

Dalekie systemy

KRZYSZTOF ZIOŁKOWSKI

Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa

Polska Akademia Nauk

kazet@cbk.waw.pl

Od kilkunastu lat potrafimy wskazywać fakty obserwacyjne, które świadczą o istnieniu systemów planetarnych wokół gwiazd innych niż Słońce

Większości planet pozasłonecznych nie jesteśmy jeszcze w stanie zobaczyć. O ich obecności możemy się pośrednio dowiedzieć np. z ruchu gwiazdy wokół środka masy wspólnego z jej planetą czy też maleńkiego osłabienia blasku gwiazdy wskutek chwilowego przesłonięcia jej przez poruszającą się wokół niej planetę. W ten sposób (stan na koniec marca 2009 roku) zostało już odkrytych prawie 350 planet krążących wokół niemal 300 gwiazd.

Pierwsze odkrycia

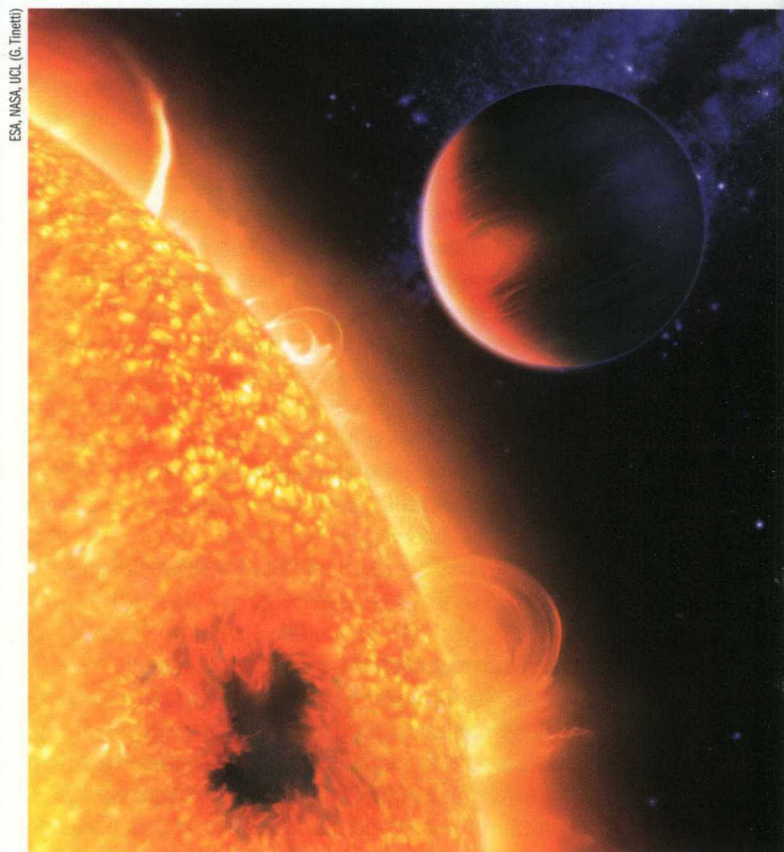
Odkrycia pierwszego pozasłonecznego systemu planetarnego dokonał polski astronom Aleksander Wolszczan na początku 1992 roku. System planetarny pulsara PSR 1257+12 składa się z trzech obiektów o masach 0,02, 4,1 i 3,8 masy Ziemi, które okrążają go po prawie kołowych orbitach w odległościach odpowiednio 0,19, 0,36 i 0,46 AU (odległości dzielącej Ziemię od Słońca) i okresach obiegu równych odpowiednio około 25, 67 i 98 dniom. W 2005 roku Wolszczan wraz z Maciejem Konackim donieśli o istnieniu w tym systemie prawdopodobnie jeszcze czwartego obiektu o masie zaledwie 0,0003 masy Ziemi, który krąży wokół pulsara znacznie dalej niż pozostałe (około 2,6 AU), obiegając go w okresie około 3,5 roku. Pojawiła się sugestia, że nie jest to planeta, ale coś w rodzaju komety lub planety karłowatej (używając terminologii analogicznej, jak w przypadku ciał Układu Słonecznego). Pozostaje jednak pytanie, skąd mogły się wziąć lub jak powstały planety wokół gwiazdy neutronowej.

W 1995 roku odkryto pierwszą planetę krążącą wokół gwiazdy podobnej do Słońca. „Regularnie powtarzające się przesunięcia w widmie gwiazdy, spowodowane znanym w fizyce tzw. efektem Dopplera, mogą być rezultatem nieznacznego przybliżania się i oddalania od obserwatora gwiazdy, która porusza się wokół wspólnego z krążącą wokół niej planetą środka masy. Okazało się, że zaobserwowane zmiany widma tej gwiazdy najlepiej tłumaczy obecność wokół niej planety o masie około 0,5 masy Jowisza, która obiega ją co 4,2 dnia w odległości 0,05 AU”.

Badanie prędkości radialnych gwiazd jest dziś najbardziej płodną metodą poszukiwania systemów planetarnych; w ten sposób odkryto niemal 80% planet pozasłonecznych. Współczesne techniki obserwacyjne pozwalają jednak na stwierdzenie tą metodą obecności tylko dużych planet o masach rzędu masy Jowisza i krążących stosunkowo blisko swojej gwiazdy. Ogromna większość to systemy planetarne, w których udało się na razie znaleźć tylko jedną planetę. Najliczniejszym z dotychczas odkrytych jest złożony z pięciu obiektów system planetarny gwiazdy 55 Cnc.

Metoda tranzytów

Drugim sposobem poszukiwania planet pozasłonecznych jest tzw. metoda tranzytów, czyli obserwacji przejść planety przed tarczą gwiazdy. Gdy dla obserwatora ziemskiego planeta częściowo przesłoni gwiazdę, można dostrzec nieznaczne osłabienie jej blasku. Cykliczne powtarzanie



Pierwsza ze zbadanych atmosfer planet pozasłonecznych rozciągająca się wokół HD 189733b zawiera metan i wodór

się takich „zaćmień” obserwowanej gwiazdy może świadczyć o krążącej wokół niej planecie. Szczegółowa analiza uzyskanej z obserwacji krzywej zmian blasku pozwala określić rozmiar przesłaniającej gwiazdę planety.

Pierwszych odkryć metodą tranzytów dokonali polscy astronomowie z Obserwatorium Astronomicznego UW w ramach projektu OGLE kierowanego przez Andrzeja Udalskiego. Program ten jest realizacją idei Bohdana Paczyńskiego (1940–2007) o wykorzystaniu zjawiska zakrzywienia promieni świetlnych w polu grawitacyjnym do poszukiwania tzw. ciemnej materii we Wszechświecie. Nieoczekiwanie przyniósł on spektakularne sukcesy w dziedzinie znajdowania systemów planetarnych. Metoda OGLE doprowadziła w 2002 r. do odkrycia planety o rozmiarach Jowisza, okrążającej słabą i odległą (około 5000 lat świetlnych) gwiazdę w odległości 0,02 AU. Do końca 2008 roku metodą tranzytów w ramach programu OGLE zostało odkrytych 8 systemów planetarnych, ale to niejedynie jego osiągnięcia w tej dziedzinie.

Ziemia – soczewka – gwiazda

W 2004 roku została odkryta planeta pozasłoneczna metodą zupełnie inną niż dotychczasowe. Podobnie jak soczewka optyczna czyni jaśniejszym obserwowany obiekt, tak i soczewka grawitacyjna powoduje pojaśnienie obserwowanej gwiazdy. Jeśli trafimy na konfigurację, w której w pobliżu linii widzenia „Ziemia (obserwator) – gwiazda” znajdzie się jakaś inna gwiazda, może ona zadziałać jak soczewka grawitacyjna. Ponieważ wszystkie te obiekty się poruszają, geometria układu „Ziemia – soczewka – gwiazda” zmienia się w czasie, co skutkuje zmianami jasności obserwowanej gwiazdy. Gdy soczewka przybliży się do linii „Ziemia – gwiazda”, jasność obserwowanego obiektu wzrasta, a gdy po przekroczeniu tej linii oddala się od niej, jego blask powraca do początkowej wartości. Pojaśnienie gwiazdy jest tym większe, im bliżej linii widzenia znajduje się soczewka. Analiza krzywej zmian blasku obserwowanej gwiazdy, uzyskanej ze śledzenia, mogącego trwać nawet kilka miesięcy zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego, może doprowadzić do wykrycia ewentualnych planet krążących wokół gwiazdy-soczewki.

Okazuje się, że zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego jest czułe nawet na obecność planet o masach porównywalnych z masą Ziemi. Niestety, prawdopodobieństwo dostrzeżenia ustawienia w przestrzeni takich trzech ciał wzdłuż linii prostej jest bardzo małe, rzędu jednego zjawiska na milion obserwowanych gwiazd na rok. Masowość obserwacji gwiazd w programie OGLE doprowadziła jednak do znalezienia w ten sposób już 5 systemów planetarnych.

Metodą mikrosoczewkowania grawitacyjnego znaleziono szczególnie interesujący system planetarny, składający się z dwóch masywnych planet, które przypominają Jowisza i Saturna i okrążają gwiazdę podobną do Słońca, oddaloną



Najbliższa znana planeta pozasłoneczna okrąży odległą o 10,5 roku świetlnego gwiazdę Epsilon Eridani

od nas o około 4500 lat świetlnych i mającą jasność zaledwie 17 wielkości gwiazdowych. Odkryte planety mają masy 0,71 i 0,27 masy Jowisza i obiegają macierzystą gwiazdę w odległościach 2,3 i 4,6 AU w okresach odpowiednio 5 i 14 lat. Ogłoszona w 2008 roku praca na ten temat ma aż 69 autorów (wśród których jest 9 polskich astronomów) z 32 ośrodków naukowych na całym świecie.

Pozasłonecznych systemów planetarnych poszukuje też COROT. Wyposażony jest w teleskop o średnicy zwierciadła 30 cm i polu widzenia $2,8 \times 2,8^\circ$, za pomocą którego śledzi m.in. zmiany jasności około 12 tys. gwiazd. Pierwszą planetę pozasłoneczną odkrył metodą tranzytów w maju 2007 roku, a do końca marca 2009 roku znalazł 6 dalszych. Szczególnie frapującym obiektem okazała się dostrzeżona w lutym tego roku najmniejsza z dotychczas odkrytych planet, której rozmiary wydają się tylko 1,7 razy większe od Ziemi. Wkrótce również amerykański teleskop kosmiczny Kepler rozpocznie co najmniej trzyletnie monitorowanie około 100 tys. gwiazd w ustalonym obszarze Drogi Mlecznej na pograniczu gwiazdozbiorów Łabędzia i Lutni. Sonda Kepler została wyniesiona na orbitę heliocentryczną 6 marca 2009 roku i porusza się wokół Słońca bardzo podobnie do Ziemi, okrążając je w okresie 371 dni. Zwierciadło teleskopu ma średnicę 1,4 m, a detektorem promieniowania jest matryca CCD złożona z 42 elementów, z których każdy ma 2000×1024 pikseli (jest to największy detektor CCD wyniesiony dotychczas w przestrzeń kosmiczną). Jedynym zadaniem sondy jest poszukiwanie pozasłonecznych systemów planetarnych metodą tranzytów. Z misją kosmiczną Kepler wiąże się duże nadzieje ze względu na spodziewane odkrycia planet o masach i rozmiarach podobnych do Ziemi. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Szymański M. (2007). 15 lat projektu OGLE. *Urania - Postępy Astronomii*, tom LXXVIII, nr 1 (727).

Encyklopedia Pozasłonecznych Układów Planetarnych, <http://exoplanet.eu>