

# W poszukiwaniu życia pozaziemskiego



# Czy istnieje życie we Wszechświecie?

1473 – 1543 r.



**TAK, bo:**

**zasada kopernikańska mówi, że**

**„Ziemia nie jest wyróżnionym miejscem we Wszechświecie”**



**Biblioteka Uniwersytetu w Uppsala (Szwecja)**

1 m m

# Równanie Drake'a

W 1960 r. dr Frank Drake sformułował równanie, które pozwala oszacować możliwość kontaktu z inną cywilizacją techniczną.

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

**N** – liczba cywilizacji w Galaktyce, z którymi możliwa jest komunikacja

**R** – średnia liczba gwiazd powstających rocznie w Galaktyce

**f<sub>p</sub>** – procent gwiazd, które mają planety

**n<sub>e</sub>** – procent planet, które mają warunki sprzyjające powstaniu życia

**f<sub>l</sub>** – procent planet, na których istnieje życie

**f<sub>i</sub>** – procent planet, na których rozwinęło się inteligentne życie

**f<sub>c</sub>** – procent cywilizacji, które rozwinęły technologię, która wysyła w Kosmos ślad swej działalności

**L** – czas życia cywilizacji na takim poziomie

# Równanie Drake'a

Jakie są wartości tych czynników:

**R** – według aktualnych oszacowań jest to 7 gwiazd na rok

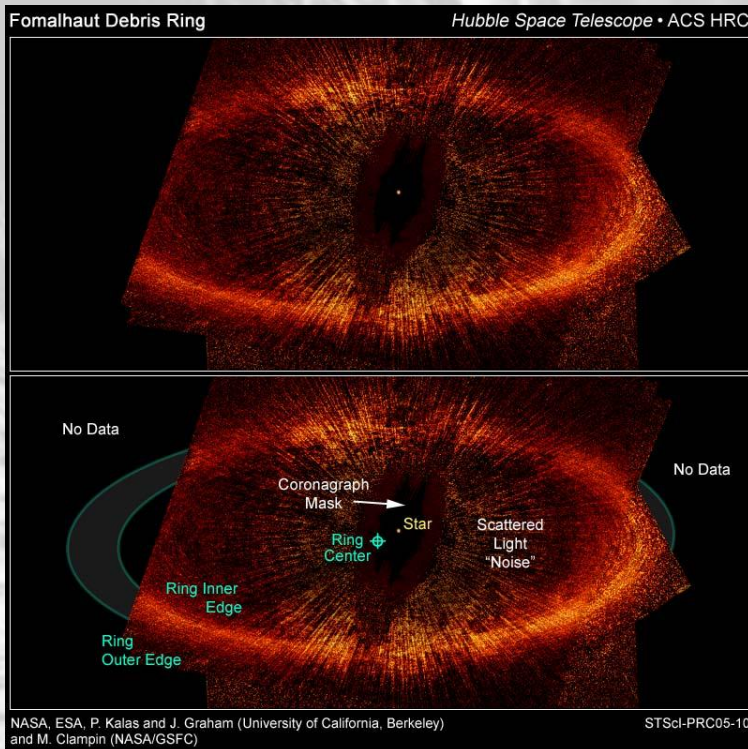




# Równanie Drake'a

Jakie są wartości tych czynników:

$f_p$  – współczesne, intensywne poszukiwania planet wskazują, że co najmniej 30% gwiazd podobnych do Słońca posiada planety; obserwacje dysków wokół gwiazd wskazują, że może to być 20-60%.



1 m m

# Równanie Drake'a

Jakie są wartości tych czynników:

$n_e$  – oszacowane przez Drake'a na 2%, współcześnie obserwacje wykonywane przez instrumenty w rodzaju Keplera mogą znacząco zwiększyć ten parametr



1 m m



# Równanie Drake'a

Jakie są wartości tych czynników:

$f_1$  – współcześnie przyjmuje się ten parametr jest równy co najmniej 0.13%

$f_i$  – około 1%

$f_c$  – około 1%

$L$  – 10000 lat



1 m m

# Równanie Drake'a

**W zależności od stopnia optymizmu szacuje się, że w naszej Galaktyce w tym momencie czasu istnieje od 0.05 do 5000 cywilizacji technicznych**

**Skrajni optymiści mówią o milionie cywilizacji, ale nawet wtedy średnia odległość między nimi to 150 lat świetlnych**

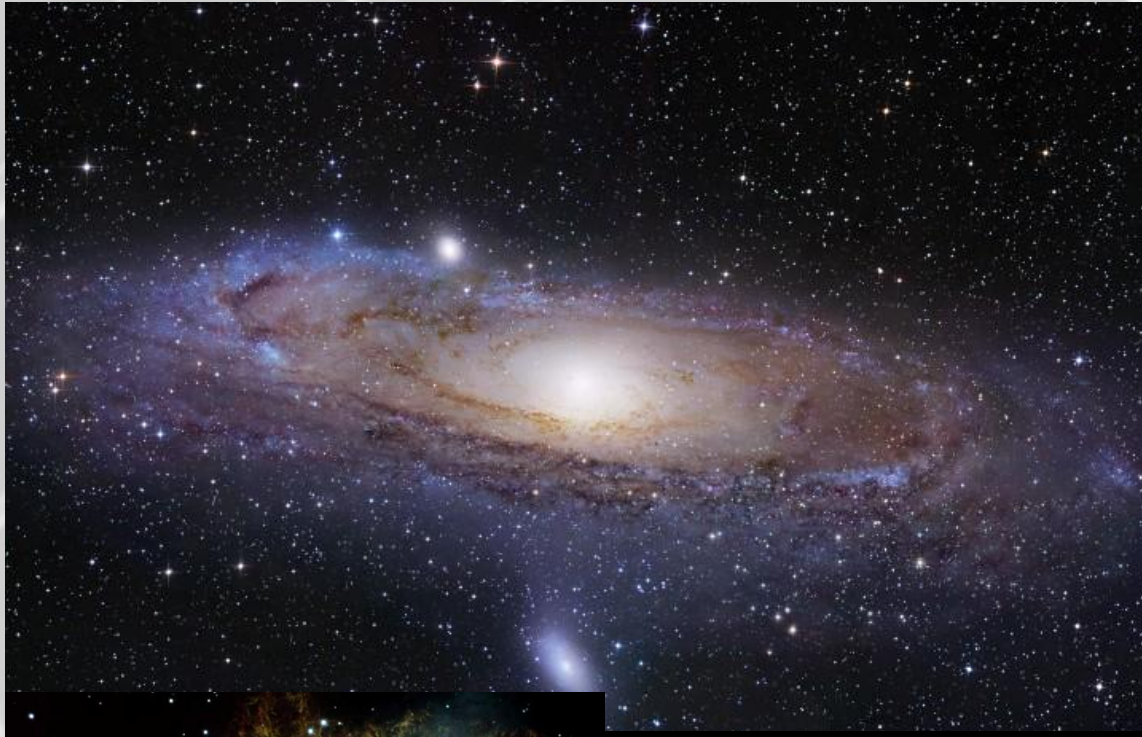
## **Jak w takim razie szukamy życia?**

- 1. na Ziemi – poznajemy jak ekstremalne warunki są w stanie znieść organizmy żywe**
- 2. w Układzie Słonecznym – ślady życia na innych planetach i księżycach planet**
- 3. poszukujemy planet podobnych do Ziemi**
- 4. ślady życia w widmach gwiazd**
- 5. prowadzimy nasłuch na falach radiowych**

1 m m

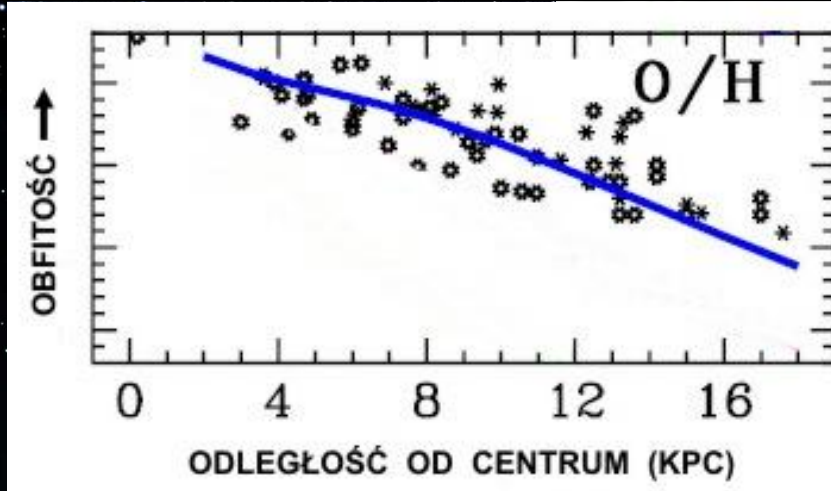
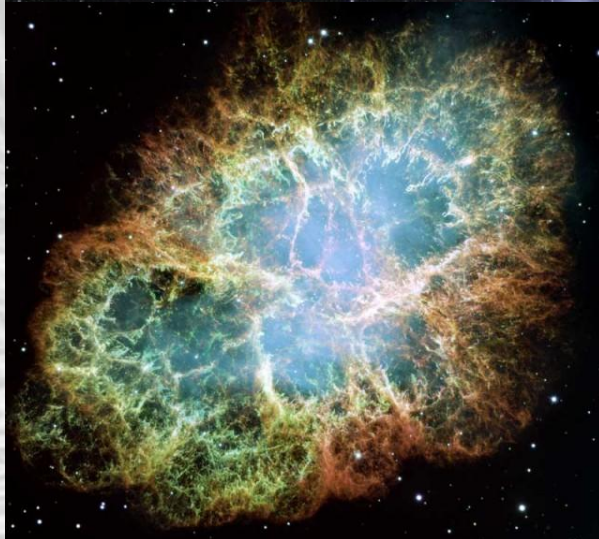


# Ekosfera (galaktyczna)

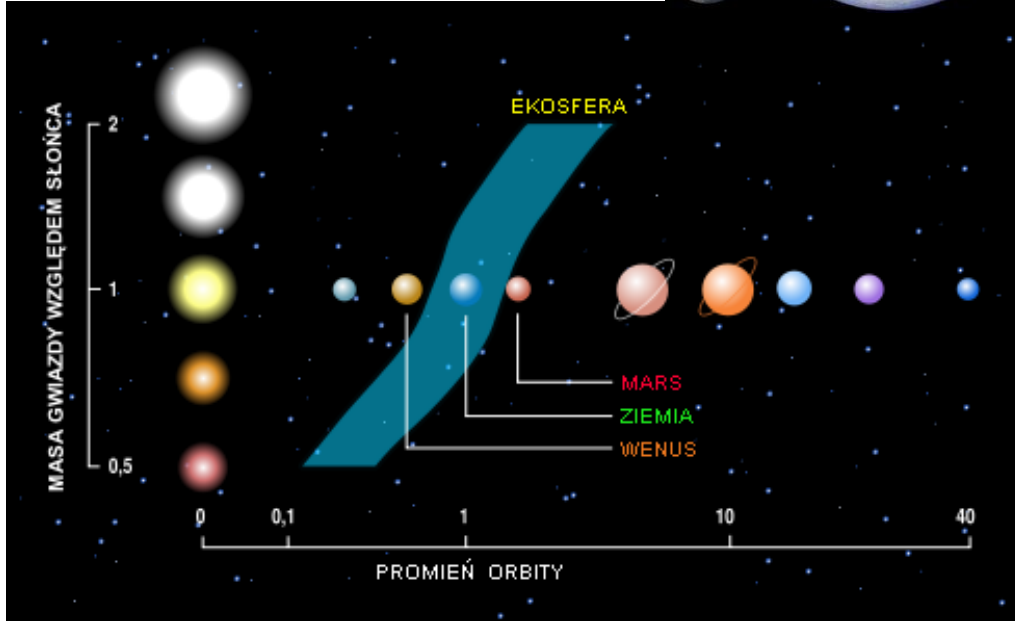
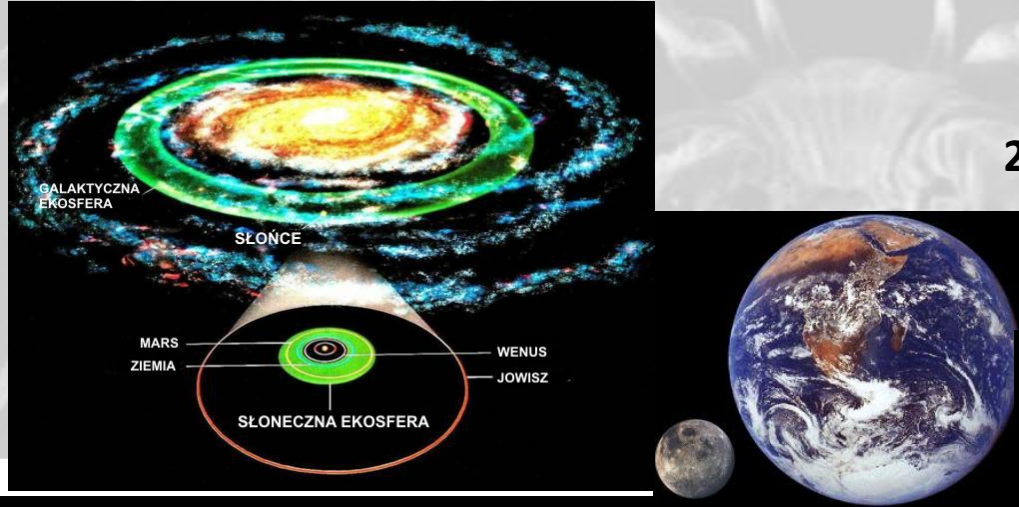


Ekosfera galaktyczna  
determinowana jest przez:

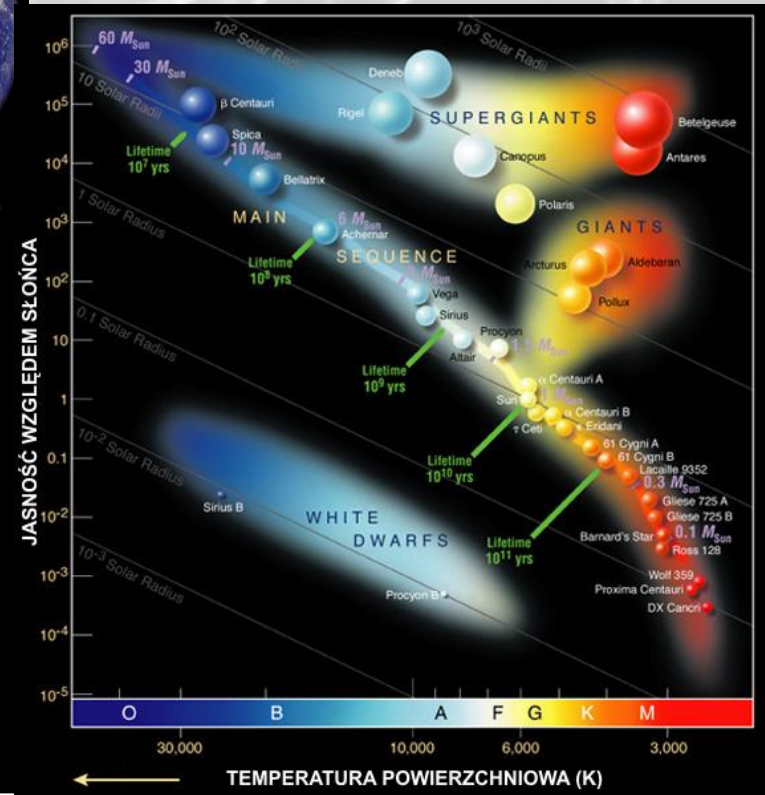
Skład chemiczny  
Zagrożenia kosmiczne



# Ekosfera (gwiazdowa)

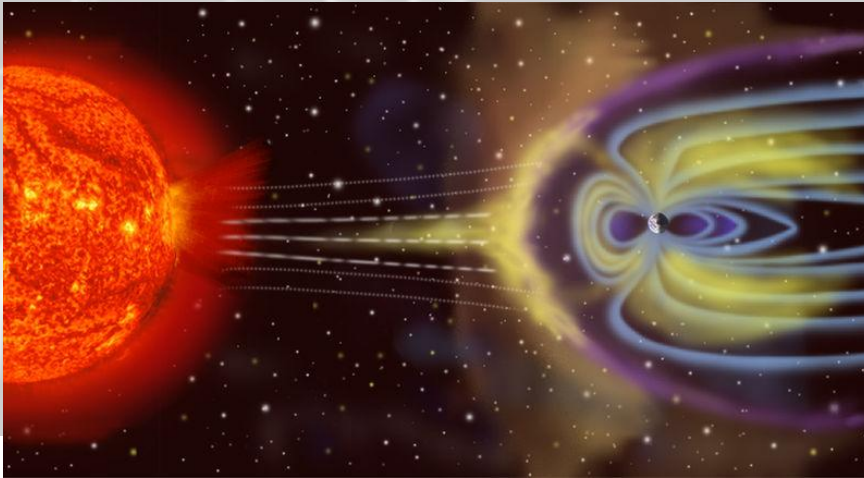


1. Gwiazda centralna (musi być jedna?)
  - typ widmowy
  - skład chemiczny
2. Woda w stanie ciekłym

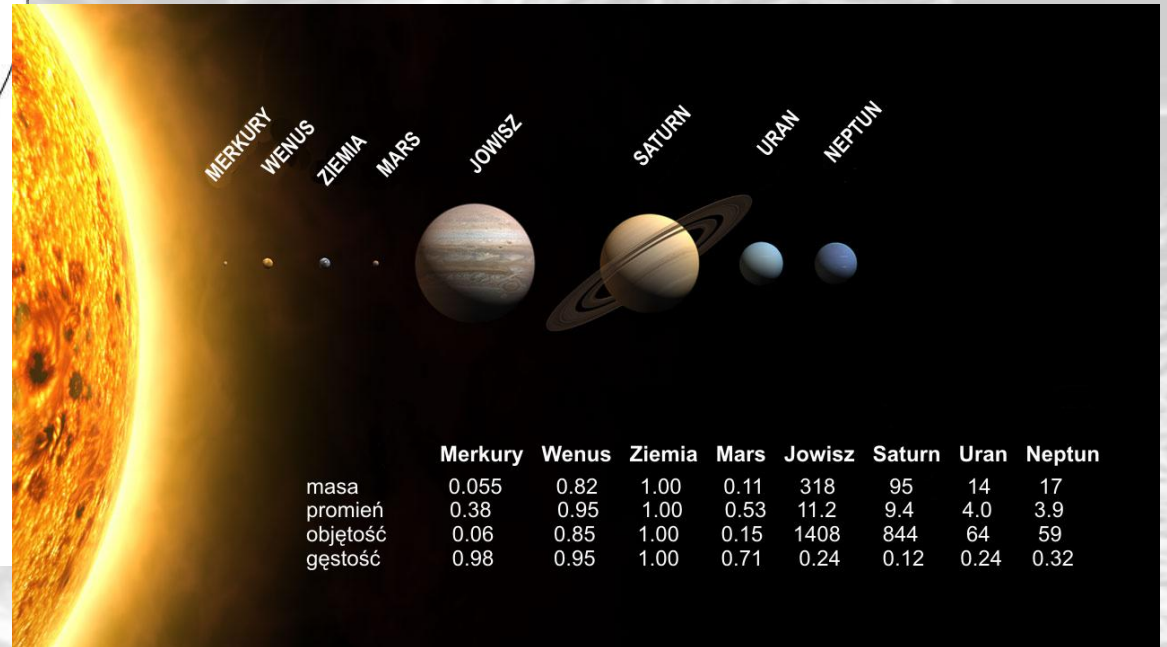
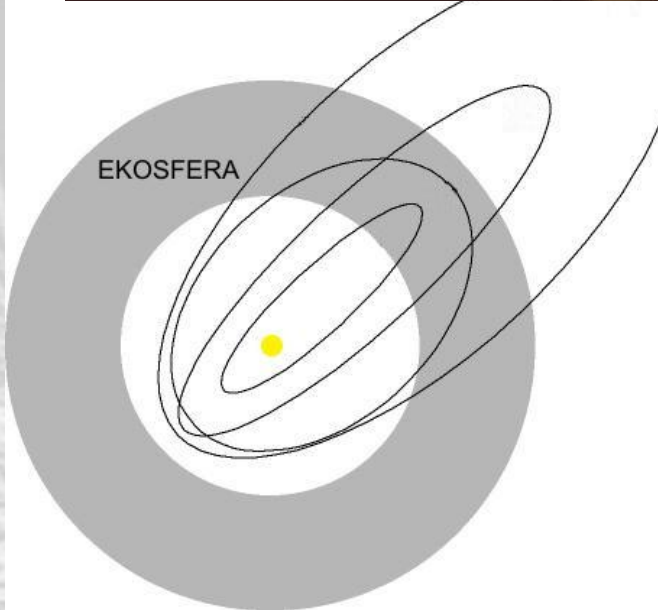




# Własności planety



- odległość od gwiazdy centralnej
- kształt orbity
- rotacja planety i jej stabilność
- wielkość planety
- pole magnetyczne
- atmosfera
- tektonika płyt, albedo itd





# Życie na Ziemi – ekstremofile

Pozwalają poszerzyć zakres warunków sprzyjających życiu

**Termofile –  $T = 60 - 80^{\circ} C$**

**Przykład: Archaea Strain 121**

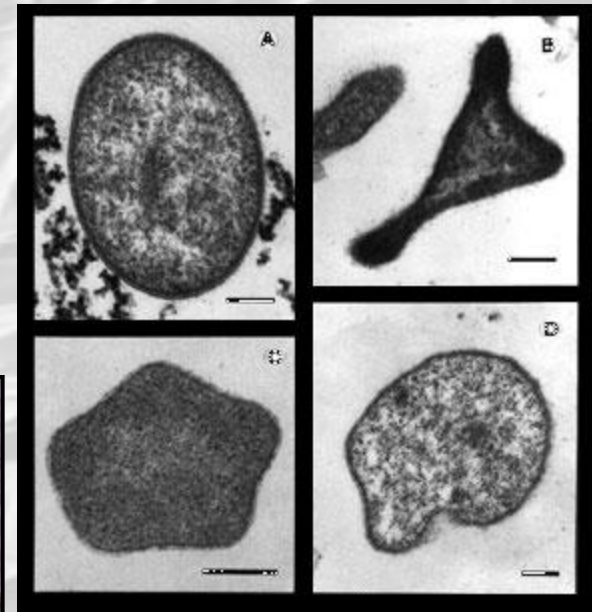
Występowanie: gorące źródła, Park Narodowy Yellowstone

**Przykład: *Bacillus infernus***

Występowanie: Johannesburg, Południowa Afryka

Warunki: jaskinie, 3 km pod ziemią

**Hipertermofile –  $T > 80^{\circ} C$**



1 mm

# Życie na Ziemi – ekstremofile

**Acydofile – pH < 2.0**

**Przykład: Sulfolobus**

Występowanie: Lechuguilla Cave, Nowy Meksyk



**Radioresistant : silne promieniowanie jonizujące**

**Przykład: Deinococcus radiodurans**

Występowanie: Miejsce przechowywania odpadów radioaktywnych, USA, stan Waszyngton





# Życie na Ziemi – ekstremofile

**Anaerob** – organizm nie wymagający tlenu

**Mikroaerofil** – toleruje mniejsze stężenie tlenu niż w atmosferze Ziemi

**Endolit** – organizm żyjący wewnątrz skał

**Hypolit** – organizm żyjący wewnątrz skał w zimnych obszarach pustynnych

**Xerotolerant** – organizm wymagający bardzo małej ilości wody do przżycia

...

**Organizmy żyjące bez światła:**

Występowanie: Ekwador



1 mm



# Życie na Ziemi – ekstremofile

## Najdziwniejsze habitaty: Metanowy lodowy robak

Występowanie: Zatoka Meksykańska, bogaty w metan lód wydobywający się z dna zatoki

Opis: kolor – różowy, długość – 2-4 cm



# Gdzie szukać w Układzie Słonecznym?

## 1. Mars

## 2. Księżycy Jowisza

Europa

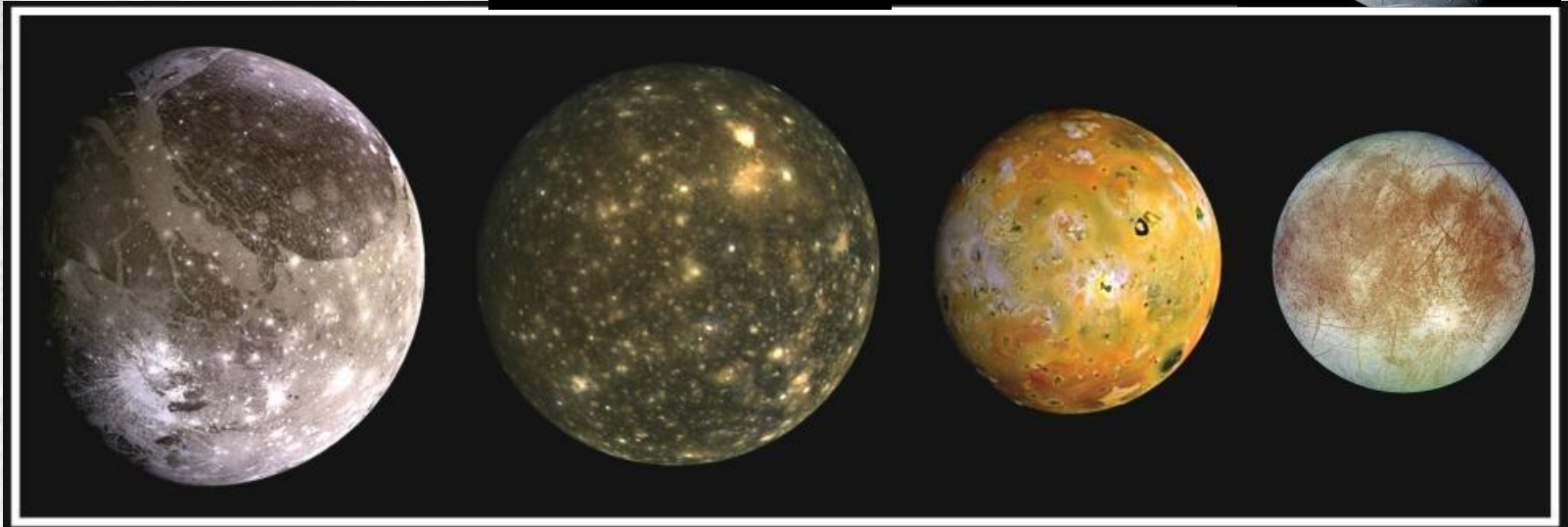
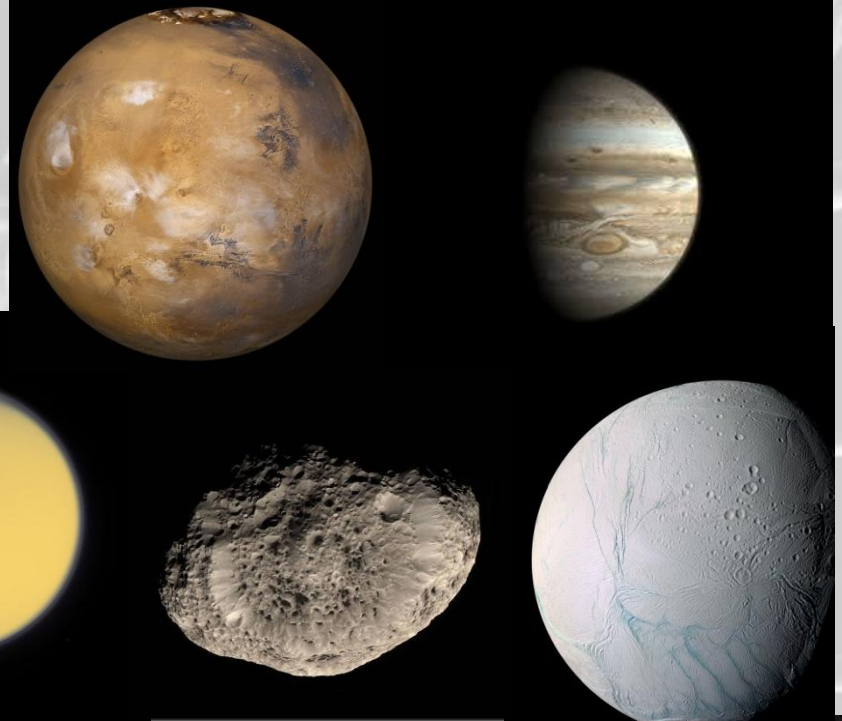
Ganimesdes

Kallisto

## 3. Księżycy Saturna

Tytan

Enceladus





# Księżycyce Jowisza: Europa

Odległość od Jowisza: 671 000 km

Okres orbitalny: 3.55 dni

Promień: 1560 km

Masa:  $4.8 \times 10^{22}$  kg

Albedo: 0.67

Rotacja: synchroniczna

Temperatura powierzchniowa:

$-145^{\circ}\text{C}$

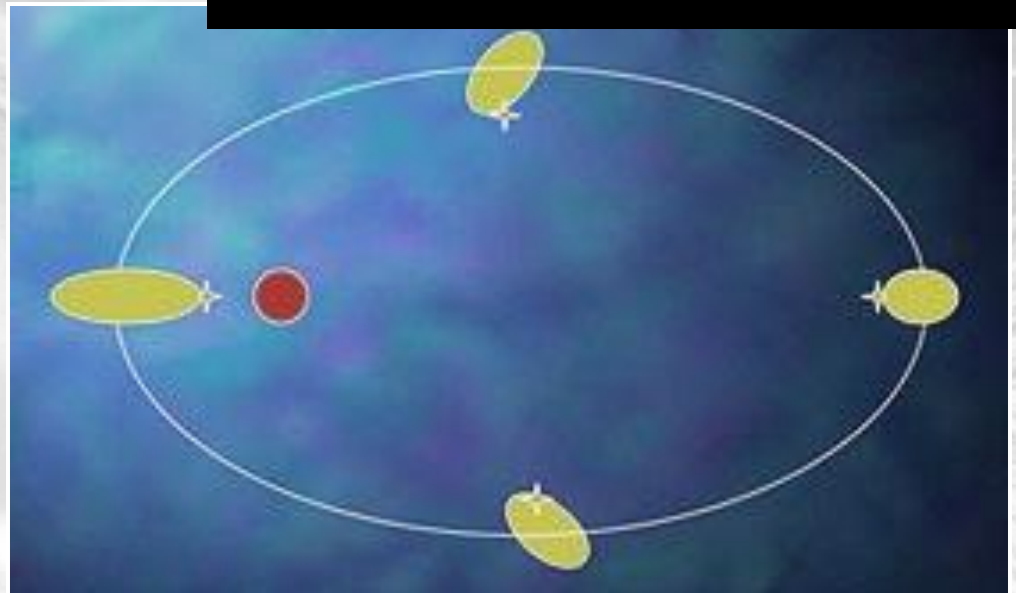
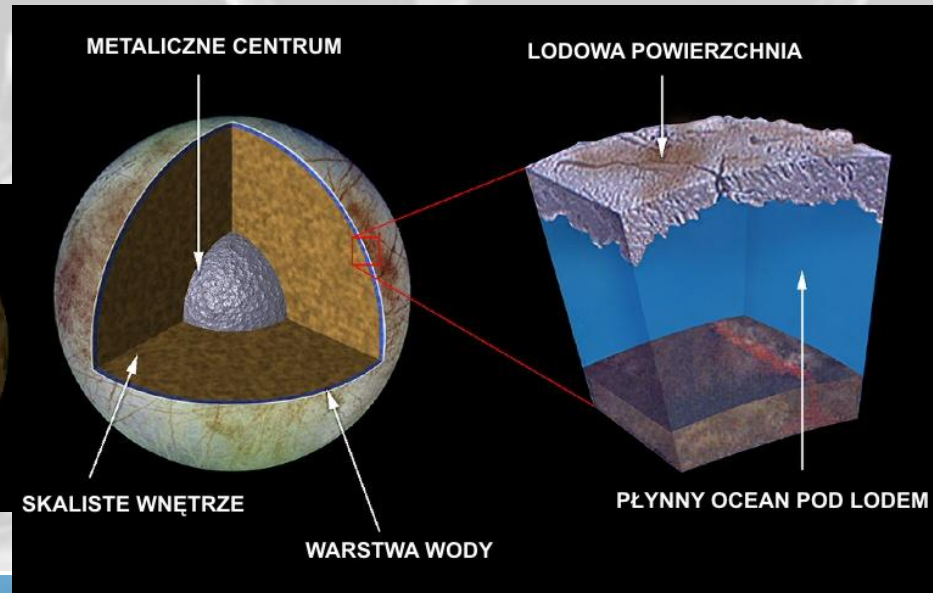
Ciśnienie na powierzchni:

$\approx 10\%-11\%$  ziemskiego

Cienka atmosfera:  $\text{O}^2$

Powierzchnia: lód

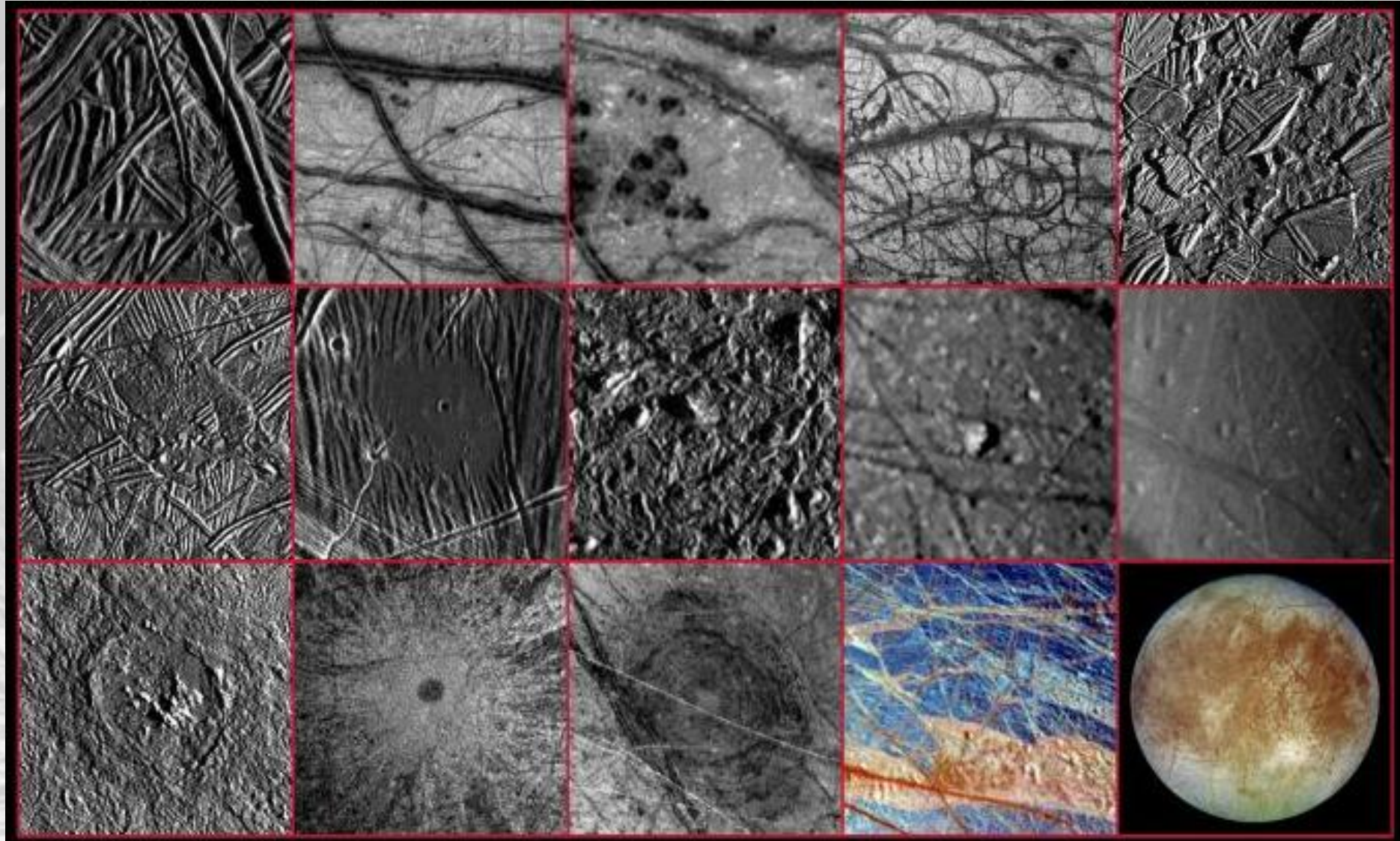
Pole magnetyczne





# Księżycyce Jowisza: Europa

Zdjęcia: Galileo, czerwiec 1996 – luty 1997; rozdzielczość: od 27 metrów do 7 kilometrów





# Księżycyce Jowisza: Ganimedes

Odległość od Jowisza: 1 070 000 km  
Okres orbitalny: 7.15 dni  
Średni promień: 2631 km (0.413 Ziemi)  
Masa:  $1.5 \times 10^{23}$  kg (0.025 Ziemi)

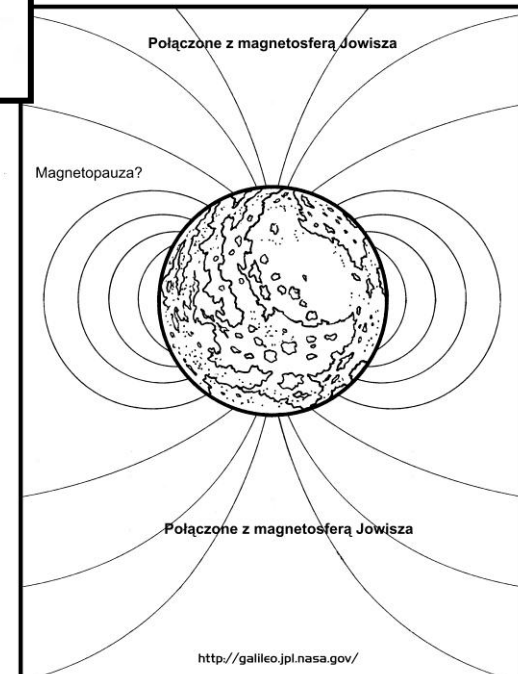
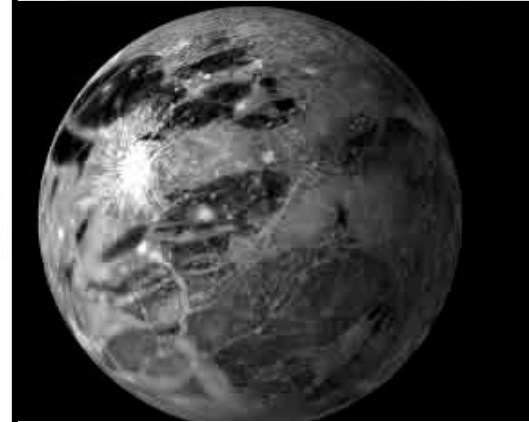
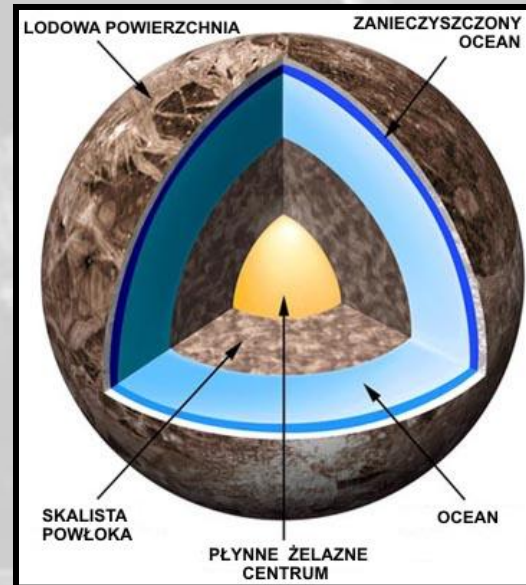
Albedo: 0.43  
Rotacja: synchroniczna

Temperatura powierzchniowa :  
 $\approx -172^{\circ}\text{C}$

Ciśnienie na powierzchni: śladowe

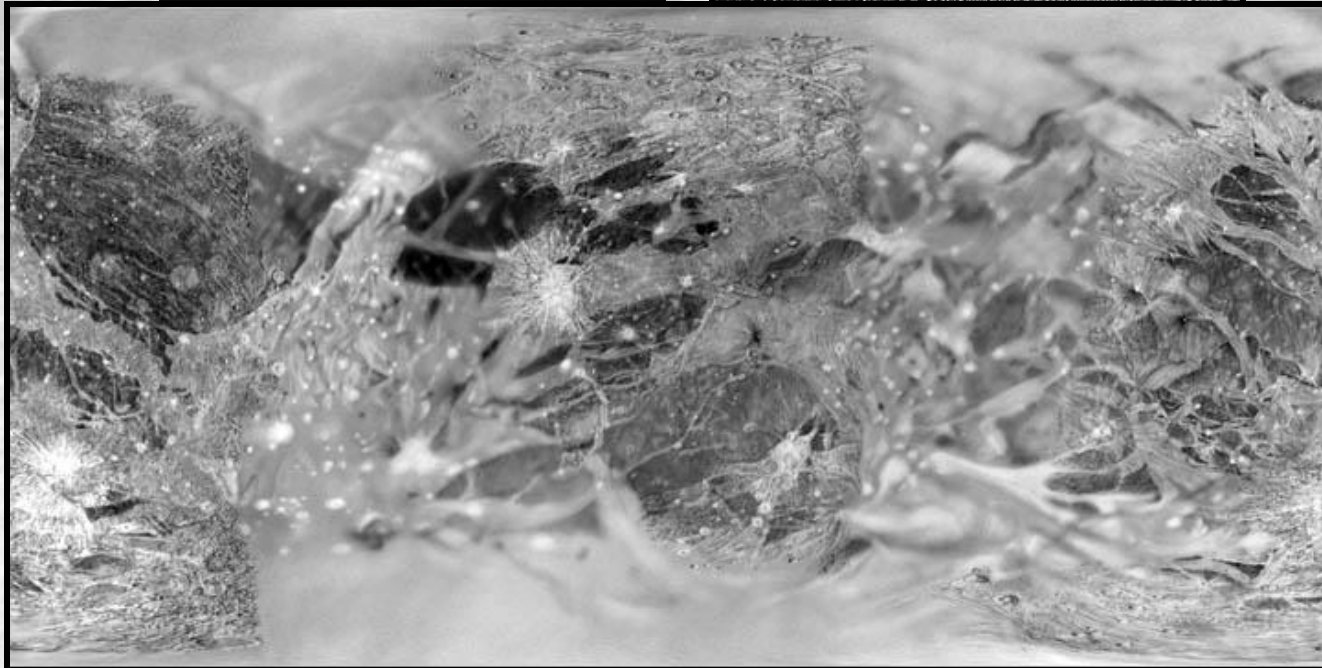
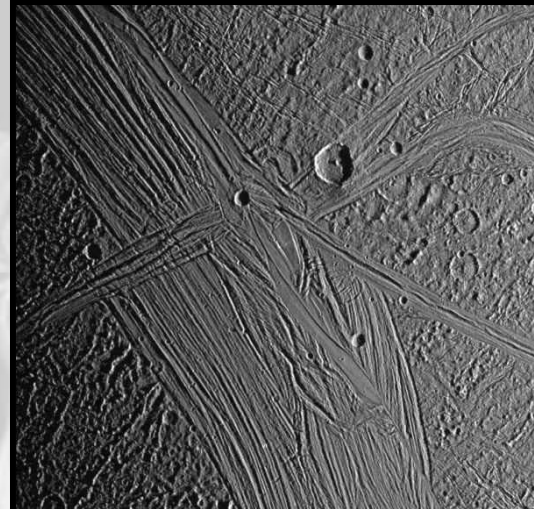
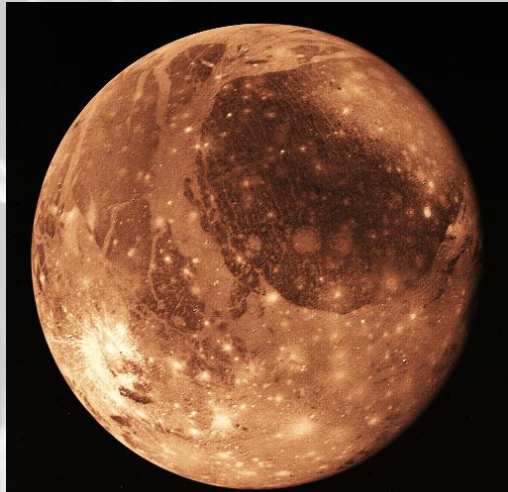
Atmosfera: jest  
Skład chemiczny: 100% tlen

Pole magnetyczne  
Powierzchnia: lód





# Księżycyce Jowisza: Ganimedes



# Księżycyce Jowisza: Kallisto

Średnia odległość: 1 882 700 km

Okres orbitalny: 16.69 dni

Średni promień: 2410 km (0.378 promienia Ziemi)

Masa:  $1.08 \times 10^{23}$  kg (0.018 masy Ziemi)

Albedo: 0.22

Rotacja: synchroniczna

Temperatura powierzchniowa :

$\approx -139^\circ \text{C}$

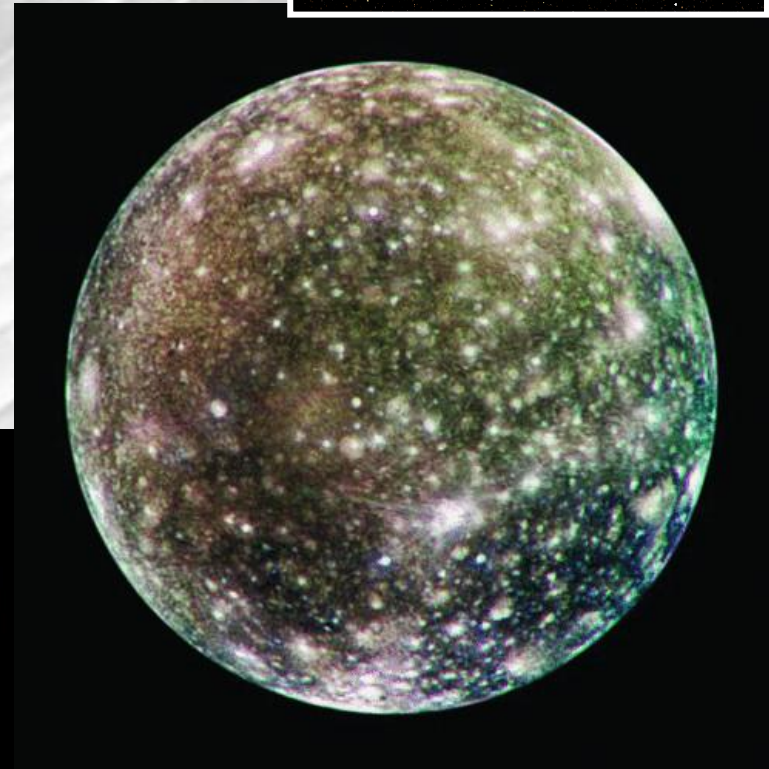
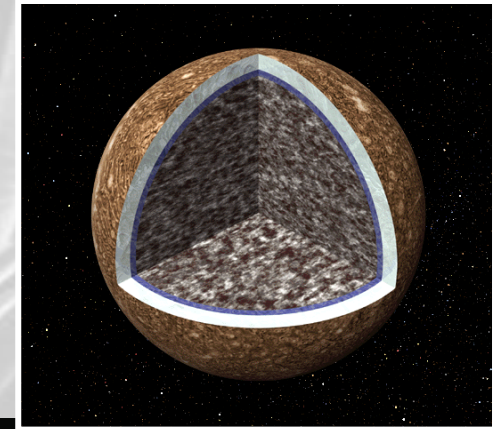
Ciśnienie na powierzchni: śladowe

Atmosfera: jest

Skład chemiczny:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$

Powierzchnia: lód

Pole magnetyczne





# Księżyce Saturna: Tytan

Odległość od Saturna: 1 221 931 km

Okres orbitalny: 15.95 dni

Promień: 2575 km

Masa:  $1.35 \times 10^{23}$  kg (0.022 masy Ziemi)

Albedo: 0.20

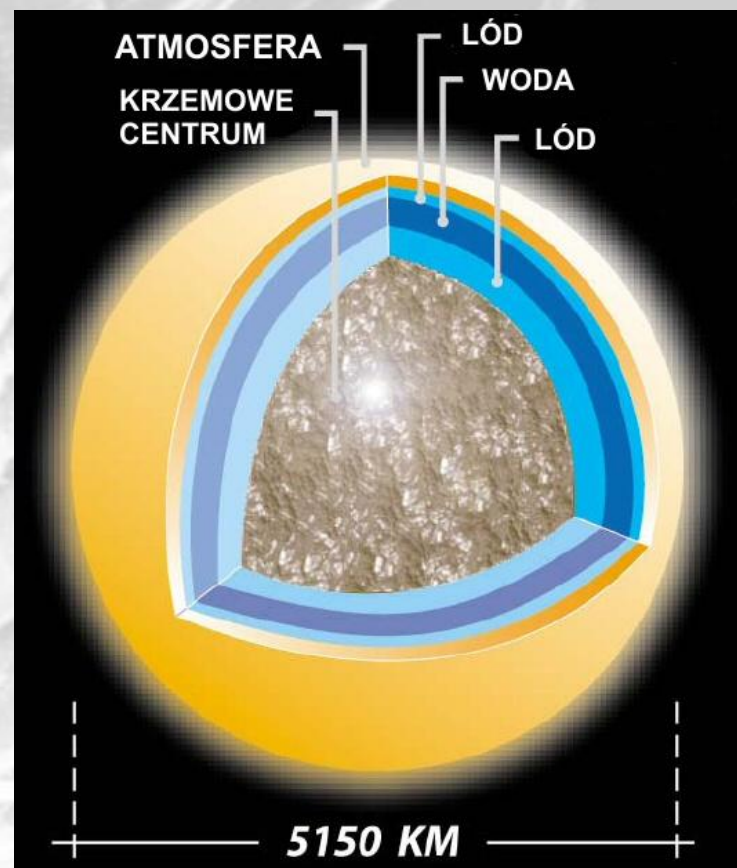
Rotacja: synchroniczna

Stosunek Skąła/Lód = 52:48 (masowo)

Temperatura powierzchni:  $-189^{\circ}$  C

Ciśnienie na powierzchni: 147 kPa

Atmosfera: jest



# Księżyce Saturna: Tytan

Atmosfera  $\approx$  1500 km

Skład atmosfery:

azot molekularny  $N_2$  ( $\sim$  98%)

metan  $CH_4$  ( $\sim$  1.6%)

wodór molekularny  $H_2$  ( $\sim$  0.1%)

argon

Wertykalna struktura  
atmosfery

troposfera, stratosfera,  
mezosfera

Gazy cieplarniane:

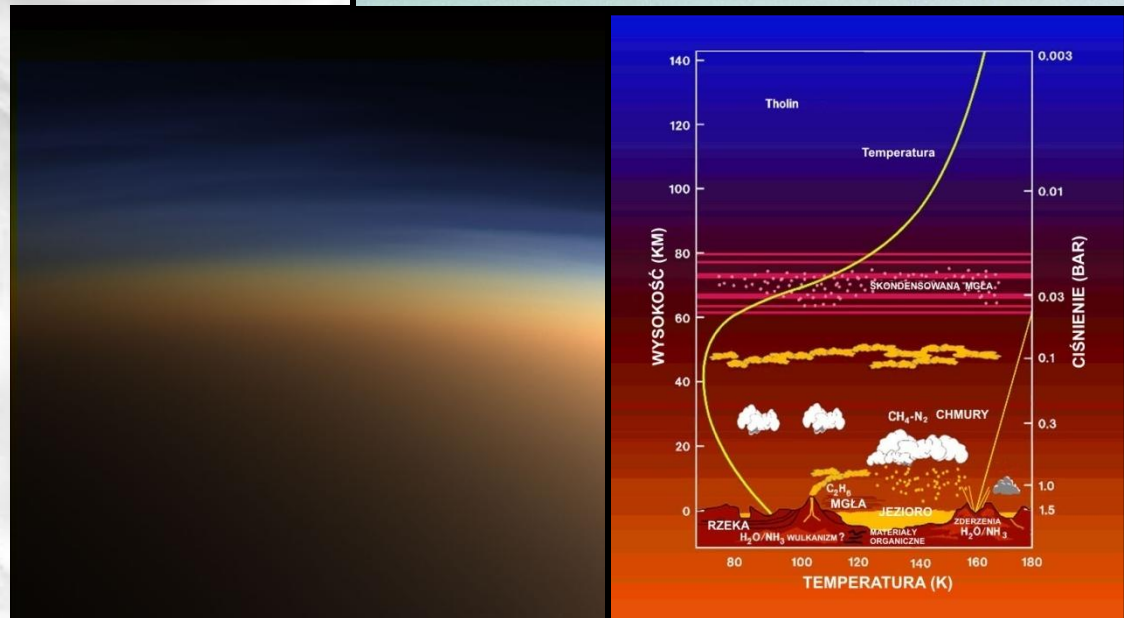
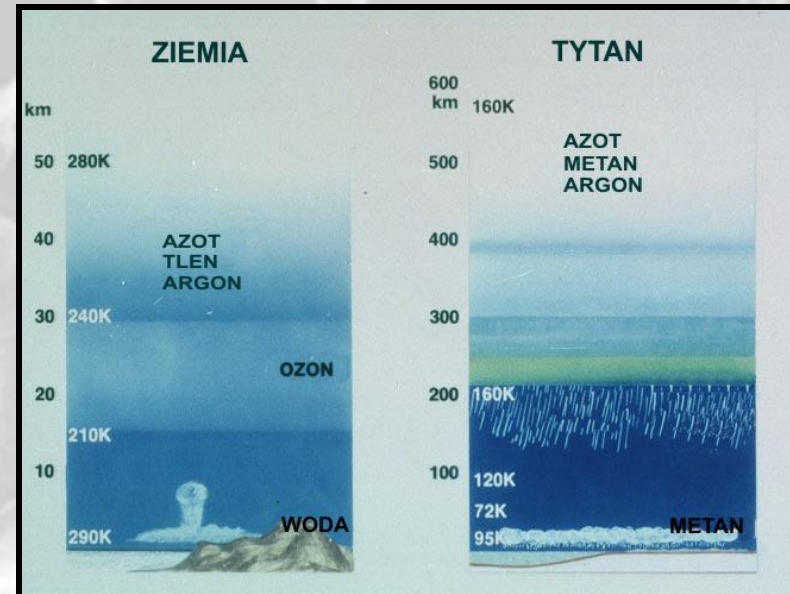
Metan

Wodór molekularny

Cykl metanu

analogiczny do obiegu

wody w atmosferze Ziemi

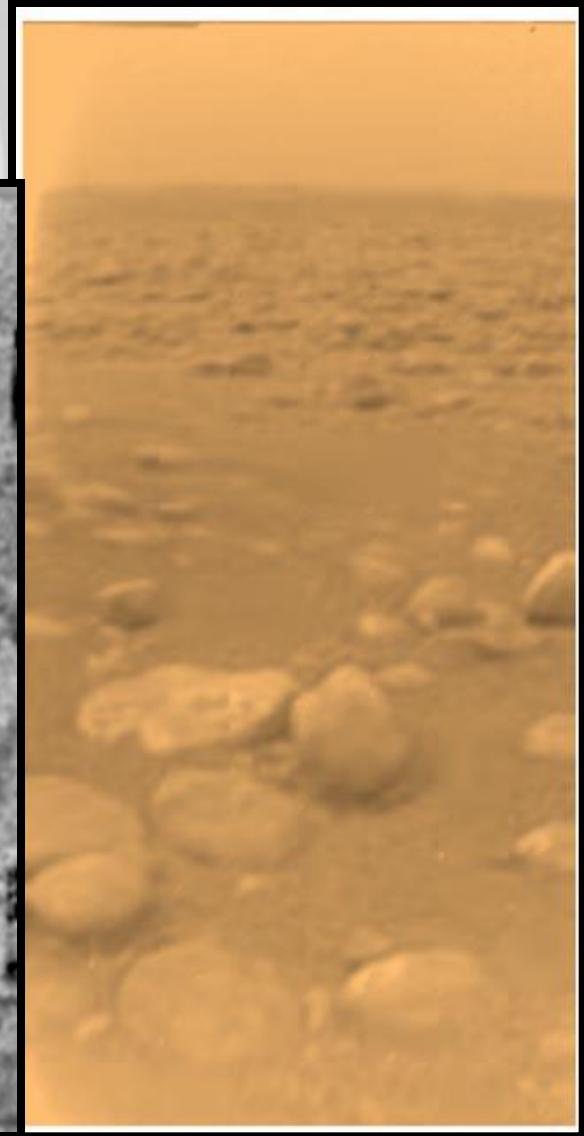
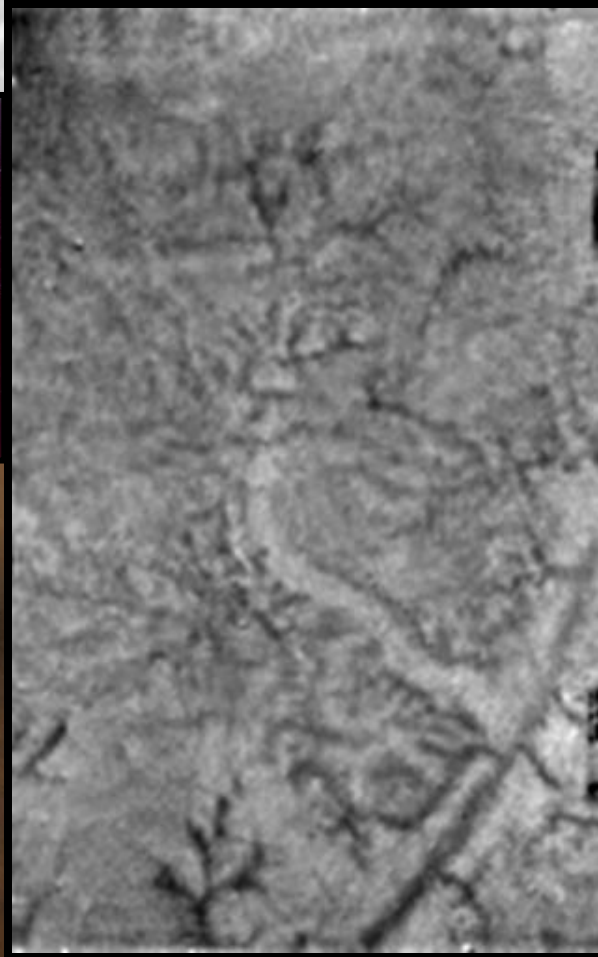
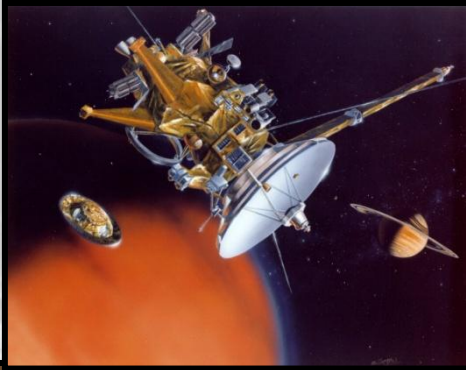




# Księżycy Saturna: Tytan

Obserwacje Cassini

powierzchnia  
cechy podobne do Ziemi



1 m m

# Księżycyce Saturna: Enceladus

Średnia odległość od planety:

238,0 tyś. km

Okres orbitalny: 1,37 dni

Średni promień: 252 km

Masa księżycyca:

$\sim 1,1 \times 10^{20}$  kg

Albedo: 0.99

Okres obrotu:

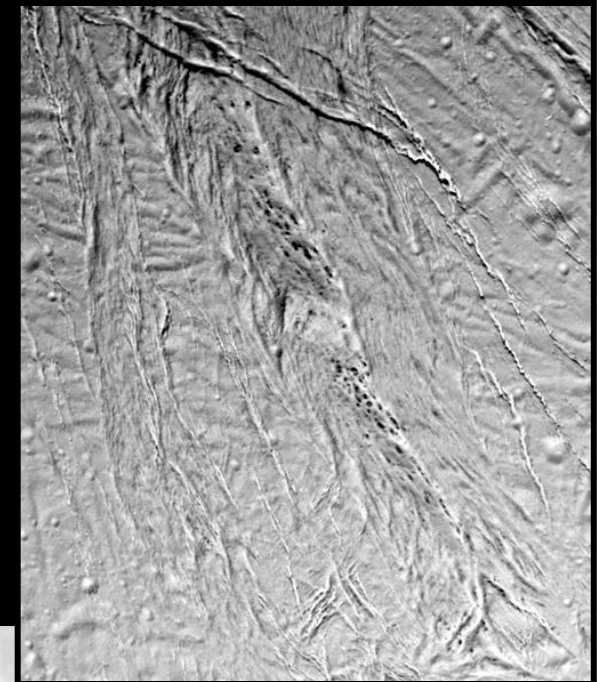
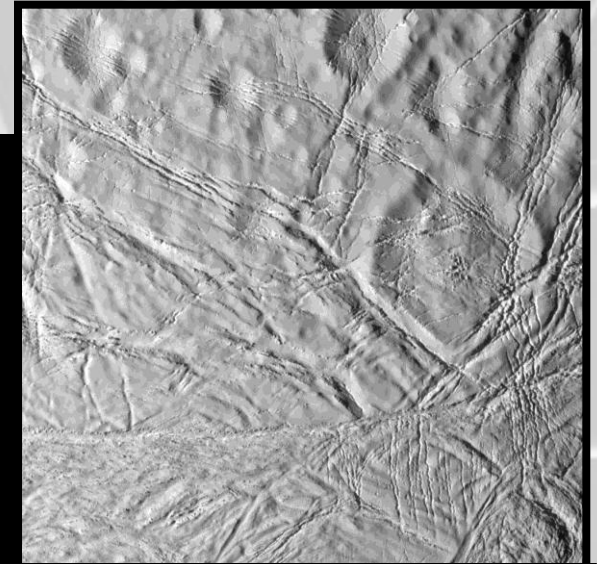
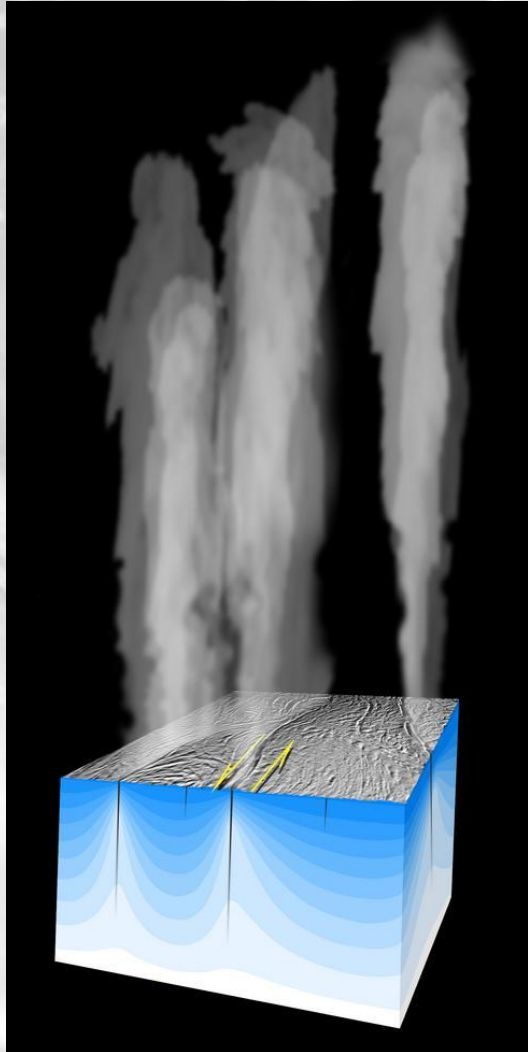
synchroniczny

Atmosfera: cienka

Temperatura

na powierzchni:  $\sim -200^{\circ}$  C

Powierzchnia: głównie lód

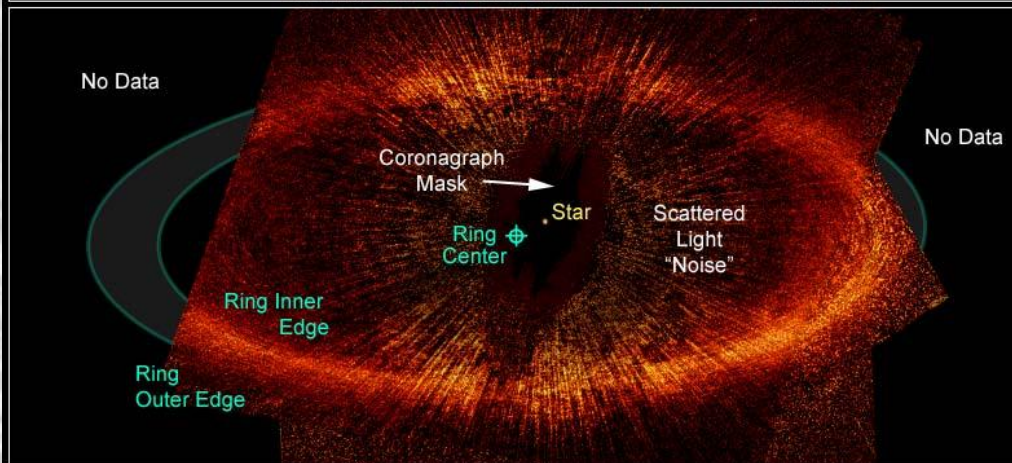




# Pozasłoneczne układy planetarne

## Dyski pyłowe

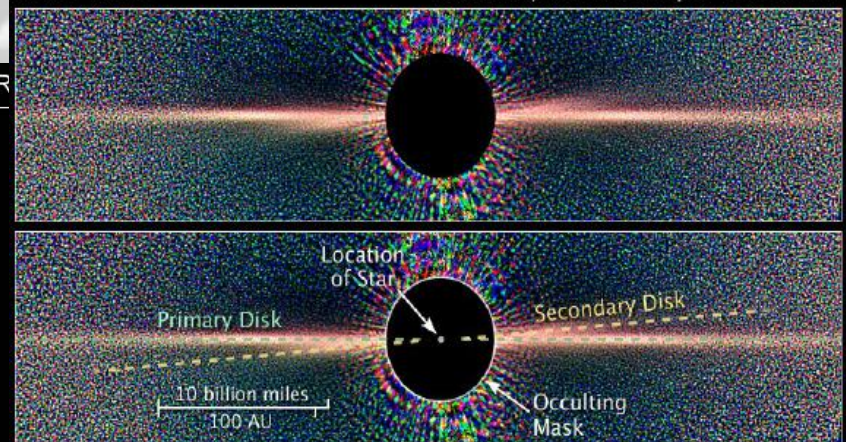
Fomalhaut Debris Ring *Hubble Space Telescope • ACS HR*



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

STScI-PRC05-10

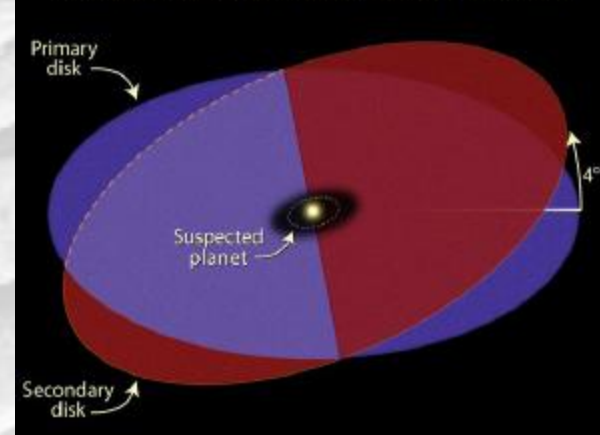
Beta Pictoris *Hubble Space Telescope • ACS/HRC*



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

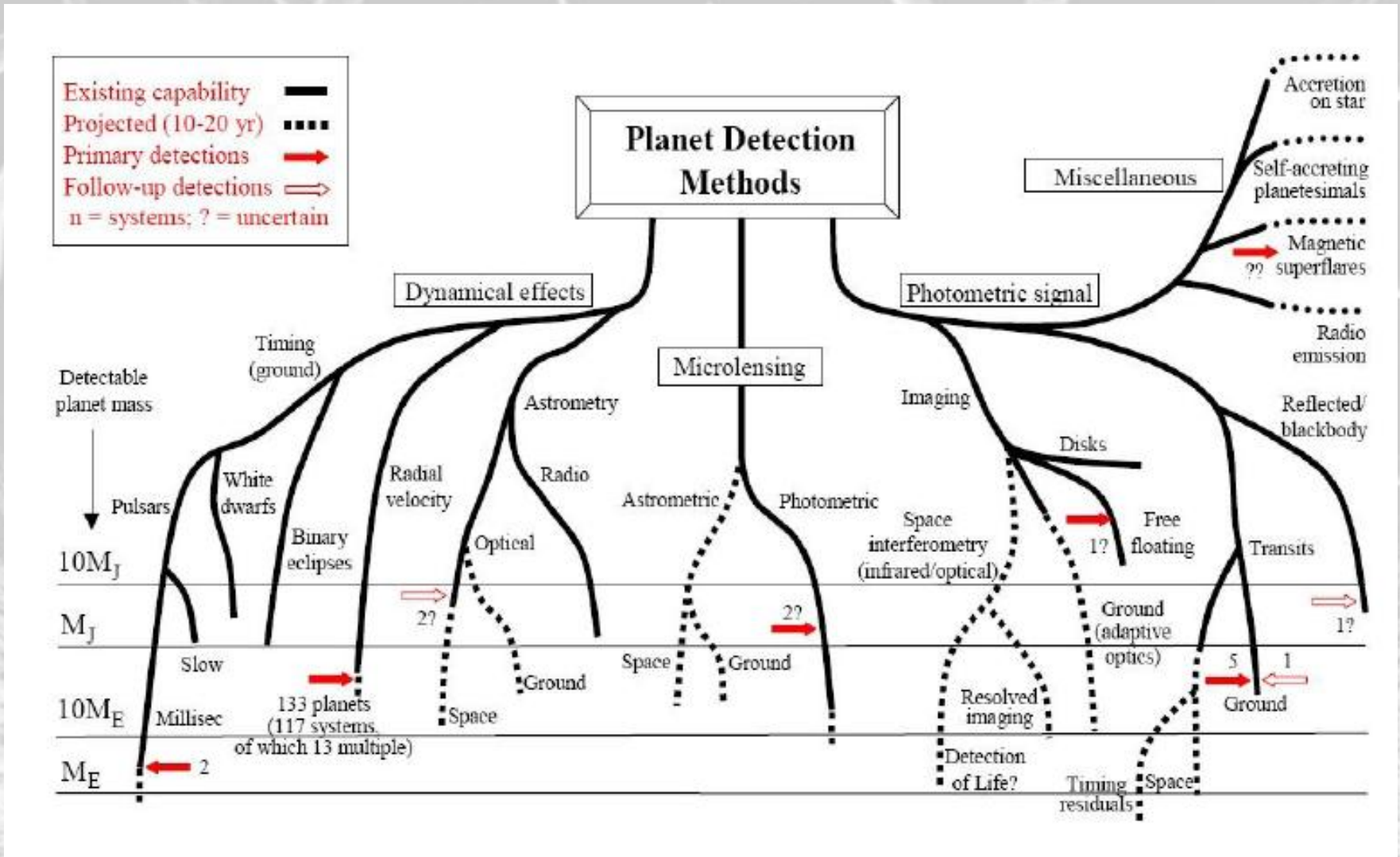
STScI-PRC06-25

## Double disk around Beta Pictoris



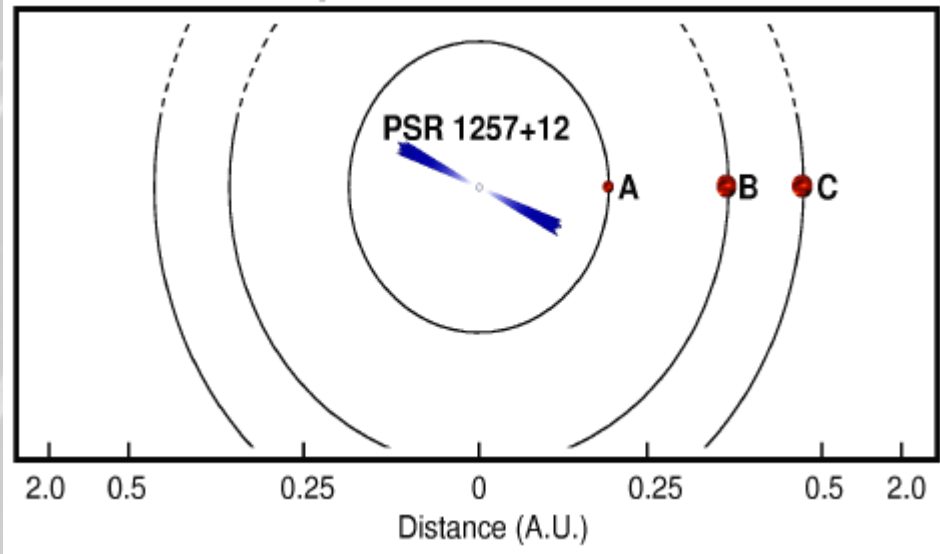
1 m m

# Pozasłoneczne układy planetarne





# Pozasłoneczne układy planetarne



A	$0,000062926366797 M_J$	0,19 AU
B	$0,013529168861 M_J$	0,36 AU
C	$0,012270641525 M_J$	0,46 AU

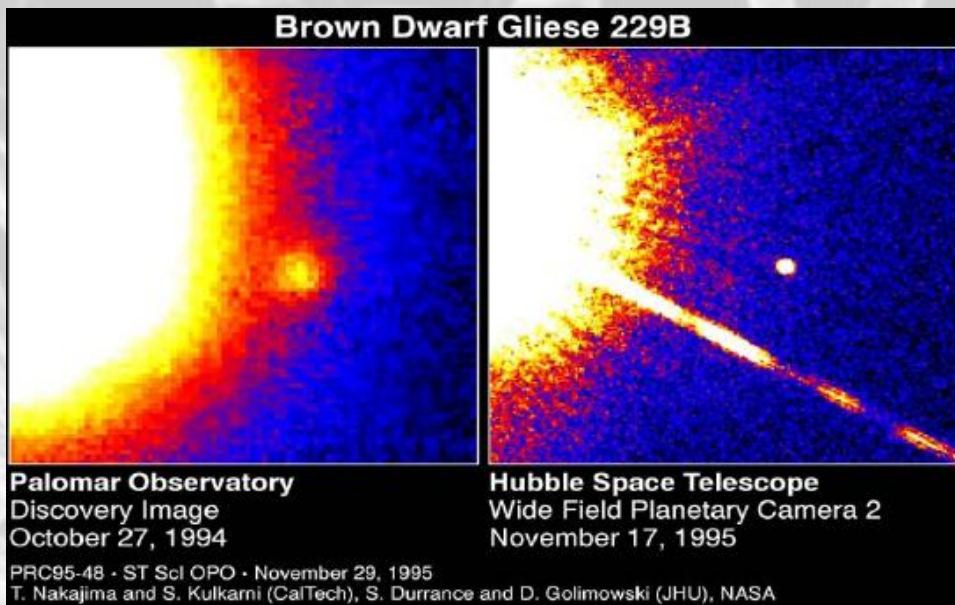


# Pozasłoneczne układy planetarne

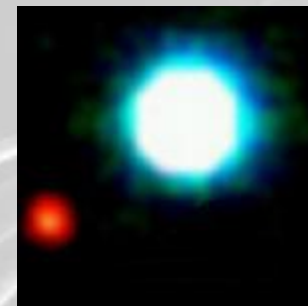
## Bezpośrednie obserwacje



**GQ Lup**  
21.5  $M_J$   
103 AU



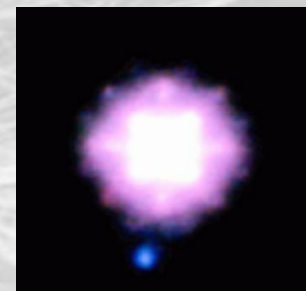
**Gliese 229**  
20-50  $M_J$   
44 AU



**2M1207**  
5  $M_J$   
46 AU



**AB Pic**  
13.5  $M_J$   
275 AU



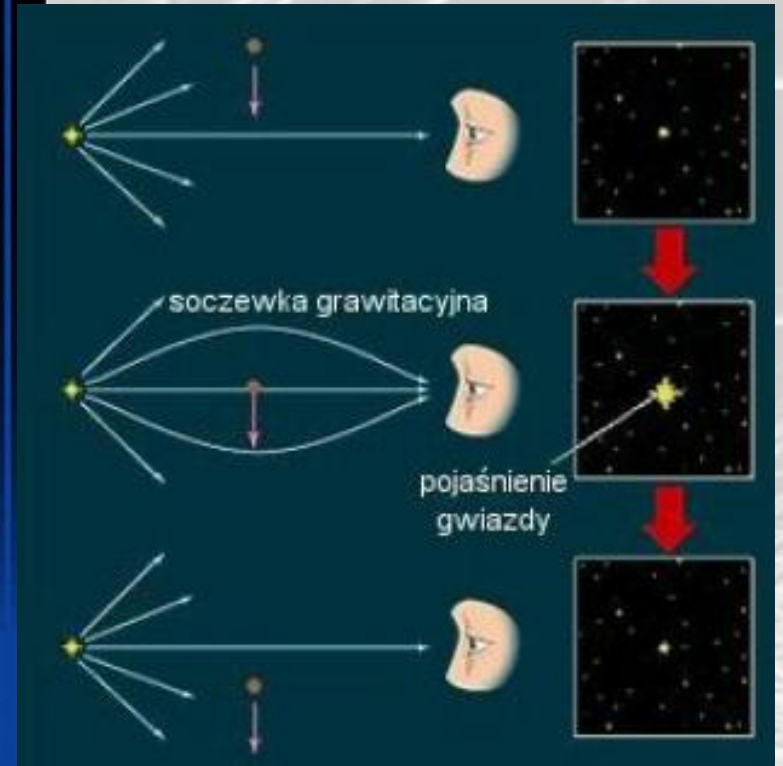
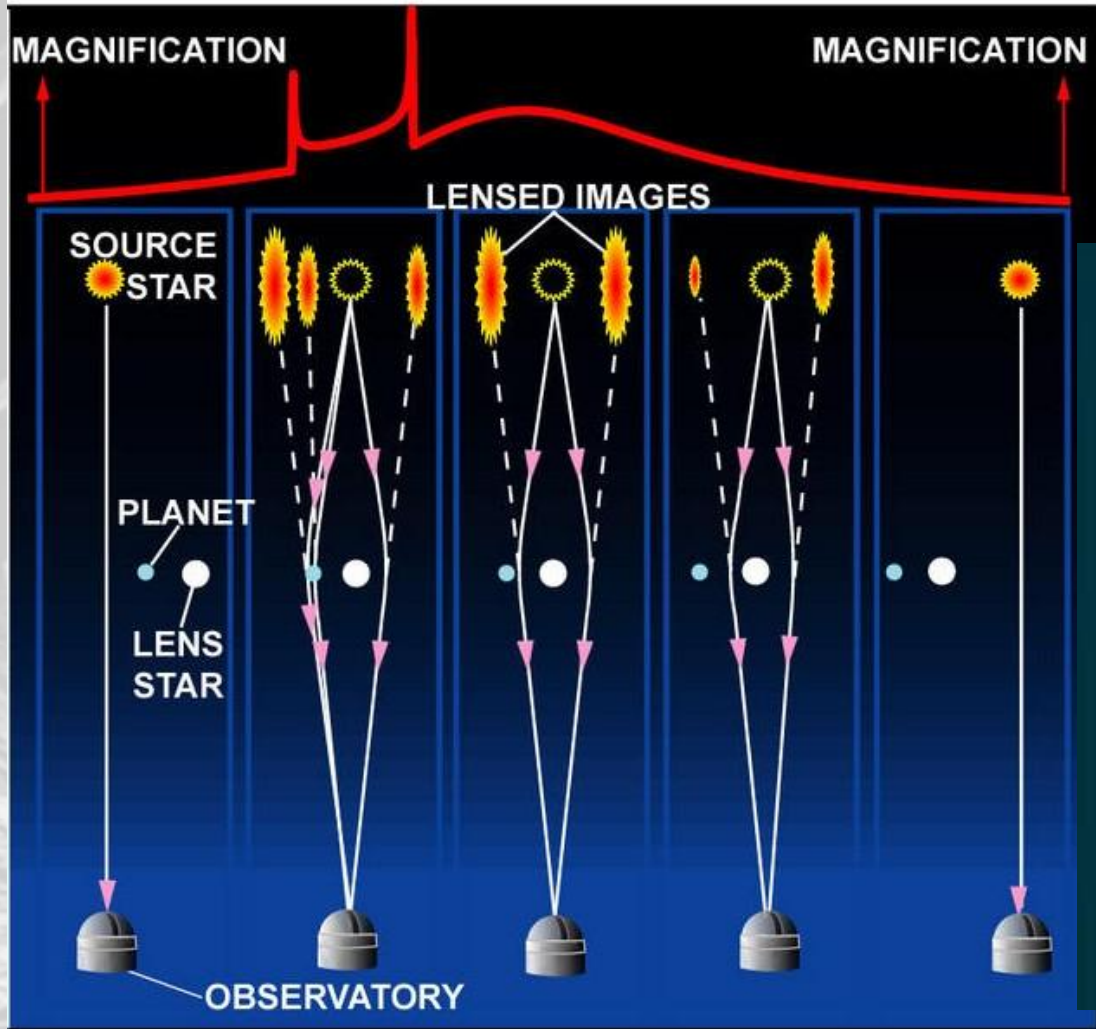
**SCR 1845**  
>8.5  $M_J$   
>4.5 AU

1 m m



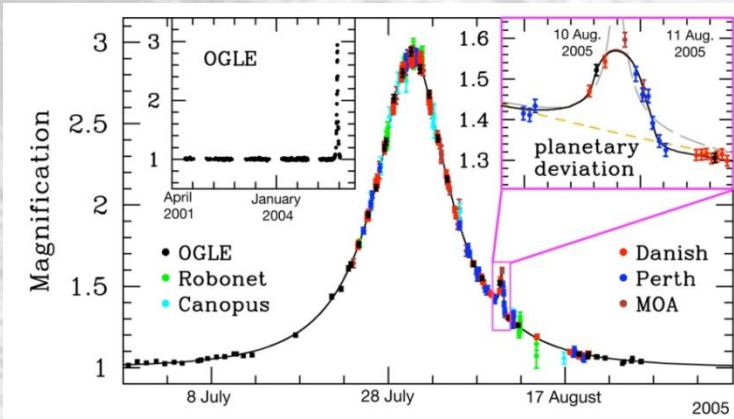
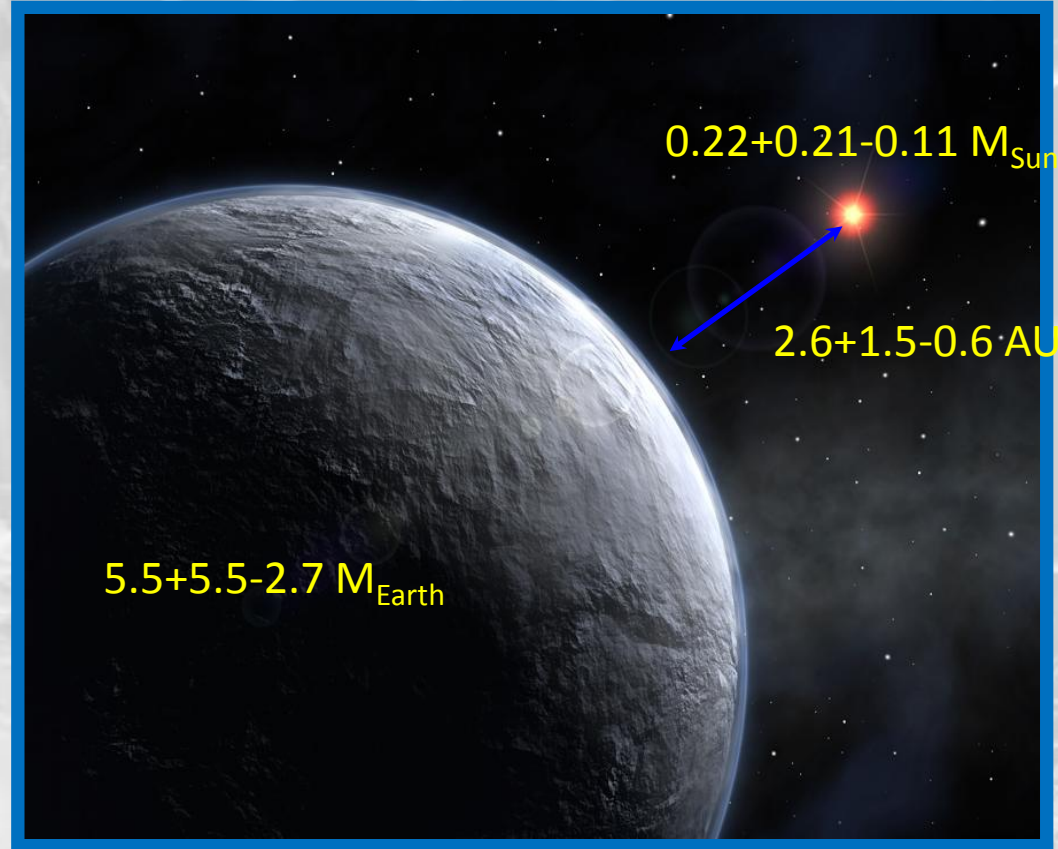
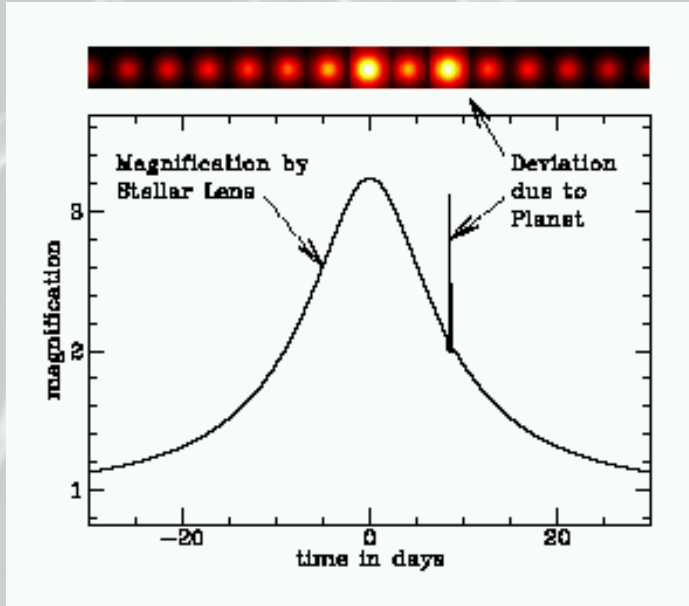
# Pozasłoneczne układy planetarne

## Mikrosoczewkowanie grawitacyjne



1 m m

# Pozasłoneczne układy planetarne

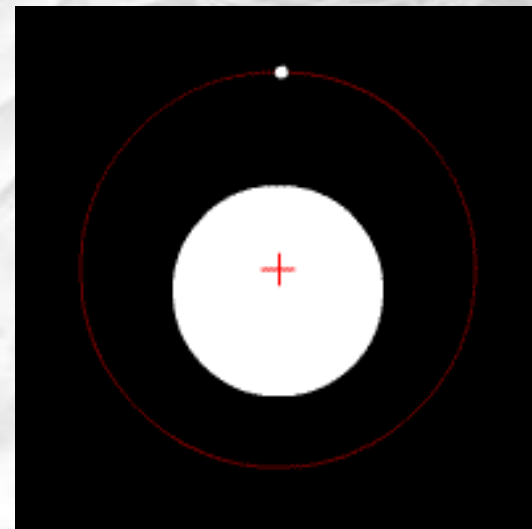
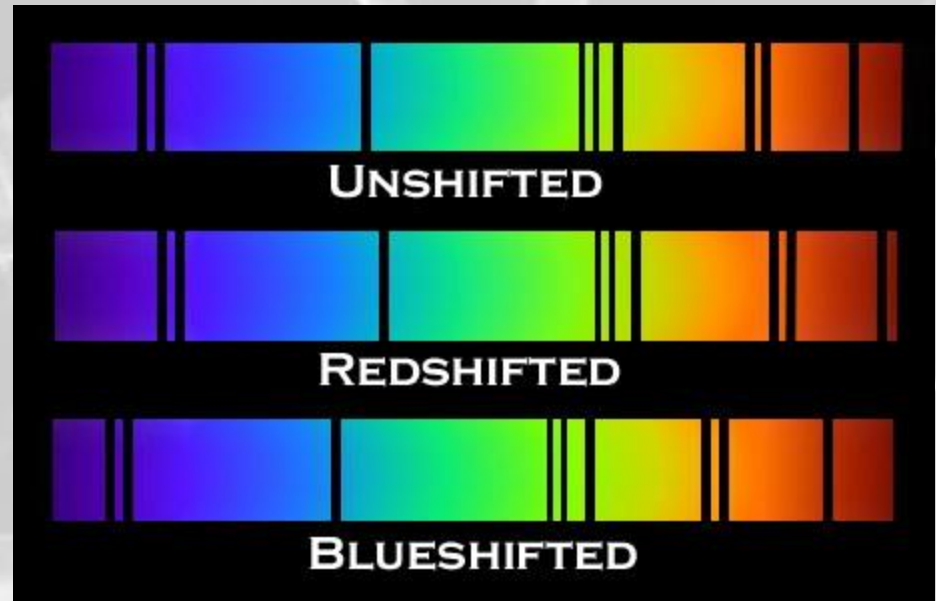
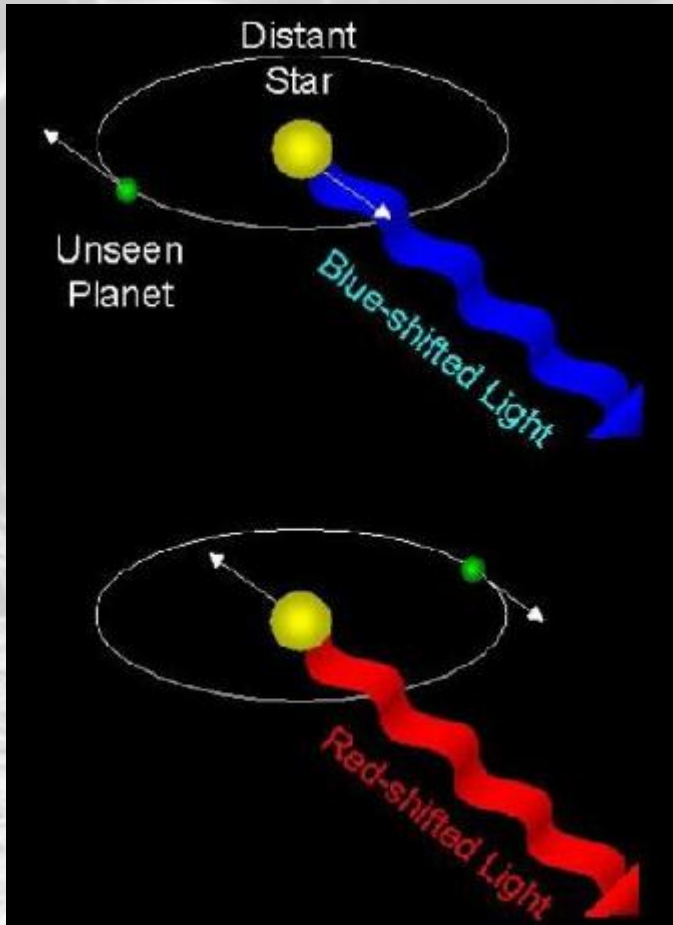


Light Curve of OGLE-2005-BLG-390



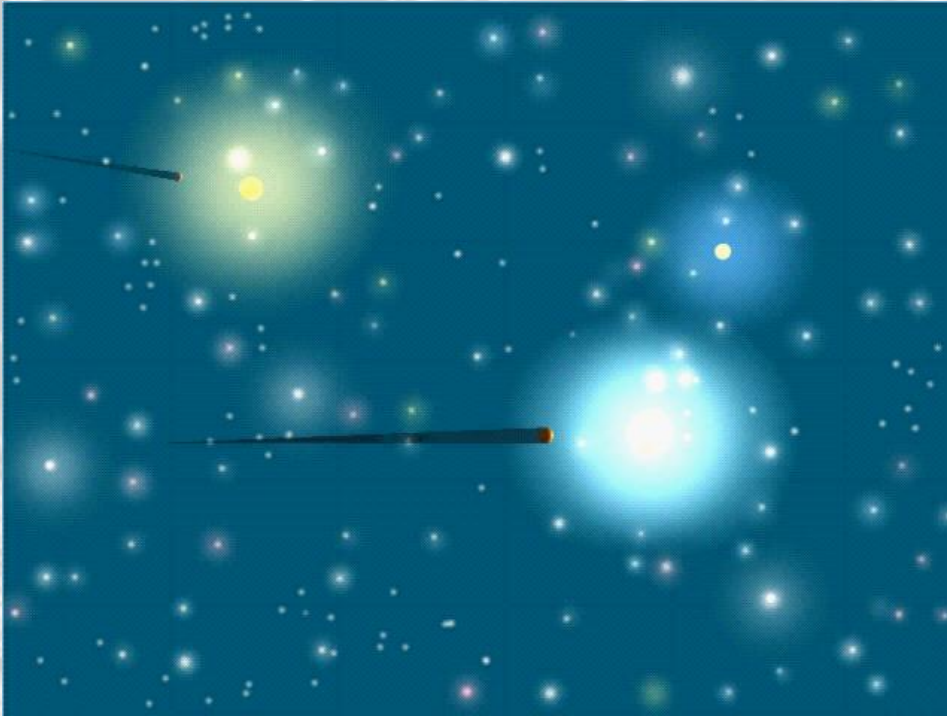
# Pozasłoneczne układy planetarne

## Zmiany prędkości radialnej

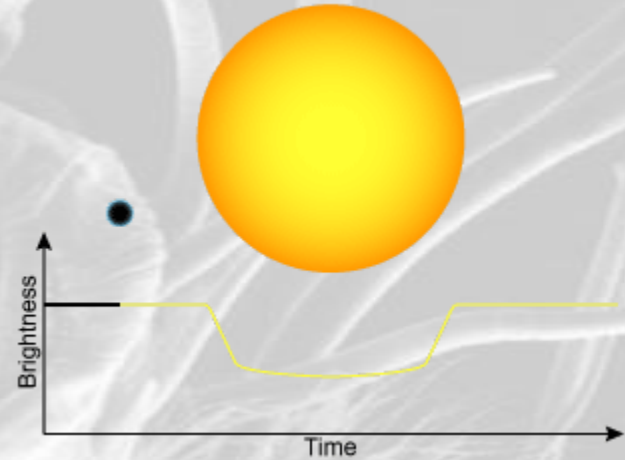


# Pozasłoneczne układy planetarne

## Tranzyty



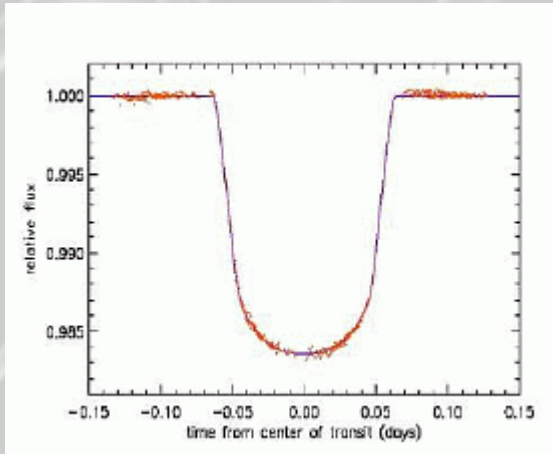
Light Curve of a Star During Planetary Transit



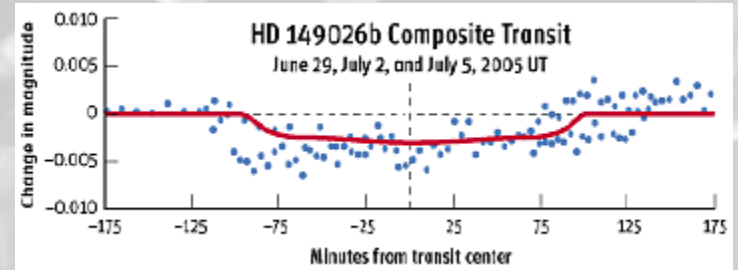
1 m m



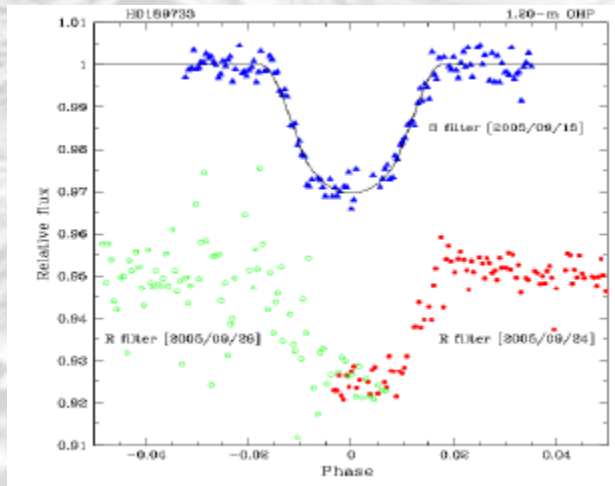
# Pozasłoneczne układy planetarne



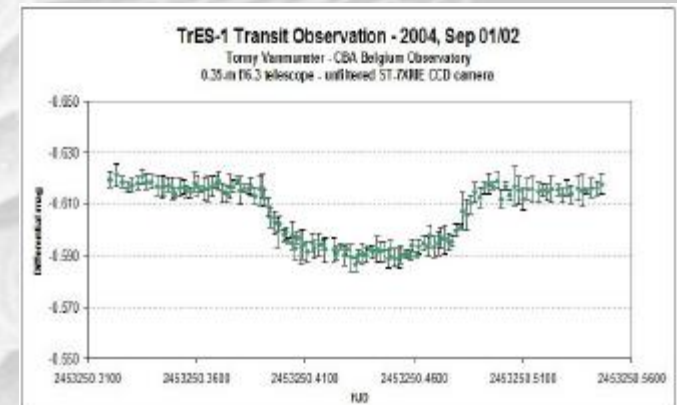
**HD 209458 b**  
**0.69  $M_J$**   
**0.045 AUc**



**HD 149026**  
**0.36  $M_J$**   
**0.042 AU**



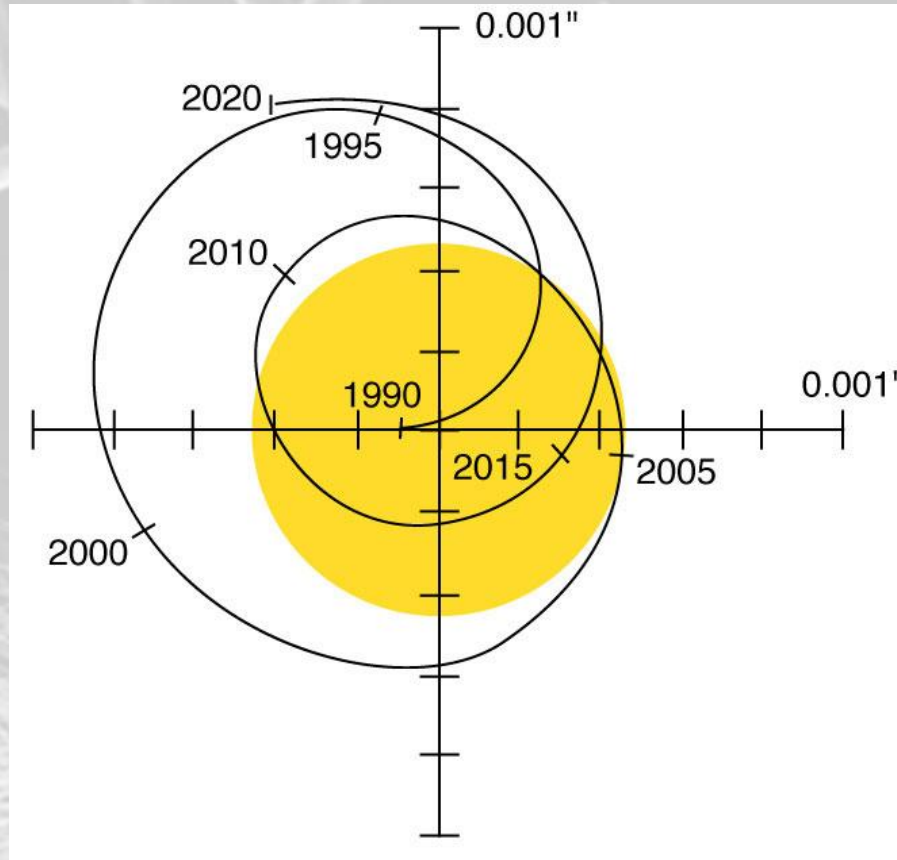
**HD 149026 b**  
**0.36  $M_J$**   
**0.042 AU**



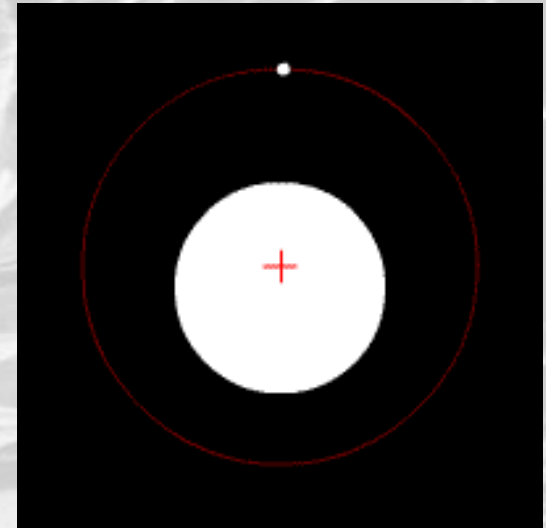
**TrES1**  
**0.61  $M_J$**   
**0.0393 AU**

1 mm

# Pozasłoneczne układy planetarne



Zmiany położenia gwiazdy

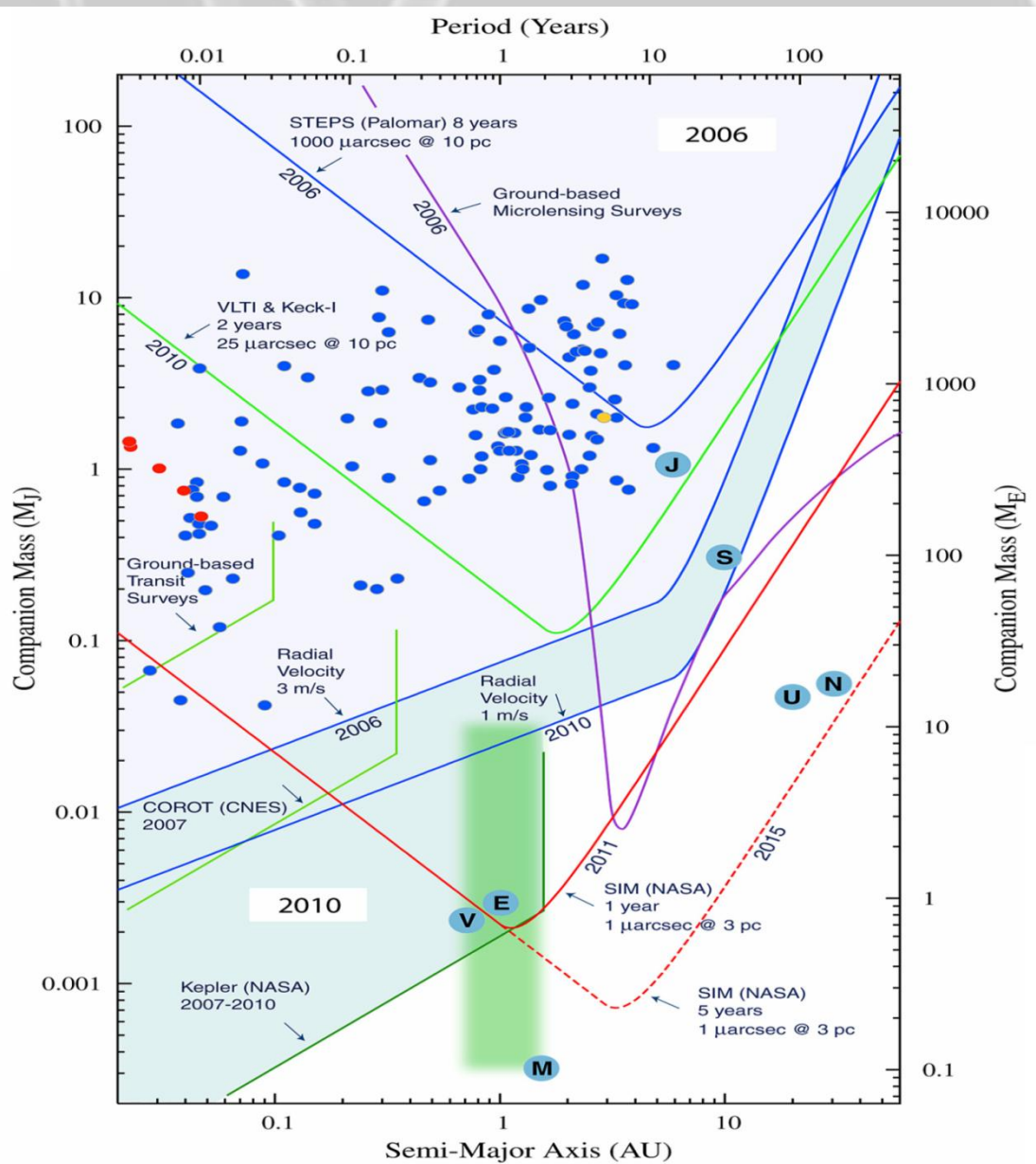


Zmiany położenia Słońca w ciągu 45 lat  
wywołane przez Jowisza – tak byłyby  
widziane z odległości 33 lat świetlnych

1 m m



# Pozasłoneczne układy planetarne



W najbliższych latach uruchomionych zostanie kilka misji, które powinny pozwolić na detekcję planet typu ziemskiego krążących w odległości 1 AU od planety macierzystej

To pozwoli wytypować sporą ilość kandydatów do poszukiwania biosygnatur

# Biosygnatury

---

W widmie gwiazd:

tlen i woda – tlen znika w atmosferze bardzo szybko (np. utlenianie); jeśli widzimy go dużo to oznacza, że musi się znajdować jego źródło (fotosynteza)

ozon – jest łatwiejszy do wykrycia niż tlen (świeci w podczerwieni)

metan i tlen lub zmiany sezonowe – tlen i metan są trudne do uzyskania bez fotosyntezy; zmiany sezonowe obfitości metanu są wyraźną biosygnaturą

chlorometan – pochodzi głównie ze spalania roślinności

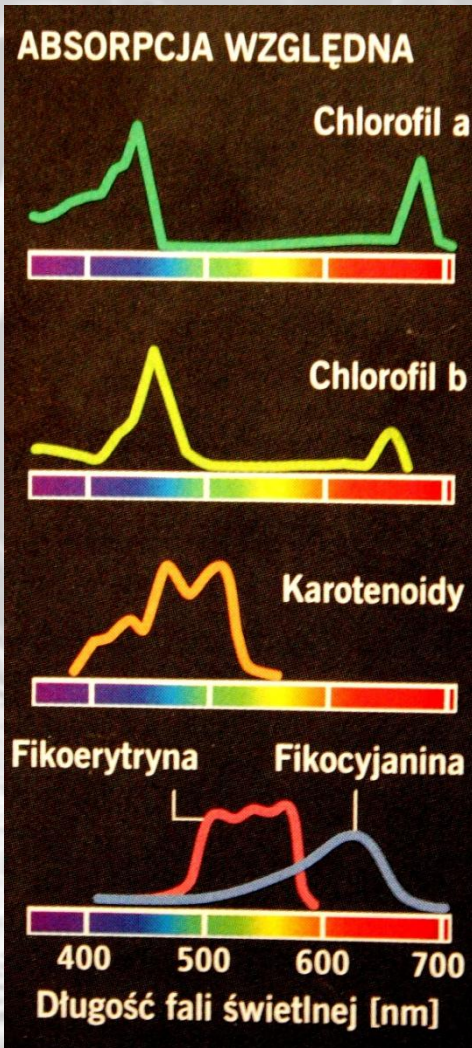
tlenek azotu – jest uwalniany podczas rozkładu materii roślinnej

1 mm



# Biosygnatury

## Barwy roślin

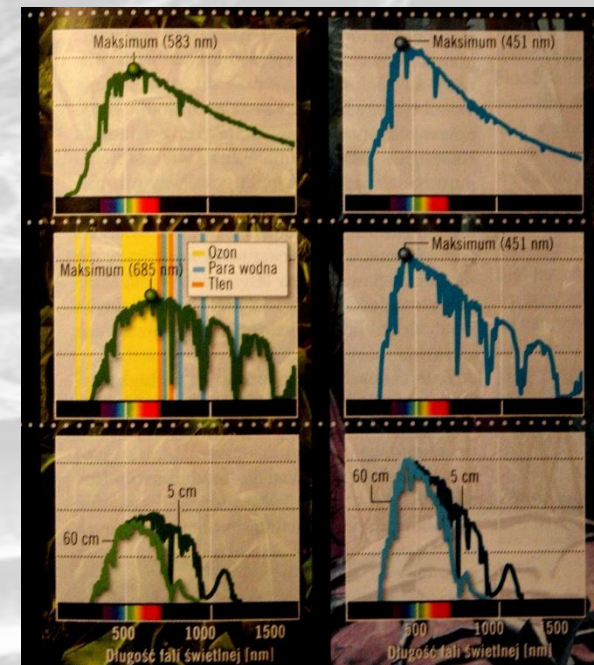
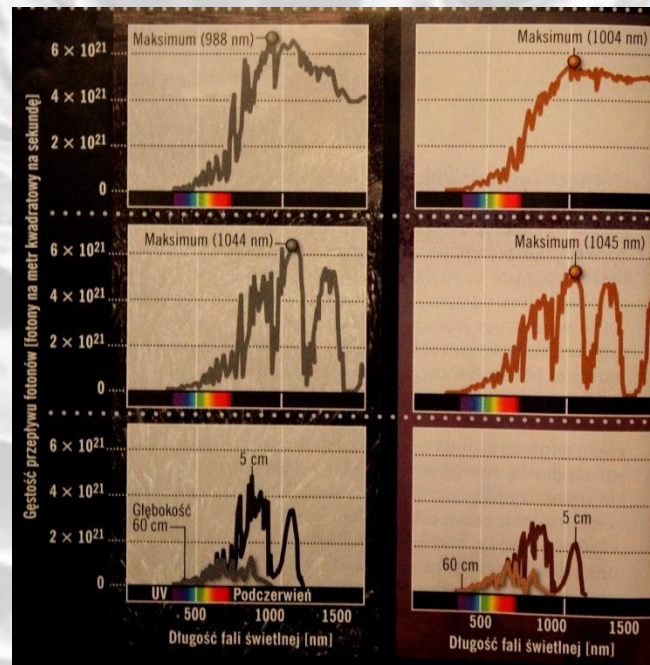


Typ: M9  
 masa: 0.2  
 jasność: 0.0044  
 życie: 500 mld lat  
 planeta: 0.07 j.a.

Typ: M0  
 masa: 0.5  
 jasność: 0.023  
 życie: 200 mld lat  
 planeta: 0.16 j.a.

Typ: G  
 masa: 1  
 jasność: 1  
 życie: 10 mld lat  
 planeta: 1 j.a.

Typ: F  
 masa: 1.4  
 jasność: 3.6  
 życie: 3 mld lat  
 planeta: 1.69 j.a.



1 m m



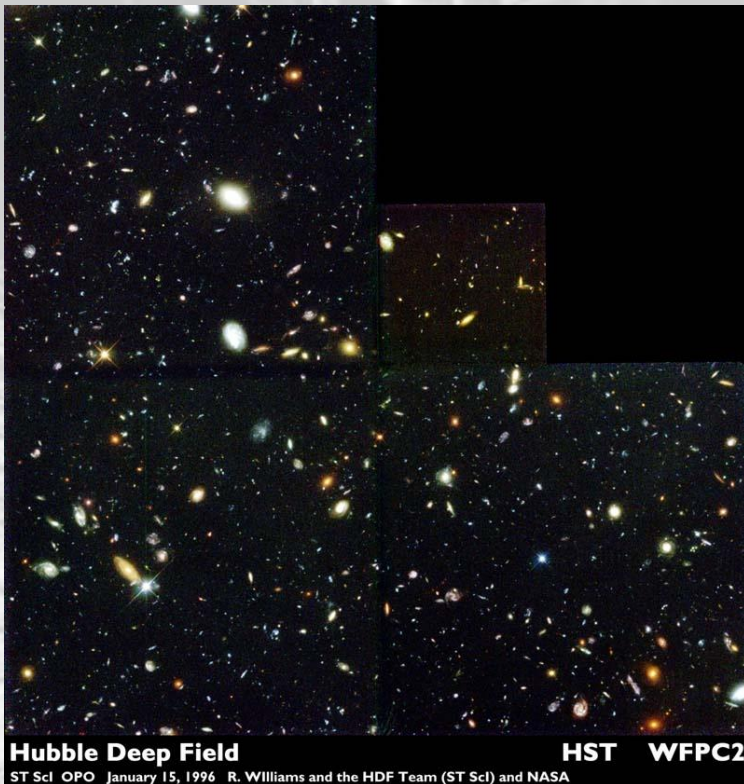
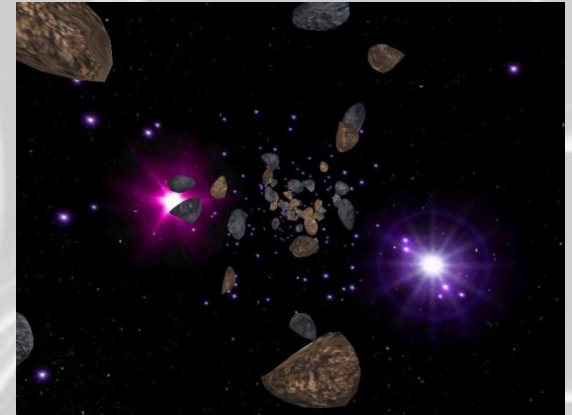
# Co dalej?

Odkrycie życia?

Odkrycie cywilizacji technicznej?

Czy możliwy jest jakikolwiek kontakt?

Czy odległości w Galaktyce nie są za duże aby się spotkać?



1 m m