



Obserwacje planet pozasłonecznych

Jeszcze dwadzieścia lat temu nie znaleźliśmy żadnych planet pozasłonecznych. Dzisiejsza technika pozwala nam nie tylko stwierdzić ich istnienie, ale także poznać bliżej ich naturę. Do tej pory naukowcy odkryli niemal pół tysiąca egzoplanet (taką nazwę nadano wszystkim planetom poza Układem Słonecznym). Dla większości z nich możemy z dużą dokładnością określić parametry, takie jak masa czy okres obiegu wokół gwiazdy macierzystej. Mimo tego, że egzoplanety są poszukiwane i badane bardzo intensywnie już od dłuższego czasu, wciąż wiemy o nich mało. Dlaczego? Przede wszystkim – z definicji – nie świecą one własnym światłem, a jedynie odbijają to przychodzące od gwiazdy macierzystej. Są również stosunkowo zimne i małe w porównaniu z gwiazdami, tak więc emitują dużo mniej promieniowania. Dodatkową przeszkodą w obserwacji egzoplanet jest ziemska atmosfera, która zaburza wyniki pomiarów. Wymienione czynniki decydują o tym, że zaobserwowanie planet jest znacznie utrudnione. Można je porównać z komarem siedzącym na żarówce – jeżeli stoimy daleko od żarówki, to nie jesteśmy w stanie zobaczyć komara, bo niknie on w blasku światła – podobnie jest z planetami i gwiazdami. Jak więc odkrywa się nowe planety? Odpowiedź jest prosta: podobnie do innych astrofizycznych obserwacji – w sposób pośredni.

Cała historia zaczyna się w roku 1992, kiedy Aleksander Wolszczan oraz Dale Frail dokonali odkrycia pierwszych planet pozasłonecznych, krążących wokół pulsara PSR 1257+12. Wydarzenie to stało się kamieniem milowym w dzisiejszej astrofizyce. Aktualnie znamy kilka metod, które pozwalają na odkrywanie egzoplanet. Postaram się krótko opisać trzy z nich. Najbardziej efektywną techniką detekcji nowych planet jest metoda prędkości radialnych. Gwiazda oraz planeta krążąca wokół niej stanowią układ ciał, który krąży wokół wspólnego środka masy. Porusza się wokół niego zarówno planeta (wykonując ruch obiegowy), jak i sama gwiazda. Ponieważ gwiazdy są ciałami niebieskimi o znacznie większej masie od planet, więc poruszają się one z niezwykle małą prędkością, jak na kosmiczną skalę. Detekcja takich ruchów jest stosunkowo trudna przy użyciu tradycyjnych metod astrometrycznych. Z tego względu stosuje się technikę wykorzystującą zjawisko Dopplera. Za każdym razem, gdy gwiazda zbliża się i oddala od obserwatora (Ziemi), przesuwają one swoje widmo, odpowiednio, ku fioletowi lub czerwieni. W ten sposób można zaobserwować

Prędkość radialna jest składową prędkości ciała mierzoną wzdłuż kierunku obserwator-źródło. (przyj. red.)

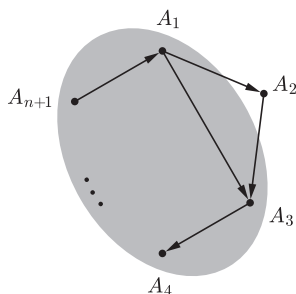
z dużą dokładnością, jak porusza się gwiazda. Odnajdując cykle (powtórzenia) w jej ruchu, jesteśmy w stanie stwierdzić, jaka może być minimalna masa planety powodującej te zmiany oraz promień jej orbity. W przypadku, gdy gwiazdę okrąża układ planet, a jej ruch staje się bardziej złożony, stosowane są zaawansowane algorytmy pozwalające określić parametry obserwowanych egzoplanet. Nowoczesne teleskopy, takie jak HARPS znajdujący się w Chile, mogą dzięki wykorzystaniu efektu Dopplera dokonywać pomiarów prędkości radialnych gwiazd z dokładnością 3 m/s. Niestety, mimo dużej skuteczności w wykrywaniu egzoplanet, metoda ta ma sporą wadę – poszukiwane planety muszą mieć dużą masę lub znajdować się blisko gwiazdy. Technikę tę stosuje się również do potwierdzenia istnienia planety zaobserwowanej innymi metodami.

Kolejną efektywną techniką detekcji planet okrążających odległe gwiazdy jest tranzyt. *Tranzytem* nazywamy przejście jednego ciała niebieskiego (w tym przypadku planety) przed tarczą drugiego (gwiazdy). Mówiąc prościej, w niektórych przypadkach planeta zasłania światło emitowane przez gwiazdę. Metoda ta, bardzo prosta w swej koncepcji, może dać wiele ciekawych informacji na temat badanej planety. Przede wszystkim pozwala ona określić promień planety, co w połączeniu z danymi dotyczącymi jej masy (uzyskanymi np. dzięki metodzie prędkości radialnych) daje informację o jej średniej gęstości. To umożliwia określenie, czy mamy do czynienia z planetą o budowie skalistej czy gazowej. Dodatkowo, światło, które przechodzi przez atmosferę planety, zmienia swoje widmo. Naukowcy, badając tę zmianę, są w stanie określić, jakie pierwiastki występują w atmosferze obserwowanej planety. Odkrywanie planet metodą tranzytu okazało się bardzo skuteczne, mimo licznych wad tej techniki. Po pierwsze, aby obserwacja była możliwa, szukany obiekt musi przechodzić przed tarczą gwiazdy. Zdarza się to stosunkowo rzadko, nawet dla bardzo ciasnych orbit. Drugą wadą jest duża podatność na występowanie błędów obserwacyjnych – wymagana jest dokładność pomiaru jasności gwiazdy rzędu tysięcznych części wielkości gwiazdowej. W większości przypadków odkrycie potwierdzone jest innymi technikami.

Wykrywanie planet pozasłonecznych ciekawą metodą – mikrosoczewkowaniem grawitacyjnym – zaproponowali w 1991 roku Bohdan Paczyński oraz jego kolega z Princeton University Shude Mao. Jedenaście lat później przy użyciu tej techniki została po raz pierwszy odkryta nowa planeta. Pomimo tego, że metoda ta pozwoliła na odkrycie niewielu egzoplanet, pozostaje ona nadal jedyną, która umożliwia detekcję ciała niebieskiego o stosunkowo małej masie. Mikrosoczewkowanie grawitacyjne wykorzystuje fakt, że pole grawitacyjne gwiazdy ugina światło. Działa więc podobnie do soczewki skupiającej (lupy). W sytuacji, gdy na linii obserwator-źródło znajdzie się niewidoczny, dosyć masywny obiekt (soczewka), powoduje on na skutek mikrosoczewkowania pojaśnienie źródła. Krzywa blasku (wykres jasności gwiazdy w zależności od czasu) takiego zjawiska jest bardzo charakterystyczna i nie można pomylić go z niczym innym. Jeżeli gwiazda soczewkująca ma planetę, to istnieje szansa, że zaburzy ona obraz soczewkowania, powodując dodatkowe, mniejsze pojaśnienie. Wiemy wtedy, iż mamy do czynienia z ciałem okrążającym gwiazdę soczewkującą, oraz jesteśmy w stanie określić jego masę i promień orbity. Metoda ta wymaga bardzo specyficznych warunków – położenie obu gwiazd oraz planety jest unikalne, czyli raz wykonanej obserwacji nie można na ogół powtórzyć w przyszłości. Poszukiwaniem planet



Rozwiązanie zadania M 1317.
Dla $n = 4$ sprawa jest jasna. Załóżmy więc, że twierdzenie jest prawdziwe dla pewnego $n \geq 4$ i spróbujmy je udowodnić dla $n + 1$ zawodników. Nazwijmy ich A_1, A_2, \dots, A_{n+1} i przyjmijmy, że w tej właśnie kolejności siedzą przy stole, czyli A_1 wygrał z A_2 , który wygrał z A_3 , itd.



Jeśli A_3 wygrał z A_1 , to mamy tezę. W przeciwnym przypadku tezę otrzymujemy, stosując założenie indukcyjne do zawodników $A_1, A_3, A_4, \dots, A_{n+1}$.

Wakacyjne Warsztaty Wielodyscyplinarne

To coroczna impreza organizowana przez studentów UW pod patronatem Koła Naukowego Informatyków UW, Koła Pasjonatów Matematyki UW i Studenckiego Koła Fizyki UW, przeznaczona dla licealistów zainteresowanych

matematyką, informatyką lub fizyką.

Każdy uczestnik Warsztatów będzie mógł wybrać kilka spośród kilkunastu propozycji kilkudniowych bloków zajęć. Zajęcia będą odbywać się w małych grupach i będą mieć charakter warsztatowy. Obok wykładów bardzo istotną będzie część praktyczna – na zajęciach z programowania funkcyjnego uczestnicy zaimplementują wspólnie spory projekt, na zajęciach z astronomii przeprowadzą obserwacje astronomiczne dobrym teleskopem. . . Wiezorami będzie można uczestniczyć w „luźnych” wykładach i prezentacjach, niezwiązanych z żadnym blokiem zajęć, poruszających różne ciekawe tematy z nauk ścisłych, lub samemu wygłosić taki wykład! A poznanekowo proponujemy integrację, gry i zabawy: dla chętnych przeprowadzimy przyspieszony kurs brydża i go, bardziej zaawansowani gracze spróbują swoich sił w turnieju, a każdy będzie mógł zagrać w seta, rpg, planszówki czy pośpiewać ogniskowe piosenki.

W zeszłym roku odbyły się zajęcia między innymi z:

- **algebraicznej teorii liczb,**
- **sieci neuronowych,**
- **teorii węzłów,**
- **szczególnej teorii względności,**
- **programowania współbieżnego.**

W tym roku będzie co najmniej tak samo ciekawie!

Tegoroczna (już siódma) edycja WWW odbędzie się w dniach

8–18 sierpnia 2011 w Olsztynie.

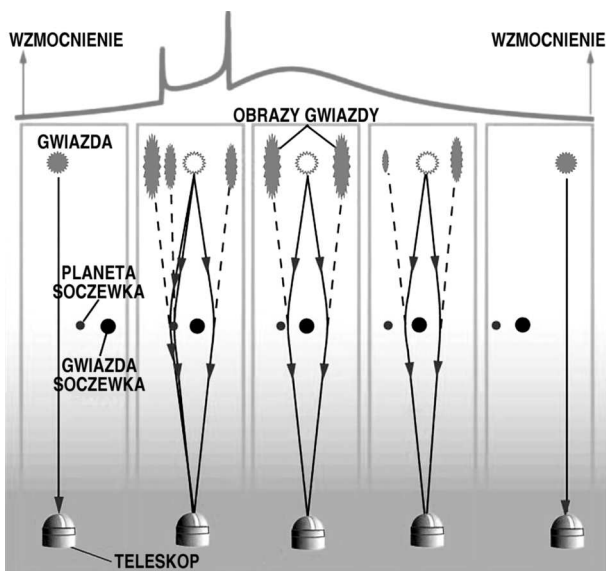
Więcej informacji na stronie:

<http://warsztatywww.wikidot.com>

Zachęcamy też do kontaktu mailowego:

warsztatywww@gmail.com

tą metodą zajmuje się, między innymi, polski projekt OGLE, którego jednym z największych osiągnięć było odkrycie jednej z pierwszych planet podobnych do Ziemi (tzw. super-Ziemi) – OGLE-2005-BLG-390Lb.



Rysunek na podstawie oryginału wykonanego przez Davida Benetta (Notre Dame University, USA); zob. http://ogle.astrouw.edu.pl/cont/4_main/ep1/blg235/blg235.html

Oprócz trzech wyżej opisanych metod istnieją też inne, które okazały się jednak nieco mniej skuteczne. Planety pozasłoneczne można również odkryć poprzez obserwacje dysków okołogwiazdowych oraz pulsarów. Rozwój technologii obserwacyjnych pozwala nam dzisiaj również na bezpośrednią obserwację niektórych planet poza Słońcem. Za przykład może posłużyć tutaj niedawna obserwacja planet krążących wokół gwiazdy HR 8799. Szacuje się, że w Drodze Mlecznej jest od kilku miliardów do nawet setek miliardów planet. Większość z odkrytych egzoplanet znajduje się w promieniu 300 lat świetlnych od Słońca. Zdecydowanie największa część z wykrytych planet to tzw. gorące Jowisze, czyli planety mające masę zbliżoną do Jowisza i bardzo ciasne orbity. To, że ich odkryto najwięcej, wiąże się z ograniczeniami technik obserwacyjnych. Jednym ze sposobów na pokonanie ograniczeń jest umieszczenie teleskopu w przestrzeni kosmicznej, co pozwala, między innymi, na wielokrotne zmniejszenie błędów obserwacji. Poza tym teleskop taki może obserwować interesujące nas obiekty znacznie dłużej, bo nie ogranicza go ani pogoda, ani występowanie dnia i nocy. Aktualnie na orbitach okołozemskich pracują dwa teleskopy, których zadaniem jest poszukiwanie planet pozasłonecznych. Pierwszym z nich jest COROT wystrzelony w 2006 roku przez Europejską Agencję Kosmiczną – do tej pory odkrył on kilkanaście planet. Drugim jest obserwatorium Kepler, które zostało uruchomione w 2009 roku. Odkryło ono metodą tranzytu 15 nowych planet. Przygotowywane są kolejne misje kosmiczne, mające obserwować niebo w poszukiwaniu planet. Głównym celem, dla którego poszukuje się i bada egzoplanety, jest poznanie odpowiedzi na pytanie, czy we Wszechświecie istnieje inteligentne życie poza Ziemią. Do tej pory udało nam się odszukać ledwie kilka planet leżących w tzw. ekosferze, czyli strefie wokół gwiazdy, w której istnieją warunki umożliwiające powstanie życia. Duncan Forgan z Edinburgh University szacuje ilość inteligentnych cywilizacji w naszej galaktyce na tysiące. Czy ma rację? Czas pokaże.

*Małą Deltę przygotował Sebastian MIZERA**

*uczeń, V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie