

## 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 widnokregiem 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 widnokregiem, 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