

Wszechświat w mojej kieszeni



# Egzoplanety



Jean Schneider  
Grażyna Stasińska

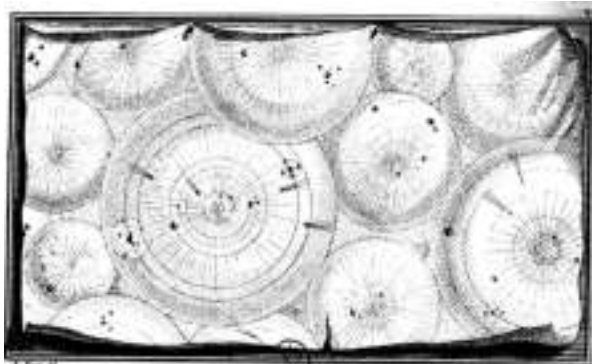
Obserwatorium paryskie

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-tym i XVIII-tym, wielu uczonych i filozofów, takich jak Charles Huygens i Immanuel Kant, w dalszym ciągu rozwijali ideę istnienia innych światów.

Rysunek przedstawiający "mnogość światów" w wyobrażeniu francuzkiego pisarza Fontenelle w 1686.



Kolorowa wersja ryciny z książki wydanej w 1888 roku przez Camille Flammarion. Przedstawia pielgrzymą odkrywającego inny świat.



Pierwsza próba detekcji planet wokół innych gwiazd została podjęta przez astronomów w latach 1930, ale aż do roku 1989 były to tylko fałszywe alarmy.

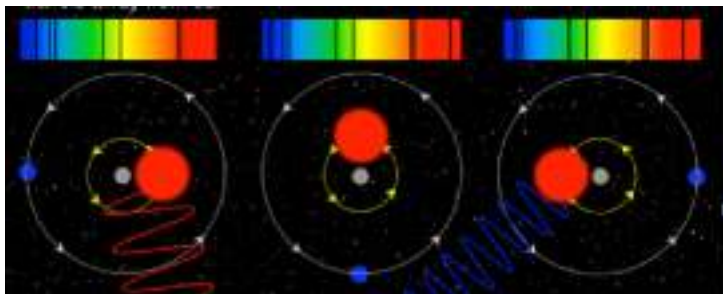
# Po co szukać egzoplanet ?

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 zróżnicowane 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 niezbędne 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).

## Metoda dynamiczna :

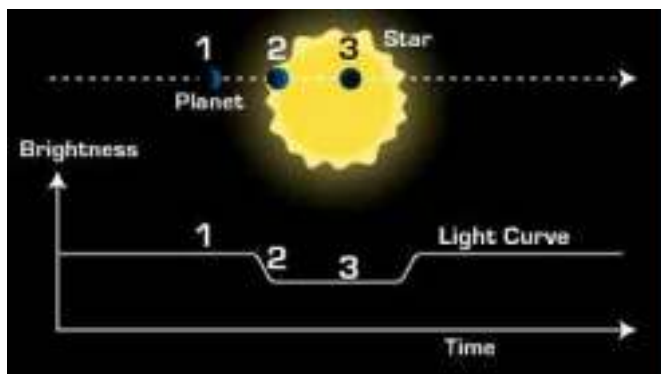
Planeta i gwiazda obiegają wspólny środek ciężkości.



Ruch gwiazdy wokół środka ciężkości jest obserwowany jako przesunięcie linii w jej widmie (zobacz TUIMPy 2 oraz 10).

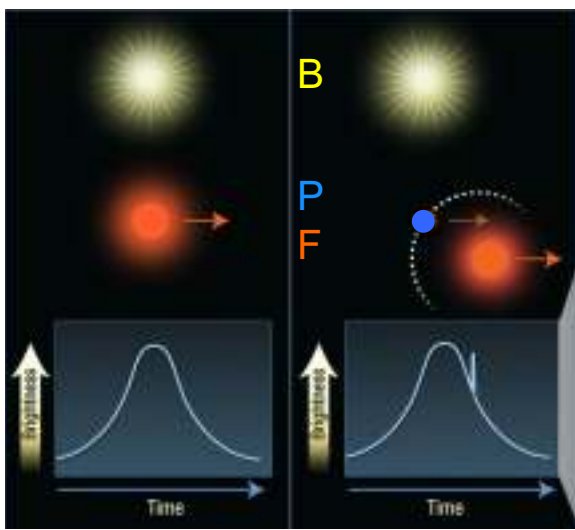
## Tranzyty:

Jeśli planeta przechodzi przed tarczą gwiazdy, powoduje jej małe zaćmienie.



Gdy gwiazda **F** 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.

## Mikrosoczewkowanie:



# Pośrednie metody wykrycia

Do wykrycia pierwszych egzoplanet wykorzystano wpływ jaki ma planeta na jej gwiazdę (zobacz stronę obok), umożliwiając oszacowanie wielu własności planetarnych.

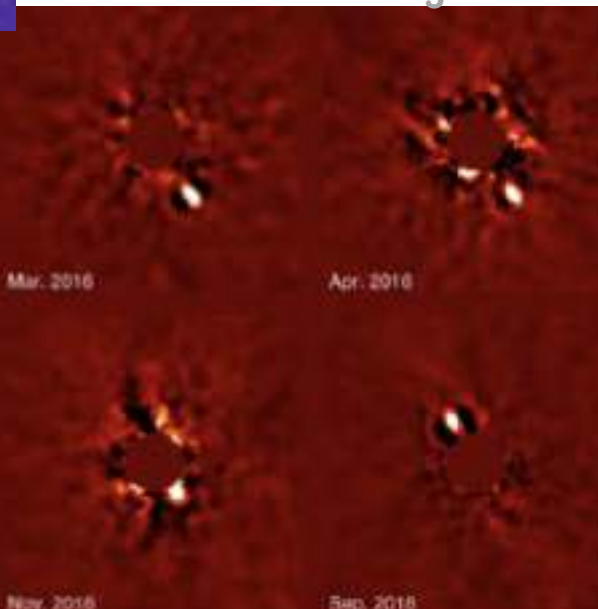
- **Metoda dynamiczna**, przez pomiar różnicy **prędkości radialnych** gwiazdy, pozwala nam oszacować rozmiar i ekcentryczność orbity, okres obiegu oraz dolną granicę na masę planety. Prawdziwą wartość masy oraz orientację orbity otrzymujemy przez obserwacje zmiany pozycji gwiazdy w stosunku do pobliskich gwiazd (**astrometria**).
- Dzięki metodzie **tranzytu** uzyskujemy rozmiar planety z głębokości krzywej światła podczas zaćmienia oraz okres rewolucji od czasu między zaćmieniami.
- Z **mikrosoczewkowania** otrzymujemy masę planety i jej odległość do gwiazdy.



Dwie planety wokół gwiazdy HR 8799, odkryte w 2008 przy wykorzystaniu koronografu w świetle podczerwonym teleskopu North Gemini na Hawajach.

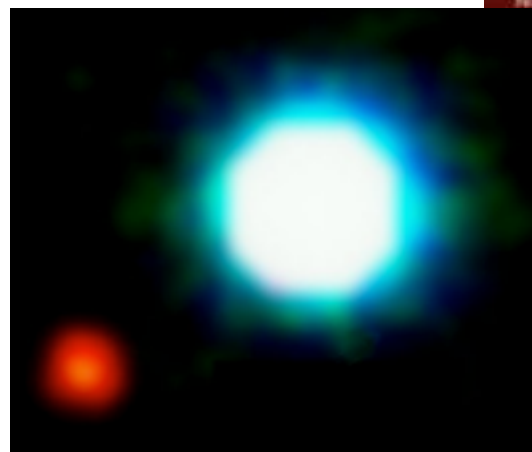
Sekwencja zdjęć z teleskopu ESO Very Large Telescope w Chile. Ukazuje ruch planety Beta Pictoris b obiegającej jej gwiazdę.

Autor: Lagrange i



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

6 Autor: Chauvin i inni



# Bezpośrednie metody wykrycia

Bezpośrednia detekcja egzoplanet jest trudna, gdyż planety są ciemne i znajdują się bardzo blisko ich gwiazdy, 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.

Jednakże masy i rozmiary planety można uzyskać tylko metodami pośrednimi.

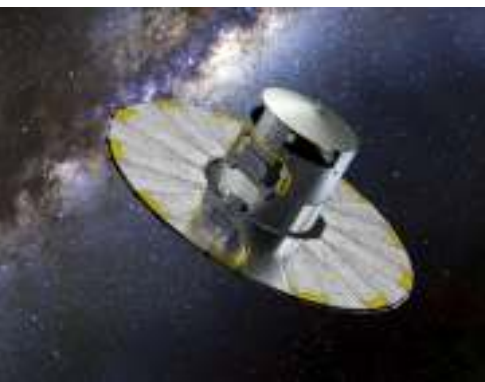
Satelita CoRoT odkrył 36 egzoplanet. 600 kandydatów jest w dalszym ciągu weryfikowanych.



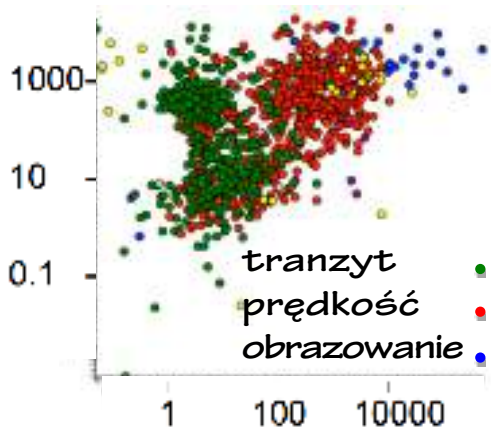
W ramach misji Kepler zaobserwowano 530,000 gwiazd. Znalaziono jak dotąd 2500. Kolejne 2500 kandydatów oczekuje na analizę.



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



Masy (w odniesieniu do masy Ziemi) versus długość roku (w dniach ziemskich) dla wszystkich znanych egzoplanet do lutego 2019 roku. (dane z [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu)).





## Krótką historia odkryć

Pierwsze 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 3 planety 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 zastosowały **metodę tranzytową**. CoRoT jako pierwszy wykrył skalistą planetę. Kepler odkrył tysiące planet.

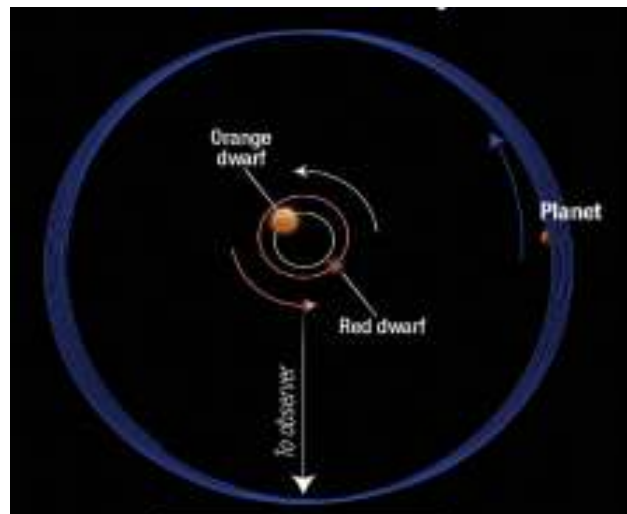
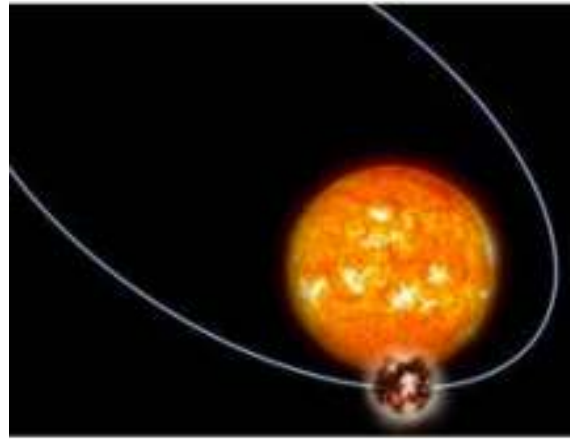
90 planet znaleziono metodą **mikrosoczewkowania**, a 100 przez **bezpośrednie obrazowanie** z Ziemi.

Gaia wykona **astrometrię** oraz pomiary **prędkości własnych** dla ponad miliarda gwiazd. Spodziewano się odkrycia tysiąca planet.



Wyobrażenie  
(nie w skali)  
bardzo gorącej  
Super-Ziemi  
CoRoT-7 b

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



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

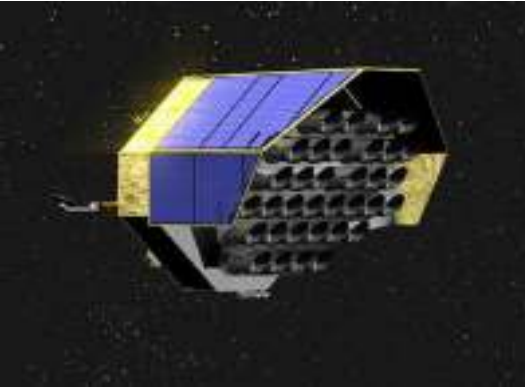
# Różnorodność światów

Do 2019, ponad 4000 planet zostało potwierdzonych, a kolejne 3000 oczekuje na potwierdzenie.

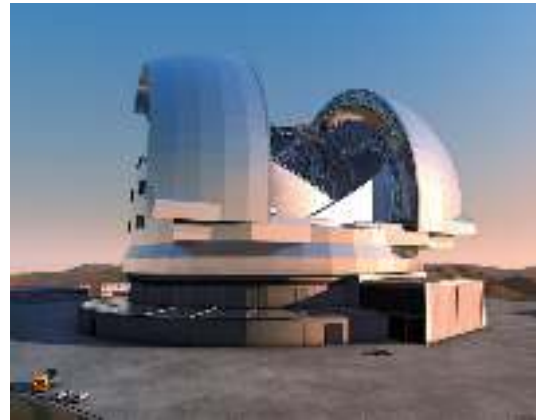
Wiele osobliwych planet zostało odkrytych, jakich nie można spotkać w Układzie Słonecznym:

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

Plato, przyszły europejski łowca egzoplanet, planowany na 2026 r. Ma on za zadanie obserwować setki gwiazd w poszukiwaniu planet poprzez metodę tranzytów.



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



Projekt hiperteleoskopu autorstwa A. Labeyrie. Planowanego, ogromnego interferometru kosmicznego, do wykonywania kartografii egzoplanet



ze zdolnością rozdzielczą 100 m.

# Przyszłość

W ciągu następnych 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 18m (LUVOIR, Habex) są projektowane w NASA, abyśmy do 2050 roku mogli wykryć oznaki życia na powierzchni egzoplanet.

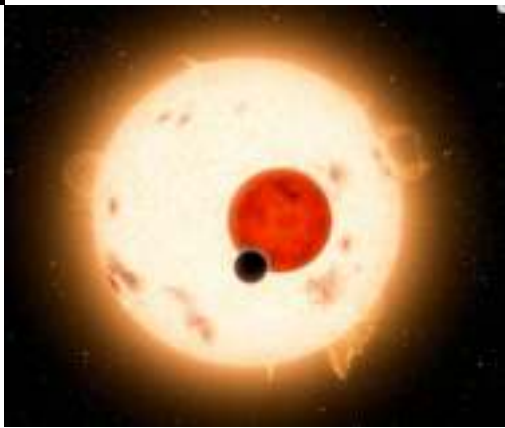
W dalszej przyszłości, ogromne interferometry kosmiczne wykonają szczegółowe mapy planet. I być może do najbliższych egzoplanet zostaną wysłane międzygwiazdowe sondy, aby robić zdjęcia w zbliżeniu. Inżynierzy pracują już nad napędem umożliwiającym osiągnięcie tak dalekich celów. 13

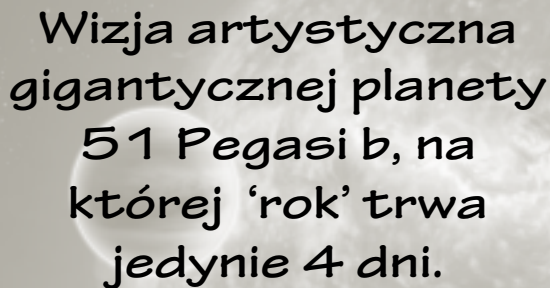


# Quiz

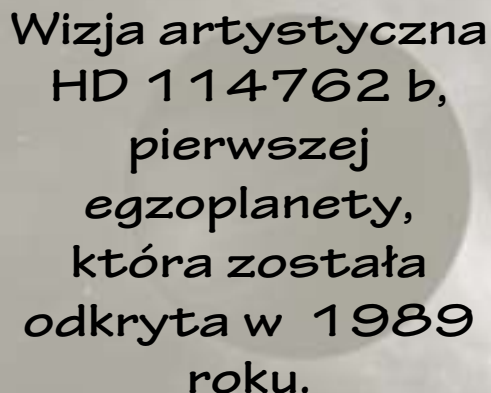
Który z tych obrazów przedstawia planetę Układu Słonecznego?

Odpowiedź na  
odwrocie

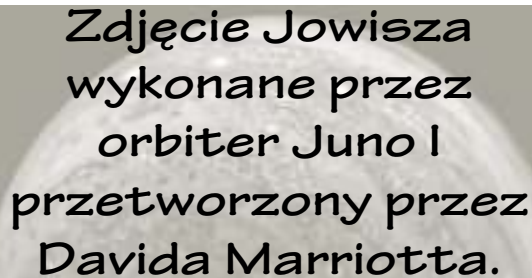




Wizja artystyczna  
gigantycznej planety  
51 Pegasi b, na  
której 'rok' trwa  
jedynie 4 dni.




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



Zdjęcie Jowisza  
wykonane przez  
orbiter Juno I  
przetworzony przez  
Davida Marriotta.

NASA / JPL-Caltech / SwRI /  
MSSS / Marriott



Wizja  
artystyczna  
planety Kepler-  
16b obiegającej  
układ dwóch  
gwiazd.

## Wszechświat w mojej kieszeni Nr 8

Książeczka ta została napisana przez w 2019 roku przez Jean Schneider i Grażynę Stasińską z Obserwatorium paryskiego (Francja).

Okładka: Obraz ilustruje ideę możliwości istnienia wielu i bardzo zróżnicowanych światów skalistych we Wszechświecie (prawa: JPL). Wszystkie obrazy planet i satelit przedstawione w tej książeczce są wyobrażeniami artystycznymi . Prawa autorskie: NASA, ESA i ESO.



By dowiedzieć się więcej o tej serii jak i również o tematyce tej książeczki zobacz:

<http://www.tuimp.org>

Na język polski przełożyła:  
Anna Wójtowicz

TUIMP Creative Commons

