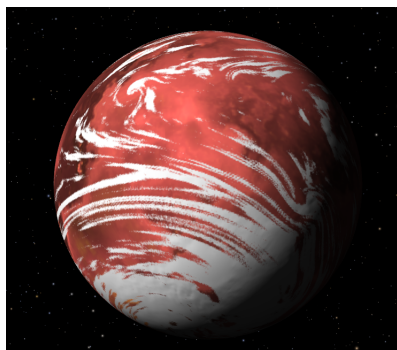




Wizja artystyczna planety L 98-59d.
Źródło: <https://science.nasa.gov>

W tym momencie wiemy, że masa planety jest jeszcze mniejsza, bo tylko 1,64 masy Ziemi.

Super-Ziemia to typ planet pozasłonecznych. W zależności od definicji masa tego typu planety może wahać się od 1 do 10 mas Ziemi.

Określenie „super-Ziemia” nie oznacza, że na powierzchni planety panują warunki zbliżone do ziemskich. Definicja dotyczy tylko rozmiaru, masy i gęstości planety.

Gazowy karzeł to typ egzoplanety mniejszej od Neptuna, ale większej od Ziemi, posiadającej grubą atmosferę składającą się z wodoru i helu oraz skaliste jądro. Tego typu planety są powszechne w galaktyce, choć nie występują w Układzie Słonecznym. Ich masa wynosi zazwyczaj do 10 mas Ziemi.

Pojawił się więc problem: skoro nie jest gazowym karłem ani planetą skalistą, to czym jest planeta L 98-59d? Odpowiedzi na to pytanie mogą dostarczyć symulacje komputerowe. Grupa naukowców z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Oksfordzkiego, kierowana przez dr. Harrisona Nichollsa, przeprowadziła tego typu analizę. W dużym uproszczeniu badacze zasymulowali wiele możliwych scenariuszy powstania i ewolucji planety, przyjmując jako wynik końcowy jej zaobserwowane parametry: masę, rozmiar, gęstość oraz skład atmosfery. Następnie spośród wszystkich możliwych scenariuszy wyłonili najbardziej prawdopodobny, czyli taki, który najlepiej odpowiada obserwacjom. Wyniki ich badań wskazują, że obserwowana gęstość L 98-59d i aktualny skład jej atmosfery są zgodne jedynie z bardzo wąskim zakresem warunków początkowych potencjalnie panujących w momencie narodzin planety.

Oczywiście symulacje komputerowe uwzględniają znane nam procesy fizyczne i chemiczne.

Zgodnie z tymi scenariuszami L 98-59d rozpoczęła swoje istnienie jako gazowy karzeł, z gęstą i bogatą w wodór atmosferą oraz stosunkowo niewielkim jądrem (zbudowanym głównie z węgla). Z czasem

... a powietrze śmierdzi. Tak w skrócie można opisać zaproponowany nowy rodzaj małych planet pozasłonecznych.

Planeta L 98-59d została odkryta w 2019 roku dzięki obserwacjom przeprowadzonym przez kosmiczny teleskop TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite). Zaobserwowano ją metodą tranzytów, czyli poprzez zarejestrowanie spadku jasności gwiazdy, który występuje, gdy planeta przechodzi na tle tarczy gwiazdy, blokując niewielką część jej promieniowania. Planeta orbituje wokół czerwonego karła o masie około 30% masy Słońca, a cały układ znajduje się mniej więcej 35 lat świetlnych od Ziemi. Ponadto planeta L 98-59d okrąża swoją gwiazdę w ciągu 7,5 dnia ziemskiego. Jak do tej pory nic szczególnie zaskakującego. Ot typowa planeta pozasłoneczna.

L 98-59d wyróżnia jednak jej rozmiar i masa. W momencie odkrycia promień planety oszacowano na 1,5 promienia Ziemi, natomiast jej masa była tylko ~ 2 razy większa od masy Ziemi. Mamy więc do czynienia z tzw. super-Ziemią, ale o zaskakująco niskiej gęstości (zaledwie około połowy gęstości Ziemi). Tak niewielka gęstość wyklucza więc, aby była to planeta skalista, taka jak Ziemia lub Mars. Pozostają dwie możliwości, a przynajmniej tak początkowo sądziliśmy. L 98-59d mogła być gazowym karłem, czyli takim mini-Neptunem, albo planetą w całości pokrytą wodą. Oczywiście ta druga hipoteza pobudziła wyobraźnię nie tylko naukowców. Szybko wykonano obserwacje atmosfery L 98-59d przy użyciu Kosmicznego Teleskopu Hubble’a.

Obserwacje te wykluczyły hipotezę gazowego karła, ponieważ w atmosferze planety nie wykryto wystarczających ilości wodoru i helu. Świetna wiadomość! Wszystko wskazywało na to, że L 98-59d jest wodnym światem, planetą pokrytą niesamowicie głębokimi oceanami pod stosunkowo cienką skorupą lodu. Taka interpretacja dominowała wśród naukowców mniej więcej przez rok. Do czasu kolejnych obserwacji. Tym razem wykonanych za pomocą nowiutkiego wtedy Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba. Przekreśliły one nasze marzenia o „drugiej Ziemi”, ujawniając prawie całkowity brak wody i tlenu w atmosferze L 98-59d. Zamiast tego zaobserwowano duże ilości siarki, w postaci dwutlenku siarki i siarkowodoru. Oznacza to, że planecie bliżej zapachem do zgniłych jaj niż do orzeźwiającej morskiej bryzy.

planeta ochładzała się i kurczyła, a atmosfera utraciła wodór, który został zastąpiony związkami siarki nieustannie uwalnianymi przez globalny... ocean magmy, pokrywający planetę od miliardów lat.

Historia L 98-59d, jej właściwości oraz panujące na niej warunki są tak odmienne od wszystkiego, co wcześniej obserwowano dla planet o podobnych rozmiarach (zarówno w naszym Układzie Słonecznym, jak i poza nim), że może ona zapoczątkować istnienie nowej klasy egzoplanet. L 98-59d łamie dotychczasowy podział na gazowe karły i światy wodne, jednocześnie pokazując nowe, wcześniej nieznane ścieżki ewolucji małych planet. Skłania nas też do refleksji... Czego jeszcze możemy nie wiedzieć o planetach pozasłonecznych?

Anna DURKALEC

Zakład Astrofizyki, Departament Badań Podstawowych,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Oparte na:

- [1] Amélie Gressier i inni (2024), „Hints of a Sulfur-rich Atmosphere around the 1.6R Super-Earth L98-59d from JWST NIRSpec G395H Transmission Spectroscopy”, *The Astrophysical Journal Letters*, 975:L10.
- [2] Harrison Nicholls i inni (2026), „Volatile-rich evolution of molten super-Earth L 98-59 d”, *Nature Astronomy*.