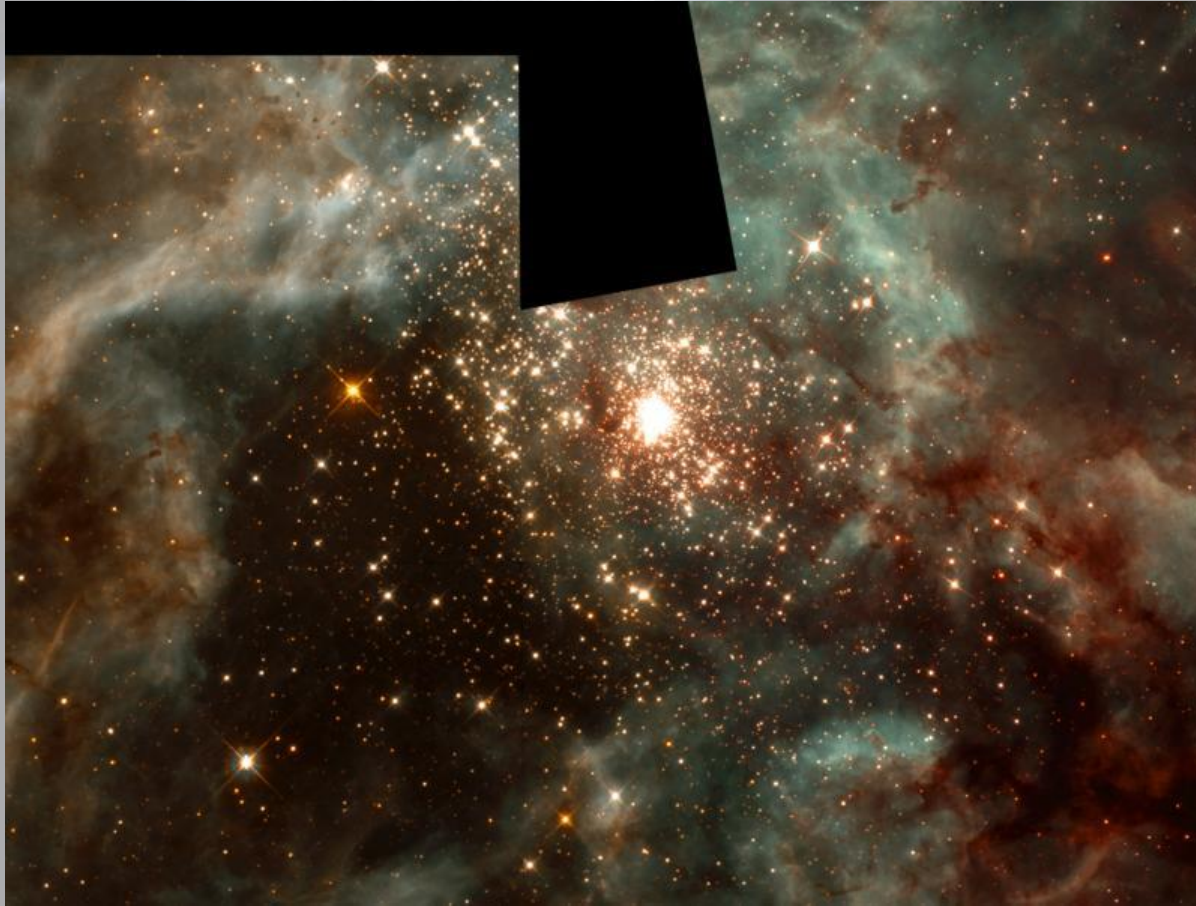


Pozasłoneczne układy planetarne

A large, cratered planet, likely an exoplanet, is shown in the foreground, partially illuminated by a bright star in the background. The planet's surface is dark and heavily cratered, with a prominent bright spot near the horizon. The star is a bright orange-red color, creating a lens flare effect. The background is a dark, star-filled space.

Tomasz Mrozek
Instytut Astronomiczny UWr
Zakład Fizyki Słońca CBK PAN

Gwiazdy rodzą się



Materia międzygwiazdowa

Składa się z gazu i pyłu

Typowa gęstość to kilka (!) atomów na cm^3

Zasilana przez gwiazdy (np. wiatr gwiazdowy, wybuchy supernowych)

W odpowiednio gęstym i masywnym obłoku materii międzygwiazdowej powstają nowe gwiazdy

Gwiazdy rodzą się



HST

Gwiazdy rodzą się

Carina Nebula



Hubble
Heritage

NASA, ESA, N. Smith (University of California, Berkeley), and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope ACS/WFC • STScI-PRC07-16a

Gwiazdy rodzą się

Trifid Nebula



Hubble
Heritage

Gwiazdy rodzą się



Gwiazdy rodzą się



W5 Star Formation Region Spitzer Space Telescope • IRAC • MIPS

NASA / JPL-Caltech / L. Allen & X. Koenig (Harvard-Smithsonian CfA)

ssc2008-15a

Aby w obłoku rozpoczęły się procesy gwiazdotwórcze potrzebna jest jego odpowiednia masa.

Jednak obłok nie może zacząć zapadania samoistnie. Potrzebne jest jakieś zaburzenie.



Gwiazdy rodzą się



Galaxy NGC 1097

NASA / JPL-Caltech / The SINGS team (SSC/Caltech)

Spitzer Space Telescope • IRAC

ssc2009-14a

Mogą to być zgęszczenia w obszarach ramion spiralnych

Zderzenia galaktyk też sprzyjają powstawaniu gwiazd

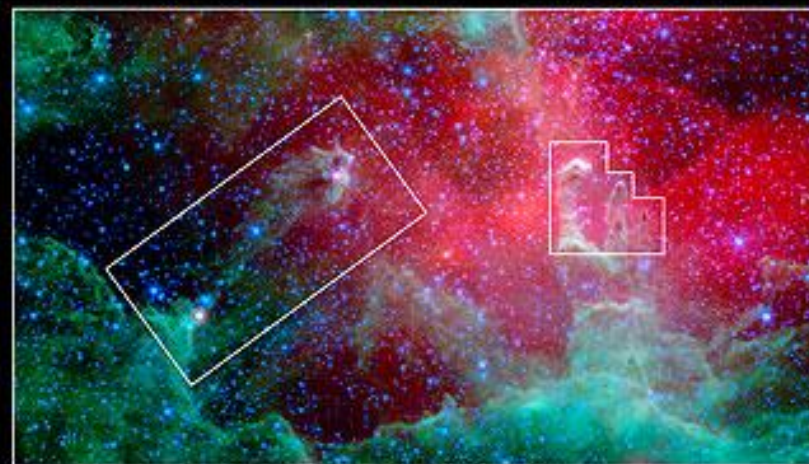


Gwiazdy rodzą się

NGC 4038-4039 • Antennae Galaxies



Hubble
Heritage



Eagle Nebula (M16) Pillars Spitzer Space Telescope • IRAC • MIPS
in Visible and Infrared Hubble Space Telescope (insets)

Gwiazdy rodzą się

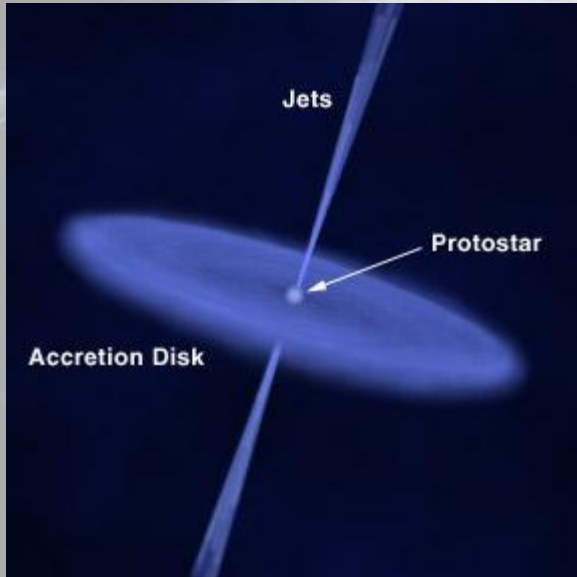


Globule Boka

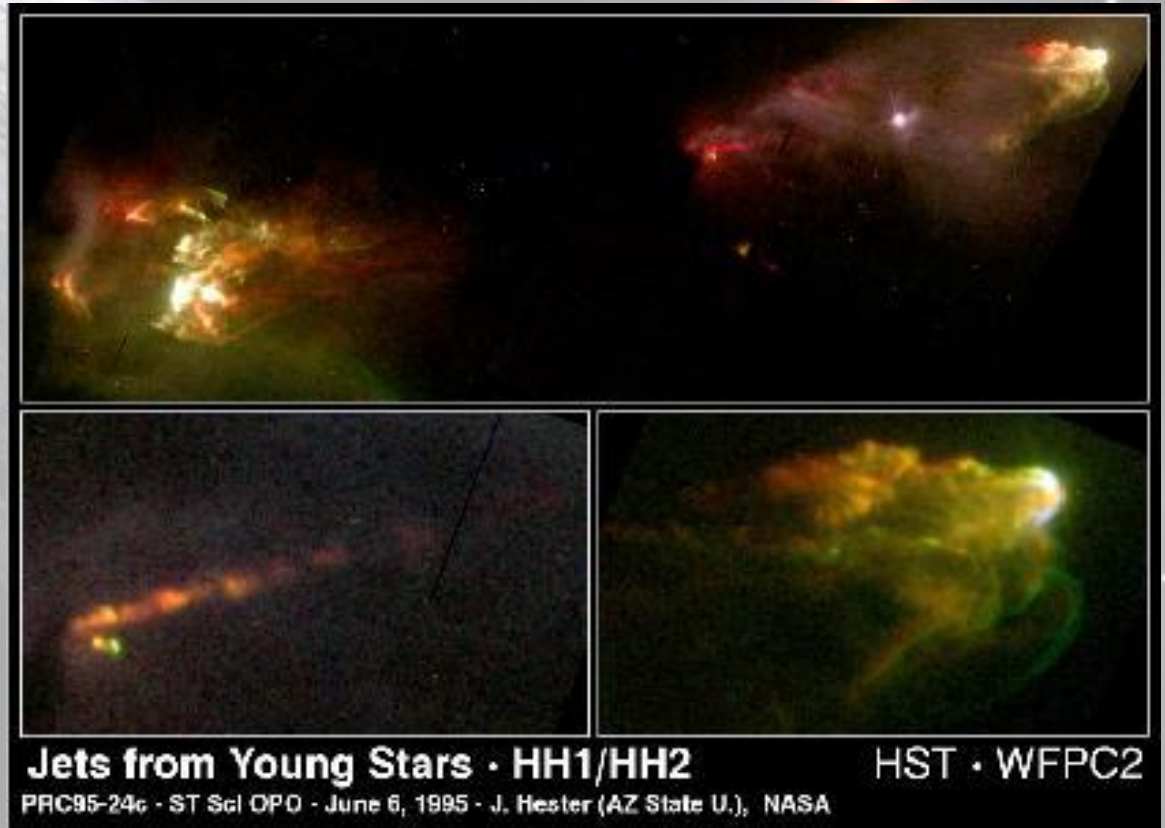
$M = 10-50 M_{\odot}$

$D = 1 \text{ rok } \text{św.}$

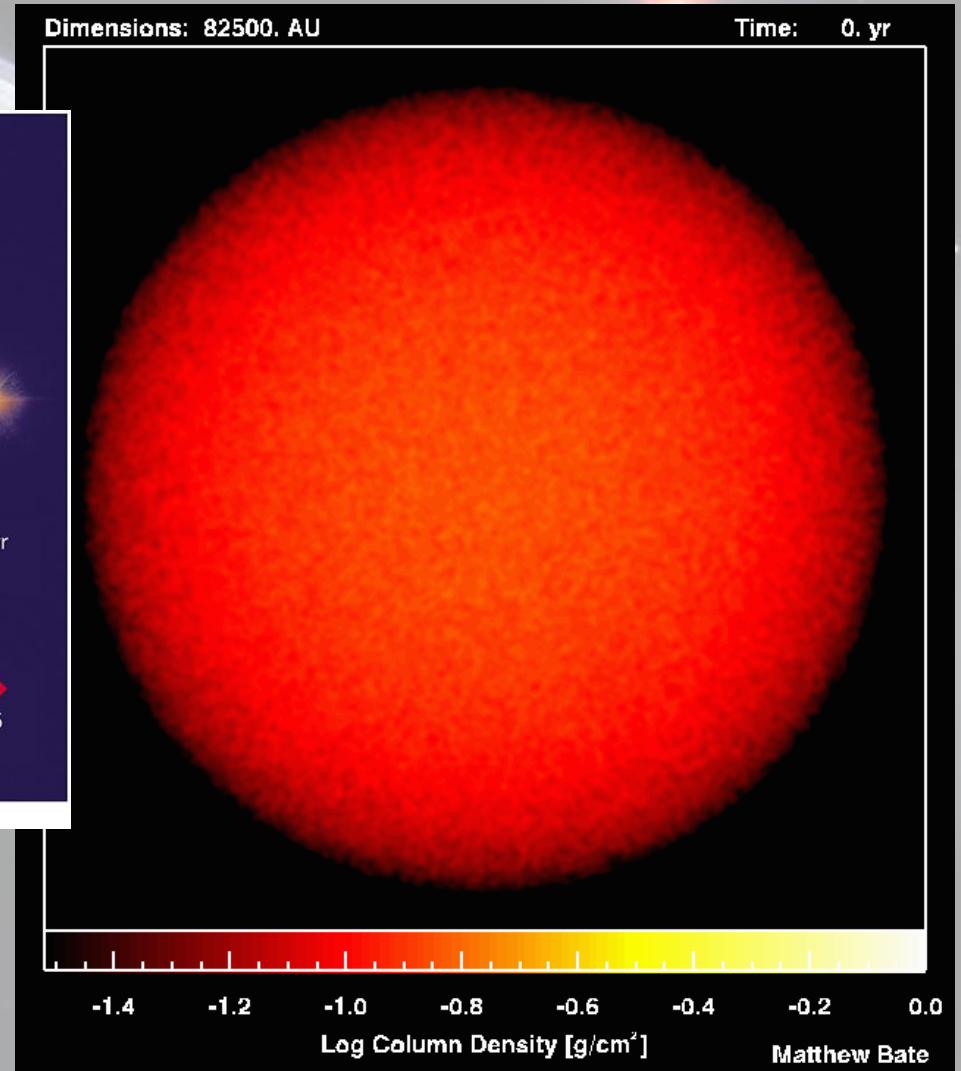
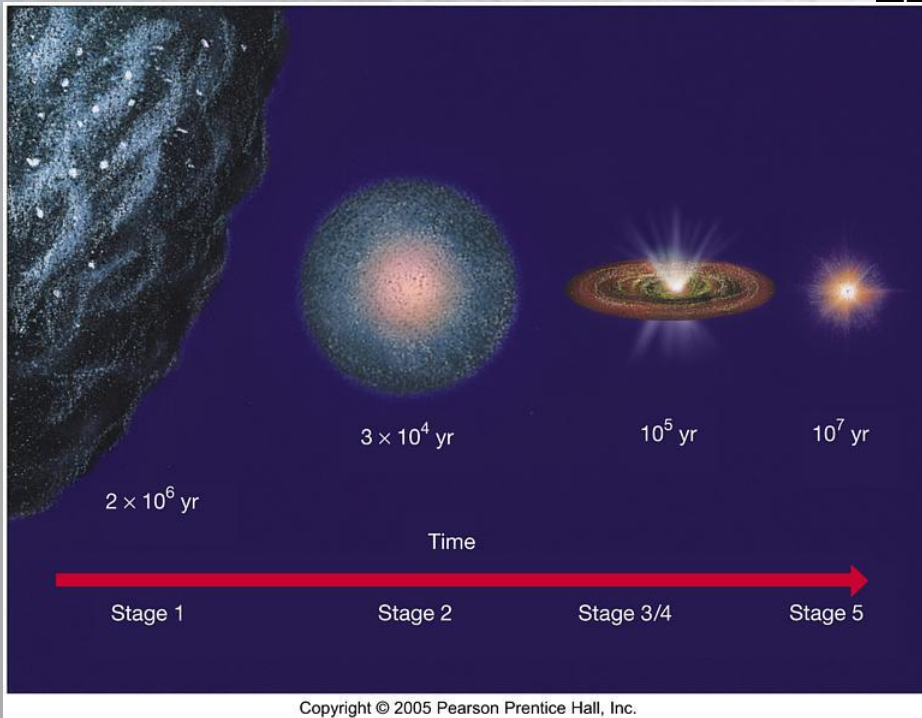
Gwiazdy rodzą się



Z młodą gwiazdą związane są charakterystyczne struktury – strugi (dżety) cząstek. Podobne są także obserwowane w okolicach pulsarów, galaktyk aktywnych



Gwiazdy rodzą się



Wokół młodej gwiazdy znajduje się sporo materii, która tworzy dysk protoplanetarny

Dysk protoplanetarny - model

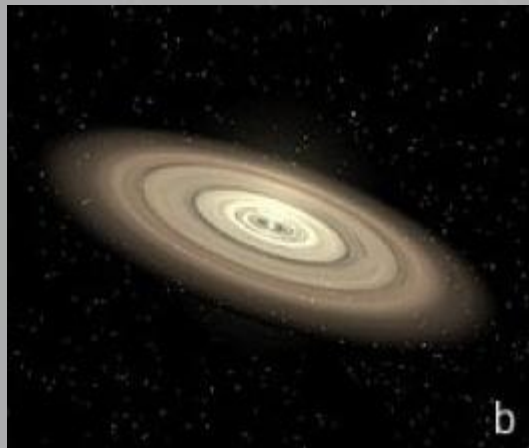
10 000 lat



100 000 000 lat



100 000 lat



światło zodiakalne

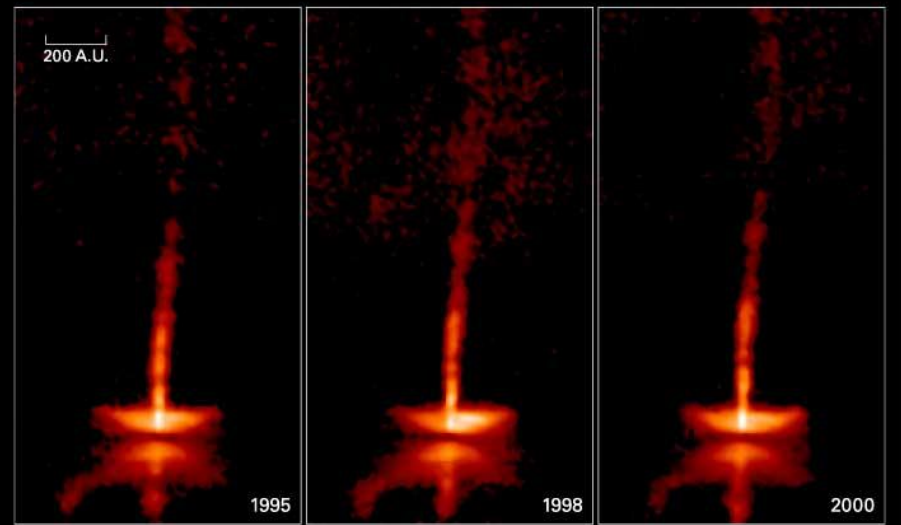
Dysk protoplanetarny - obserwacje



**Protoplanetary Disks
Orion Nebula**

HST • WFPC2

PRC95-45b • ST ScI OPO • November 20, 1995
M. J. McCaughrean (MPIA), C. R. O'Dell (Rice University), NASA

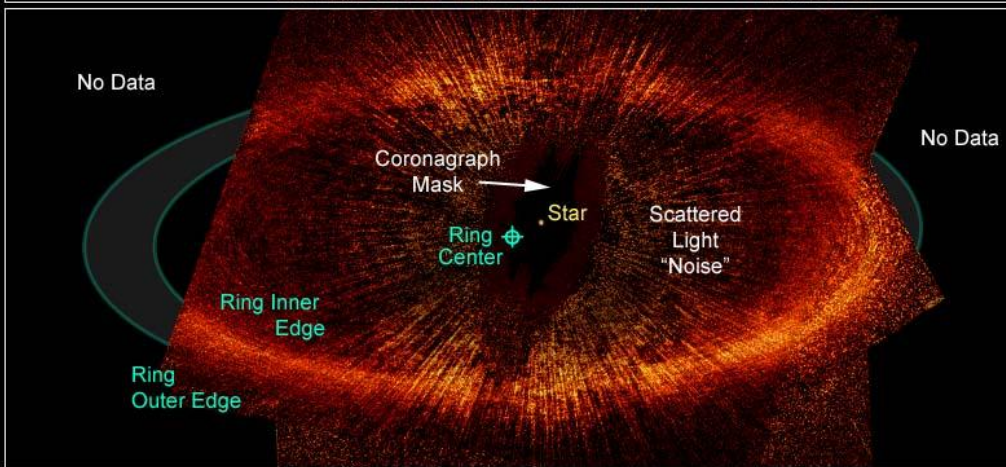


The Dynamic HH 30 Disk and Jet
Hubble Space Telescope • WFPC2

NASA and A. Watson (Instituto de Astronomía, UNAM, Mexico) • STScI-PRC00-32b

Dyski pyłowe - obserwacje

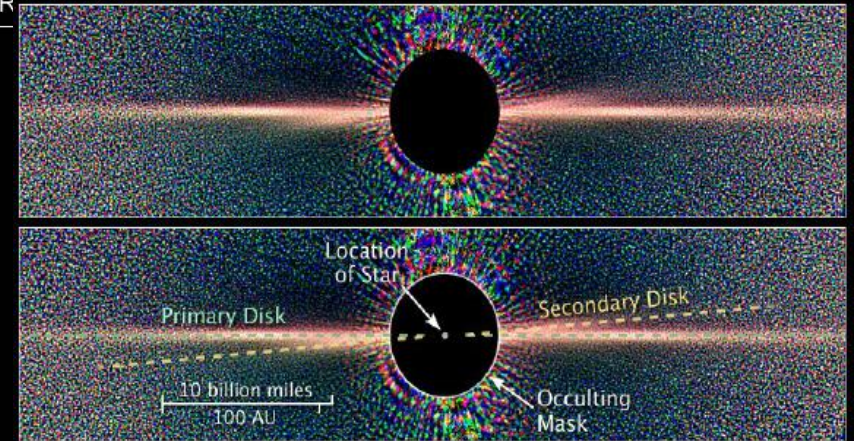
Fomalhaut Debris Ring *Hubble Space Telescope • ACS HR*



NASA, ESA, P. Kalas and J. Graham (University of California, Berkeley) and M. Clampin (NASA/GSFC)

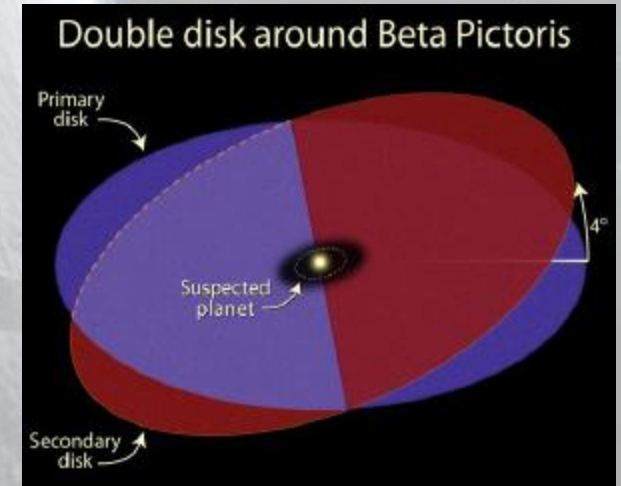
STScI-PRC05-10

Beta Pictoris *Hubble Space Telescope • ACS/HRC*

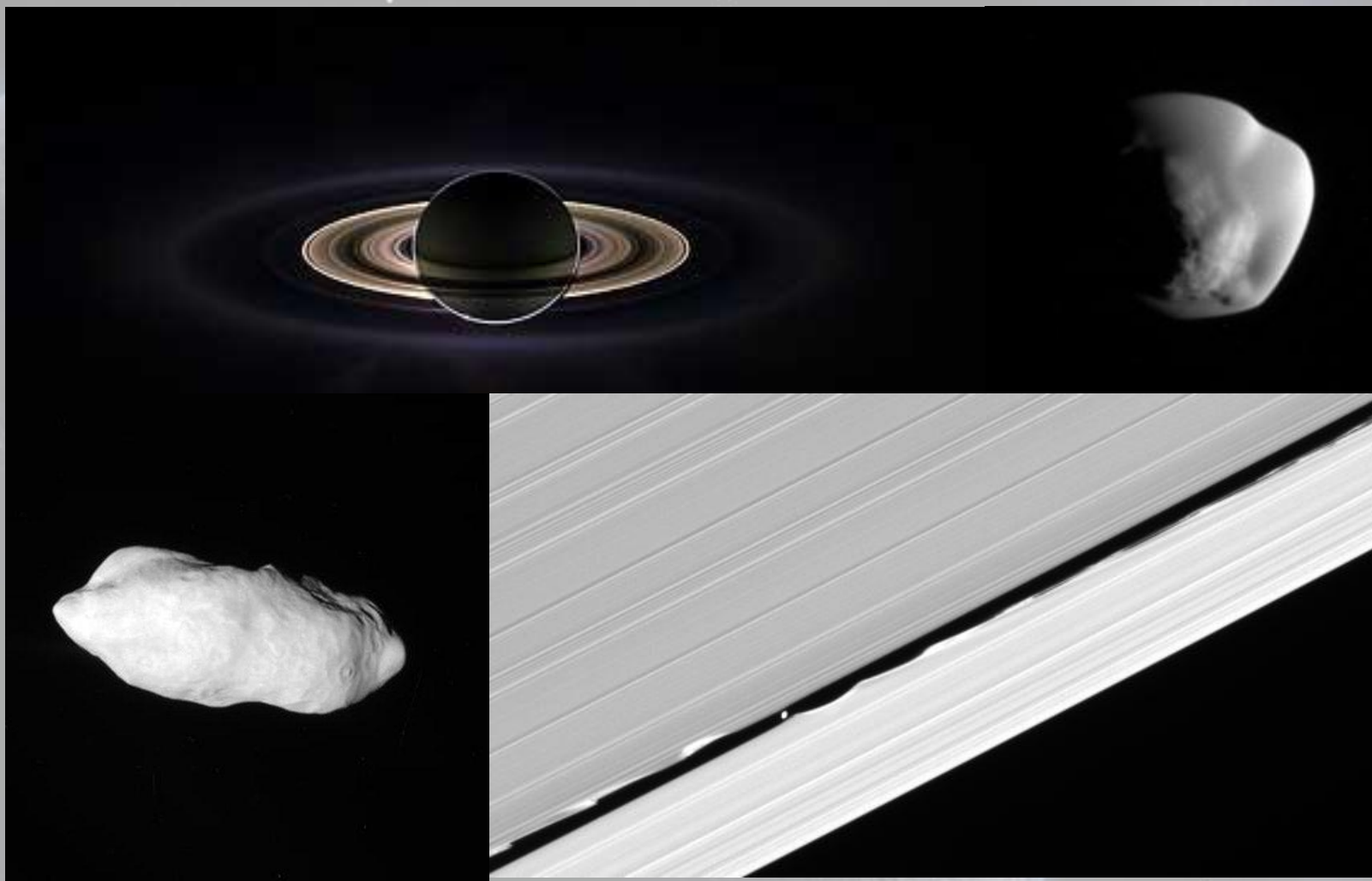


NASA, ESA, and D. Golimowski (Johns Hopkins University)

STScI-PRC06-25



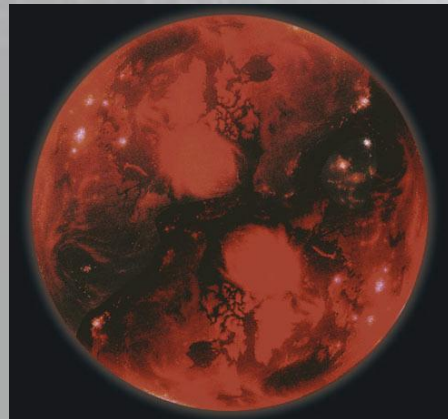
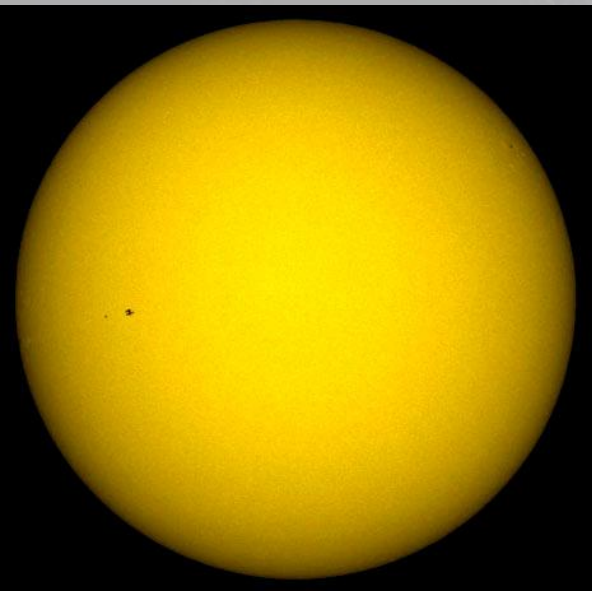
Z pyłu powstają...



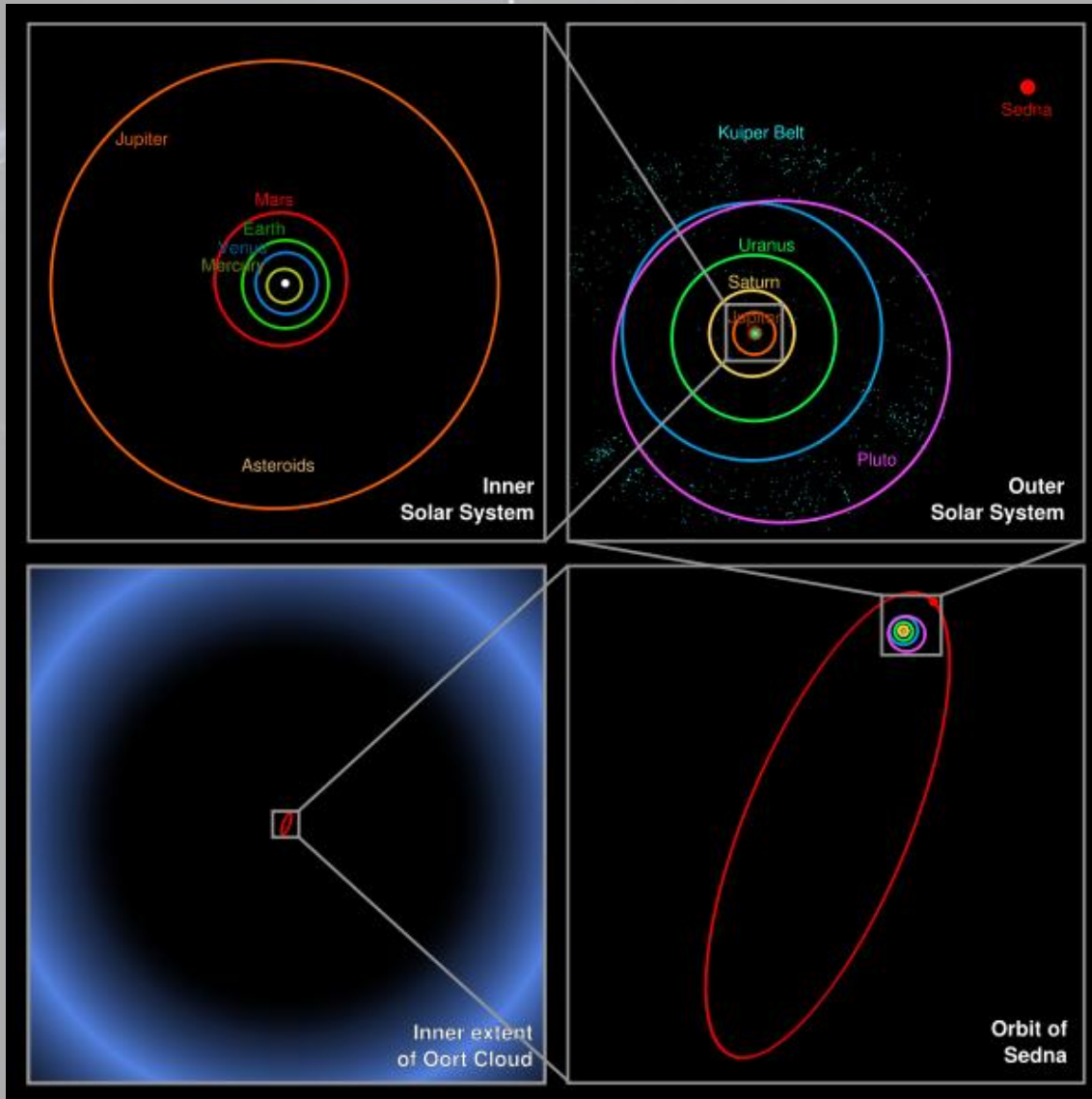
Materia w dyskach pyłowych zaczyna w pewnym momencie tworzyć duże struktury

Kiedy planeta jest planetą?

gwiazdy	{	$>0.08_{\odot} M$ ($80 M_J$) – palenie wodoru
brązowe karły	{	$12 - 80 M_J$ – palenie deuteru
planety	{	$7 - 12 M_J$ – dolna granica dla gwiazd $< 7M_J$ – planety typu jowiszowego, ziemskiego
drobne ciała	{	planety karłowate, planetoidy



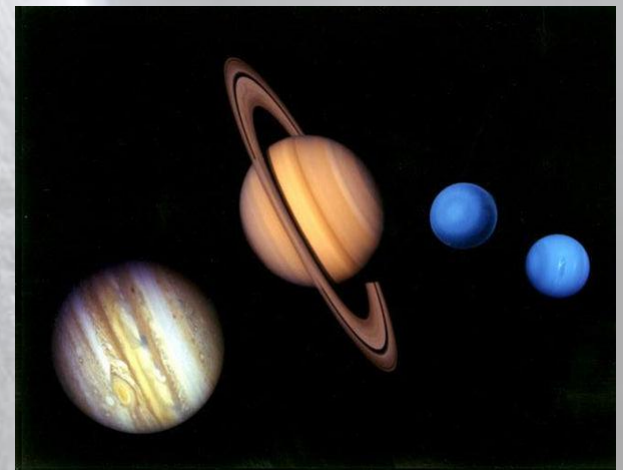
Układ Słoneczny



8 planet (4 typu ziemskiego,
4 gazowe olbrzymy)

Pas planetoid, pas Kuipera

Obłok Oorta?



Skąd wiadomo, że powinny być?



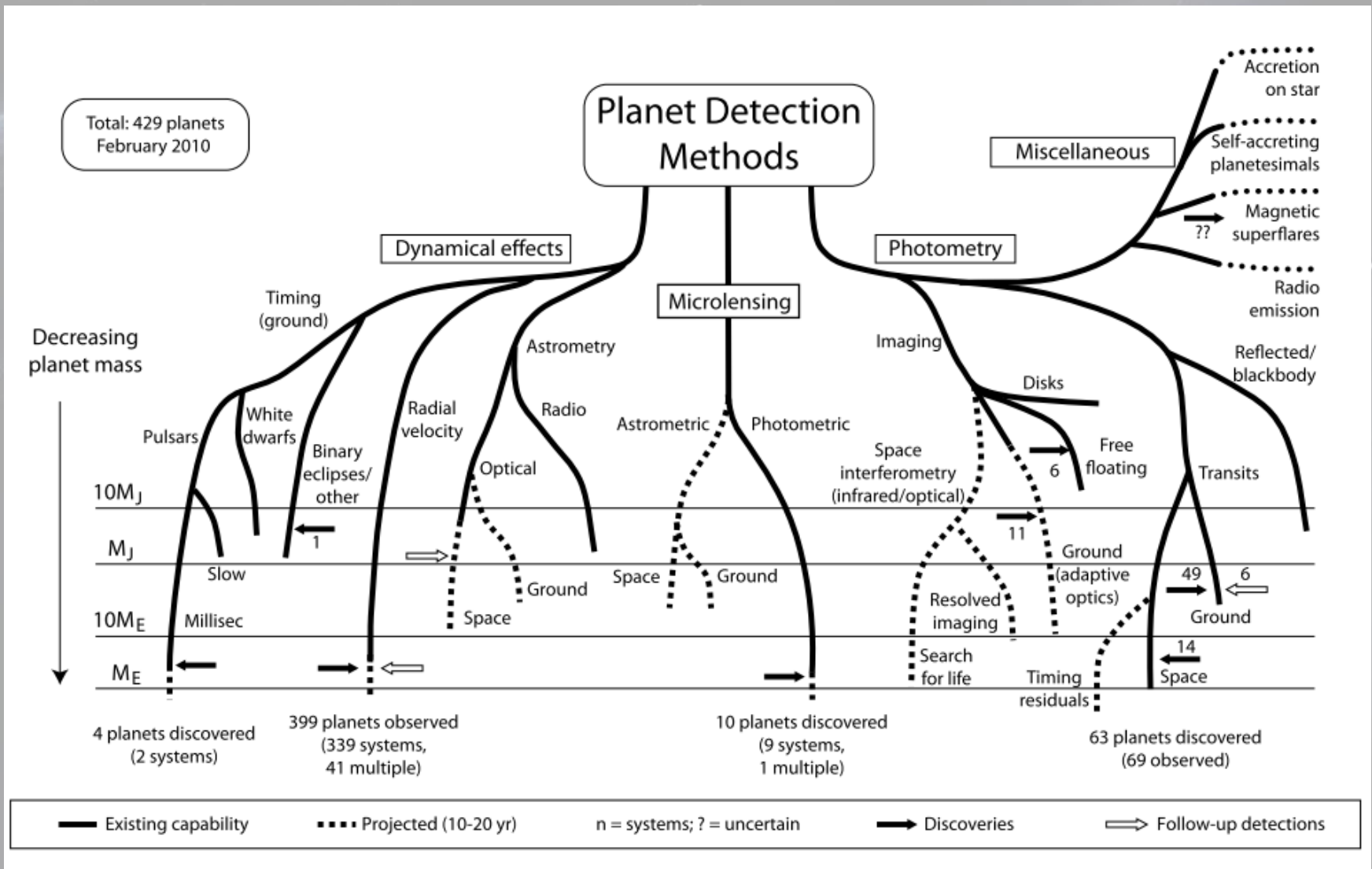
Mikołaj Kopernik 1473 – 1543 r.

Istotą przewrotu kopernikańskiego było to, że Ziemia przestaje być wyróżnionym miejscem we Wszechświecie (zasada kopernikańska).

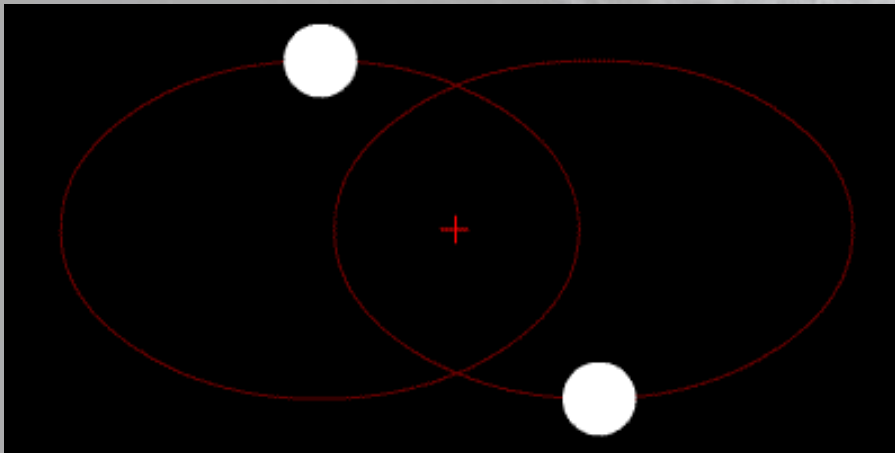
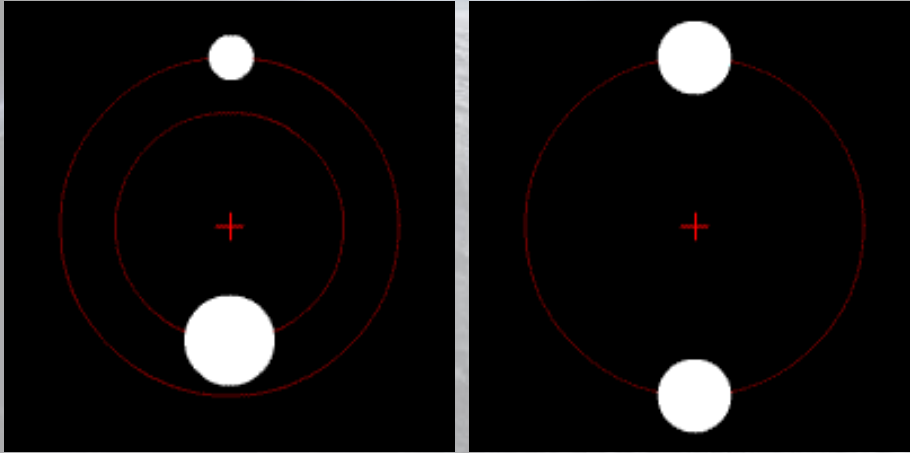
To oznacza, że nasz układ planetarny nie jest czymś niepowtarzalnym we Wszechświecie

Wbrew pozorom to stwierdzenie wymagało wielkiej odwagi i otwartości umysłu. Nawet dziś nie każdy zdaje sobie sprawę z konsekwencji tego stwierdzenia (np. poszukiwanie życia w kosmosie...)

Metody detekcji planet



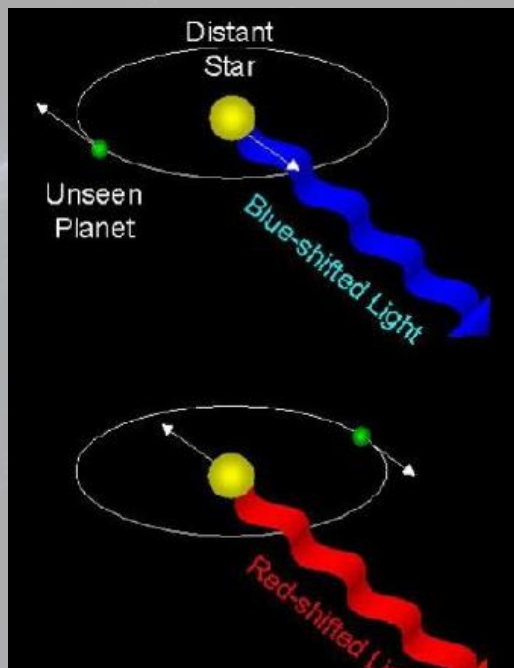
Efekty dynamiczne



- Observacje pulsarów
- Astrometria
- Pomiary prędkości radialnej



Zmiany prędkości radialnej

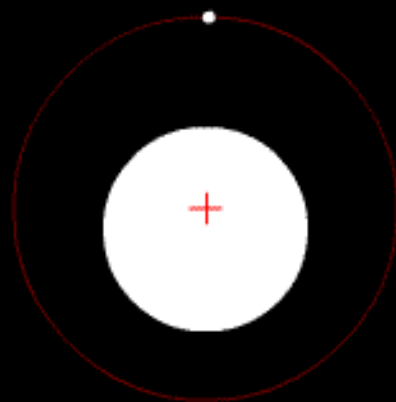


Przesunięcia linii widmowych potrafimy mierzyć z bardzo dużą precyzją (odpowiadające prędkości gwiazdy rzędu 1 m/s)

Bardzo efektywna metoda

Sz szczególnie użyteczna przy odkrywaniu tzw. gorących Jowiszów

Nie pozwala wyznaczyć dokładnych parametrów orbity. Stąd potrzeba uzupełniania obserwacji przy pomocy innych metod.



UNSHIFTED

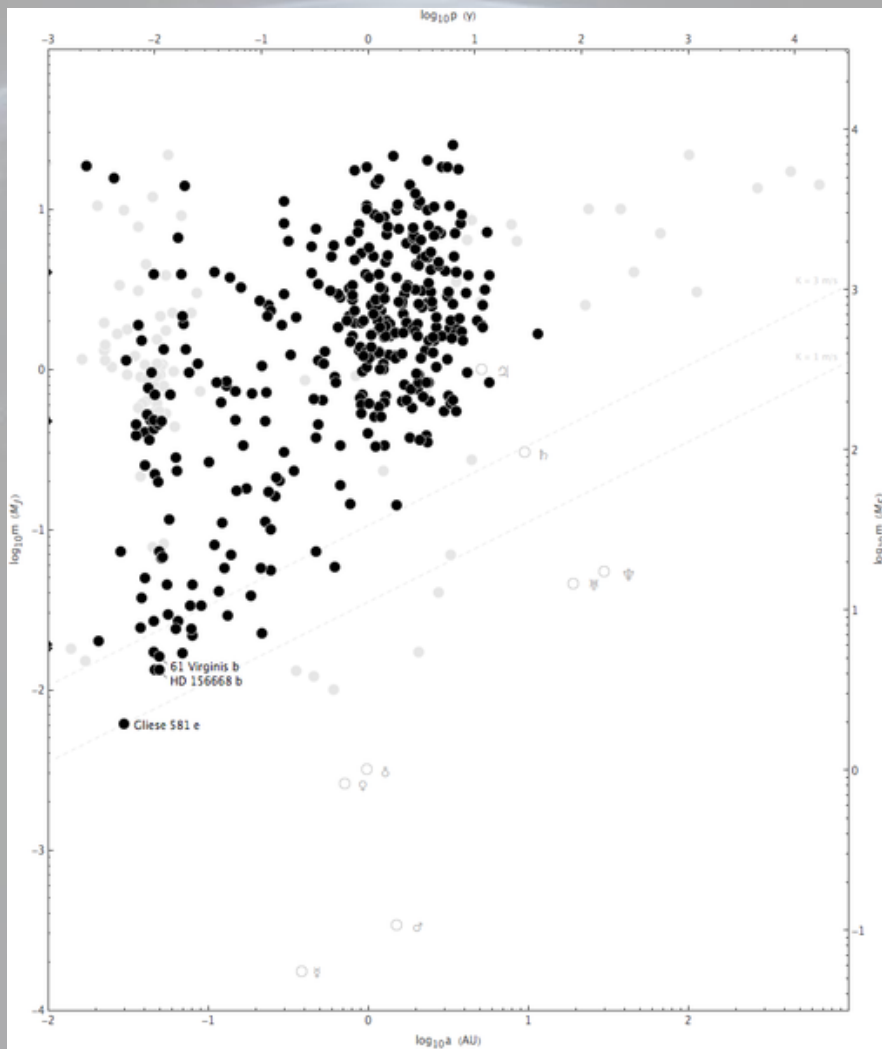


REDSHIFTED



BLUESHIFTED

Zmiany prędkości radialnej



Teleskopy Kecka
Mauna Kea



High Accuracy Radial Velocity
Planet Searcher
(HARPS)

La Silla



The HARPS Spectrograph and the 3.6m Telescope

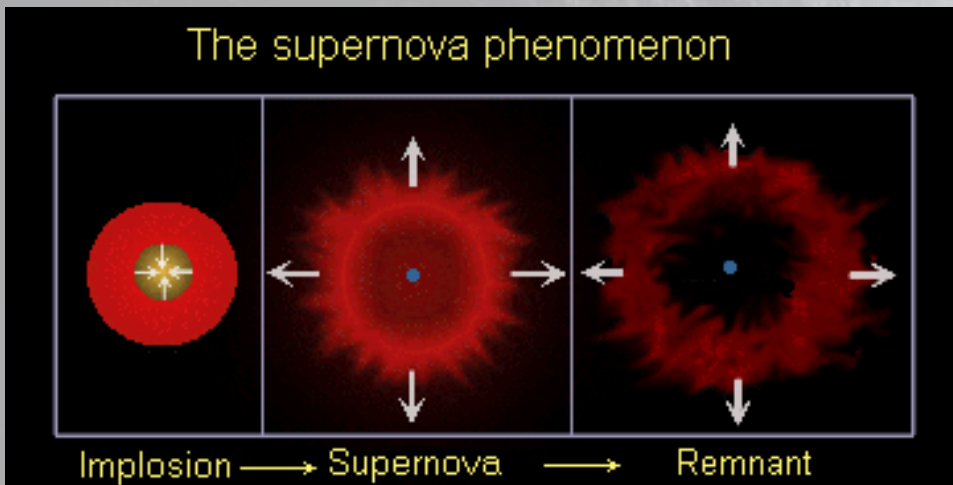
Obserwacje pulsarów



supernowa 1994D w galaktyce NGC 4526

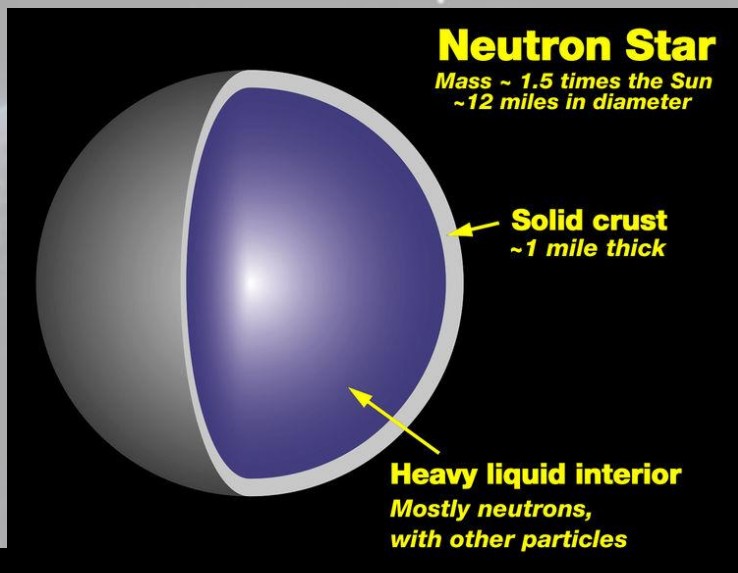


The supernova phenomenon



Gwiazdy neutronowe postają podczas wybuchu supernowych

Obserwacje pulsarów



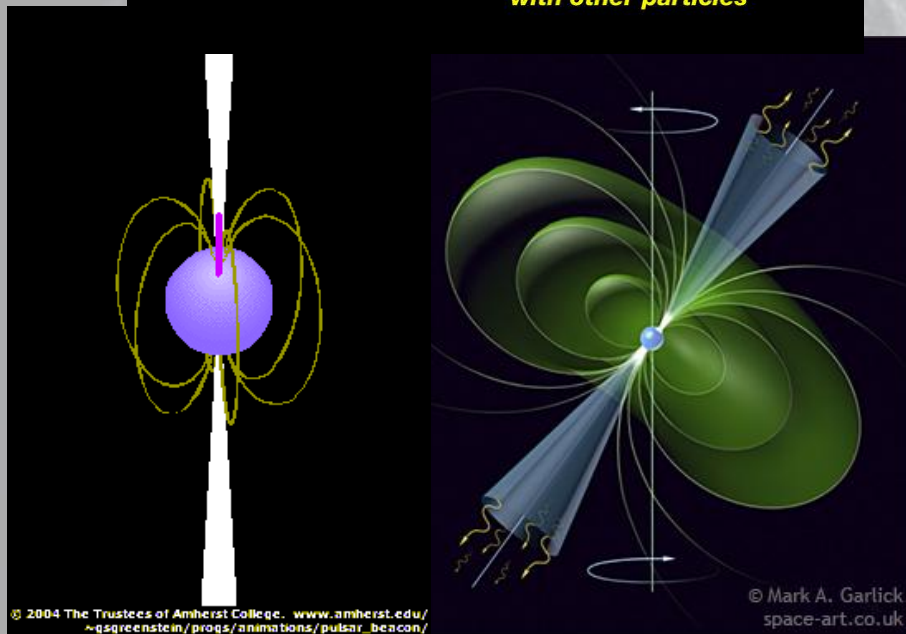
Pole magnetyczne gwiazdy neutronowej jest bardzo dobrym akceleratorem cząstek.

Cząstki rozpędzone do ogromnych prędkości zderzają się z zewnętrznymi warstwami gwiazdy neutronowej w okolicach biegunów magnetycznych.

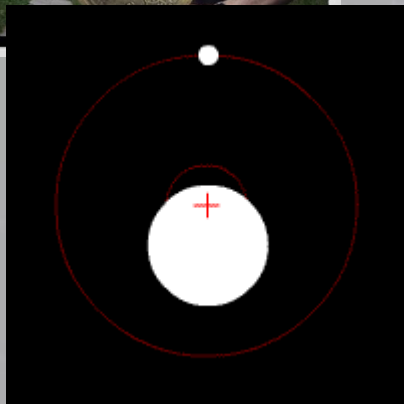
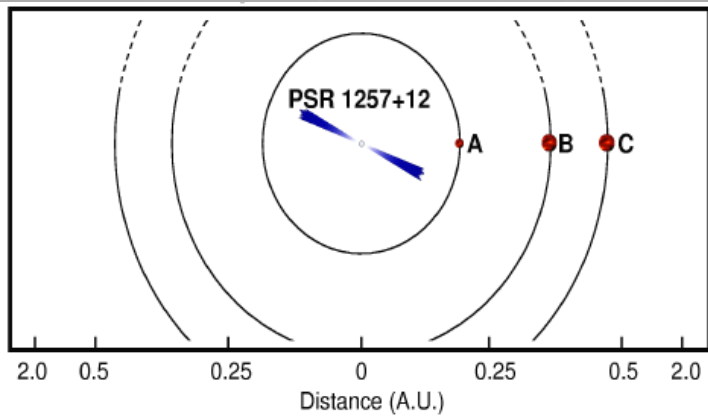
W wyniku zderzeń produkowane jest promieniowanie, które możemy rejestrować.

Po raz pierwszy dokonała tego Jocelyn Bell w 1967 roku.

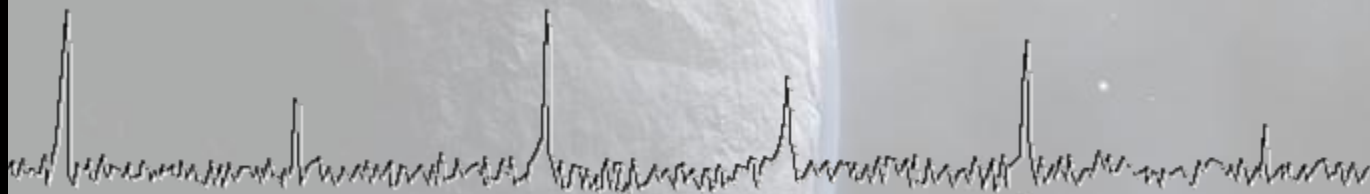
Pulsy są wysyłane z olbrzymią regularnością



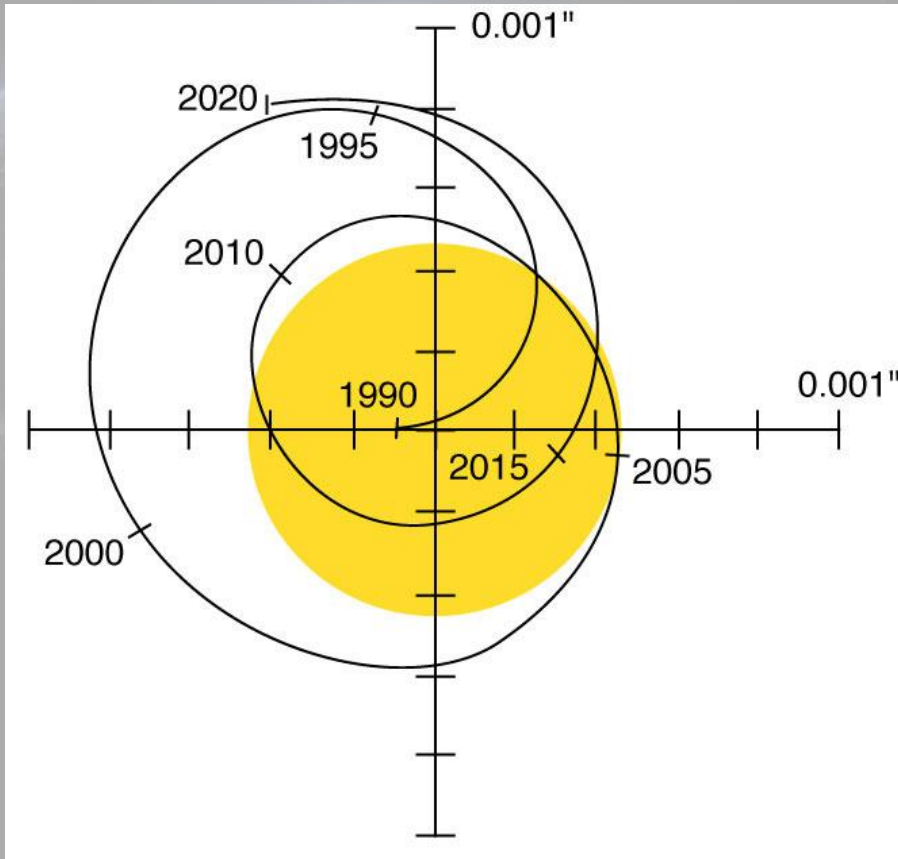
Planety Wolszczana



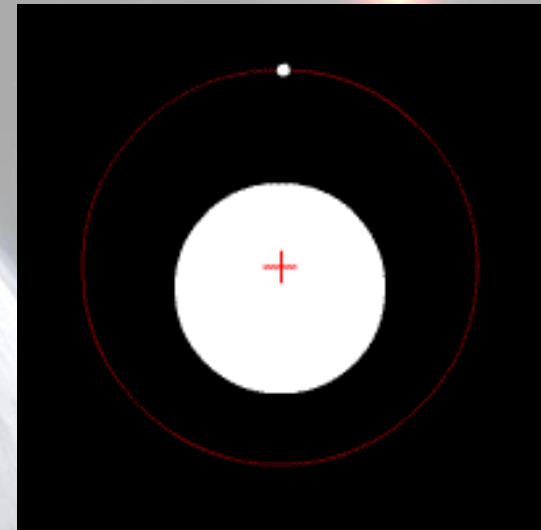
planeta	masa	Wielka pólność (j.a.)	Okres orbitalny (dni)	mimośród
A	$0.020 \pm 0.002 M_{\oplus}$	0.19	25.262 ± 0.003	0.0
B	$4.3 \pm 0.2 M_{\oplus}$	0.36	66.5419 ± 0.0001	0.0186 ± 0.0002
C	$3.9 \pm 0.2 M_{\oplus}$	0.46	98.2114 ± 0.0002	0.0252 ± 0.0002



Astrometria



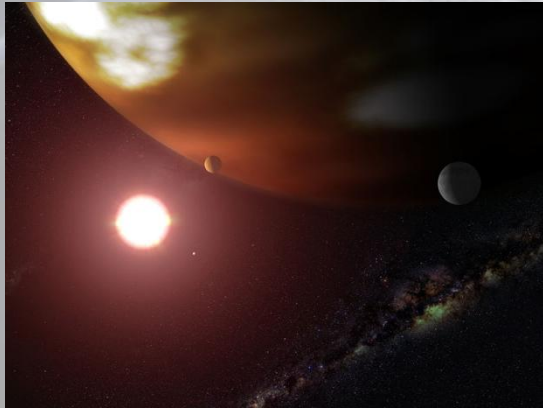
Zmiany położenia Słońca w ciągu 45 lat wywołane przez Jowisza – tak byłyby widziane z odległości 33 lat świetlnych



Wymaga ogromnej precyzji pomiarów

Lepsza do wyszukiwania obiektów o dużych orbitach

Astrometria

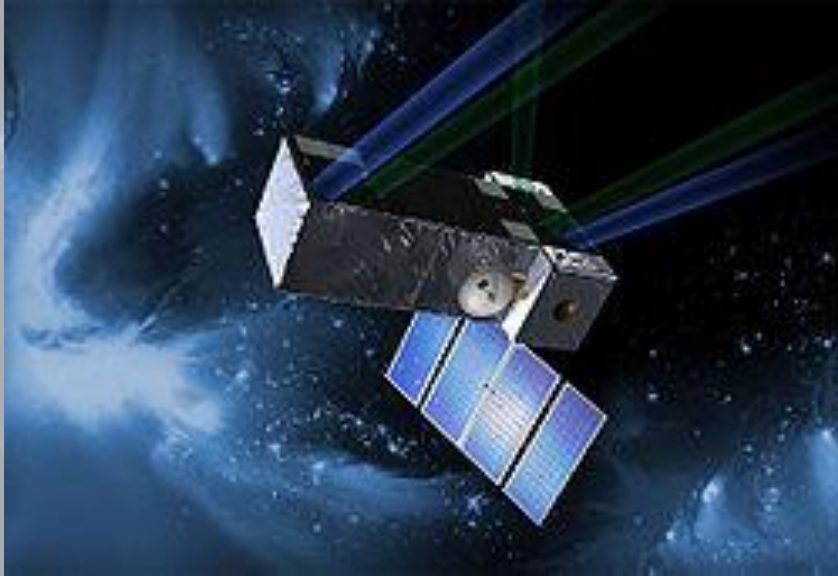


Gliese 876

planeta	masa	Wielka półość (j.a.)	Okres orbitalny	mimośród
d	$6.3 M_{\oplus}$	0.021	1.93785 ± 0.00002	0.139 ± 0.032
c	$0.83 M_J$	0.132	30.258 ± 0.009	0.266 ± 0.003
b	$2.64 M_J$	0.211	61.067	0.029 ± 0.001

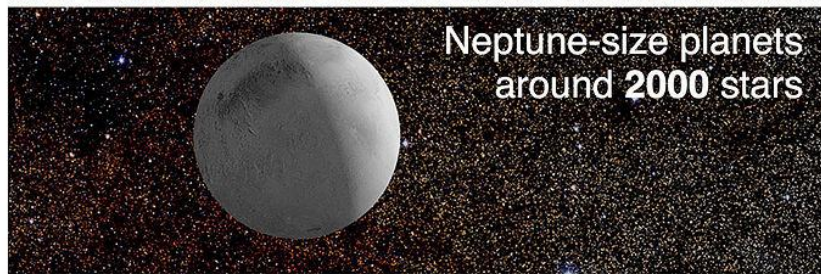
W tym wypadku obserwacje astrometryczne wykonane przy użyciu teleskopu Hubble'a pozwoliły wyznaczyć dokładne parametry orbit planet.

Astrometria



2016-2017 r. Space Interferometry Mission

Dwa lustra (50 cm) oddalone o 6 metrów

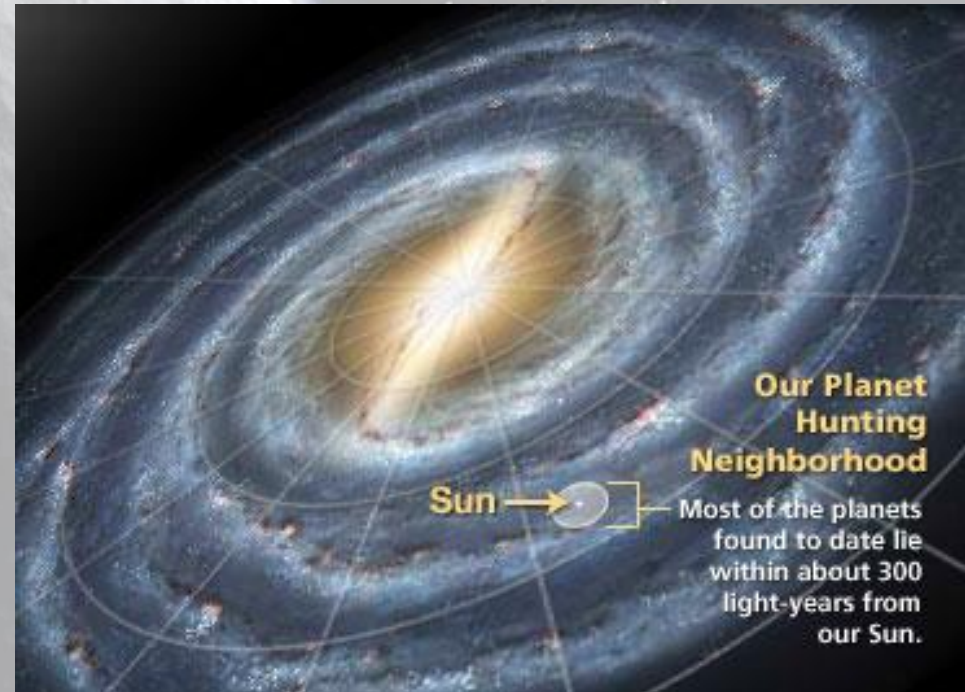


Neptune-size planets
around **2000** stars



Earth-size planets
around **60** stars

Number of terrestrial planets assumes 40% of mission time.

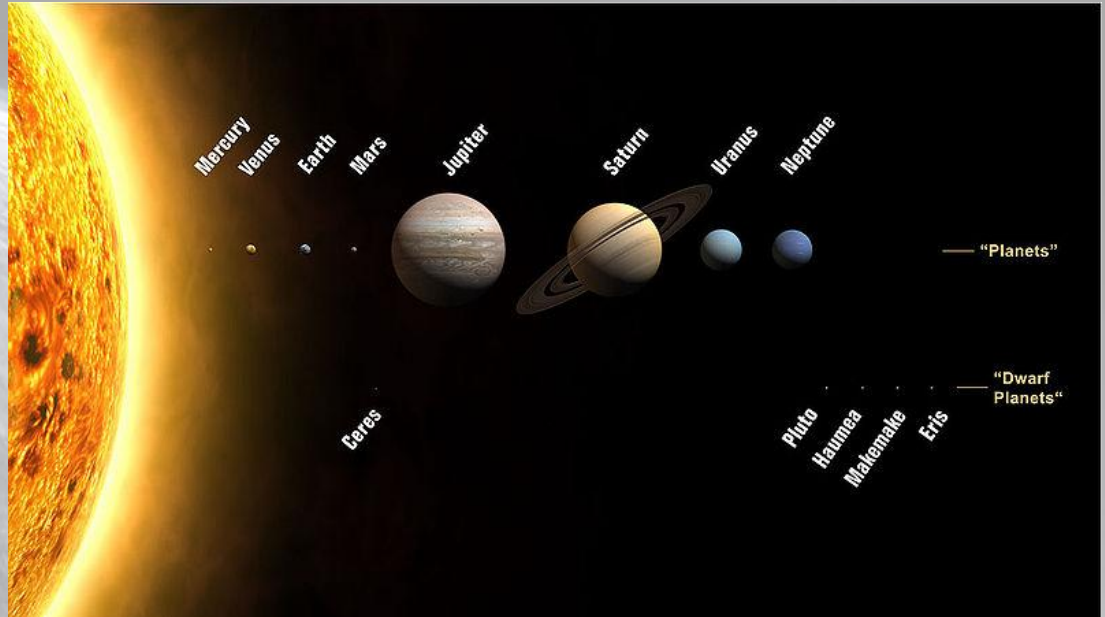


**Our Planet
Hunting
Neighborhood**

Sun →

Most of the planets
found to date lie
within about 300
light-years from
our Sun.

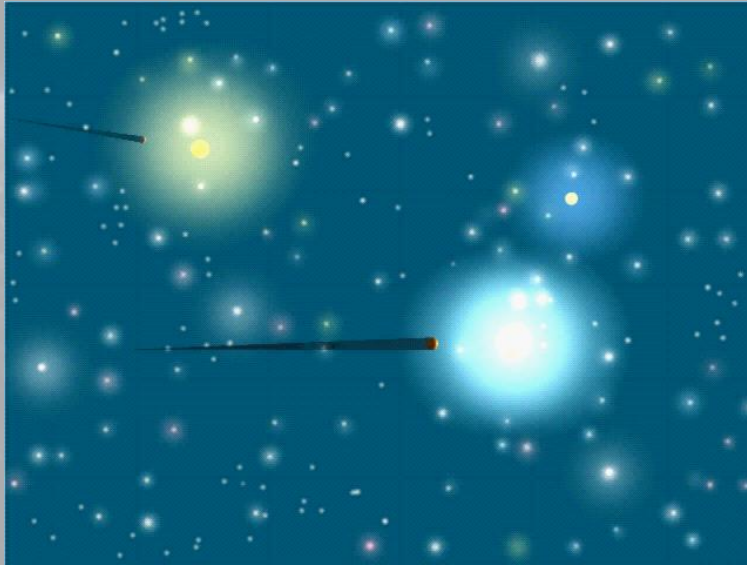
Tranzyty



25-Feb-2007 02:00

przejście jednego ciała niebieskiego przed tarczą innego widziane przez obserwatora ustawionego w jednej (lub bardzo blisko niej) linii z tymi obiektami

Tranzyty

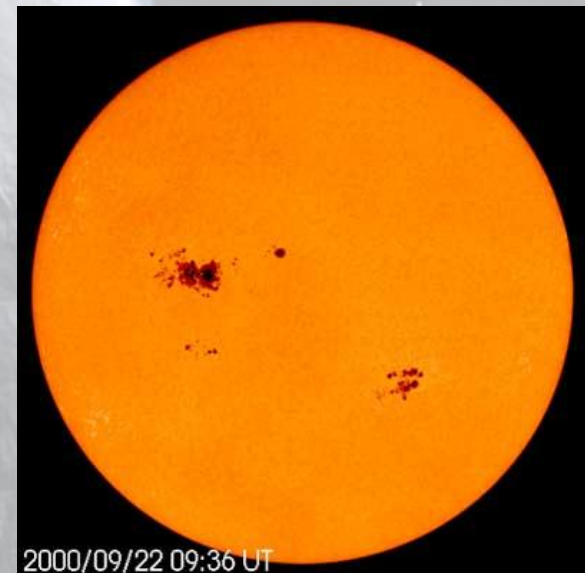
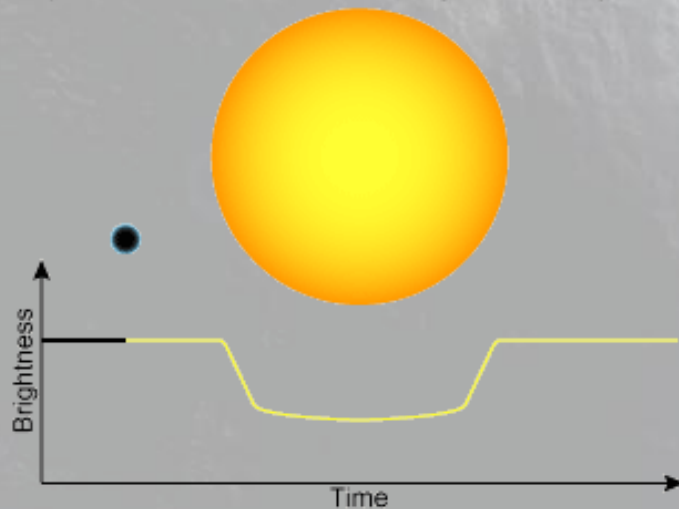


Wymaga ściśle określonego położenia obiektów

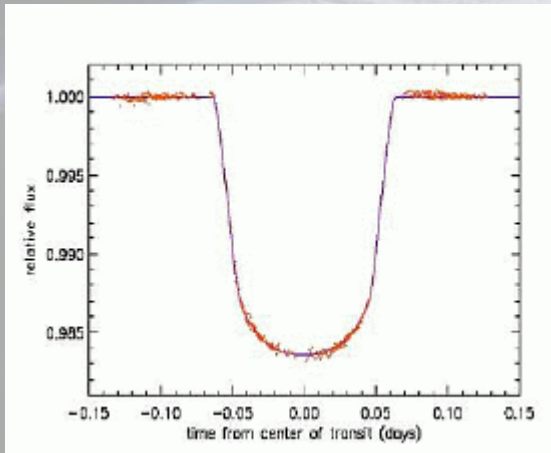
Duża liczba fałszywych detekcji

Pozwala określić rozmiar planety, co w połączeniu z metodą dającą masę pozwala określić gęstość planety.

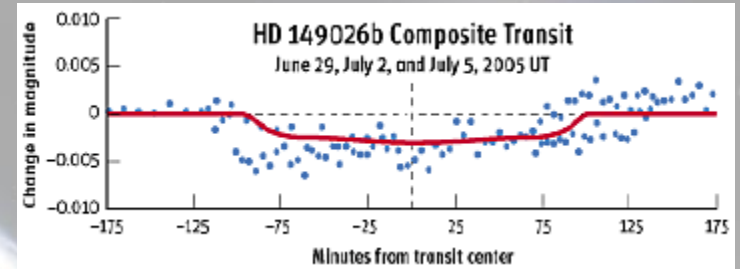
Light Curve of a Star During Planetary Transit



Tranzyty

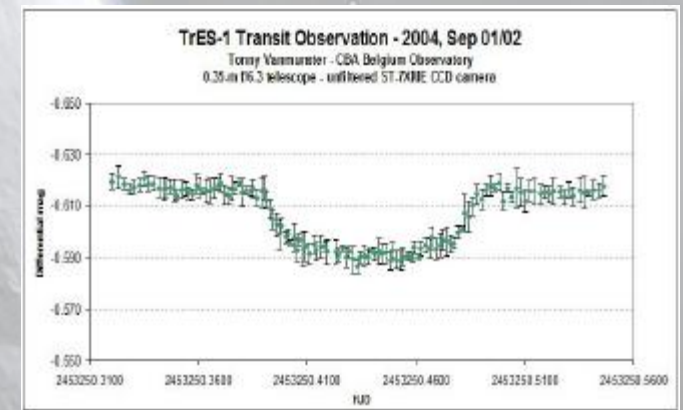
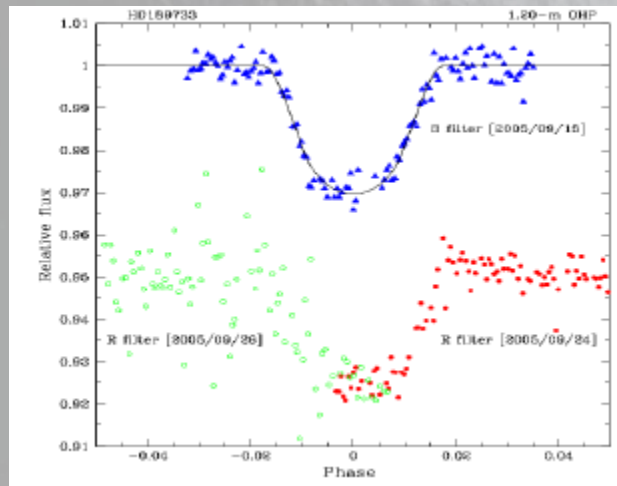


HD 209458 b
0.69 M_J
0.045 j.a.



HD 149026
0.36 M_J
0.042 j.a.

HD 149026 b
0.36 M_J
0.042 j.a.



TrES1
0.61 M_J
0.0393 j.a.

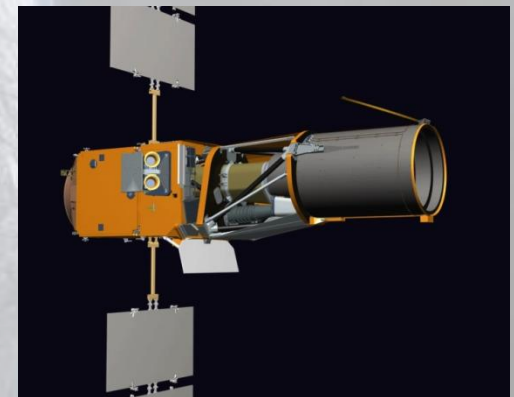
Tranzyty

gwiazda	rektascensja	deklinacja	jasność	Odległ ość l.św.	Typ widmo wy	planeta	masa (M _J)	promień (R _J)	Okres orbitalny (dni)	Wielka półoś (j.a.)	mimośród	nachylenie orbity	rok odkrycia
COROT-1	06 ^h 48 ^m 19 ^s	−03° 06′ 08″	13.6	1560	G0V	b	1.03	1.49	1.5089557	0.0254	0	85.1	2007
COROT-2	19 ^h 27 ^m 07 ^s	+01° 23′ 02″	12.57	930	G7V	b	3.31	1.465	1.7429964	0.0281	0	87.84	2007
COROT-3	19 ^h 28 ^m 13.265 ^s	+00° 07′ 18.62″	13.3	2200	F3V	b	21.66	1.01	4.25680	0.057	0	85.9	2008
COROT-4	06 ^h 48 ^m 47 ^s	−00° 40′ 22″	13.7		F0V	b	0.72	1.19	9.20205	0.090	0	90	2008
COROT-5	06 ^h 45 ^m 07 ^s	+00° 48′ 55″	14		F9V	b	0.459	1.28	4.0384	0.04947	0.09	85.83	2008
COROT-6	18 ^h 44 ^m 17.42 ^s	+6° 39′ 47.95″	13.9		F5V	b	3.3	1.16	8.89	0.0855	< 0.1		2009
COROT-7	06 ^h 43 ^m 49.0 ^s	−01° 03′ 46.0″	11.668	489	G9V	b	0.0151	0.150	0.853585	0.0172	0	80.1	2009
COROT-9	18 ^h 43 ^m 09 ^s	+06° 12′ 15″	13.7	1500	G3V	b	0.84	1.05	95.2738	0.407	0.11		2010

CoRoT (COncvection ROTation and planetary Transits)

Wystrzelony 27 grudnia 2006

Średnica zwierciadła 27 cm



Tranzyty

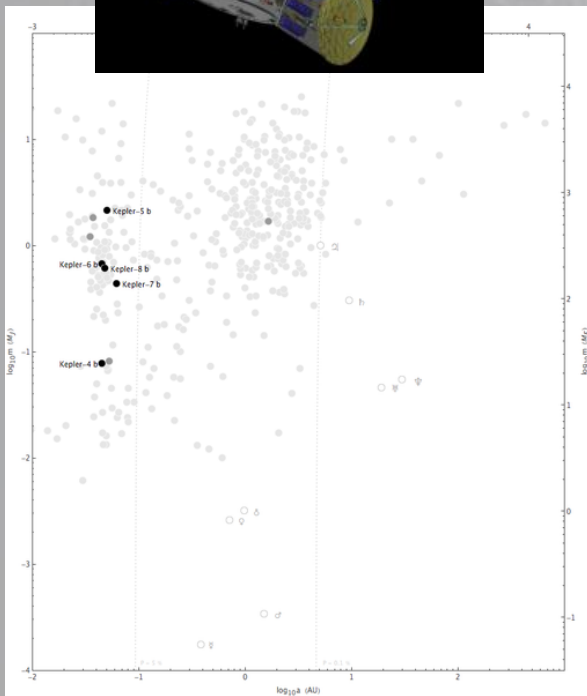


Kepler (NASA)

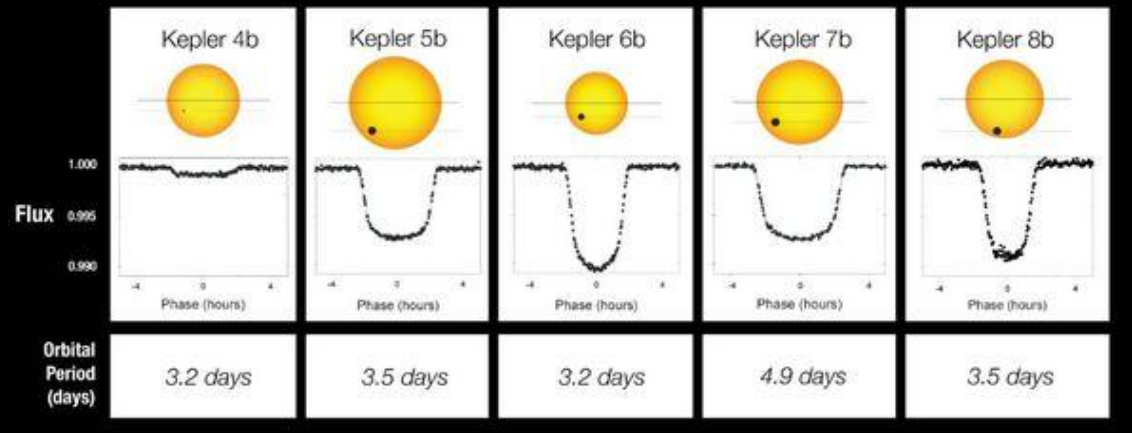
wystrzelony 7 marca 2009 r.

zwierciadło 0.95 m

**pozwoła odkryć planety
rozmiarów Ziemi**



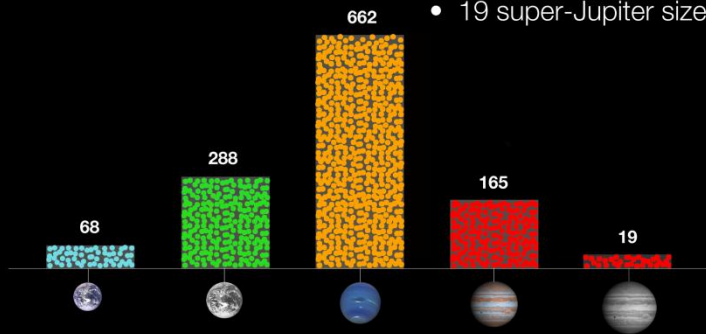
Transit Light Curves



Tranzyty

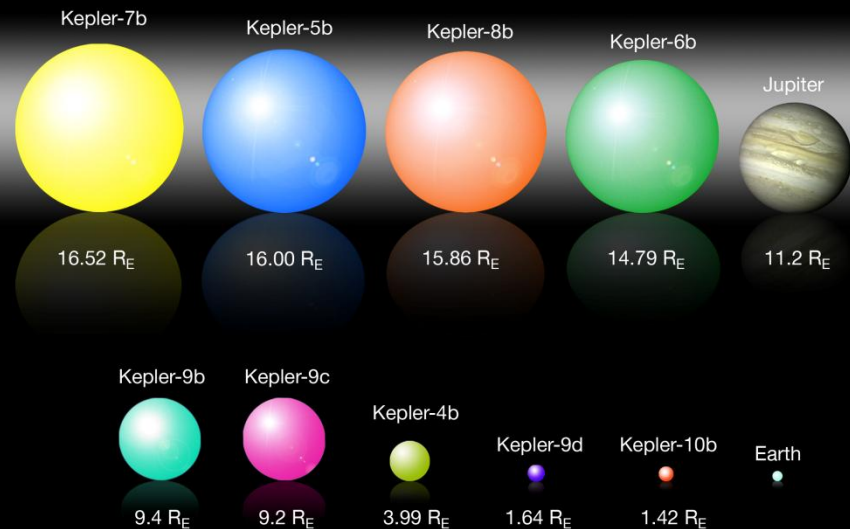
Numbers of Planet Candidates

- 68 Earth-size
- 288 super-Earth size
- 662 Neptune size
- 165 Jupiter size
- 19 super-Jupiter size



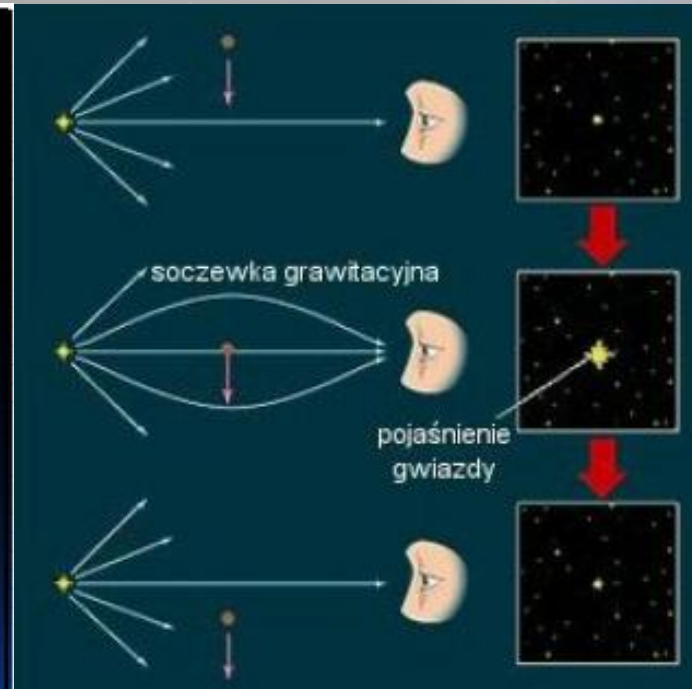
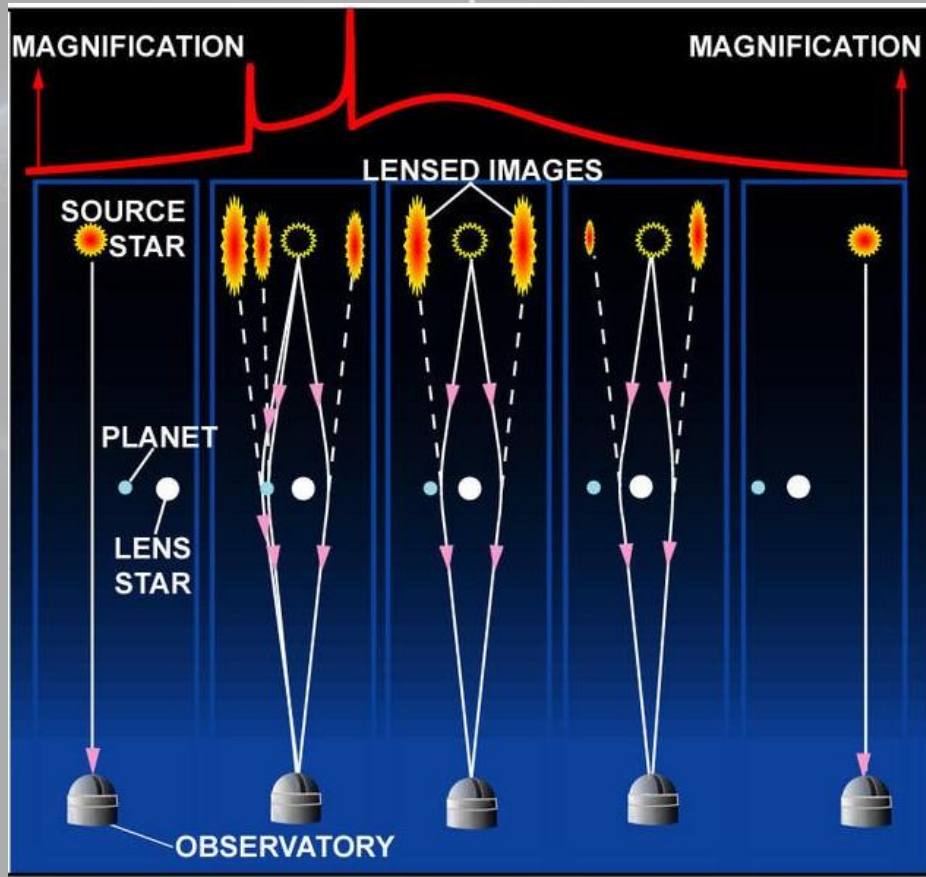
Do dzisiaj (10 lutego 2011 r.) potwierdzono 11 planet znalezionych przez satelitę Kepler

Planet Size

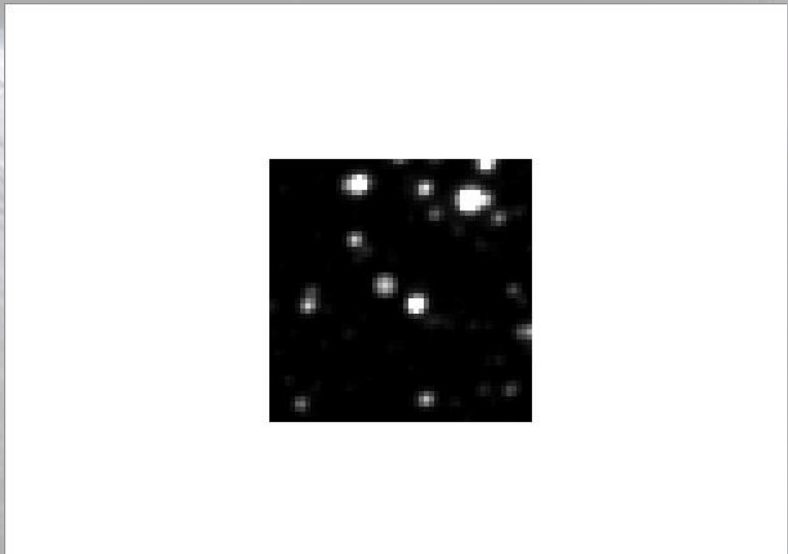
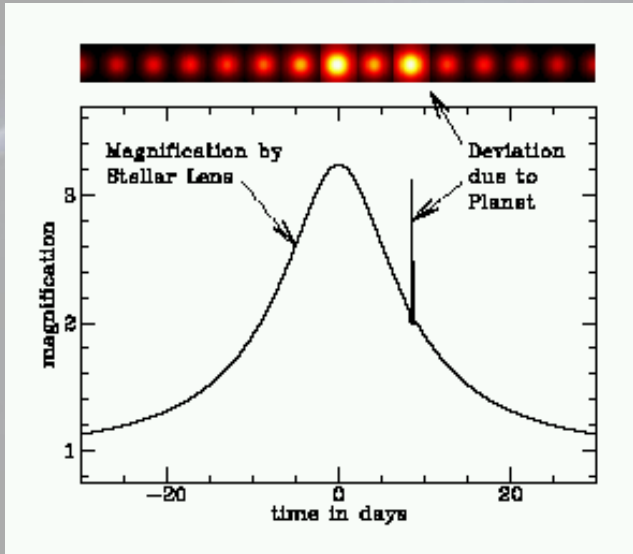


Jednocześnie mamy ponad 1200 kandydatek, które czekają na weryfikację

Mikrosoczewkowanie grawitacyjne



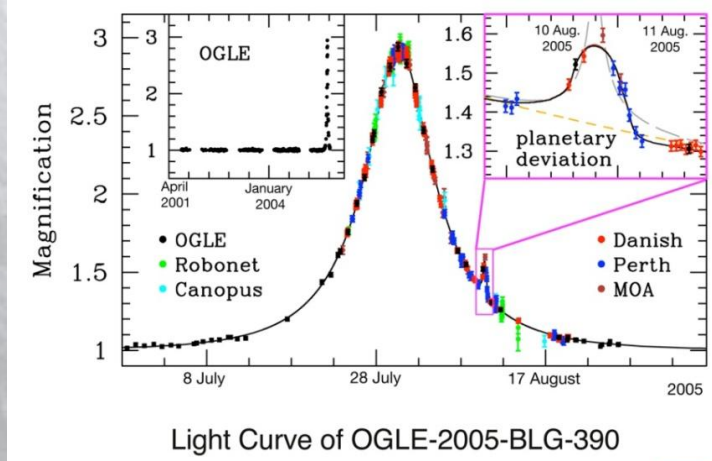
Mikrosoczewkowanie grawitacyjne



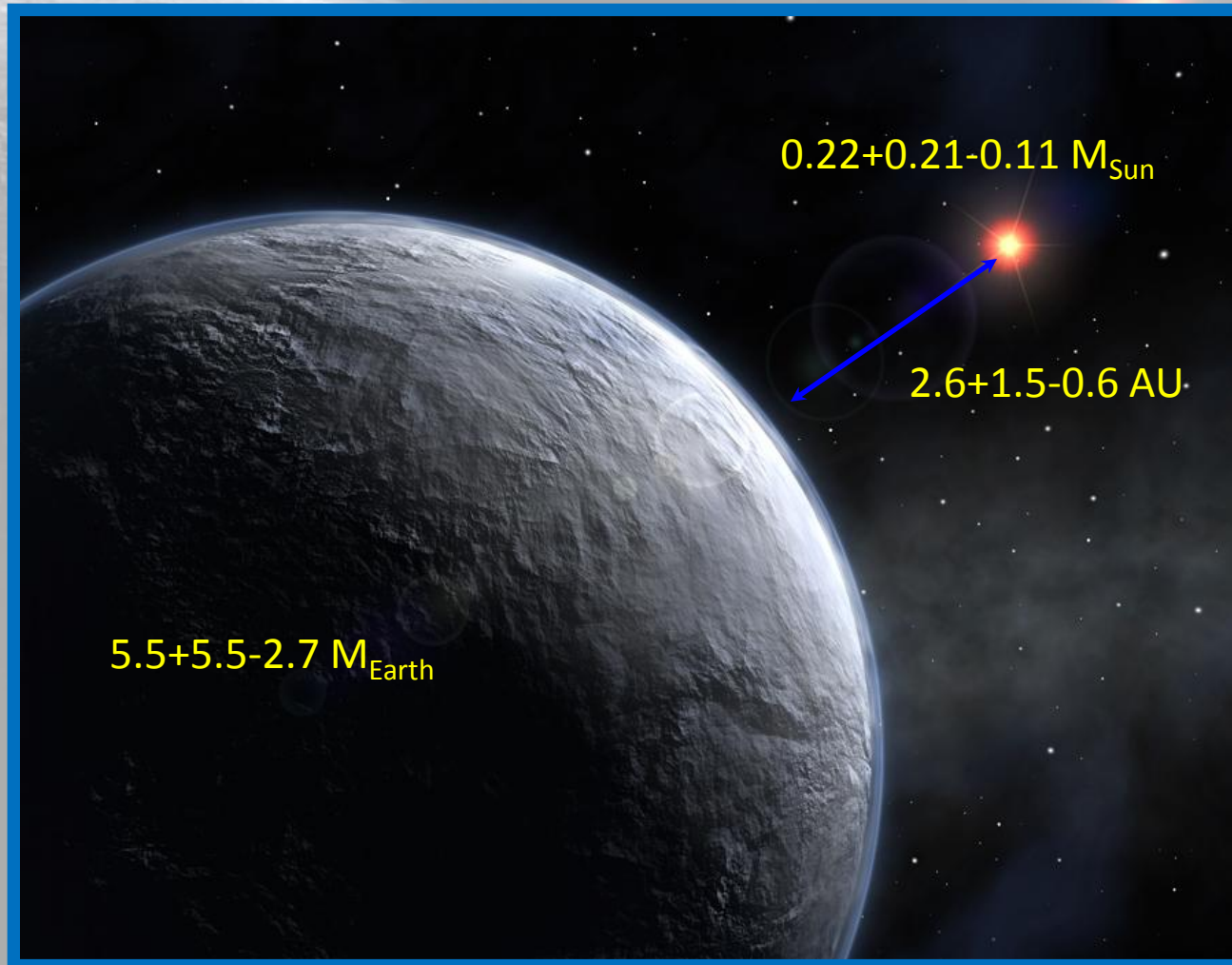
Ta metoda pozwala odkrywać planety o masach bliskich masy Ziemi.

Główną wadą jest to, że takie obserwacje są jednorazowe.

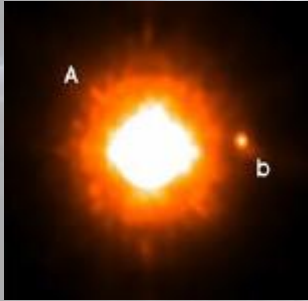
nazwa	masa	wielka półoś (j.a.)
OGLE-2003-BLG-235L/MOA-2003-BLG-53L	$2.6^{+0.8}_{-0.6} M_J$	$4.3^{+2.5}_{-0.8}$
OGLE-2005-BLG-071L	$3.5 \pm 0.3 M_J$	3.6 ± 0.2
OGLE-2005-BLG-169L	$0.041 M_J$	2.7
OGLE-2005-BLG-390Lb	$5.5 M_{\oplus}$	$2.6^{+1.5}_{-0.6}$
OGLE-2006-BLG-109L	$0.727 \pm 0.06 M_J$	2.3 ± 0.5



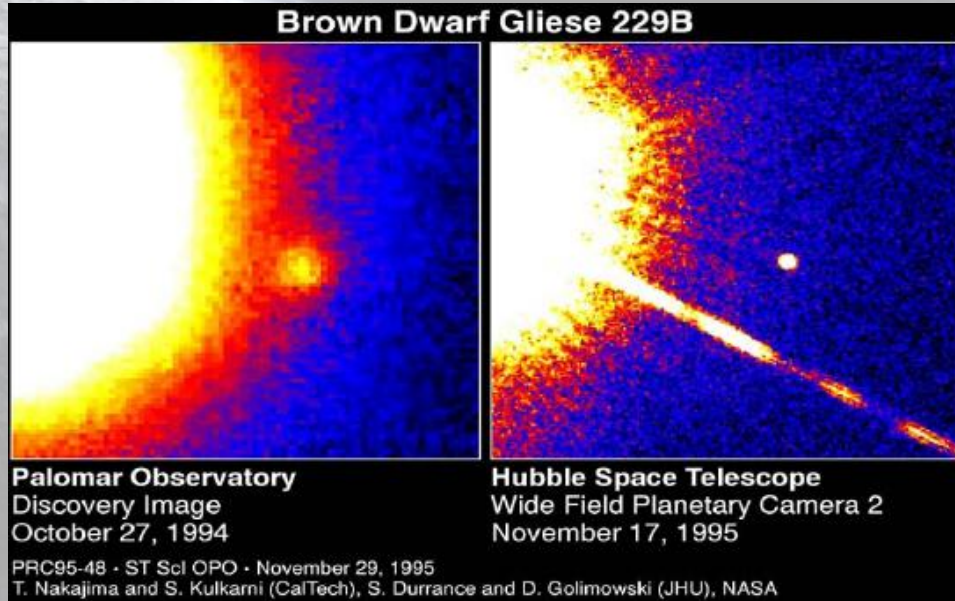
Mikrosoczewkowanie grawitacyjne



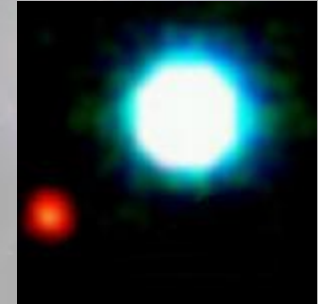
Bezpośrednie obserwacje



GQ Lup
21.5 M_J
103 j.a.



Gliese 229
20-50 M_J
44 j.a.



2M1207
5 M_J
46 j.a.



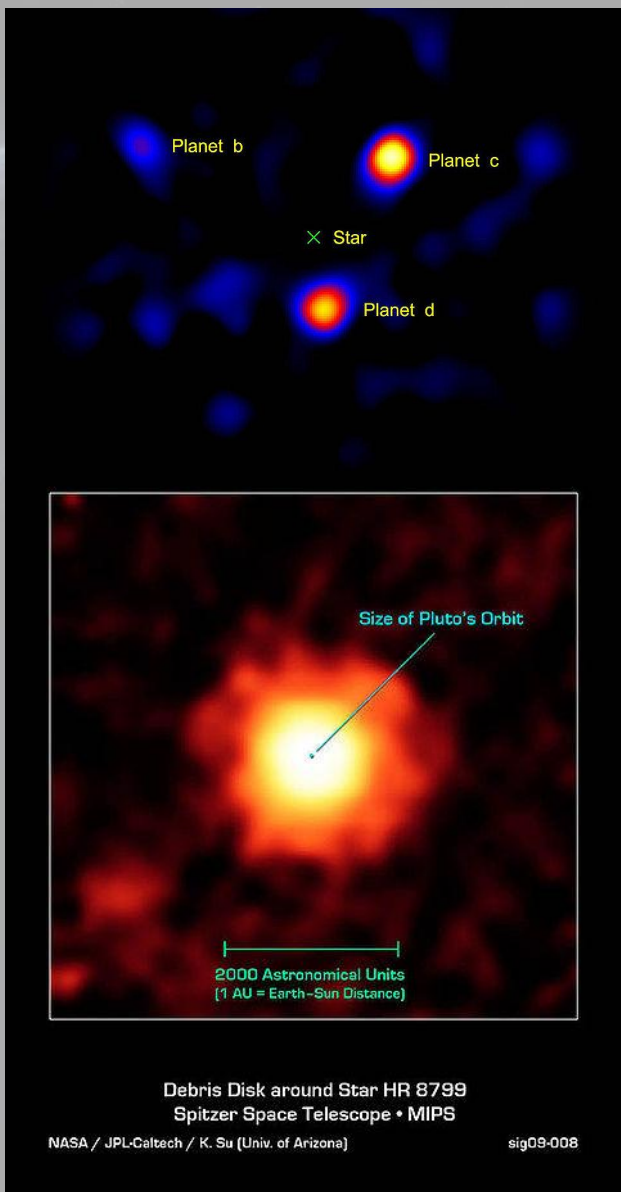
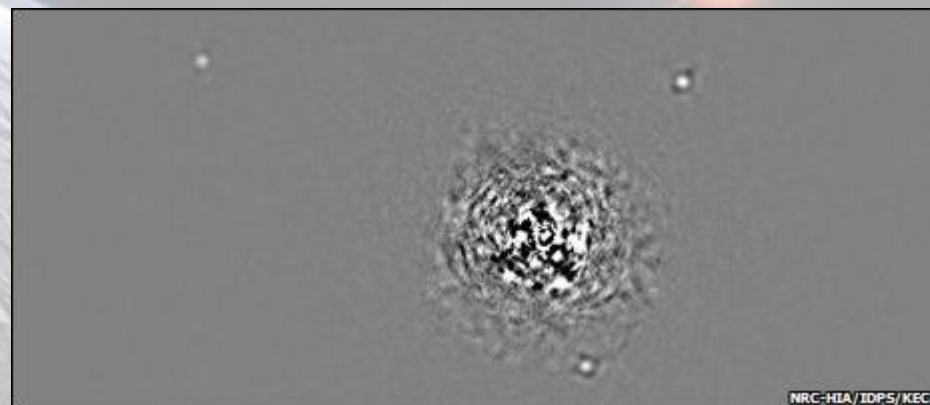
AB Pic
13.5 M_J
275 j.a.



SCR 1845
>8.5 M_J
>4.5 j.a.

Bezpośrednie obserwacje

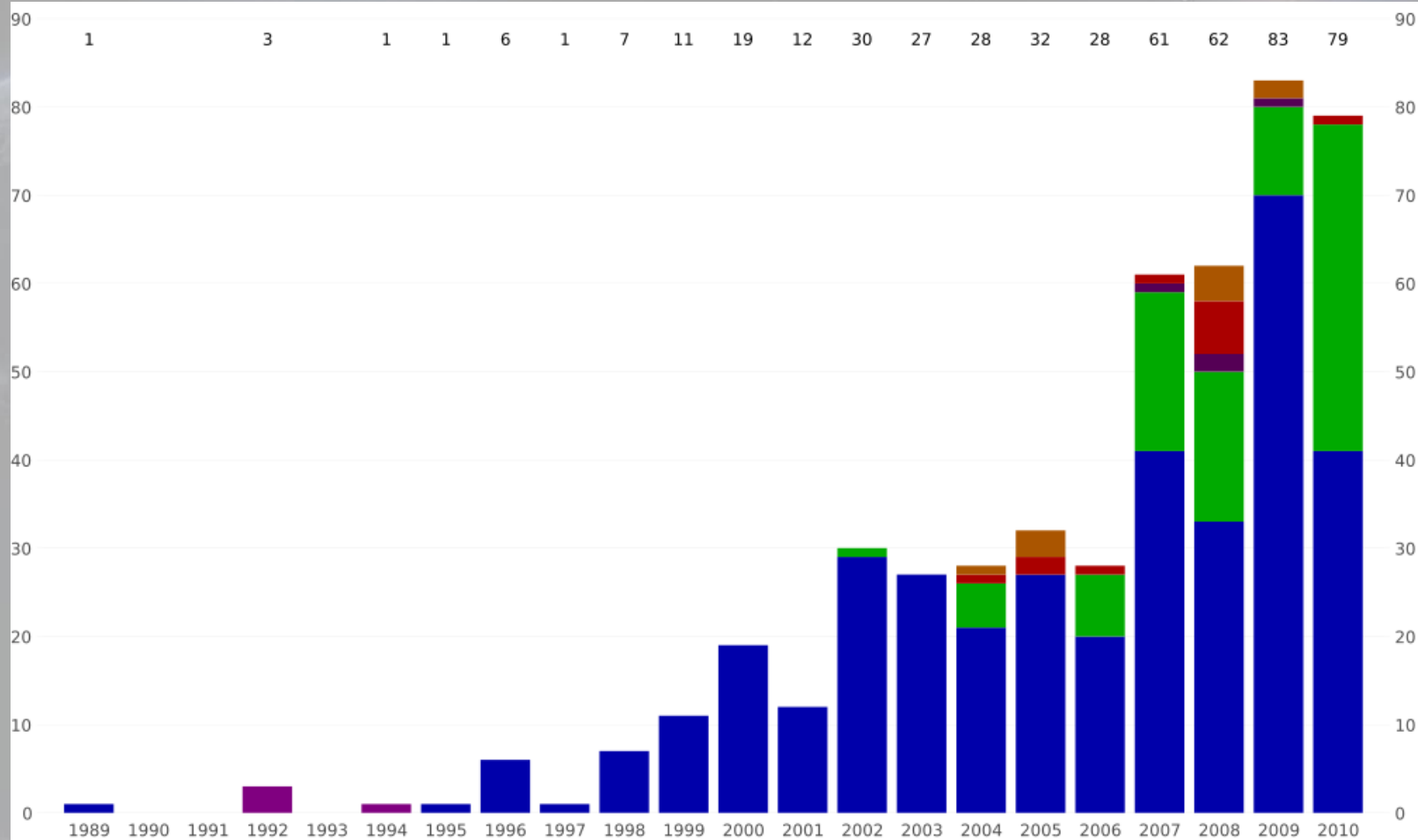
Teleskopy: Hale, Keck, Spitzer



HR 8799

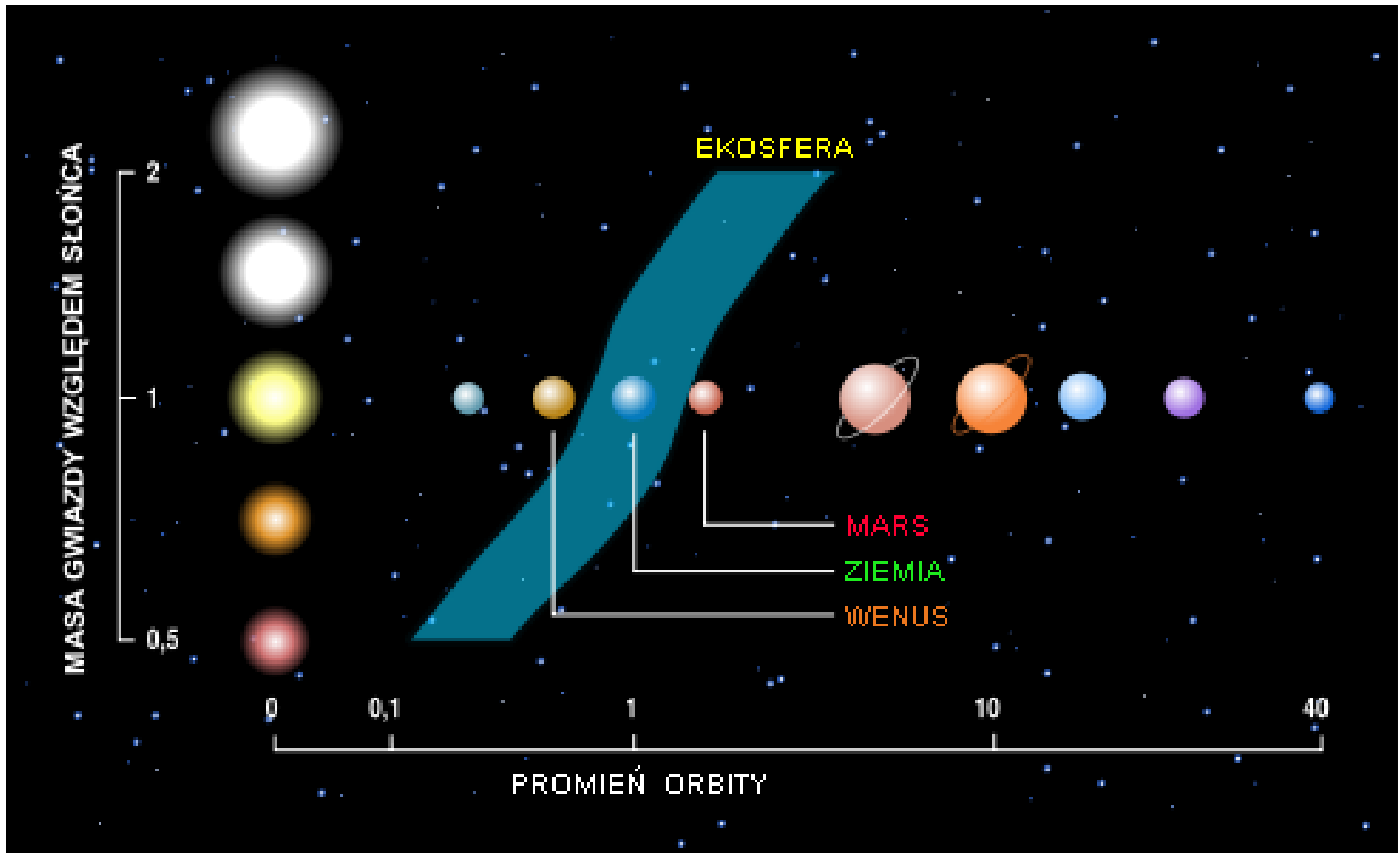
planeta	masa	wielka pólóś (j.a.)	okres orbitalny (lata)	mimośróód
d	$10 \pm 3 M_J$	~ 24	~ 100	>0.04
c	$10 \pm 3 M_J$	~ 38	~ 190	?
b	$7^{+4}_{-2} M_J$	~ 68	~ 460	?
dysk pyłowy	75 AU			

A co z życiem?



453 odkryte planety (grudzień 2010)

Życie na innych planetach

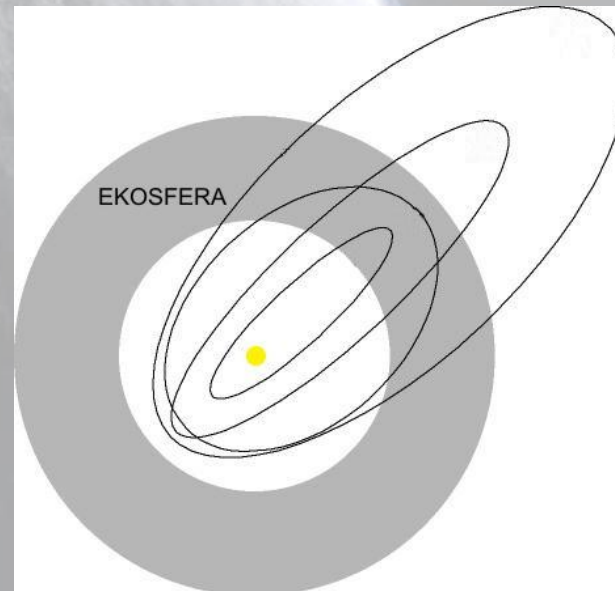
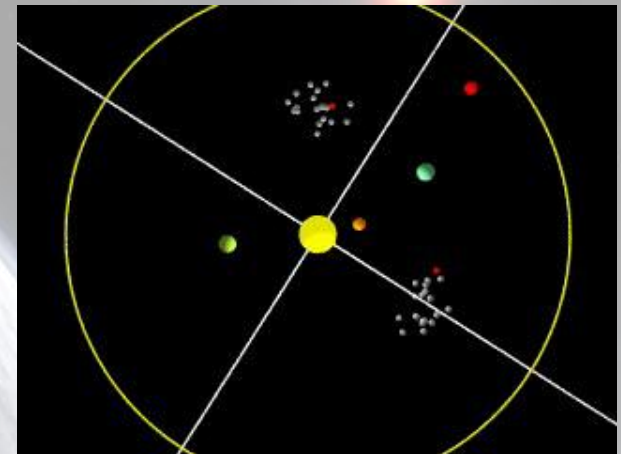


Życie na innych planetach

1. Odległość od macierzystej planety



2. Kształt orbity

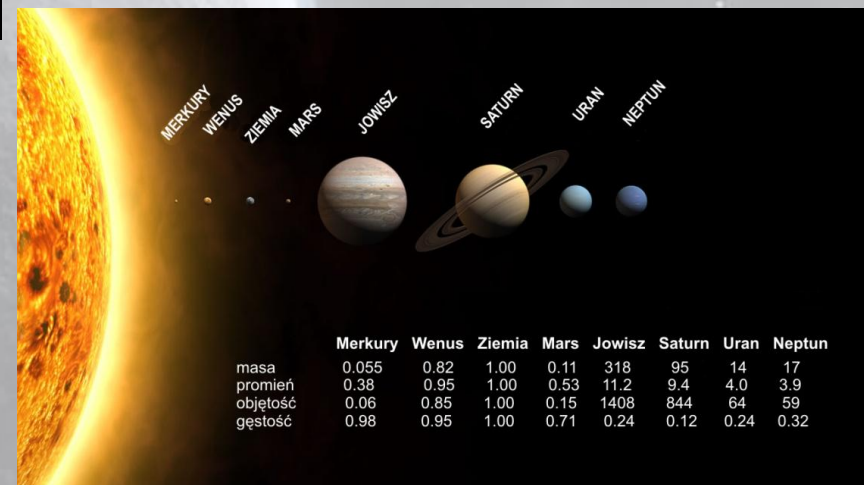
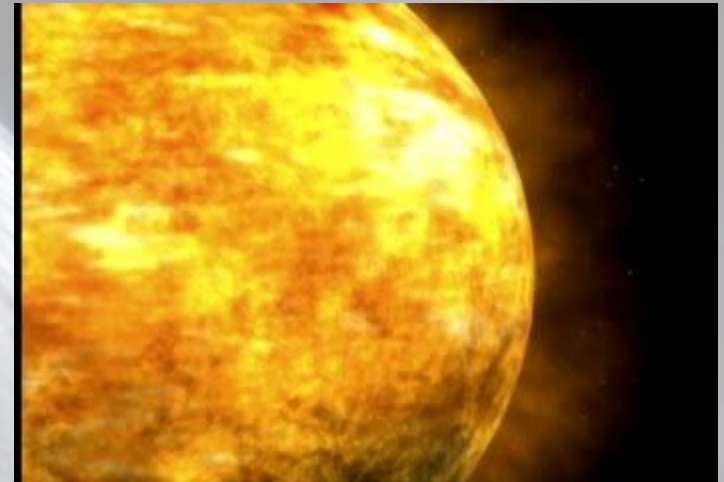


Życie na innych planetach

3. Rotacja i jej stabilność

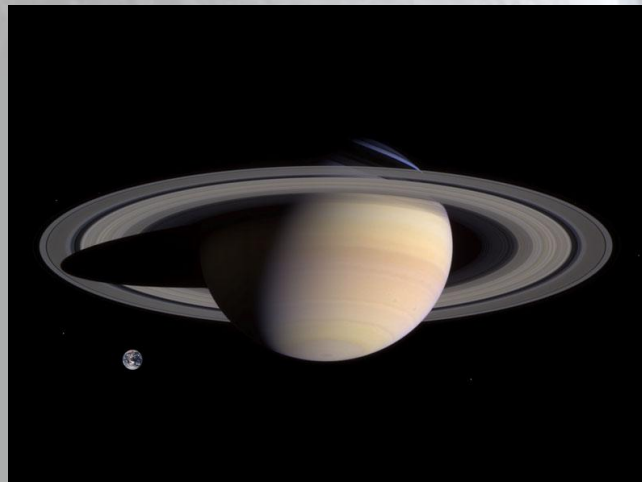
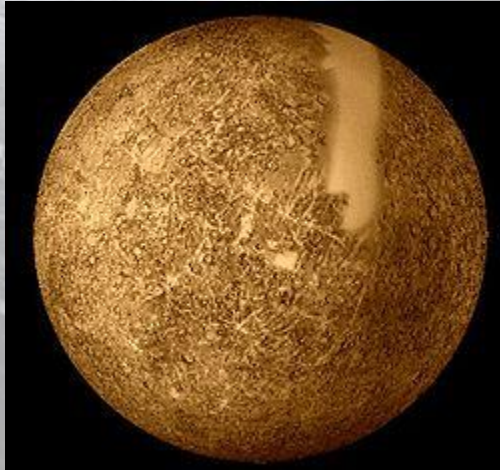


4. Wielkość i pole magnetyczne



Życie na innych planetach

5. Atmosfera



Kiedy znajdziemy drugą Ziemię?



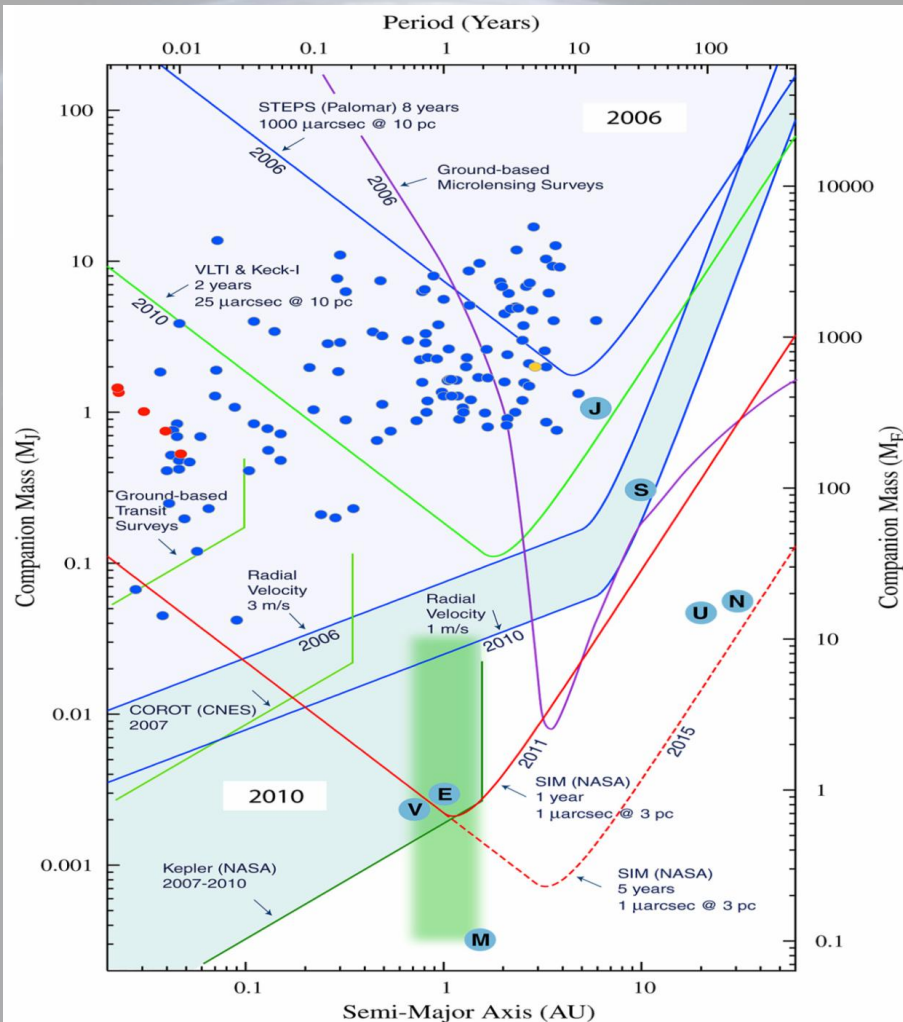
Jutro?

Nigdy?

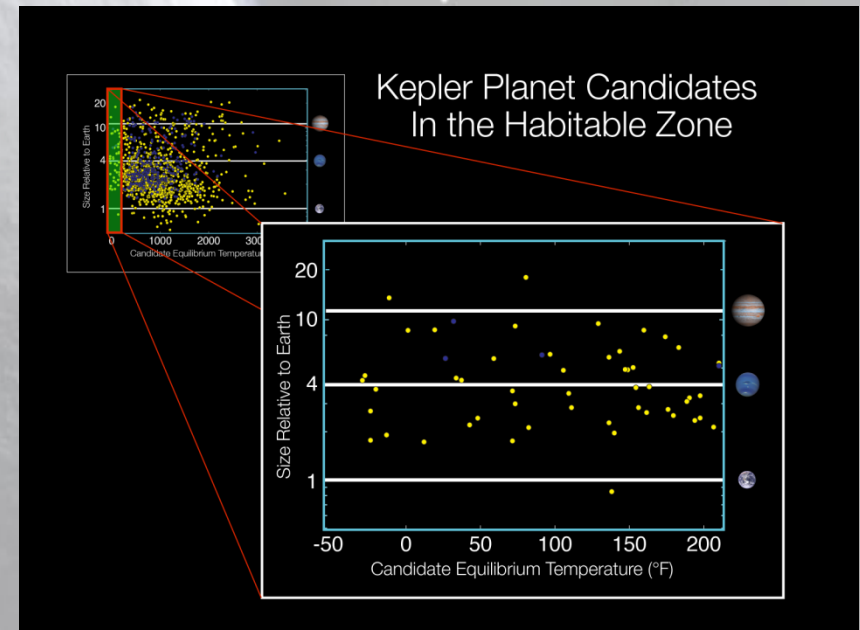
Unregistered Version

A large black rectangular area representing a search for other Earth-like planets. The area is mostly black, with a few small, faint white specks scattered throughout, suggesting a vast, dark space with distant stars or galaxies. The text "Unregistered Version" is visible in the top left corner of this area.

Możliwości



W najbliższych latach możliwości obserwatoriów będą zbliżać się do granicy Obserwowania planet typu Ziemi krążących w odległości 1 j.a. od macierzystej gwiazdy





Koniec