

O Księżycu

Neil Armstrong In memoriam

25 sierpnia 2012 roku zmarł Neil Armstrong – pierwszy człowiek, który postawił stopę na Księżycu. Jako zawodowy oficer marynarki (pilot na lotniskowcach) wyraził życzenie, by zostać pochowanym w morzu. Można więc, parafrazując słowa starej żeglarskiej piosenki, powiedzieć „dał mu spocząć wśród fal dobry los”. Odejście Neila Armstronga wydaje się dobrą okazją do przypomnienia sobie, co o Księżycu wiemy współcześnie, ponad 40 lat po wyprawie Apollo 11.



Jerzy Kuczyński

Planetarium Śląskie, Chorzów

Księżycowe kłopoty

To najbliższe nam naturalne ciało kosmiczne chyba zawsze sprawiało ludziom kłopoty. Aby jego pozycje zgadzały się z obserwacjami, Księżyc został umieszczony przez Ptolemeusza na sporym epicyklu, co implikowało wyraźne zmiany odległości od Ziemi. W konsekwencji powinien się wydawać czasem mniejszy (gdy był dalej) lub większy (gdy był bliżej). W rzeczywistości rozmiary kątowe Księżyca są prawie stałe. Stanowiło to pewien problem, który jednak przez prawie półtora tysiąca lat był przez astronomów ignorowany. Współcześnie wiemy, że Księżyc porusza się wokół Słońca po prawie kołowej orbicie. To nie pomyłka. Wprawdzie orbity Ziemi i Księżyca są ze sobą splecione (tak, że czasem Ziemia, a czasem Księżyc jest dalej od Słońca, co z Ziemi wygląda na ruch Księżyca wokół Ziemi), jednak orbita Księżyca narysowana w układzie spoczynkowym Słońca jest zwrócona wypukłością na zewnątrz i żadnych „zapętleń” nie ma. Dlatego sensownie jest, w niektórych przypadkach mówić, że Księżyc

porusza się po orbicie wokół Słońca. Do tego nasz satelita obraca się wokół swej osi w taki sposób, by z Ziemi była widoczna tylko jedna jego strona. Dlatego do 60. lat ubiegłego wieku, a konkretnie do października 1959 r. gdy Łuna 3 okrążyła Księżyc, ludzie nie znali jego drugiej strony. Aby okrążyć Księżyc sonda musiała odbyć całkiem skomplikowaną drogę tak, by z Ziemi wejść na orbitę wokół naszego satelity. Wbrew temu, co się często pisze w popularnych tekstach, rzecz nie jest prosta. Po pierwsze zarówno Ziemia jak i Księżyc w trakcie takiego lotu mocno przyciągają sondę. Nie ma więc mowy o „prostej drodze”. Statek kosmiczny porusza się ruchem przyspieszonym po dość skomplikowanej krzywej. Mają one na tyle nikłe zapasy paliwa, że trzeba wybrać drogę bliską optymalnej energetycznie i, co niemniej ważne, stabilną, by rzeczywiście trafić tam, gdzie się chciało. Oczywiście przez większość czasu jest to lot z wyłączonymi silnikami, pod wpływem pól grawitacyjnych Ziemi, Księżyca i Słońca, bo i o nim nie można zapominać. I tak właśnie leciał Armstrong. Dlatego mówienie o „prędkości” statku kosmicznego w takim locie jest pełnym nieporozumieniem. Po pierwsze, nie wiadomo względem czego taką prędkość na-

leżałoby mierzyć, a po drugie prędkość ta ciągle ulega zmianom zarówno co do kierunku jak i wartości. I oczywiście droga z konieczności jest nieporównanie dłuższa od drogi „po prostej”. Obliczenia związane z tymi drogami w latach 60. poprzedniego wieku były poważnym problemem naukowym, a i teraz, gdy przeciętny człowiek ma na biurku komputer potężniejszy od tych jakimi w czasach Apolla dysponowała NASA, nie są wcale proste. I samo postawienie problemu okazuje się bardzo interesującym zagadnieniem.

Księżycowa materia

Przejdźmy do własności fizycznych Księżyca. Księżyc jako niezbyt odległe od Ziemi ciało niebieskie jest względnie łatwy do badania. Na przykład, sposób oddziaływania powierzchni Księżyca ze światłem porównywano analogiczne oddziaływanie z pospolitymi na Ziemi minerałami. Przypomnijmy, że mamy próbki Księżyca przywiezione na Ziemię m.in. przez wyprawę, której dowódcą był Neil Armstrong. Mamy też na Ziemi meteoryty, które zidentyfikowano jako fragmenty różnych ciał niebieskich. Można by się spodziewać, że księżycowych meteorytów powinno być na Ziemi mnóstwo – Księżyc jest

blisko, nie ma zbyt silnego ciężenia i jest w końcu zanurzony w polu grawitacyjnym Ziemi. Jednak księżycowych meteorytów nie mamy wiele. Pewnie leżą na Ziemi w ogromnej ilości, ale nie potrafimy ich zidentyfikować. Po prostu skład izotopowy skał księżycowych jest na tyle bliski ziemskiemu, że kamień z Księżyca nie wyróżnia się wśród ziemskich kamieni.

I to jest bardzo ważna informacja. Wynika z niej, że Księżyc i Ziemia mają wspólne pochodzenie, bo skład izotopowy charakteryzuje miejsce, w którym ciało niebieskie powstało. A więc Księżyc i Ziemia powstały w tym samym punkcie (na zbliżonych orbitach) Układu Słonecznego. Oba ciała nie mają jednak tych samych własności globalnych. Średnia gęstość Księżyca wynosi około 3340 kg/m^3 , czyli mniej więcej tyle co gęstość zewnętrznych warstw Ziemi. Jeżeli powiązać to z bardzo zbliżonym składem izotopowym to pojawia się naturalna sugestia, że Księżyc powstał z zewnętrznych warstw Ziemi. Pomysł jest dosyć stary i początkowo (XIX wiek) wskazywano nawet miejsce na Ziemi z jakiego Księżyc miałby się od niej oderwać. Patrząc na globus sugestia jest oczywista. To Pacyfik wydaje się tym właśnie miejscem. Współcześnie jest jasne, że wskazywane miejsca, z którego oderwał się Księżyc jest pozbawione sensu – tektonika płyt ciągle zmienia układ kontynentów. Jednak idea „ziemskiego” pochodzenia Księżyca przetrwała.

Konkretnie, pod koniec XX w., zgodzono się, że Księżyc powstał w wyniku zderzenia młodej Ziemi z ciałem o masie zbliżonej do masy Marsa, które nazywano Theia. W wyniku zderzenia, Theia utonęła we wnętrzu Ziemi, wyrzucając przy okazji spory fragment powierzchniowej części Ziemi. Część z tej materii opuściła pole grawitacyjne Ziemi i uleciała w przestrzeń, zasilając populację bardzo wtedy licznych planetoid. Jednak część fragmentów pozostała na orbitach wokół Ziemi. W bardzo krótkim (mówi się nawet o tysiącach lat, co w skali planetarnej jest mgnieniem oka) fragmenty skupiły się w jedno ciało, tworząc nasz Księżyc. Zdarzenie zaszło około 100 milionów lat po powstaniu Układu Słonecznego. Bardzo wcześnie, ale wystarczająco późno, by krótko żyjące nuklidy odpowiedzialne za przetopienie Ziemi już



się w znacznej mierze „wypaliły”. Wzajemne prędkości zderzeń ciał sklejących się w Księżyc też nie były wielkie, bo wszystko odbywało się na wokółziemskich orbitach. W sumie temperatury ciał biorących udział w omawianych procesach, były wystarczająco duże, by w przestrzeń uciekły wszystkie lotne substancje, ale brakło energii na przetopienie księżycowych skał. Dlatego Księżyc jest dość jednorodny jak chodzi o gęstość. Gdyby bowiem uległ, tak jak Ziemia, przetopieniu to cięższe substancje (metale) zatonałyby we wnętrzu, tworząc jądro, a na powierzchni powstałby płaszcz ze stosunkowo lżejszych substancji (krzemionów). I to właściwie wszystkie zalety powyższej teorii. Z braku lepszej przyjmujemy, że ta teoria jest poprawna, ale wraz z postępem badań powstają na niej coraz to nowe rysy.

Księżycowe badania

Prowadzone przez cały czas badania przynoszą coraz to nowe informacje. Prócz wspomnianych już obserwacji teleskopowych, wokół Księżyca przelatuja sondy kosmiczne. Już sam odbiór sygnału wysłanego przez taką sondę umożliwia uzyskanie sporej ilości informacji. Po prostu pole grawitacyjne naszego satelity jest tylko w pierwszym przybliżeniu sferycznie symetryczne. A sonda przelatując w pobliżu Księżyca, zwłaszcza w przypadku bardzo niskiej orbity, „czuje” odstępstwa od sferyczności przyspieszając przy nieco silniejszym polu i zwalniając w słabszym. Przekłada się to na zmiany częstotliwości fal radiowych dochodzących od

sondy na Ziemię (zjawisko Dopplera). W efekcie poznajemy rozkład mas wewnątrz Księżyca. Na sondzie oczywiście umieszcza się różnego rodzaju aparaturę. Zarówno bierną – odbiorniki fal i cząstek naładowanych, jak i czynną – radary. Mając obrazy powierzchni w różnych rodzajach promieniowania i sposób odbicia fal radarowych można zidentyfikować minerały tworzące powierzchnię i określić jakie procesy przyczyniły się do ich powstania, a przynajmniej w niektórych przypadkach oszacować, kiedy to nastąpiło.

Wiemy, że na Księżycu obserwuje się całkiem spore ślady wulkanizmu, więc jednak przynajmniej do częściowego przetopienia doszło. Wprawdzie wulkanizm ten dawno już zmarł, ale jak na tak niewielkie w sumie ciało jakim jest Księżyc, trwał zaskakująco długo, bo około 2 miliardów lat. Konkretnie w 2009 r. doniesiono o identyfikacji niewielkich mórz księżycowych (m.in. o nazwach Apollo S. i Apollo N., co znów przypomina zmarłego Marynarza) o powierzchniach rzędu 1000 km^2 , będących wylewami wulkanicznymi sprzed około 2,5 miliarda lat.

Warto przypomnieć, że Układ Słoneczny ma około 4,5 miliarda lat i właśnie tyle lat temu (z dokładnością do wspomnianych 100 milionów lat) powstał Księżyc. Być może przedłużenie działalności wulkanicznej na Księżycu było spowodowane siłami pływowymi. Tymi samymi, które spowodowały wyrównanie okresów obrotu wokół osi i obiegu wokół Ziemi. Można się spodziewać, że młody Księżyc miał dość szybki obrót wokół osi. Jego spowolnienie wyzwoliło więc całkiem spo-

rażą energią mogącą podtrzymać aktywność wulkaniczną. Niedawno okazało się, że Księżyc posiada też metalowe jądro. Nie za wielkie, ale wystarczająco duże, by wywołać na Księżycu zjawiska magnetyczne. Te ostatnie też należące do przeszłości, ale zapisane w skałach przywiezionych na Ziemię w ramach programu Apollo.

Samo odkrycie jądra też związane jest z tym programem – astronauci zostawili na powierzchni Księżyca cztery seismografy, które przesyłały na Ziemię dane o wstrząsach powierzchni Księżyca aż do 1977 r. Opracowanie tych danych trwa do teraz i tak np. publikacja o jądrze Księżyca (wewnętrzne o promieniu ok. 240 km, stałe; zewnętrzne ciekłe o promieniu 330 km i w końcu częściowo stopione sięgające do promienia 480 km) pojawiła się w „Science” z początkiem 2011 r.!

Warto jeszcze wspomnieć o lustrze, które astronauci pozostawili na Księżycu. Lustro odbijając światło laserowe emitowane z Ziemi umożliwia na bieżąco pomiar odległości do naszego satelity z milimetrową dokładnością. Mierząc przez wiele lat tę odległość i dokonując całkiem poważnych obliczeń (Księżyc zmienia odległość od Ziemi w zakresie około 50 tys. km – wspomniana wyżej stałość rozmiarów katowych jest przybliżeniem!) można wyliczyć, że oddala się od Ziemi ze średnią prędkością 3,4 cm na rok.

Najpoważniejszą rysą na teorii powstania Księżyca w wyniku zderzenia jest brak śladów izotopowych Thei w skałach ziemskich. Jest nieprawdopodo-

dobne, by Theia powstała w tym samym miejscu co Ziemia, więc powinna mieć też inny skład izotopowy. Dlatego teorię próbuje się poprawiać. Np. zakładając, że doszło jedynie do „otarcia” tych ciał i Theia poleciała dalej po wyrwaniu części materii ziemskiej. Pewnie tych poprawek pojawi się jeszcze sporo. A może zwycięży całkiem inna teoria. Zobaczymy, choć chyba nie szybko, bo rzecz nie wydaje się bardzo paląca.

Księżycowe eksploracje

Na razie Księżyc znowu jest w modzie z innego powodu. Do „kosmicznego wyścigu” włączają się nowi zawodnicy tacy jak Chiny, Indie czy Europa. A Księżyc jako miejsce stacji badawczych jest interesujący. Jest bowiem w miarę bliski, a przecież od czterdziestu lat opuszczony. „Nowi zawodnicy” chętnie by na nim zaznaczyli swą obecność. Na razie wysyłają sondy bezzałogowe, i tak Indie wysłały sondę Chandrayaan, Japonia Kaguya, a Chiny najaktywniejsze w tej dziedzinie sondy Chang’e.

Stacja z załogą ludzką umieszczona na powierzchni Księżyca byłaby sporym sukcesem (propagandowo-politycznym?) i przygotowaniem do tego celu jest znaczna część aktualnych misji księżycowych. Problemem (oprócz innych, przede wszystkim finansowych i technicznych) okazuje się brak substancji lotnych na Księżycu, a konkretnie wody. Jak wiemy ludziom woda jest potrzebna do wielu celów i to w sporej ilości. Dlatego gdyby nie było konieczności przy-

wiezienia jej z Ziemi utrzymywanie stacji badawczej na Księżycu byłoby dużo prostsze. Dlatego wody, oczywiście w postaci lodu, intensywnie się na Księżycu poszukuje. Na oświetlonych przez Słońce fragmentach powierzchni Księżyca woda przetrwać nie może – szybko ulega sublimacji, a następnie fotolizie (rozpadowi pod wpływem światła). Jednak oś księżycowa jest nachylona zaledwie 1,5° do płaszczyzny jego słonecznej orbity. Dlatego na księżycowych biegunach w głębszych rozpadlinach panuje wieczny mrok. Istnieje więc szansa, że tam zachowało się trochę lodu. Wydaje się, że obserwacje to potwierdzają. Być może więc wody nie trzeba będzie do stacji księżycowych dowozić, choć nawet jeżeli woda tam jest, to na pewno nie jest jej ani zbyt wiele, ani nie jest zbyt czysta.

I tu chyba przyjdzie rozważania zakończyć. Śmierć Neila Armstronga wydaje się bowiem zamykać pewną epokę w badaniach Księżyca.

Co przyniesie następna – nie wiadomo. Być może dominację w badaniach kosmicznych zupełnie nowych nacji, o konkurencji których w czasach programu Apollo nikt by nie pomyślał. I tak zupełnie na koniec. We wrześniu 2012 r., podano, że jedynymi dziedzinami nauki, w których prace Polaków mają wyższe cytowania od średniej światowej jest astronomia i nauki kosmiczne.

Więc może w nadchodzącej epoce badań Kosmosu przyjdzie nam odegrać nieco większą rolę.

