. 453–491 (1999).
- [36] A.B. Binder. *On the origin of the moon by rotational fission* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1974Moon...11...53B>). „The Moon”. 11, ss. 53–76 (1974).
- [37] H.E. Miltler. *Formation of an iron-poor moon by partial capture, or: Yet another exotic theory of lunar origin* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1975Icar...24..256M>). „Icarus”. 24, ss. 256–268 (1975).
- [38] D.J. Stevenson. *Origin of the moon – The collision hypothesis* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1987AREPS..15..271S>). „Annual review of earth and planetary sciences”. 15, ss. 271–315 (1987).
- [39] R. Canup, Asphaug, E. *Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation*. „Nature”. 412, ss. 708–712 (2001).
- [40] T. Kleine, Palme, H.; Mezger, K.; Halliday, A.N.. *Hf–W Chronometry of Lunar Metals and the Age and Early Differentiation of the Moon* (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/310/5754/1671>). „Science”. 310, ss. 1671–1674 (2005).
- [41] J. Papike, Ryder, G.; Shearer, C.. *Lunar Samples*. „Reviews in Mineralogy and Geochemistry”. 36, ss. 5.1–5.234 (1998).
- [42] H. Hiesinger, Head, J.W.; Wolf, U.; Jaumann, R.; Neukum, G.. *Ages and stratigraphy of mare basalts in Oceanus Procellarum, Mare Nubium, Mare Cognitum, and Mare Insularum*. „J. Geophys. Res.”. 108, s. 1029 (2003).
- [43] G.J. Taylor: Recent Gas Escape from the Moon (<http://www.psrhawaii.edu/Nov06/MoonGas.html>). Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology, 2006-11-08.

- [44] P.H. Schultz, Staid, M.I.; Pieters, C.M.. *Lunar activity from recent gas release*. „Nature”. 444, ss. 184–186 (2006).
- [45] M. Norman: *The Oldest Moon Rocks* (<http://www.psr.d.hawaii.edu/April04/lunarAnorthosites.html>). 2004-04-21.
- [46] L. Varricchio: *Inconstant Moon*. 2006. 1-59926-393-9.
- [47] The Smell of Moondust (http://science.nasa.gov/headlines/y2006/30jan_smellofmoondust.htm) from NASA
- [48] A Vampew: No, it's not our "second" moon!!! (<http://www.captaincosmos.clara.co.uk/cruithne.html>).
- [49] M.H.M. Morais. *The Population of Near-Earth Asteroids in Coorbital Motion with the Earth* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2002Icar..160....1M>). „Icarus”. 160, ss. 1–9 (2002).
- [50] R. Ray: Ocean Tides and the Earth's Rotation (<http://bowie.gsfc.nasa.gov/ggfc/tides/intro.html>). IERS Special Bureau for Tides, 2001-05-15.
- [51] Apollo Laser Ranging Experiments Yield Results (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEhelp/ApolloLaser.html>). NASA, 2005-07-11.
- [52] J. Thieman: Eclipse 99, Frequently Asked Questions (<http://eclipse99.nasa.gov/pages/faq.html>). 2006-05-02.
- [53] F. Espenak: Saros Cycle (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEsaros/SEsaros.html>). NASA.
- [54] F. Espenak: Solar Eclipses for Beginners (<http://www.mreclipse.com/Special/SEprimer.html>). MrEclipse, 2000.
- [55] Total Lunar Occultations (<http://occsec.wellington.net.nz/total/totoccs.htm>). Royal Astronomical Society of New Zealand.
- [56] F. Espenak: NASA Eclipse Home Page (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>). NASA, 2007.
- [57] Exploration: The Moon (<http://liftoff.msfc.nasa.gov/Academy/UNIVERSE/MOON.HTML>). NASA, 1997-11-22.
- [58] K. Spekkens: Is the Moon seen as a crescent (and not a "boat") all over the world? (<http://curious.astro.cornell.edu/question.php?number=393>). Curious About Astronomy, 2002-10-18.
- [59] M. Coren: 'Giant leap' opens world of possibility (<http://edition.cnn.com/2004/TECH/space/07/16/moon.landing/index.html>). CNN.com, 2004-07-26.
- [60] *NASA news release 77-47 strona 242* (http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/83129main_1977.pdf). „{{czasopismo}}” (1977-09-01).
- [61] James Appleton, Charles Radley, John Deans, Simon Harvey, Paul Burt, Michael Haxell, Roy Adams, N Spooner and Wayne Brieske: NASA Turns A Deaf Ear To The Moon (http://www.ast.cam.ac.uk/~ipswich/Miscellaneous/Archived_spaceflight_news.htm). OASI Newsletters Archive, 1977.
- [62] J. Dickey. *Lunar laser ranging: a continuing legacy of the Apollo program*. „Science”. 265, ss. 482–490 (1994).
- [63] *President Bush Offers New Vision For NASA* (http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/bush_vision.html). „{{czasopismo}}” (2004-12-14).
- [64] *NASA Unveils Global Exploration Strategy and Lunar Architecture* (http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/dec/HQ_06361_ESMD_Lunar_Architecture.html). „{{czasopismo}}” (2006-12-04).
- [65] *chiny wyslaly_swoja_pierwsza_misje_na_ksiezyc*, item.html Chiny wysłały swoją pierwszą misję na Księżyc (<http://wiadomosci.onet.pl/1629365,12,>). onet.pl, 2007-06-04.
- [66] Kalam visualises establishing space industry (<http://www.hindu.com/thehindu/holnus/008200609212240.htm>). The Hindu, 2006-09-21.
- [67] <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lro2009/pdf/6035.pdf> Wykorzystanie zdjęć z LRO dla projektu Moon Zoo
- [68] C. Covault: Russia Plans Ambitious Robotic Lunar Mission (http://www.aviationnow.com/avnow/news/channel_awst_story.jsp?id=news/aw060506p2.xml). Aviation Week, 2006-06-04.
- [69] Carved and Drawn Prehistoric Maps of the Cosmos (<http://www.spacetoday.org/SolSys/Earth/OldStarCharts.html>). Space Today Online, 2006.
- [70] J.J. O'Connor, E.F. Robertson: Anaxagoras of Clazomenae (<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Anaxagoras.html>). University of St Andrews, February 1999.
- [71] Lewis, C.S.: *The Discarded Image*. 1964, s. 108. ISBN 0-521047735-2.
- [72] A. Van Helden: The Moon (<http://galileo.rice.edu/sci/observations/moon.html>). Galileo Project, 1995.
- [73] A. Boese: The Great Moon Hoax (<http://www.museumofhoaxes.com/moonhoax.html>). Museum of Hoaxes, 2002.
- [74] International Space Law (<http://www.unoosa.org/oosa/en/SpaceLaw/index.html>). United Nations Office for Outer Space Affairs, 2006.
- [75] Nature News – I'd buy you the Moon (<http://www.nature.com/news/2006/060828/full/news060828-10.html>)
- [76] *Dziennik Polska-Europa-Świat*, 26.01.2009 r., str.16.,

Zobacz też

- Teoria wielkiego zderzenia – powstanie Księżyca,
- księżycy Kordylewskiego,
- planetoida 3753 Cruithne – tzw. "drugi księżyc Ziemi",
- 2006 RH₁₂₀
- Pan Twardowski,
- prawa Cassiniego – prawa ruchu orbitalnego Księżyca,
- loty księżycowe 1958-1980, 1981-obecnie, planowane.
- Chronologiczny wykaz odkryć planet, planet karłowatych i ich księżyców w Układzie Słonecznym
- Galileoskop

Bibliografia

- B. Bussey, Spudis, P.D.: *The Clementine Atlas of the Moon*. 2004. 0-521-81528-2.
- B. Jolliff, Wieczorek, M.; Shearer, C.; Neal, C. (eds.). *New views of the Moon* (<http://www.minsocam.org/msa/RIM/Rim60.html>). „Rev. Mineral. Geochem.”. 60, s. 721 (2006). Chantilly, Virginia.
- Moore, P.: *On the Moon*. Tucson, Arizona: 2001. 0-304-35469-4.
- P.D. Spudis: *The Once and Future Moon*. 1996. 1-56098-634-4.
- S.R. Taylor: *Solar system evolution*. 1992, s. 307.
- D.E. Wilhelms. *Geologic History of the Moon* (<http://ser.sese.asu.edu/GHM/>). „U.S. Geological Survey Professional paper”. 1348 (1987).
- D.E. Wilhelms: *To a Rocky Moon: A Geologist's History of Lunar Exploration*. Tucson, Arizona: 1993.

Linki zewnętrzne

Mapy i zdjęcia

- M. Constantine: Apollo Panoramas (<http://moonpans.com/missions.htm>). moonpans.com, 2004.
- Clementine Lunar Image Browser 1.5 (<http://www.cmf.nrl.navy.mil/clementine/clib/>). U.S. Navy, 2003-10-15.
- Digital Lunar Orbiter Photographic Atlas of the Moon (http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar_orbiter/). Lunar and Planetary Institute.
- Google Moon (<http://moon.google.com>). Google, 2007.
- Lunar Atlases (http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar_atlases/). Lunar and Planetary Institute.
- R. Aeschliman: Lunar Maps (<http://ralphaeschliman.com/id26.htm>). W: *Planetary Cartography and Graphics* [on-line].
- Lunar Photo of the Day (<http://www.lpod.org/>). 2007.
- Moon (<http://www.worldwindcentral.com/wiki/Moon>). W: *World Wind Central* [on-line]. NASA, 2007.

Eksploracja

- E.M. Jones: Apollo Lunar Surface Journal (<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/>). NASA, 2006.
- Exploring the Moon (<http://www.lpi.usra.edu/expmoon/>). Lunar and Planetary Institute.
- K. Teague: The Project Apollo Archive (http://www.apolloarchive.com/apollo_archive.html). 2006.

Fazy Księżyca

- Aktualna faza księżycy (<http://www.fazaksiezyca.pl/>). 2010.
- Current Moon Phase (<http://www.moonphaseinfo.com/>). 2007.
- NASA's SKYCAL – Sky Events Calendar (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SKYCAL/SKYCAL.html>). NASA Eclipse Home Page.
- Virtual Reality Moon Phase Pictures (<http://tycho.usno.navy.mil/vphase.html>). U.S. Naval Observatory.

- Fazy Księżyca w latach 1930-2030 (<http://www.astro.uni.torun.pl/~kb/Efemerydy/Fazy2003-30.htm#xP2009>). Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Inne

- All About the Moon (<http://www.space.com/moon/>). Space.com, 2007.
 - Earth's Moon Profile (<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon>) NASA Solar System Exploration (<http://solarsystem.nasa.gov>)
 - Archive of Moon Articles (<http://www.psr.d.hawaii.edu/Archive/Archive-Moon.html>). Planetary Science Research Discoveries, 2007.
 - D.R. Williams: Moon Fact Sheet (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>). NASA, 2006.
-

Źródła i autorzy artykułu

Księżyc Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?oldid=23488948> Autorzy: Adi, Adik7swiony, Admiral Bum, Adrian 1111, Ananas96, Arek1979, ArturM, Astromp, Ataleh, BaQu, Bach01, Bansp, BartekChom, Bastian, Batmann, Beau, Belissarius, Beno, Blushade, Brunicki, Bukaj, Buldożer, Chrumps, CiaPan, CommonsDelinker, DMX17, Derbeth, E2rd, EMeczKa, Edon, Ejkum, EmCe, Enejsi, Energo, Ewkaa, Filemon, Galileo01, Gdarin, Geograf, Getoryk, Gładka, Hashar, Hefajsto, Hegofimwus, Hiuppo, Holek, Interfector, JaBoJa, Jadwiga, Jekowal, Jersz, Jogers, John Belushi, Jotempe, Julio, Kalgoorlie, KamStak23, Kamildor, Karol007, Kauczuk, Kenraiz, Kinia1212, Kocio, Kokorik, Konradek, Kpjas, Krochmal, Lajsikonik, Linka1161, Lord Ag.Ent, Louve, LukKot, Lukas3, Luke 33, Lzur, Maikking, Makary, Malarz pl, Marek c, Margoz, Masur, Mathel, Mathiasrex, Matusz, Mehl, Meaglin, MesserWoland, Meteor2017, Michal mwr, Michalwadas, Miecziak, Milvvi, Mimiru, Mirecki, Misza13, Mix321, Mohylek, Monika, Mortal, Mpfiz, Mroman, Muffi, Muzyk98, Nowis, Nowy2, Olaf, Orem, P0lis, PMG, Pawel pres, PawelJan, Pawel T. Jochym, Paweł ze Szczecina, PawelMM, Pisum, Przykuta, Psz, Puchatech K., Qblik, Rabidmoon, Rdrozd, Refycul, Rentier, S99, Sagi2007, Sam, Sebi216, Selena von Eichendorf, Siedlaro, Sir Lothar, Smartt, Sobi3ch, SolLuna, Staszek99, Steal, Stefaniak, Stepa, Stok, Suisui, Szakalini, Szczur Zosia, Teraw, Tik, Tilia, Tomeq183, Topory, Trzmiel, Tsca, Tvmsi, Voytek s, Vuvar1, Wiklol, Wojteq, Woyteck, Wpedzich, Xalard, Xett, XtraVert, Yogamaya, Youandme, Zan, Zureks, conversion script, pc24.torun.cvx.ppp.tpnet.pl, 174 anonimowych edycji

Źródła, licencje i autorzy grafik

Plik:Symbol księżyc.svg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Symbol_księżyc.svg Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: user:Bastianow

Plik:Full Moon Luc Viatour.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Full_Moon_Luc_Viatour.jpg Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: user:Lviatour

Plik:Moon PIA00302.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon_PIA00302.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: Karn, Pringles, TheDJ, 姬宮南, 4 anonimowych edycji

Plik:Moon PIA00304.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon_PIA00304.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: Mellen, Pringles, 姬宮南

Plik:Lunar libration with phase2.gif Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Lunar_libration_with_phase2.gif Licencja: Public Domain Autorzy: Tomruen

Plik:Moon-craters.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon-craters.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: Original uploader was Bryan Derksen at en.wikipedia Later versions were uploaded by Evil Monkey at en.wikipedia.

Plik:Księżyc struktura wewn.png Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Księżyc_struktura_wewn.png Licencja: Public Domain Autorzy: User:Milvvi

Plik:MoonTopoGeoidUSGS.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MoonTopoGeoidUSGS.jpg> Licencja: Creative Commons Attribution 2.5 Autorzy: Mark A. Wieczorek

Plik:MoonLP150Q grav 150.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:MoonLP150Q_grav_150.jpg Licencja: Creative Commons Attribution 2.5 Autorzy: Mark A. Wieczorek

Plik:Moon ER magnetic field.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon_ER_magnetic_field.jpg Licencja: Creative Commons Attribution 2.5 Autorzy: Mark A. Wieczorek

Plik:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: Apollo 8 crewmember w: William AndersBill Anders

Plik:Earth-Moon2.jpg Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth-Moon2.jpg> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Bryan Derksen, Objix, Orion 8, Samulili, Santosga, Saperaud, Sertion, 5 anonimowych edycji

Plik:Speed of light from Earth to Moon.gif Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Speed_of_light_from_Earth_to_Moon.gif Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Cantus, Cäsium137, FenLabalme, IceKarma, Itsmine, Kam Solusar, Mmick, Pecos Joe, Rangek, Sideburns Sam, Stannered, Tano4595, 20 anonimowych edycji

Plik:Solar eclips 1999 4 NR.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Solar_eclips_1999_4_NR.jpg Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: user:Lviatour

Plik:67390main eclipse lg.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:67390main_eclipse_lg.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: ComputerHotline, Milvvi

Plik:Moon by Johannes hevelius 1645.PNG Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon_by_Johannes_hevelius_1645.PNG Licencja: Public Domain Autorzy: Johannes Hevelius

Plik:Halo around moon.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Halo_around_moon.jpg Licencja: nieznany Autorzy: Fir0002, Man vyi, Wst, 1 anonimowych edycji

Plik:Aldrin Apollo 11.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Aldrin_Apollo_11.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: NASA

Plik:Hevelius Map of the Moon 1647.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Hevelius_Map_of_the_Moon_1647.jpg Licencja: Public Domain Autorzy: I.R. Annie IP., Man vyi, Matthead, Valérie75, Wst

Plik:Moon and red blue haze.jpg Źródło: http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Moon_and_red_blue_haze.jpg Licencja: nieznany Autorzy: Bryan Derksen, Diwas, Fir0002, MPF, W!B:, 1 anonimowych edycji

Licencja

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