

Planety swobodne – samotni wędrowcy w Drodze Mlecznej

Można to nazwać odkryciem dekady. Istnienie nowej klasy planet pozasłonecznych – planet swobodnych – wykazał międzynarodowy zespół astronomów, w którym kluczową rolę odgrywali naukowcy z prowadzonego w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego wielkoskalowego przeglądu nieba OGLE oraz projektu Gaia Science Alerts satelity Gaia. 1 stycznia wyniki ich badań zostały opublikowane w „Science”.

Możliwość istnienia pozaziemskich światów czy cywilizacji od wieków fascynowała ludzkość. Dopiero jednak 30 lat temu odkryto pierwsze planety pozasłoneczne wokół gwiazd podobnych do Słońca, co zapoczątkowało eksperymentalnie nową dziedzinę w astronomii – badania planet pozasłonecznych. Rozwijała się ona niesłychanie burzliwie w ostatnich dekadach, odsłaniając coraz więcej tajemnic pozaziemskich światów i udowadniając, że nasz Układ Słoneczny jest tylko jednym z wielu różnorodnych układów planetarnych istniejących we Wszechświecie, niekoniecznie unikatowym. Jednak wszystkie te odkryte pozaziemskie planety znajdują się w układach związanych grawitacyjnie ze swoimi naturalnymi słońcami, krążąc po orbitach wokół nich.

Astronomowie od wielu lat zdawali sobie sprawę, że planety mogą istnieć nie tylko w układach związanych. Na skutek różnorodnych procesów, np. oddziaływań grawitacyjnych z innymi planetami w trakcie formowania się układów planetarnych czy bliskich przejść sąsiednich gwiazd obok systemu planetarnego, mogą być one wyrwane ze swych macierzystych układów i wyrzucane w przestrzeń międzygwiazdową. Takie samotne planety, nazwane planetami swobodnymi, mogą wówczas wędrować w Drodze Mlecznej, nie będąc związanymi z żadną gwiazdą. Oszacowania teoretyczne wskazują, że liczba takich planet może być bardzo duża i wręcz przewyższać liczbę planet związanych.

Mikrosoczewkowanie kluczem do odkrycia

Możliwość istnienia planet swobodnych, a nawet istnienia na nich życia w jakiejś formie, rozpałała wyobraźnię nie tylko naukowców, ale i twórców science fiction. W ostatnich latach powstało wiele tekstów literackich czy scenariuszy filmowych, których akcja toczy się właśnie na takich oderwanych od gwiazd samotnych planetach, przemierzających bezkresne pustki Drogi Mlecznej.

Jak jednak odkryć takie planety i udowodnić, że one faktycznie istnieją, skoro same nie świecą (nie emitują promieniowania) i nie oddziałują z macierzystymi gwiazdami? Z pomocą przychodzi tu technika mikrosoczewkowania grawitacyjnego umożliwiająca pomiar masy obiektu soczewkującego światło. W praktyce mikrosoczewkowanie zachodzi wtedy, gdy światło odległej gwiazdy zostaje ugięte i wzmocnione przez grawitację bliższego obiektu, zwanego soczewką. Ze względu na to, że efekt nie zależy od jasności obiektu-soczewki, metoda ta pozwala na wykrywanie ciemnych, nieświecących ciał, czyli nawet wówczas, gdy sama soczewka/planeta nie emituje światła. Czas trwania zjawiska mikrosoczewkowania zależy generalnie od masy soczewki. W przypadku mas planetarnych jest on bardzo krótki – rzędu zaledwie kilku–kilkunastu godzin.

W 2017 roku astronomowie z projektu OGLE opublikowali wyniki poszukiwań planet swobodnych oparte na kilkuletnich intensywnych obserwacjach około 50 mln gwiazd w kierunku centrum Drogi Mlecznej, wśród których odkryli kilka tysięcy zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego o rozmaitych skalach czasowych – od godzin do setek dni.

– Obserwacje wskazywały, iż planet swobodnych powinno być istotnie dużo, lecz wbrew poprzednim przypuszczeniom większość z nich powinny stanowić planety małomasywne, a nie masywniejsze, o

masach rzędu masy Jowisza – mówi dr Przemek Mróz, pierwszy autor tej przełomowej pracy opublikowanej w prestiżowym tygodniku naukowym „Nature”.

Obiecujące kandydatki

Wkrótce potem odkryto pierwsze obiecujące kandydatki na planety swobodne. Niestety, do bezpośredniego wyznaczenia masy planety niezbędna jest informacja o odległości soczewki od obserwatora, co w przypadku obserwacji z Ziemi jest możliwe tylko w wyjątkowych, niezmiernie rzadkich przypadkach. Dlatego odkryte obiekty pozostały kandydatkami, gdyż w zależności od ich nieznanej odległości ich masy mogły być bądź większe (nawet przekraczające masy obiektów uznawanych za planety), bądź mniejsze. Dziś znamy już kilkanaście takich kandydatek. Najmniej masywna mogła mieć nawet masę Marsa. Jednak istnienie planet swobodnych, mimo iż mocno prawdopodobne, do dziś pozostawało nieudowodnione. Nie udało się bowiem dotychczas zmierzyć bezpośrednio masy takiego obiektu i potwierdzić, iż samotny obiekt jest istotnie planetą, a nie jednym z masywniejszych obiektów, jak np. znane od dawna brązowe karły.

Przełomowe okazały się obserwacje z 3 maja 2024 roku. Za pomocą teleskopów koreańskiej sieci KMTNet (w Australii, Południowej Afryce i Chile) oraz zlokalizowanego w Obserwatorium Las Campanas w Chile teleskopu projektu OGLE zarejestrowane zostało krótkotrwałe zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego, jasnej gwiazdy w centrum Galaktyki. Zgodnie z konwencją otrzymało ono oznaczenie KMT-2024-BLG-0792/OGLE-2024-BLG-0516. Wkrótce po zakończeniu zjawiska okazało się, iż kształt mikrosoczewkowych zmian jasności odpowiada przewidywanym zmianom wywołanym przez soczewkującą planetę swobodną. Zjawisko to dołączyło więc natychmiast do grona obiecujących kandydatek na planety swobodne.

Wkrótce też astronomowie uświadomili sobie, iż rejony nieba, w których zlokalizowane było to zjawisko mikrosoczewkowania, obserwowane były w tym samym czasie przez sztandarową misję kosmiczną Europejskiej Agencji Kosmicznej Gaia, która w latach 2014–2025 dokonywała regularnych obserwacji fotometrycznych 2 mld gwiazd z całego nieba. Satelita ten nie był jednak przystosowany do obserwacji zjawisk krótkotrwałych, ponieważ odwiedzał te same rejony nieba zwykle co 30 dni. Po raz kolejny jednak, w tym szczególnym przypadku, astronomom dopisało niesłychane szczęście. Nie dość, że satelita obserwował akurat ten rejon nieba w trakcie zaledwie dwudniowego zjawiska, to dodatkowo na skutek wyjątkowo korzystnego ustawienia orbity w tym momencie zebrał aż sześć obserwacji fotometrycznych w ciągu 15 godzin, czyli w najważniejszych momentach największego wzmocnienia światła przez soczewkę – potencjalną planetę.

Satelita Gaia znajdował się w owym czasie w odległym o niemal 2 mln km od Ziemi tzw. punkcie L2 Lagrange’a – miejscu niezwykle dogodnym do prowadzenia długotrwałych obserwacji astronomicznych z satelitów. Równoczesne obserwacje zjawiska mikrosoczewkowania KMT-2024-BLG-0792/OGLE-2024-BLG-0516 z Ziemi i satelity stworzyły więc unikatową szansę na pomiar odległości poprzez zmierzenie tzw. paralaksy mikrosoczewkowej. Idea tego pomiaru jest analogiczna do pomiarów triangulacyjnych na Ziemi czy pomiarów odległości do bliskich ciał niebieskich, gdy dzięki obserwacjom z dwóch różnych miejsc wyznaczamy odległość. Dane fotometryczne z satelity Gaia zostały przesłane na Ziemię dopiero w lipcu 2024 roku i wówczas zjawisko zostało ogłoszone przez zespół Gaia jako alert Gaia24cdn.

Pierwsza planeta swobodna

Analiza danych zaobserwowanego zjawiska mikrosoczewkowania, zebranych z powierzchni Ziemi przez teleskopy projektów KMTNet i OGLE oraz danych satelitarnych z satelity Gaia, wykazała, że przebieg zjawiska z obu oddalonych o 2 mln km obserwatoriów był podobny. Jednak zjawisko zarejestrowane

przez satelitę Gaia nastąpiło około dwóch godzin później niż na Ziemi. Pozwoliło to na wyznaczenie precyzyjnej odległości do skupiającej światło odległej gwiazdy tła soczewki i parametrów zjawiska mikrosoczewkowania, co w konsekwencji umożliwiło bezpośredni precyzyjny pomiar jej masy. Okazało się, że jest to masa planetarna wynosząca 0,22 masy Jowisza lub 70 mas Ziemi, czyli jest nieco mniejsza niż masa Saturna z naszego lokalnego Układu Słonecznego. Nie znaleziono też żadnych śladów obecności potencjalnej macierzystej gwiazdy w promieniu ponad 20 jednostek astronomicznych (odległości Ziemia–Słońce) wokół planety. Z ogromnym prawdopodobieństwem można więc przyjąć, iż nowo odkryty obiekt jest niezwiązany z żadną gwiazdą – jest pierwszą precyzyjnie „zważoną” planetą swobodną.

Odkrycie i bezpośrednie wyznaczenie masy planety swobodnej stanowi przełom w dziedzinie badania planet pozasłonecznych. To pierwsza w pełni udokumentowana detekcja zupełnie nowej kategorii planet pozasłonecznych – niezwykle licznej i niepoznanej dotąd grupy obiektów planetarnych, której badania są niezbędne do pełnego zrozumienia powstawania i ewolucji pozasłonecznych układów planetarnych.

– To „odkrycie dekady”, porównywalne z odkryciem pierwszych udokumentowanych planet pozasłonecznych w latach 90. ubiegłego wieku – mówi prof. Andrzej Udalski, lider projektu OGLE i autor korespondencyjny pracy w tygodniku „Science”. – Astronomowie wreszcie mają pewność, iż tego typu obiekty istnieją we Wszechświecie – dodaje naukowiec.

Odkrycie pierwszej planety swobodnej będzie niewątpliwie silnym impulsem do dalszych intensywnych badań tej kategorii planet. Już w 2026 roku zostanie wystrzelona satelitarna misja NASA Roman, której jednym z głównych celów będzie detekcja i badanie planet swobodnych. Przewiduje się, że w trakcie tej misji zostaną odkryte i scharakteryzowane liczne obiekty tego typu, co pozwoli na precyzyjne poznanie ich własności. Kolejną misją satelitarną jest przygotowywany przez astronomów chińskich satelita Earth 2.0, który zostanie wystrzelony w 2028 roku, a jego celem będzie również poszukiwanie planet swobodnych. Są więc duże szanse, że za kilka lat poznamy dokładnie, jak liczna jest populacja tych samotnie krążących w Drodze Mlecznej obiektów planetarnych.

Praca opisująca wyniki badań ukazała się 1 stycznia w „Science”:

A free-floating-planet microlensing event caused by a Saturn-mass object, Subo Dong, Zexuan Wu, Yoon-Hyun Ryu, Andrzej Udalski, Przemek Mróz, Krzysztof A. Rybicki, Simon T. Hodgkin, Łukasz Wyrzykowski, Laurent Eyser, Thomas Bensby, Ping Chen, Sharon X. Wang, Andrew Gould, Hongjing Yang, Michael D. Albrow, Sun- Ju Chung, Cheongho Han, Kyu-Ha Hwang, Youn Kil Jung, In-Gu Shin, Yossi Shvartzvald, Jennifer C. Yee, Weicheng Zang, Dong-Jin Kim, Chung-Uk Lee, Byeong-Gon Park, Radosław Poleski, Jan Skowron, Michał K. Szymański, Igor Soszyński, Paweł Pietrukowicz, Szymon Kozłowski, Dorota M. Skowron, Krzysztof Ulaczyk, Mariusz Gromadzki, Milena Ratajczak, Patryk Iwanek, Marcin Wrona, Mateusz J. Mróz, Guy Rixon, Diana L. Harrison, Elmé Breedt, 2025, „Science”, 391, 96, DOI: 10.1126/science.adv9266.

Więcej: <https://www.uw.edu.pl/planety-swobodne-samotni-wedrowcy-w-drodze-mlecznej/>