

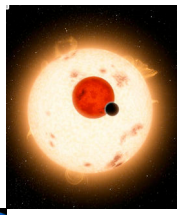
Observatorium paryskie

Grażyna Stasińska

Jean Schneider



Wszehświat w mojej kieszeni

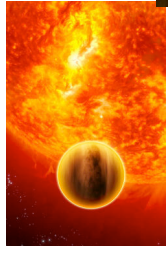


Który z tych obrazów przedstawia planetę Układu Słonecznego?

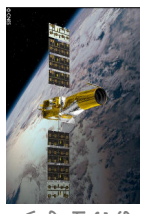
Odpowiedź na odwrocie



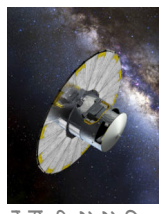
Quiz



Krótką historią odkryć

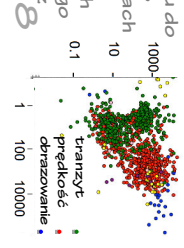


Satelita CoRoT odkrył 36 egzoplanet. 600 kandydatów jest w dalszym ciągu weryfikowanych.

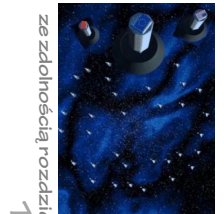


Europejski satelita Gaia, wystrzelony w 2013, będzie działał do 2022 roku. Ma on na celu badać pozycje i ruch ponad miliardów gwiazd z niespotykaną precyzją.

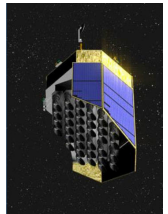
Mały (w odniesieniu do masy Ziemi) Venus dłużej roku (w dniach ziemskich) dla wszystkich znanych egzoplanet do lutego 2019 roku. (dane z exoplanet.eu).



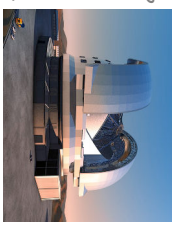
Pierwszą odkrycia egzoplanet dokonano z Ziemi metodą **prędkości radialnej** z wykorzystaniem precyzyjnych spektrografów. W roku 1989 odkryto pierwszą egzoplanetę: HD 114762 b. W 1992 r. odkryto 5 planet wokół pulsara. Od tego czasu liczba wykrytych planet gwałtownie wzrosła. Do 2019 r. przy użyciu tej metody znaleziono ponad 800 planet i 600 układów wielo-planetarnych. W 2006 r. uruchomiono satelitę ESA CoRoT, a w 2009 r. Kosmiczny Teleskop NASA Kepler. Oba zaoszczędziły **metodę tranzytową**, CoRoT jako pierwszy wykrył skalistą planetę, Kepler odkrył tysiące planet. 90 planet znaleziono metodą **mikro-soczewkowania**, a 100 przez **bezsposrednie obrazowanie** z Ziemi. Gaia wykona **astrometrię** oraz pomiar **prędkości własnych** dla ponad miliarda gwiazd. Spodziewano się odkrycia tysiąca planet. 9



Przyszły Europejski Teleskop (właż artystyczna). Od 2025 r. będzie obserwował w Chile zbierając 13 razy więcej światła, niż największe obecnie działające teleskopy. Jego zdjęć będą 16-krotnie ostrzejsze niż te wykonane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a.



Przyszły Europejski Teleskop (właż artystyczna). Od 2025 r. będzie obserwował w Chile zbierając 13 razy więcej światła, niż największe obecnie działające teleskopy. Jego zdjęć będą 16-krotnie ostrzejsze niż te wykonane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a.



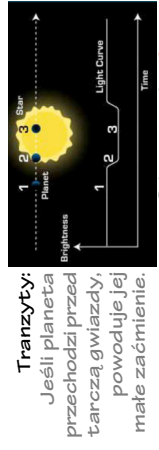
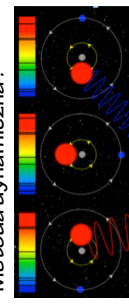
Projekt hiperteleskopu autorstwa A. Labeyrie. Planowanego ogromnego interferometru kosmicznego, do wykorzystania kartografii egzoplanet ze zdolnością rozdzielczą 100 m.

Do wykrycia pierwszych egzoplanet wykorzystano wpływ jaki ma planeta na jej gwiazdę (zobacz stronę obok), umożliwiając oszacowanie wielu własności planetarnych. • **Metoda dynamiczna**, przez pomiar różnic **prędkości radialnych** gwiazdy, pozwala nam oszacować rozmiar i ekscentryczność orbity, okres obiegu oraz dolną granicę na masę planety. Prawdziwą wartość masy oraz orientację orbity otrzymujemy przez obserwację zmian w pozycji gwiazdy w stosunku do pobliskich gwiazd (**astrometria**). • Dzięki metodzie **tranzytu** uzyskujemy rozmiar planety z głębokości krzywej światła podczas zaćnienia oraz okres rewolucji od czasu między zaćnieniami. • Z **mikro-soczewkowania** otrzymujemy masę planety i jej odległość do gwiazdy. 5

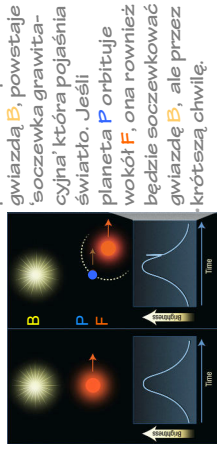
Przyszłość

W ciągu następných 10 lat teleskopy o średnicy od 30 do 40 m będą działać z Ziemi w celu wykrycia egzoplanet metodą obrazowania oraz prędkości radialnych gwiazd. Teleskopy satelitarne, np. Cheops, JWST, Plato i Ariel, będą uruchomione by wykrywać planety metodą tranzytową. JWST wykona również bezpośrednie obrazowanie. Wielkie teleskopy kosmiczne o średnicy od 8 do 18 m (LUVOIR, Habex) są projektowane w NASA, abyśmy do 2050 roku mogli wykryć oznaki życia na powierzchni egzoplanet. W dalszej przyszłości, ogromne interferometry kosmiczne wykonają szczegółowe mapy planet. I być może do najbliższych egzoplanet zostaną wysłane międzygwiazdowe sondy, aby robić zdjęcia w zblizeniu. Inżynierzy pracują już nad napędem umożliwiającym osiągnięcie tak dalekich celów. 13

Metoda dynamiczna: Planeta i gwiazda obiegają wspólny środek ciężkości. Ruch gwiazdy wokół środka ciężkości jest obserwowany jako przesunięcie linii w jej widmie (zobacz TUIMPY 2 oraz 10).



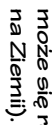
Gdy gwiazda F



Mikrosoczewkowanie: przechodzi przed gwiazdą B, powstaje 'soczewka grawitacyjna', która pojaśnia światło. Jeśli planeta P orbituje wokół F, ona również będzie soczewkować gwiazdę B, ale przez krótszą chwilę.



By dowiedzieć się więcej o tej serii jak i odwiedzić tematycznie tej książeczki zobacz: <http://www.tump.org>
 Na język polski przetłumaczyła: Anna Wójtcowicz



Po co szukać egzoplanet?
 W naszej galaktyce istnieje około 100,000,000,000 gwiazd. Jakiej ilości egzoplanet - planet poza Układem Słonecznym - się spodziewamy? Dlaczego niektóre gwiazdy otoczone są przez planety? Jak różnicowane mogą być systemy planetarne? Czy ta różnorodność może nam coś powiedzieć o procesach ich formowania? Są to pytania, które przyświecają badaniom egzoplanet. Na niektórych z egzoplanet mogą występować niezbadane warunki fizyczne (t.j. ilość i typ światła gwiazdy, temperatura, skład atmosfery) do wystąpienia złożonych związków organicznych i być może wykształcenia życia (które może się różnić od tego, które znamy na Ziemi!).



Dwie planety wokół gwiazdy HR 8799, odkryte w 2008 przy wykorzystaniu spektroskopii podczerwonym teleskopu North Gemini na Hawajach. Sekwencja zdjęć z teleskopu ESO Very Large Telescope w Chile. Ukazuje ruch planety Beta Pictoris b obiegającej jej gwiazdę. Autor: Lagrange i inni



Pierwszy obraz egzoplanety, wykonany teleskopem ESO VLT w 2004 roku. Obiega ona 'brązowego karta', 2M1207, słabą gwiazdę o niewielkiej masie, tu pokazana na biało. Autor: Chauvin i inni

Wizja artystyczna planety Keplera-10b obiegającej układ dwóch gwiazd.

Wizja artystyczna egzoplanety, która została odkryta w 1989 roku.

Wizja artystyczna HD 114762 b, pierwszej egzoplanety, która została odkryta w 1989 roku.

Wizja artystyczna gwiazdy czerwonej 51 Pegasi b, na której rok trwa jedynie 4 dni.

Zdjęcie Jowisza wykonane przez orbiter Juno i przetworzony przez Davida Marriotta. NASA/JPL-Caltech / SWRI / MSSS / Marriot

Wizja artystyczna gwiazdy czerwonej 51 Pegasi b, na której rok trwa jedynie 4 dni.

Wizja artystyczna gwiazdy czerwonej 51 Pegasi b, na której rok trwa jedynie 4 dni.

Wizja artystyczna gwiazdy czerwonej 51 Pegasi b, na której rok trwa jedynie 4 dni.

Rysunek przedstawiający "mnogość światów" w wyobraźni francuskiego pisarza Fontenelle w 1686. Kolorowa wersja ryciny z książki wydanej w 1888 roku przez Camille Flammarion. Przedstawia odkrywającego imy świat. Pierwsza próba detekcji planet wokół innych gwiazd została podjęta przez astronoma w latach 1930, ale aż do roku 1989 były to tylko fałszywe alarmy.



Ideę istnienia 'innych światów' poza Układem Słonecznym zosugerował grecki filozof Epikur 2 300 lat temu. Z kolei w roku 1584 filozof Giordano Bruno argumentował, że gwiazdy są słońcami, takimi jak nasze. W wieku XVII-tych i XVIII-tych, wielu uczonych i filozofów, takich jak Charles Huygens, i Immanuel Kant, w dalszym ciągu rozwijał ideę istnienia innych światów.

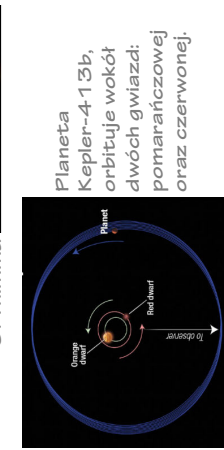
Różnorodność światów

Do 2019, ponad 4000 planet zostało potwierdzonych, a kolejne 3000 oczekuje na potwierdzenie. Wiele osobliwych planet zostało odkrytych, jakich nie można spotkać w Układzie Słonecznym:

- Planety o temperaturach przekraczających 1000 °C, które obiegają swoją gwiazdę w ciągu zaledwie kilku dni (dla porównania Ziemi zajmuje to rok)
- Planety parujące
- Planety dwukrotnie większe od Ziemi, tzw. Super-Ziemi, z ekstremalnymi porami roku (-100 °C zimą, +100 °C latem).
- Planety o dwóch słońcach
- Systemy planet ciasno ułożonych przy swoim słońcu.



Planeta Kepler-432b, której orbita wydużona bardzo skutkuje ekstremalnymi porami roku - wizja artystyczna G. Thimma



Planeta Kepler-413b, orbituje wokół dwóch gwiazd: pomarańczowej oraz czerwonej.

Bezpośrednie metody wykrycia

Bezpośrednia detekcja egzoplanet jest trudna, gdyż planety są ciemne i znajdują się bardzo blisko ich gwiazd, która jest co najmniej 10 milionów razy jaśniejsza. Dlatego należy starannie zamaskować gwiazdę techniką zwaną koronografią. Bezpośrednia detekcja, jeśli jest możliwa, jest bardzo owocna, gdyż za pomocą kilku obrazków możemy oszacować jej pełną orbitę. Spektroskopia planety ujawnia molekularny skład atmosfery, a także jej klimat i pogodę. Monitorowanie fotometryczne planety daje jej okres rotacji, czyli długość dnia. Jedną z mas i rozmiarów planety można uzyskać tylko metodami pośrednimi.