

Powrót na Księżyc

W cieniu medialnego wyścigu do kolonizacji Marsa rozwija się drugi – związany z powrotem ludzi na Księżyc. Amerykańskie NASA w porozumieniu z agencjami z wielu krajów, m.in. Australii, Kanady, Japonii, Włoch, Brazylii i Ukrainy, oraz firmami prywatnymi (Airbus, Blue Origin, oczywiście również SpaceX) planuje lądowanie ludzkiej załogi na Księżycu w połowie obecnego dziesięciolecia. Misja Artemis – na cześć bogini Księżycy, Artemidy – będzie składać się z kilku faz, z których pierwsza ma polegać na lądowaniu łazika VIPER (*Volatiles Investigating Polar Exploration Rover*). Jeśli wszystko pójdzie zgodnie z planem, łazik znajdzie się na powierzchni Księżycy w listopadzie 2023 roku. Jego zadaniem będzie poszukiwanie zasobów księżycowych w stale zacienionych obszarach w rejonie bieguna południowego Księżycy, w szczególności poprzez mapowanie rozmieszczenia i koncentracji lodu wodnego. Zgromadzona w ten sposób wiedza przyda się w przyszłości w czasie lądowania ludzi (w drugiej fazie projektu Artemis) i zakładania bazy księżycowej. Komunikację Ziemia–Księżyc zapewni rakieta Orion oraz Dragon XL (do transportu materiałów). Planowana jest także orbitalna stacja przesiadkowa Gateway.

Oczywiście pojawia się pytanie, po co wracać na Księżyc, skoro na Ziemi mamy do rozwiązania wiele naprawę pilnych problemów, związanych na przykład z zaburzonym przez cywilizację klimatem. Argumentem eksploratorów jest to, że właśnie dlatego powinniśmy – jako ludzkość – stworzyć sobie możliwość rozwoju w innym miejscu, na wypadek nieoczekiwanej katastrofy, np. krytycznego w skutkach upadku meteorytu.

Odkładając na bok wątpliwości związane z celnością takiego wytłumaczenia, trzeba przyznać, że Księżyc jest rzeczywiście nie tylko interesujący sam w sobie, ale może także stać się cenną bazą do badań Wszechświata, zapewniając miejsce dla astronomii na wszystkich długościach fal, od promieni gamma po ekstremalnie długie fale radiowe. Jednym z proponowanych księżycowych projektów badawczych jest kilometrowych rozmiarów radioteleskop LCRT (*Lunar Crater Radio Telescope*), który mógłby być zlokalizowany w jednym z kraterów po „ciemnej stronie” Księżycy. LCRT może umożliwić dokonanie nowych odkryć naukowych w kosmologii dzięki obserwacji wczesnego Wszechświata

Niebo w lutym

Luty jest pierwszym miesiącem, w którym szybko wydłuża się dzień i skraca noc. W ciągu tego miesiąca Słońce zwiększy wysokość górowania o 10°, a w następstwie tego czas jego przebywania nad widnokresem urośnie do 11 godzin. W tym czasie Słońce przeniesie się od środka gwiazdozbioru Koziorożca do pogranicza Wodnika i Ryb. Po drodze 5 lutego minie planetę Saturn, która z tego powodu pozostanie niewidoczna aż do kwietnia.

Księżyc przejdzie przez nów 1 lutego, stąd na początku miesiąca rozgości się na niebie wieczornym. O tej porze

w paśmie długości fal 10–50 m (tj. w paśmie częstotliwości 6–30 MHz), które do tej pory nie było badane przez ludzi.

Fale elektromagnetyczne to oczywiście nie wszystko. Pierwsza detekcja fal grawitacyjnych miała miejsce ponad 5 lat temu; mimo wielu nieoczekiwanych sukcesów, m.in. rewolucji w obserwacjach wieloaspektowych (*multi-messenger astronomy*), lepszego zrozumienia modeli ewolucji gwiazd, alternatywnych teorii grawitacji, jako dziedzina astronomia fal grawitacyjnych jest wciąż w fazie szybkiego wzrostu. Ponowne zainteresowanie eksploracją Księżycy, którego dowodem jest program Artemis (ale także plany ESA oraz Chińskiej Agencji Kosmicznej), stwarza nowe możliwości do badania fal grawitacyjnych. Niedawno trzy zespoły niezależnie zaproponowały koncepcje księżycowego detektora fal: GLOC (*Gravitational-Wave Lunar Observatory for Cosmology*), LGWA (*Lunar Gravitational-Wave Antenna*) oraz LSGA (*Lunar Seismic and Gravitational Antenna*). Detektor GLOC to pomysł podobny do znanych z Ziemi laserowych detektorów interferometrycznych typu LIGO lub Virgo, natomiast LGWA i LSGA wykorzystają niezwykle niski poziom drgań sejsmicznych Księżycy w celu mierzenia charakterystycznych drgań *catego globu* w reakcji na przejście przez niego fali grawitacyjnej (jest to pomysł analogiczny do pierwszych prób rejestracji fal zaproponowanych w latach 60. XX wieku przez Josepha Webera).

Detektory księżycowe będą idealne do badania częstotliwości fal grawitacyjnych w zakresie od 0,1 Hz do kilku Hz, czyli w zakresie, który jest bardzo wymagający dla detektorów ziemskich. Zakres częstotliwości i przewidywana czułość pozwolą na badanie układów podwójnych z gwiazdami neutronowymi i gwiazdowymi czarnymi dziurami nawet do 70% obserwowalnej objętości Wszechświata, kalibrację odległości do supernowych typu Ia oraz dokładne zbadanie wielkoskalowej struktury Wszechświata. Pozostaje jedynie dobrze oszacować koszty, które zapewne nie będą niskie.

“Gravitational-Wave Lunar Observatory for Cosmology”, K. Jani and A. Loeb, JCAP 06 (2021) 044, “Lunar Gravitational-wave Antenna” J. Harms et al., ApJ 910 (2021) 1.

Michał BEJGER

roku i doby ekliptyka tworzy duży kąt z widnokresem, zatem Srebrny Glob szybko wzniesie się wysoko ponad horyzont, świecąc na niebie długo po zachodzie Słońca, mimo fazy cienkiego sierpa. Podczas kilku pierwszych wieczorów lutego warto przyjrzeć się księżycowej tarczy, która ładnie zaprezentuje tzw. światło popielate. Jest to nocna (ciemna) strona Księżycy oświetlona światłem odbitym od Ziemi. Fazy Księżycy widocznego z Ziemi i Ziemi widocznej z Księżycy uzupełniają się do pełni. Gdy dla nas Księżyc jest bliski nowiu, to dla selenonautów Ziemia jest bliska pełni. Ziemia odbija

w kosmos więcej światła i ma ponad 3-krotnie większą średnicę. To sprawia, że Ziemia widoczna na księżycowym niebie jest znacznie jaśniejsza od Księżyca na naszym. Dlatego światło popielate jest tak jasne.

W następnych dwóch dniach Księżyc spotka się z **Jowiszem**. Największa planeta Układu Słonecznego szybko zbliży się do marcowej koniunktacji ze Słońcem, stąd w drugiej połowie miesiąca zginie w zorzy wieczornej. Początkowo o zmierniku Jowisz zajmuje pozycję na wysokości kilkunastu stopni nad południowo-zachodnim widnokregiem, ale szybko doń się zbliży. Planeta świeci z jasnością około -2^m , prezentując tarczę o średnicy $34''$. Jasne tło nieba i niskie położenie planety nad horyzontem oznacza, że obserwacje jej księżyców galileuszowych są trudne, albo wręcz niemożliwe. Drugiej nocy lutego sierp Księżyca w fazie 3% pojawi się 7° pod Jowiszem, dzień później zaś przesunie się na pozycję 10° na lewo i w górę od niego, zwiększając przy tym fazę do 8%. W odległości ponad 20° układowi temu towarzystwa dotrzymają Deneb Kaitos, najjaśniejsza gwiazda Wieloryba.

Podczas kolejnych dwóch nocy, 3 i 4 lutego, Księżyc przejdzie blisko planety **Neptun**, tworząc prawie taką samą konfigurację, jak przy spotkaniu z Jowiszem. Jasność Neptuna to $+7,8^m$, stąd na jego obserwacje trzeba poczekać, aż się odpowiednio ściemni. Niestety do tego czasu planeta zbliży się do linii widnokregu na mniej niż 20° , a to oznacza, że jej obraz teleskopowy silnie zaburzy falowanie atmosfery.

Srebrny Glob spotka się z **Uranem** 7 lutego. O zmierniku oba ciała Układu Słonecznego przedzieli dystans 3° , by około północy, tuż przed ich zachodem, zmniejszyły się dwukrotnie. W lutym Uran jest nadal widoczny bardzo dobrze. Planeta świeci z jasnością $+5,8^m$, a zaraz po zapadnięciu ciemności wznosi się na wysokość prawie 50° . Uran zachodzi po północy, a zatem na obserwacje tej planety w dobrych warunkach będziemy mieli ponad 4 godziny. Dobę później, 8 lutego, Księżyc przejdzie przez I kwadrę, świecąc na pograniczu gwiazdozbiorów Barana i Byka

Księżyc powędruje dalej na północny wschód, by 16 lutego przejść przez pełnię. Po drodze, 9 lutego, przetnie linię łączącą Aldebarana, najjaśniejszą gwiazdę Byka, z Plejadami, dobę później zaś przetnie linię łączącą Aldebarana z El Nath, czyli drugą co do jasności gwiazdą Byka, stanowiącą jego północny róg. Podczas tej wędrówki, 12 lutego, Księżyc w fazie 86% zbliży się na niewiele ponad 2° do Meksuty, jasnej gwiazdy Bliźniąt oznaczanej na mapach nieba grecką literą ϵ . Następnej nocy Księżyc spotka się z Polluksem, najjaśniejszą gwiazdą Bliźniąt, zbliżając się doń na około 3° .

Świecący pełnią blasku Srebrny Glob wędruje w towarzystwie Regulusa, najjaśniejszej gwiazdy Lwa. Oba ciała niebieskie przedzieli odległość nieco ponad 4° . Jednocześnie zaledwie $0,25^\circ$ nad jego tarczą pokaże się gwiazda 3. wielkości η Leonis. Bliskość tak jasnej księżycowej tarczy spowoduje jednak, że do jej dostrzeżenia przyda się lornetka lub teleskop. Noce są wciąż długie, dlatego do rana Księżyc zdąży się oddalić od η Leo na odległość 6° .

Po pełni Księżyc przeniesie się na niebo poranne i podaży do ostatniej kwadry w nocy z 23 na 24 lutego. Przedtem, trzy noce wcześniej, spotka się ze Spiką, najjaśniejszą gwiazdą Panny, prezentując tarczę w fazie 80%. W kolejnych dwóch dniach Srebrny Glob minie Zuben Elgenubi, gwiazdę α w gwiazdozbiorze Wagi. Tym razem gwiazda również zniknie na jakiś czas za księżycową tarczą. Stanie się to jednak, gdy w Polsce oba ciała niebieskie będą przebywały pod horyzontem.

Zuben Elgenubi znajduje się zaledwie $20'$ na północ od ekliptyki, co oznacza, że Księżyc mija ją bardzo szybko, sezon jej zakryć jest krótki i z danego miejsca na Ziemi można obserwować najczęściej jedno lub dwa zakrycia z serii. Tak samo jest tym razem: sezon jej zakryć trwa tylko 1,5 roku, od października 2021 do marca 2023 roku. W tym czasie dojdzie do 20 zakryć, z tego z Polski dało się zaobserwować tylko zakrycie ze stycznia br. Pasy widoczności pozostałych zjawisk przejdą daleko od Europy. Dla porównania sezon zakryć Aldebarana, najjaśniejszej gwiazdy Byka położonej $5,5^\circ$ na południe od ekliptyki, czyli na granicy obszaru zasłanianego przez Księżyc na swojej drodze po niebie, trwa ponad 3 lata i w tym czasie dochodzi do prawie 50 takich zjawisk. Z tego samego miejsca na Ziemi w trakcie trwania sezonu można obserwować ich ponad 10.

Pod koniec miesiąca, 24 lutego rano, Księżyc w ostatniej kwadrze pojawi się na niebie około godziny 2 w towarzystwie jasnych gwiazd Skorpiona. Najjaśniejsza gwiazda konstelacji, Antares, znajdzie się 3° pod Księżycem, a 2° dalej na zachód od Księżyca pokaże się natomiast łuk gwiazd z północno-zachodniej części Skorpiona, z Graffias i Dschubbą na czele.

Do końca miesiąca Księżyc pozostanie na niebie porannym, przebywa jednak pod nisko położoną ekliptyką, stąd zginie w zorzy porannej już kilka dni przed nowiem. Oświetlona w 16% tarcza Srebrnego Globu 27 lutego odwiedzi planety **Venus** i **Mars**, pokazując się w odległości 5° od **Marsa**, na godzinie 4:30 względem niego. Obie planety przez cały miesiąc utworzą parę o rozpiętości od 9° na początku lutego do 5° na jego koniec. Niestety o tej porze roku i doby ekliptyka tworzy na półkuli północnej mały kąt z widnokregiem, dlatego obie planety są widoczne znacznie słabiej, niż miałyby to miejsce jesienią. Venus przez cały miesiąc wędruje kilka stopni na północ od ekliptyki, stąd jej warunki obserwacyjne są wyraźnie lepsze od znajdującego się tuż pod nią Marsa.

Venus oddala się od nas i jej średnica kątowna w lutym zmniejszy się od $50''$ do $32''$, faza urośnie z 15% do 35%, jasność natomiast troszkę się obniży, do $-4,4^m$. Mars przeciwnie: dystans między nami a nim się zmniejsza. Na razie pozostanie to bez większego wpływu na jego średnicę kątową, która utrzyma się na poziomie $4''$. Zauważalnie zwiększy się za to jasność planety, z $+1,5$ do $+1,2^m$. W pierwszym tygodniu miesiąca, 5 lutego, Czerwona Planeta zbliży się na zaledwie $12'$ do jasnej gromady kulistej M22, by 6 dni później przejść 3° na północ od Nunki, najjaśniejszej gwiazdy w tej części Strzelca.

Ariel MAJCHER