

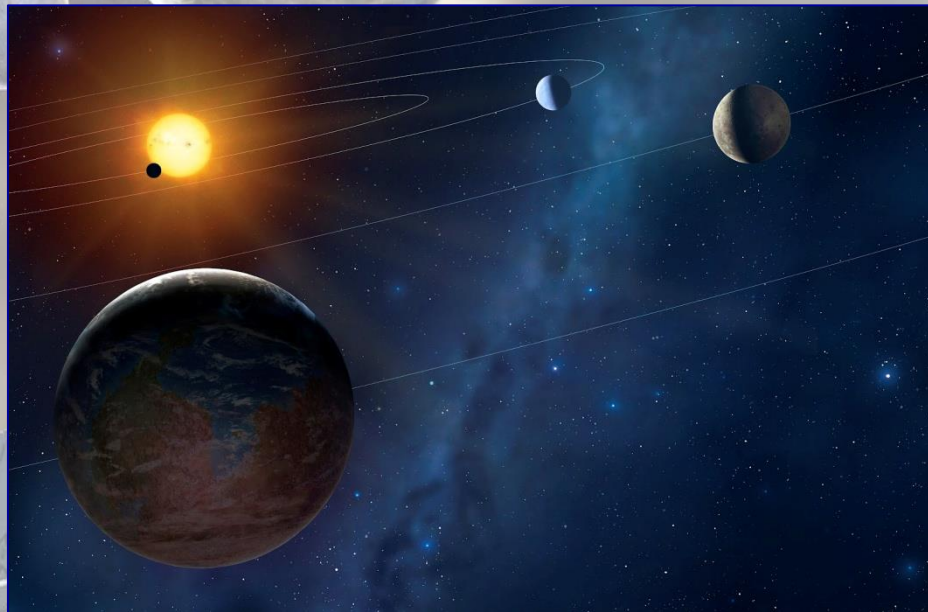
# Jak najdeme a poznáme planetu, kde by mohl být život?



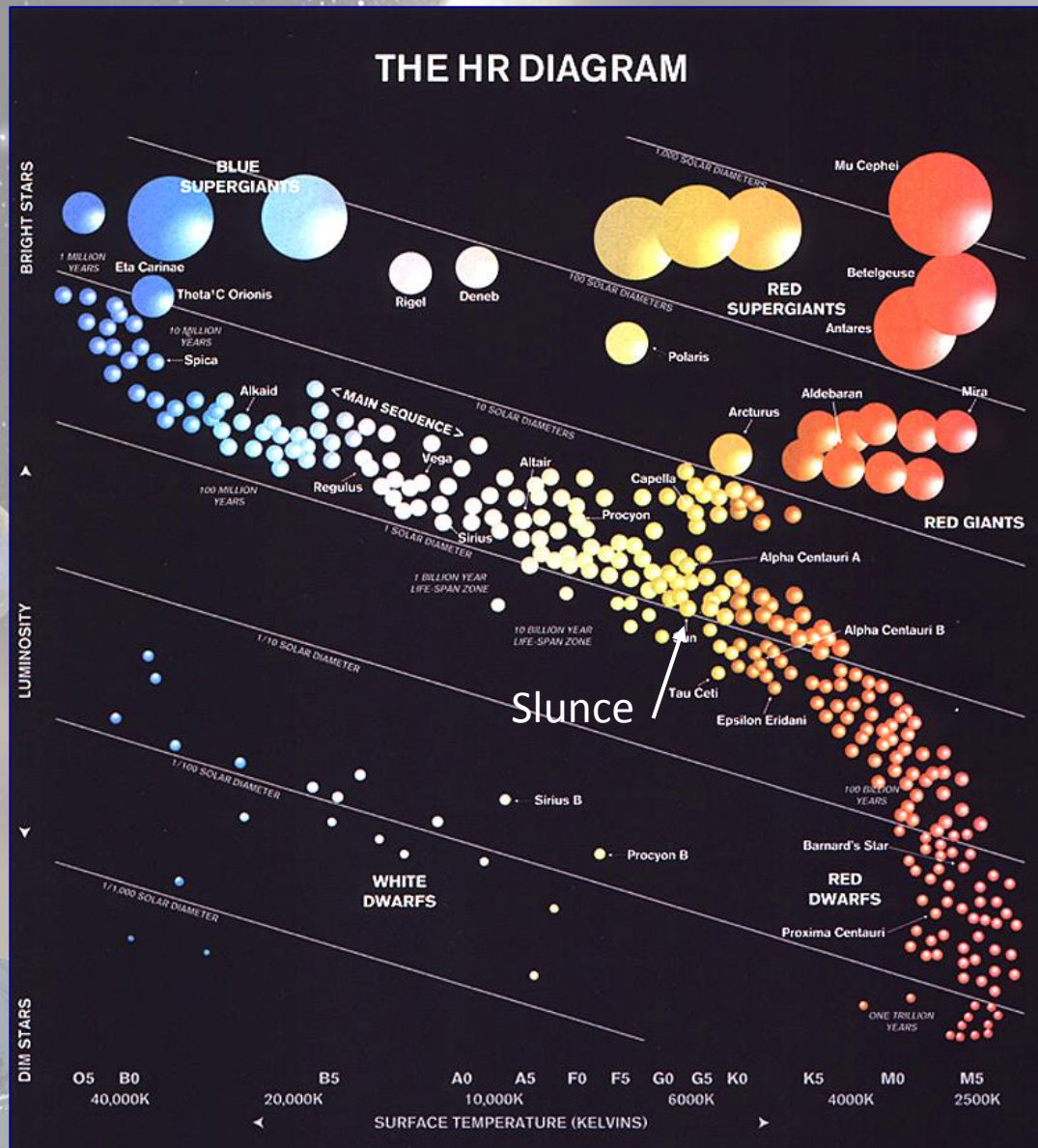
Libor Lenža, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

# Obsah semináře

1. Hledání cizích světů – zklamání a první objev
2. Tisíce nových světů a nějaká překvapení
3. Meze života
4. Hledání druhé Země aneb poznáváme exoplanety



# Úvodní poznámka - HR-diagram



1000 Rs

100 Rs

10 Rs

1 Rs

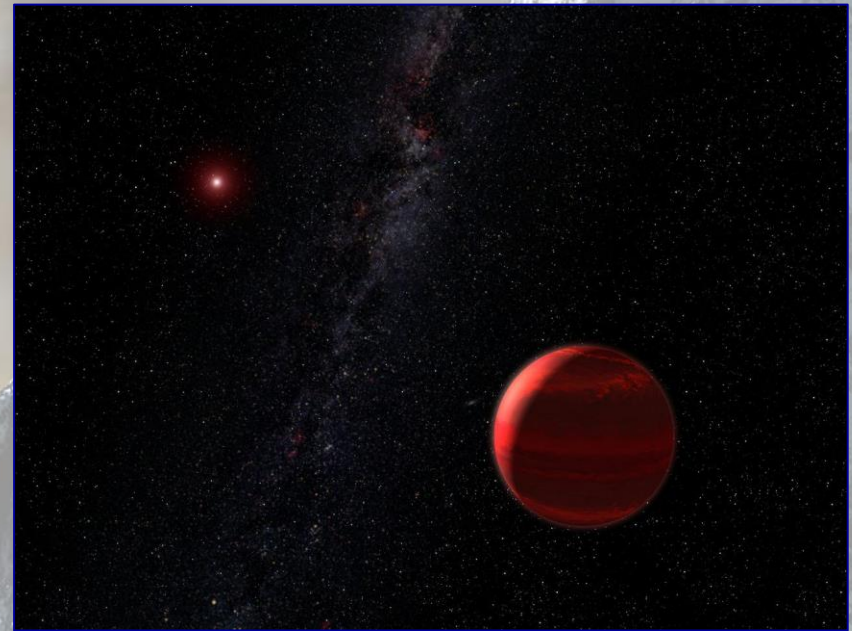
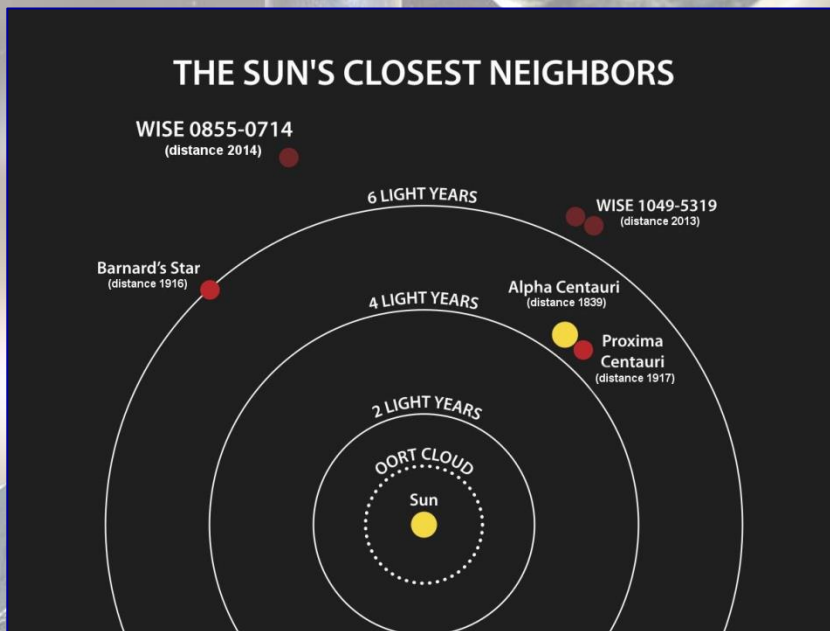
0,1 Rs

0,01 Rs

# Hledání cizích světů a zklamání

Hledání planet u jiných hvězd vyžaduje relativně pokročilou techniku

- 1) Snaha pozorovat a najít planety u jiných hvězd (problémy: nepoměr velikosti a jasnosti, citlivost spektroskopických metod aj.)
- 2) Barnardova hvězda - Peter van de Kamp; astrometrické metody – ohlášení existence planet kolem hvězdy, později nepotvrzeno



# Hledání cizích světů a první objev

Zaměření na hvězdy hlavní posloupnosti

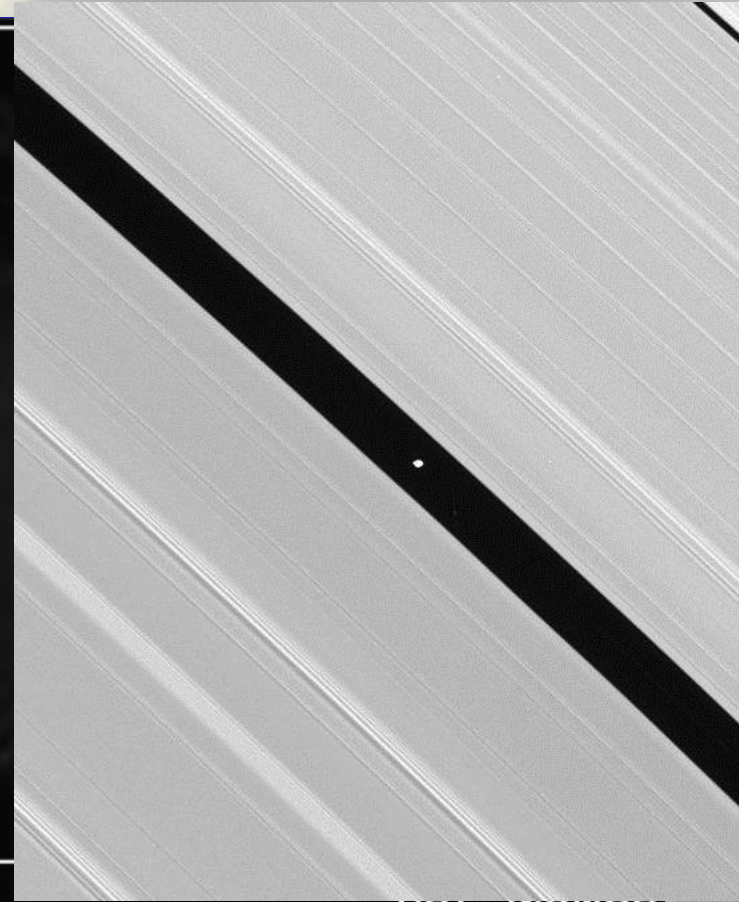
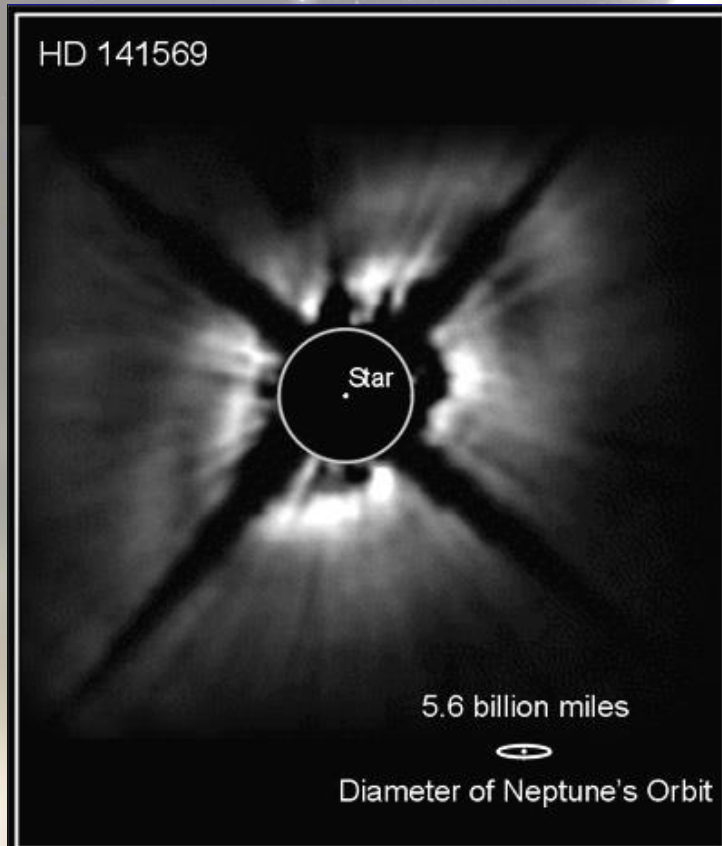
- 1) Logická snaha hledat planety u hvězd podobných Slunci (resp. na hlavní posloupnosti).
- 2) Koncem 80. let 20. století první podezření (gamma Cep Ab – potvrzení až v roce 2002) a HD 114762b – 11krát hmotnější než Jupiter – spíše BD, ale je v seznamu exoplanet).
- 3) První potvrzený objev by velkým překvapením. Byly objeveny planety, kde by v principu neměly být!!!

Byl potvrzen objev u milisekundového pulsaru PSR B1257+12 v roce 1992!! Velké překvapení a bylo nutno tuto skutečnost vysvětlit. Výhoda a klíč k potvrzení objevu – velmi přesné hodiny v podobě milisekundového pulsaru.



# Hledání cizích světů a první objev

Náznaky a stopy existence cirkumstelárních a protoplanetárních disků



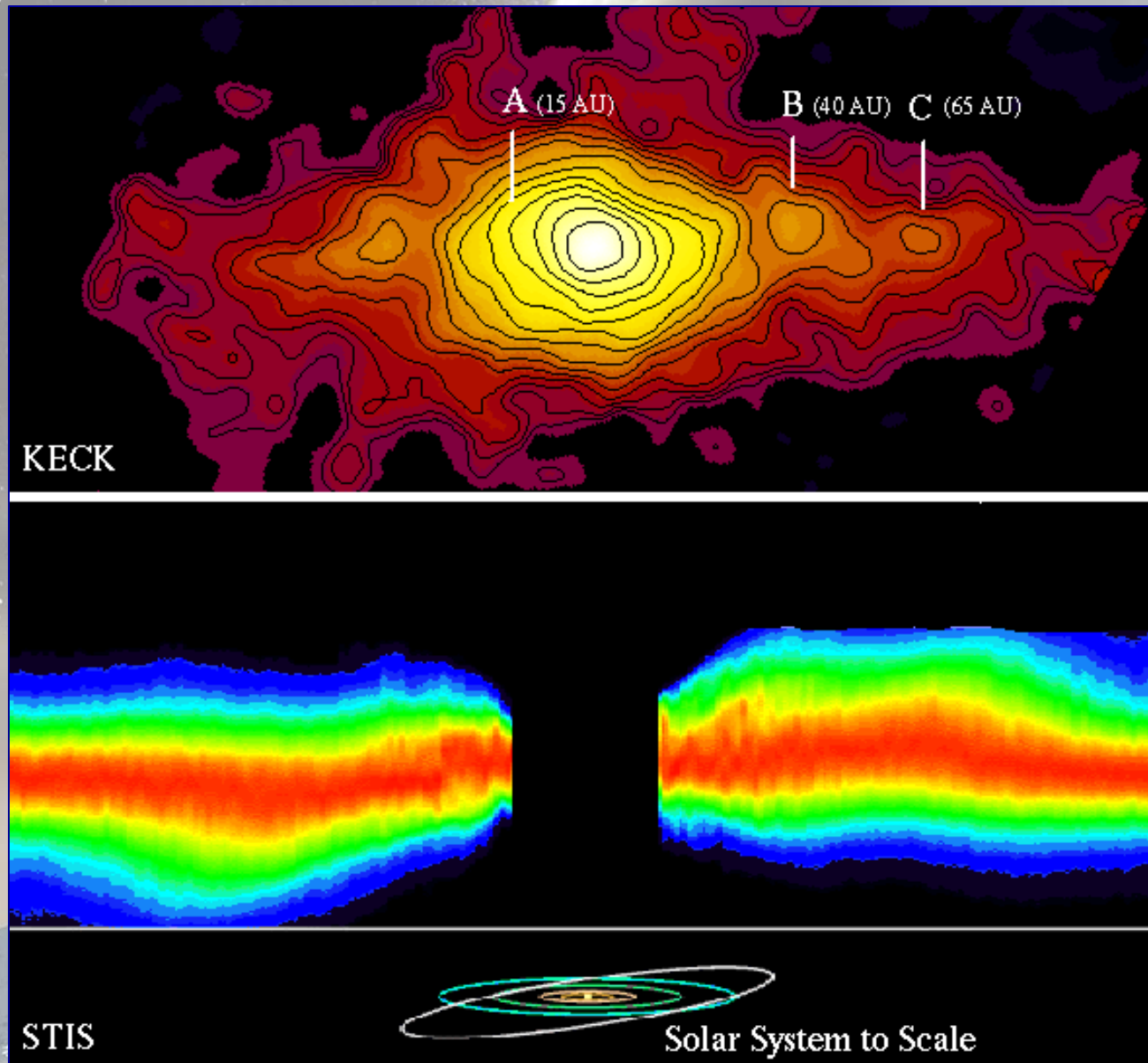
## Dust Disks around Stars

PRC99-03 • STScI OPO • January 8, 1999

B. Smith (University of Hawaii), G. Schneider (University of Arizona),

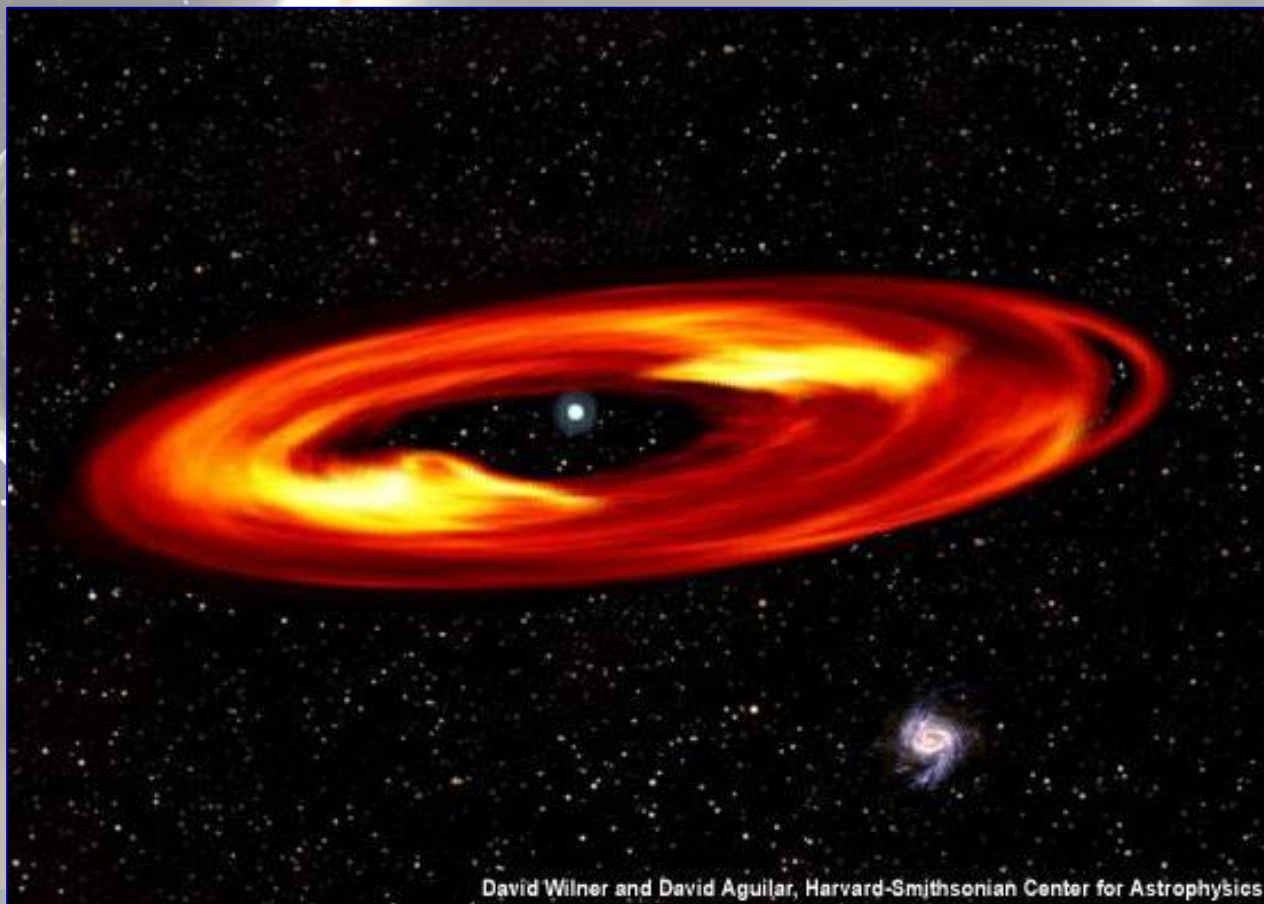
E. Becklin and A. Weinberger (UCLA) and NASA

# HST objevuje vznikající planetární soustavy



# Pozorování vznikajících planetárních soustav

Pravděpodobný vzhled prachoplynného disku u jasné hvězdy VEGA v souhvězdí Lyr



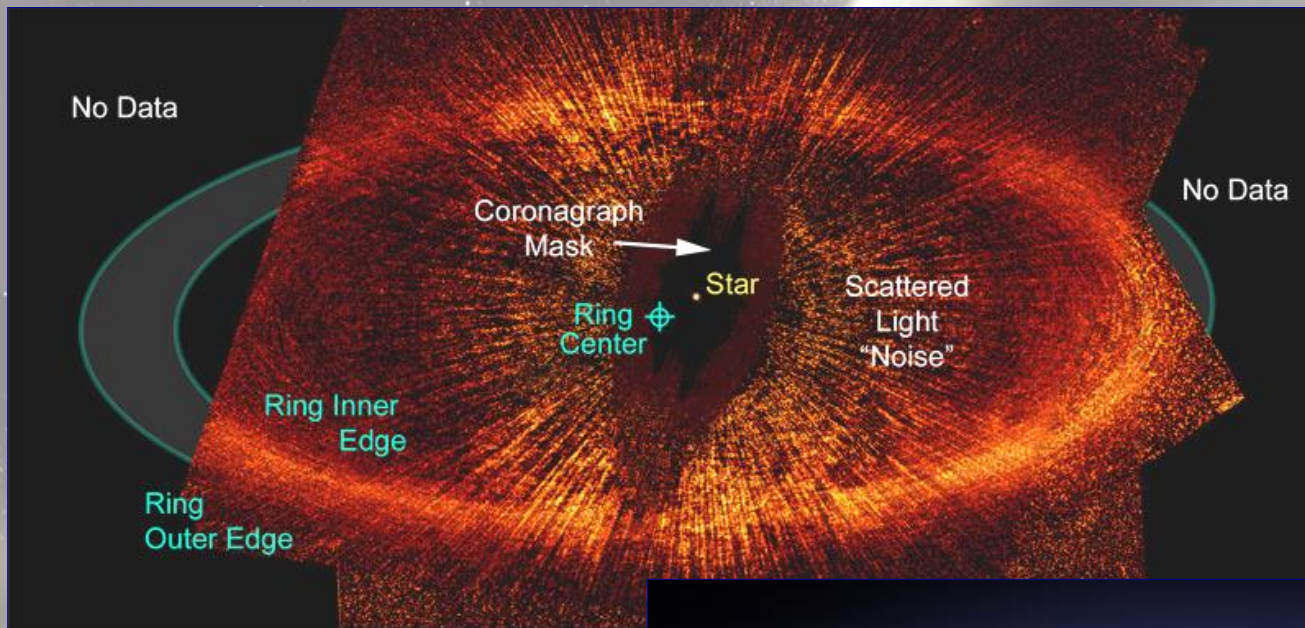
Předpokládané planety:

1. 0,03 Mj - 30 AU
2. 2 Mj - 50 až 60 AU
3. < 1 Mj - 90 až 100 AU

Kapalná voda by mohla existovat ve vzdálenosti 7,1 AU od hvězdy



# HST objevuje vznikající planetární soustavy



Fomalhaut  
(Jižní ryba)

Vzdálenost středu prstence:

2,3 miliardy km

Šířka prstence:

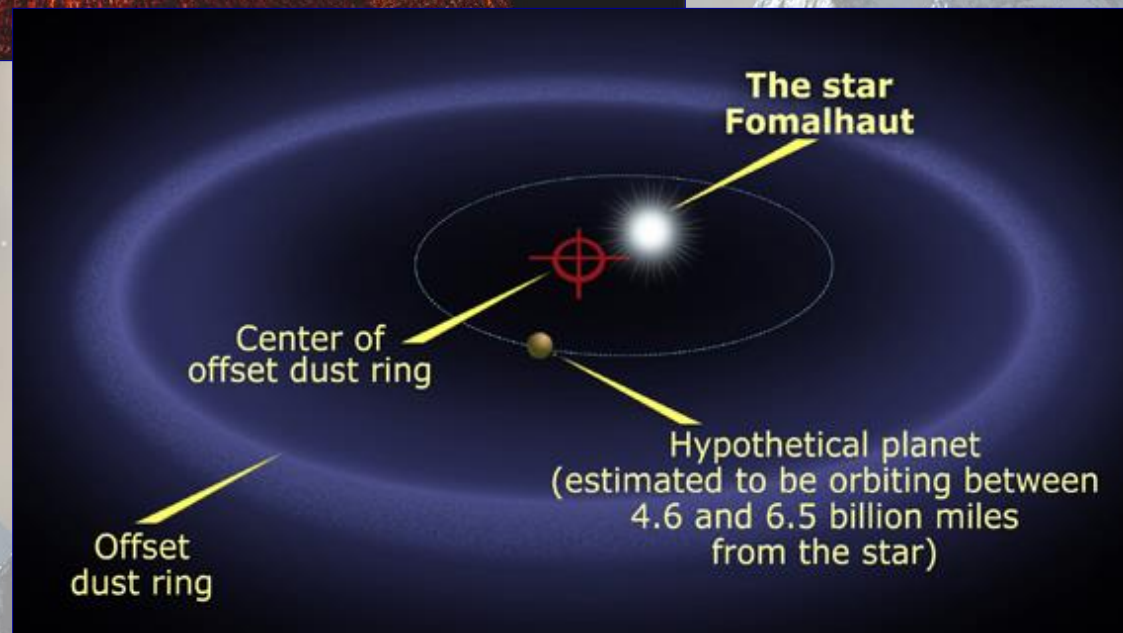
3,7 miliardy km

Vzdálenost planety:

7,6 až 10,5 miliardy km

Vnitřní okraj prstence:

19 miliard km

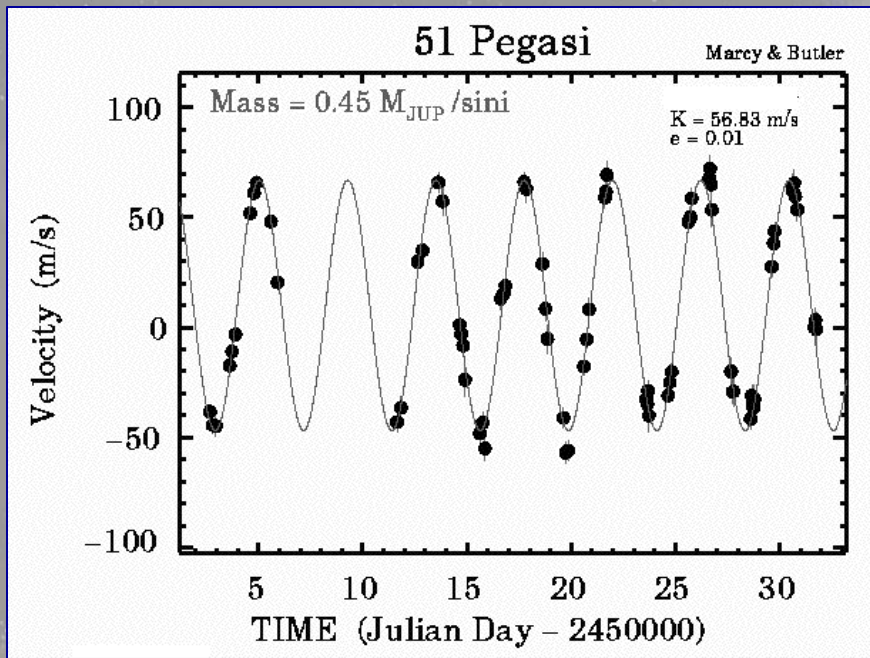


# Hledání cizích světů a první objev

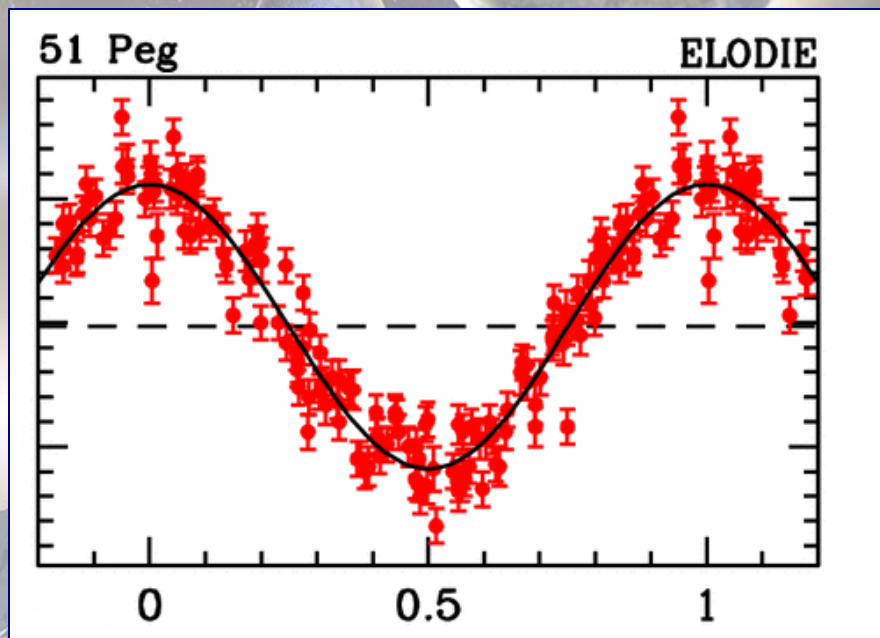
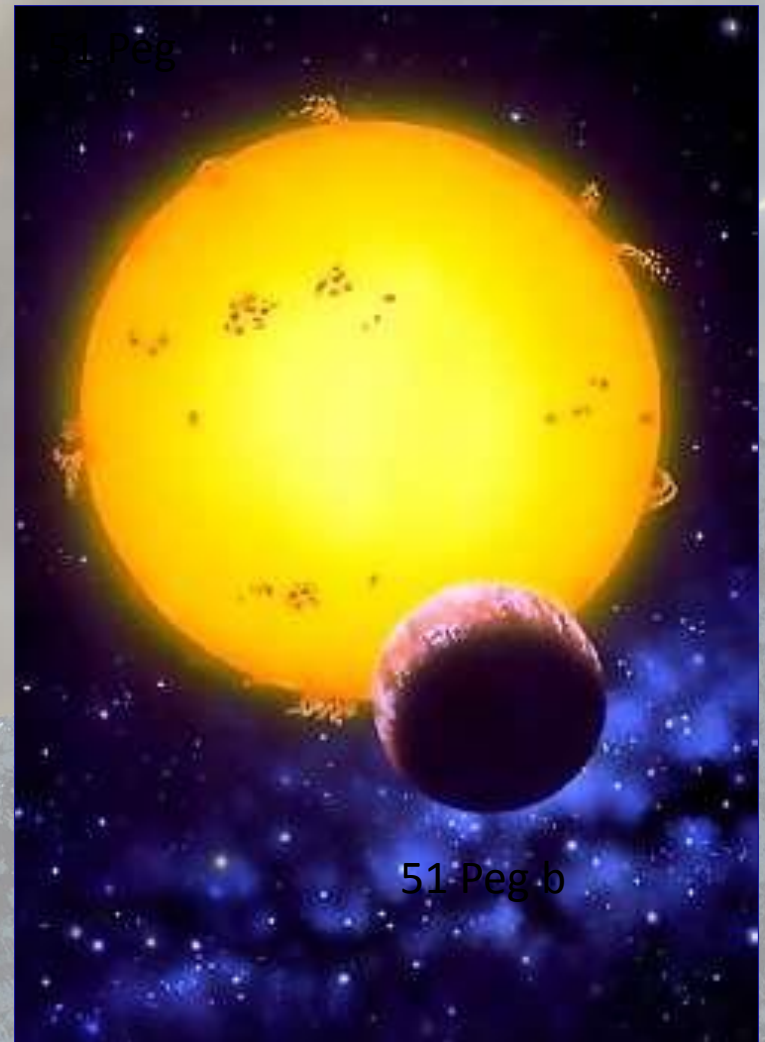
Objevy dohnal vývoj techniky, zejména spektroskopie...

- 1) Objev první planety u hvězdy hlavní posloupnosti – 1995 – objev 51 Pegasi b.
- 2) Jedná se o horký Jupiter s oběžnou dobou pouhé 4,2 dne.





První exoplaneta u hvězdy 51 Pegasi



# Tisíce nových světů

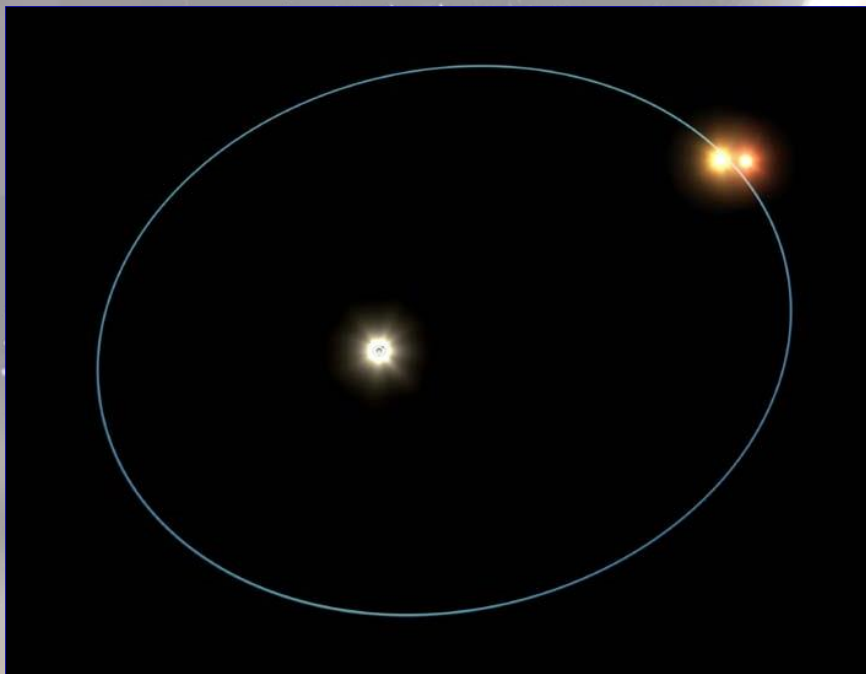
Díky rozvoji observačních metod prudký nárůst počtu objevených a potvrzených exoplanet



Credit: PHL @ UPR Arecibo, ESA/Hubble, NASA

#ARDY

# Exoplaneta u trojhvězdy



Hmotnosti hvězd:  
2/3 až 1 hmotnost Slunce  
Hmotnost exoplanety:  
1,14 hmotnosti Jupitera

Doba oběhu exoplanety: 3,3 dne  
Doba oběhu dvojhvězdy: 25,7 roku  
Doba oběhu složek dvojhvězdy: 156 dnů



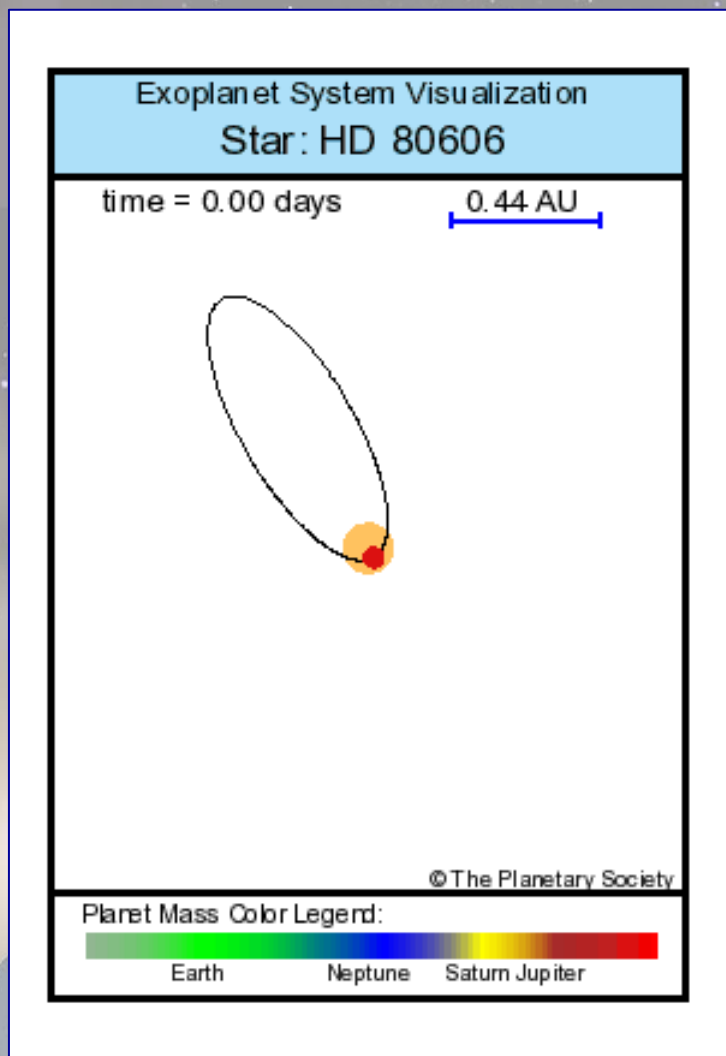
# Planetární soustava u trojhvězdy



HD 188753  
149 světelných let  
suhvězdí Labutě

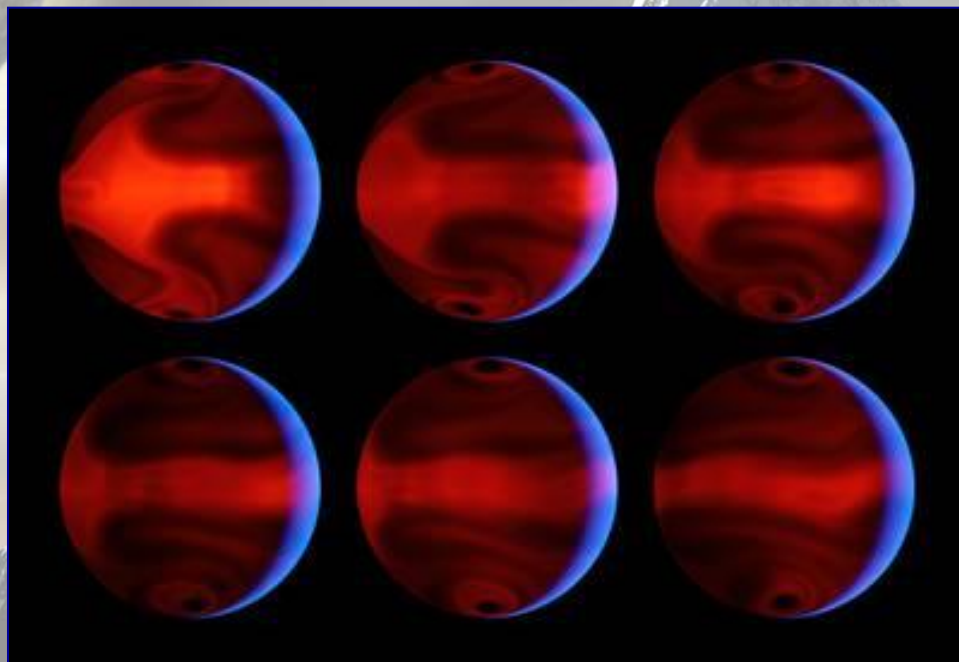
První případ exoplanety u trojhvězdy. Doposud objeveny exoplanety u 20 dvojhvězd

# Exoplaneta na kometární dráze

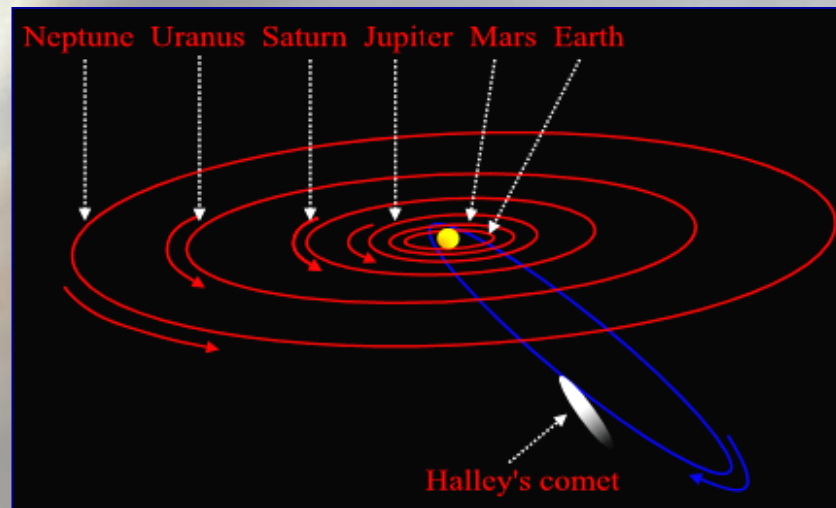
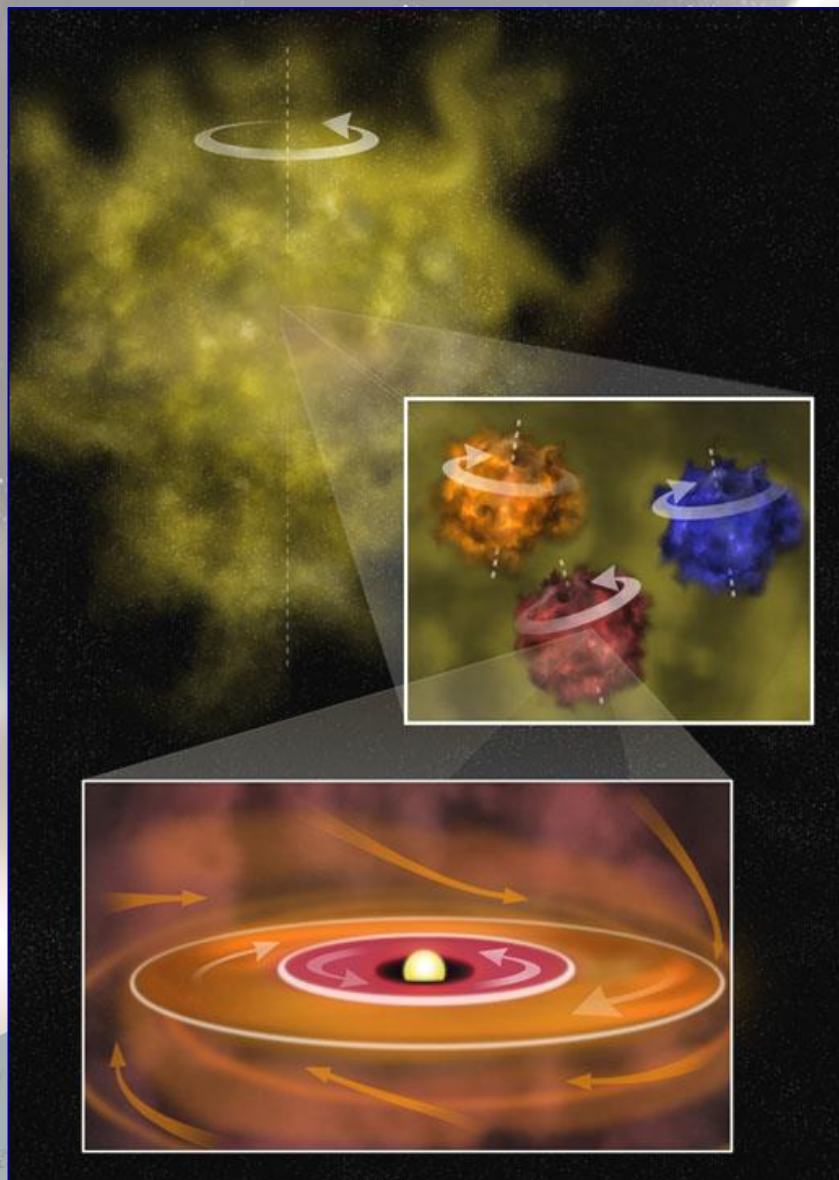


Kosmický dalekohled Spitzer zjistil, že teplota atmosféry se během pouhých šesti hodin zvyšuje z  $+500^{\circ}$  na více než  $+1200^{\circ}$   $^{\circ}\text{C}$

V pericentru dostává planeta 800krát více tepla než v apocentru  
Předpokládají se nárazy větru až 4 km/s



# Exoplanety obíhají v protisměru



Mladá hvězda se nachází ve vzdálenosti 500 světelných let od Země v souhvězdí Hadonoše.

Planetární soustava, která se pravděpodobně zformuje kolem této hvězdy, bude obsahovat planety, obíhající dvěma různými směry, na rozdíl od našeho Slunce, kde všechny planety obíhají stejným směrem.

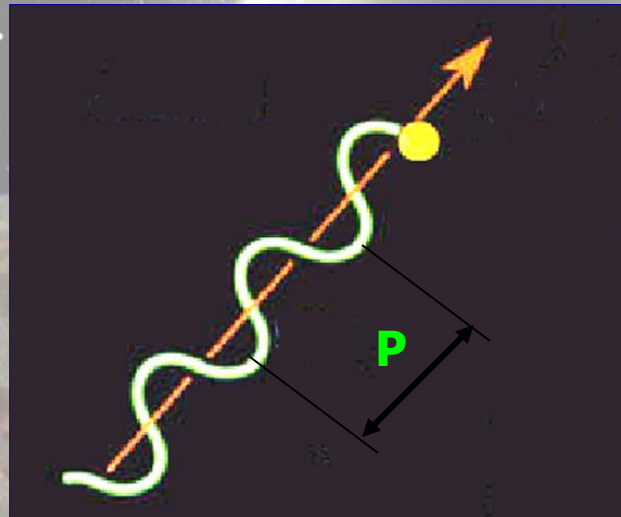
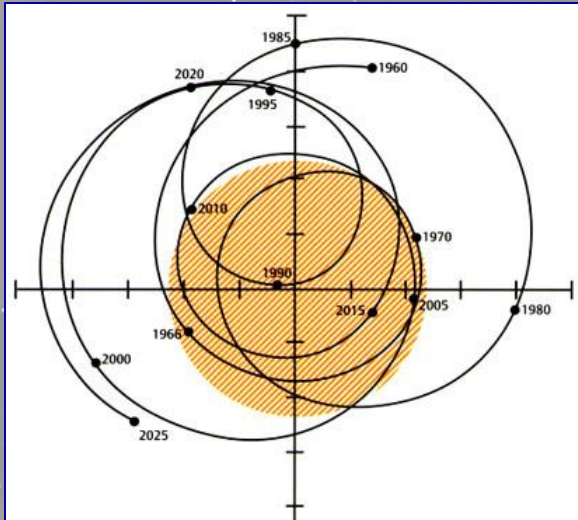


# Jak objevit exoplanety?



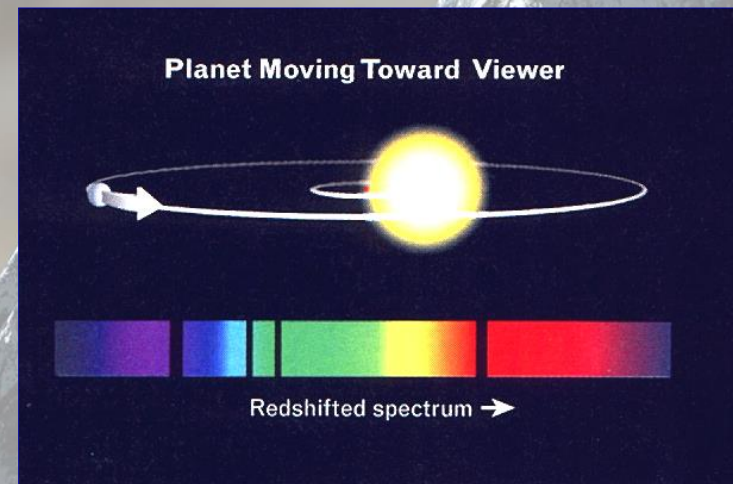
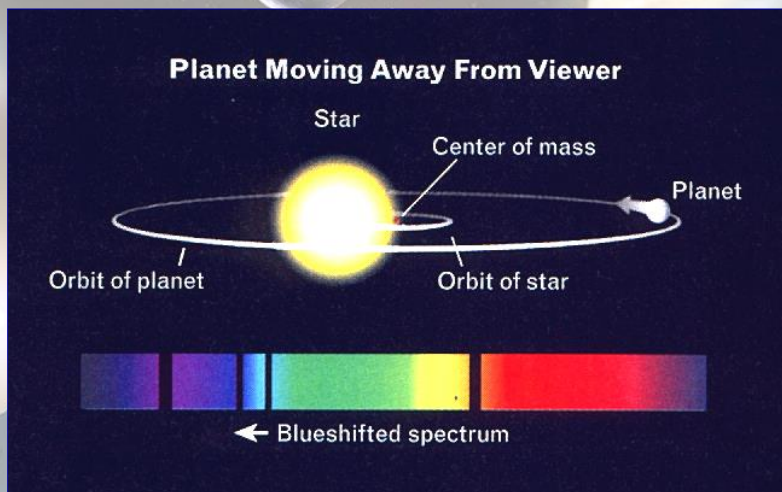
Tak už jsi ji  
našel, Pepo?

# Jak objevit exoplanety?



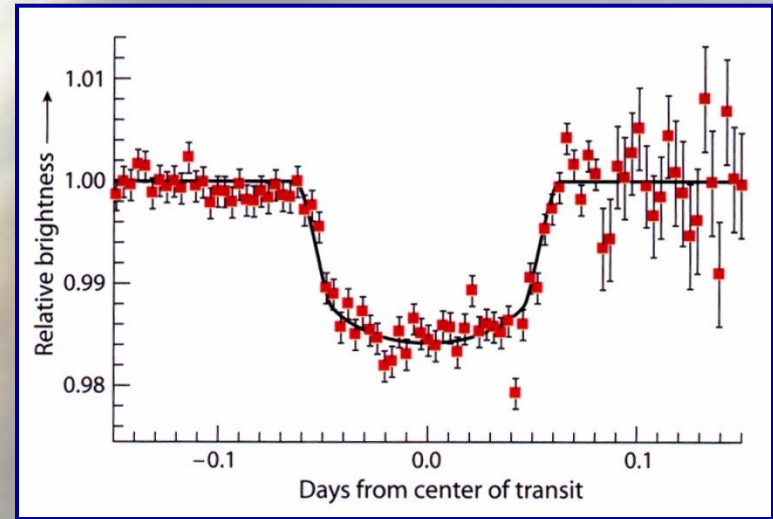
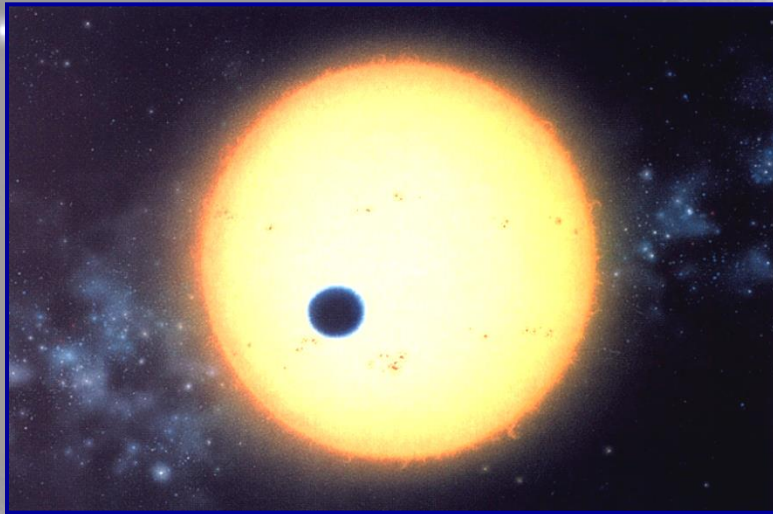
Určování změn polohy hvězd zatím není v dosahu pozemních dalekohledů

## 1) Astrometrická metoda

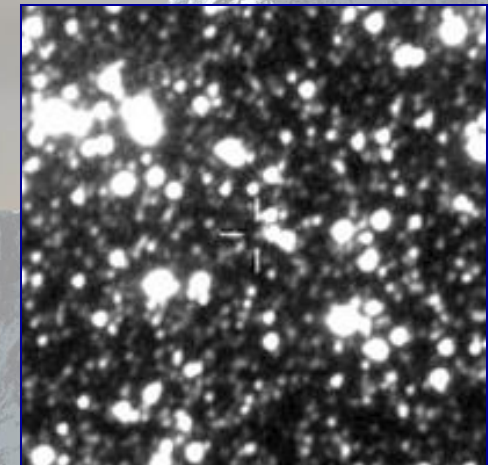
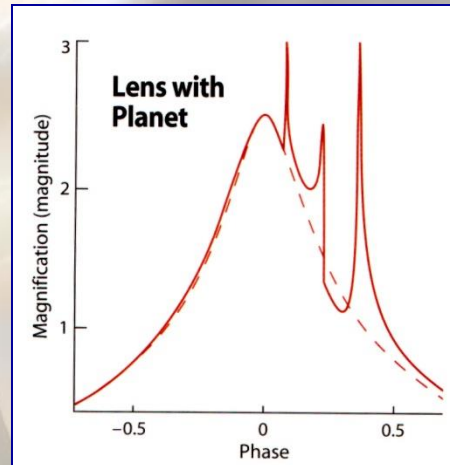
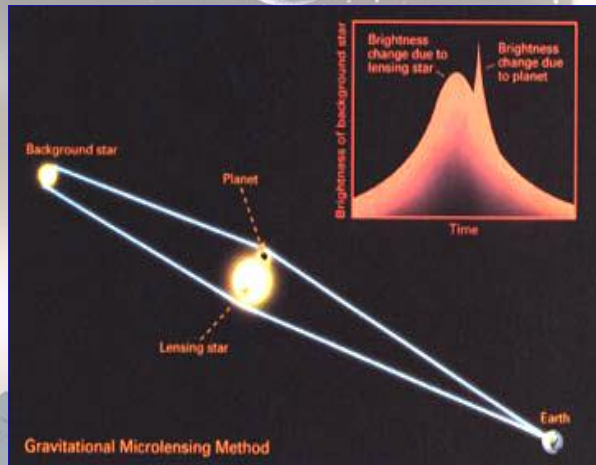


## 2) Změny radiálních rychlostí

# Jak objevit exoplanety?

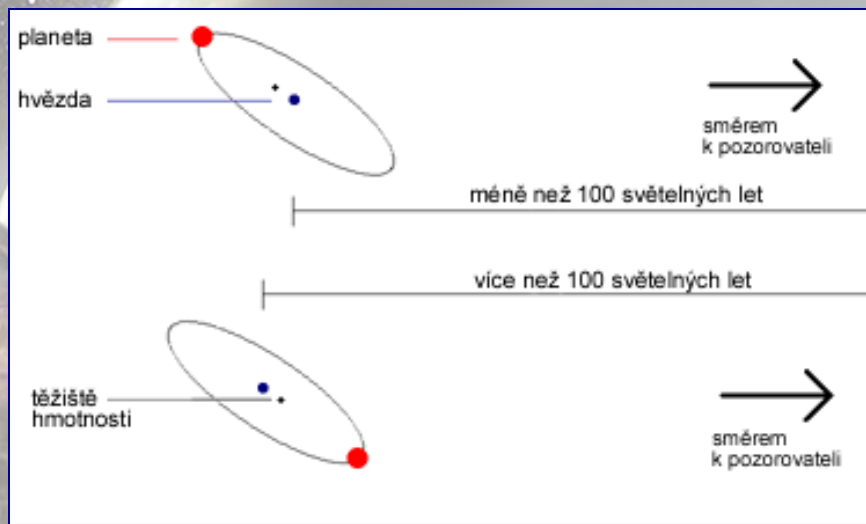
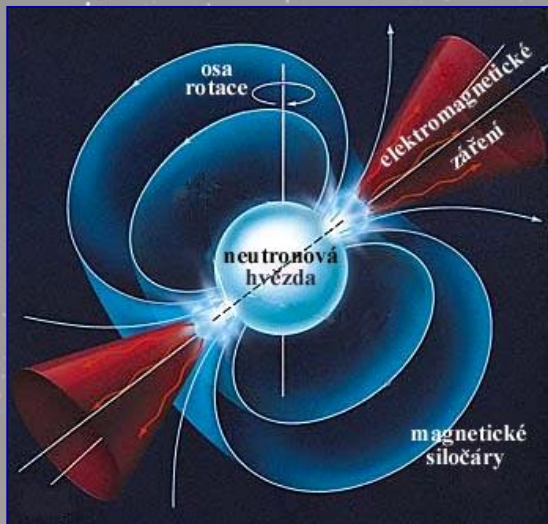


## 3) Pokles jasnosti při zákrytu planetou

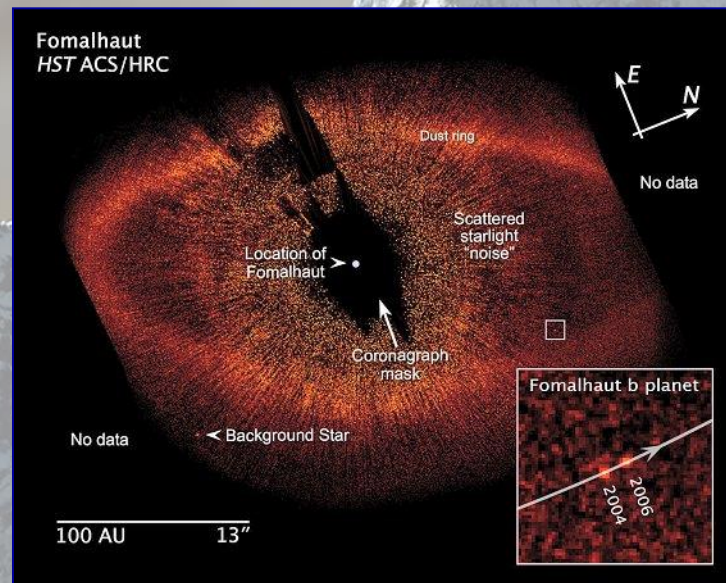
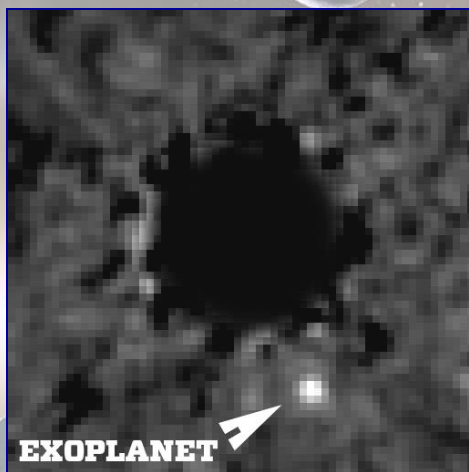


## 4) Gravitační mikročochka

# Jak objevit exoplanety?

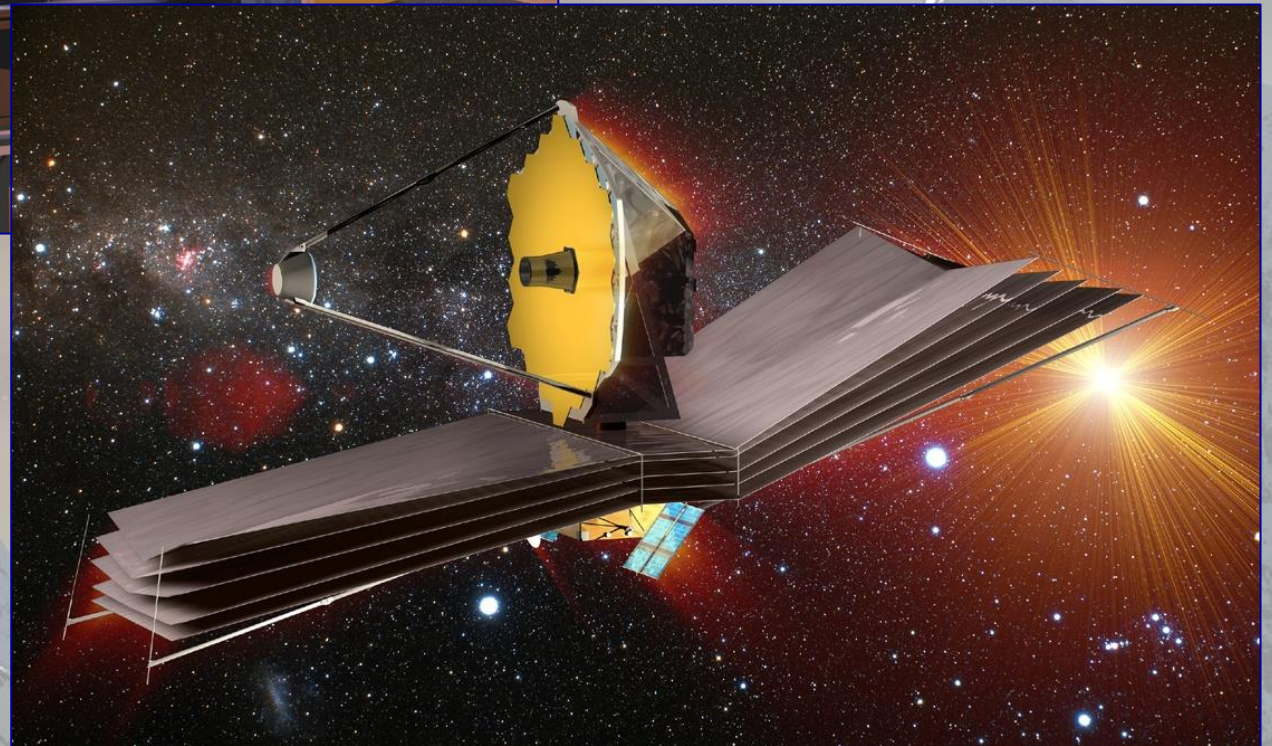
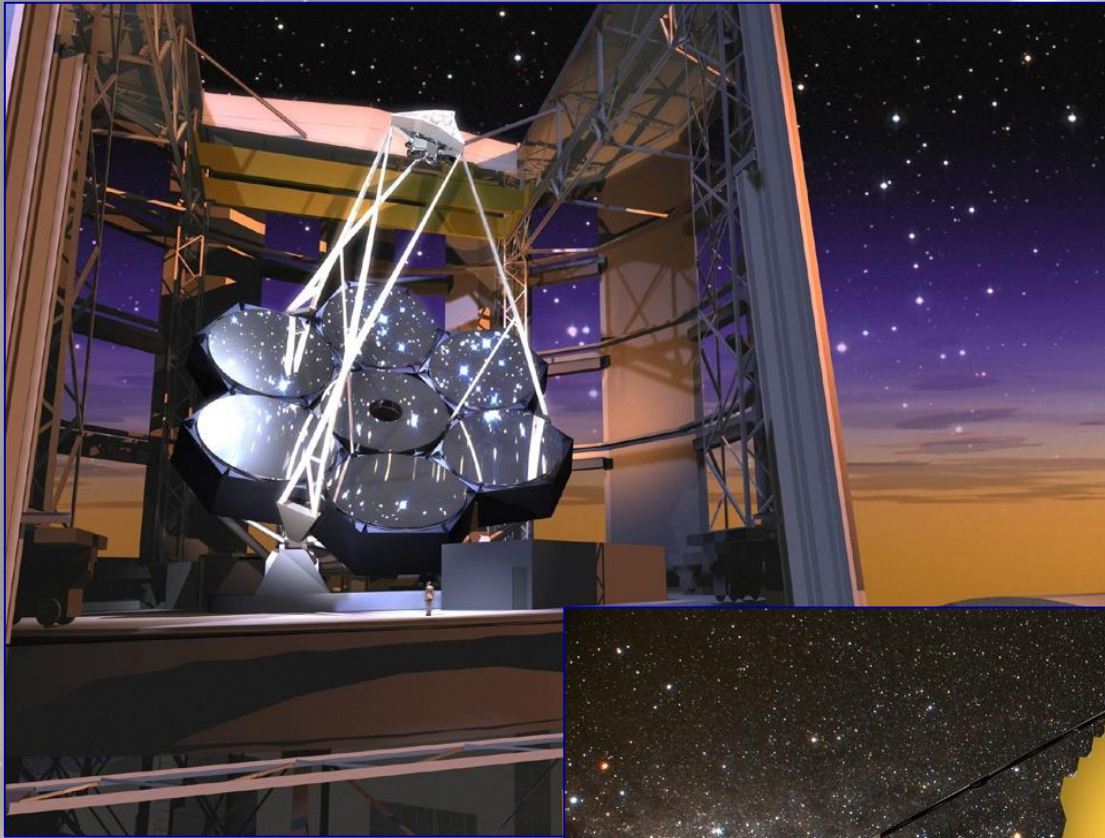


## 5) Časové změny periody světelných pulsů



## 6) Přímá pozorování

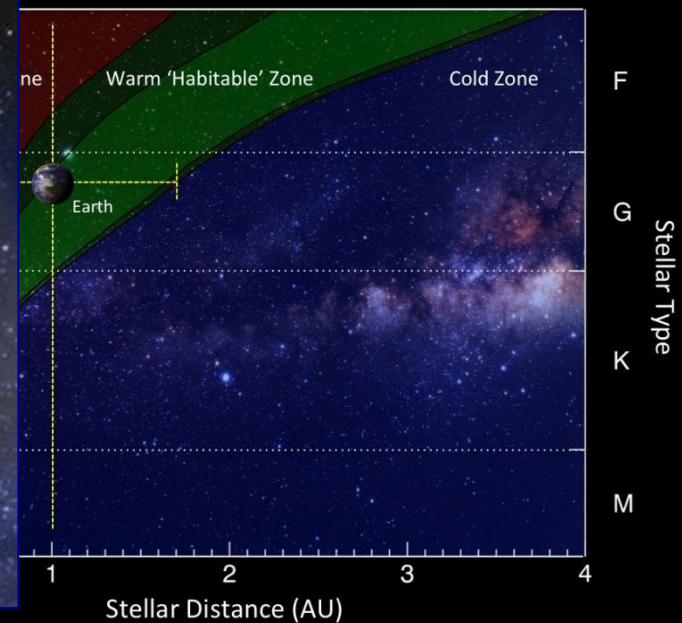
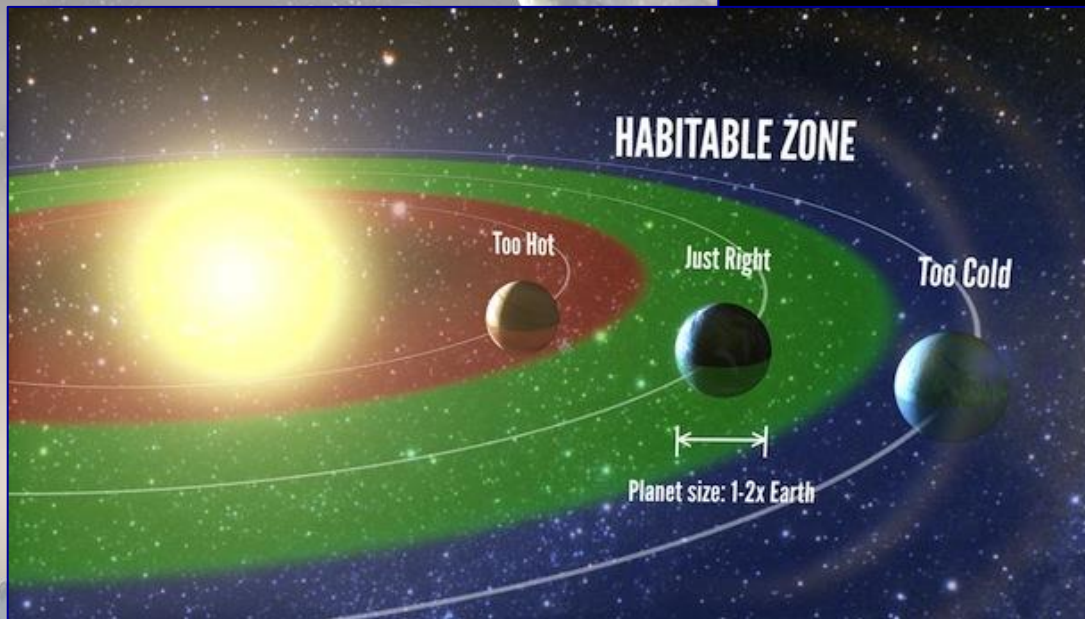
# Nové přístroje se připravují



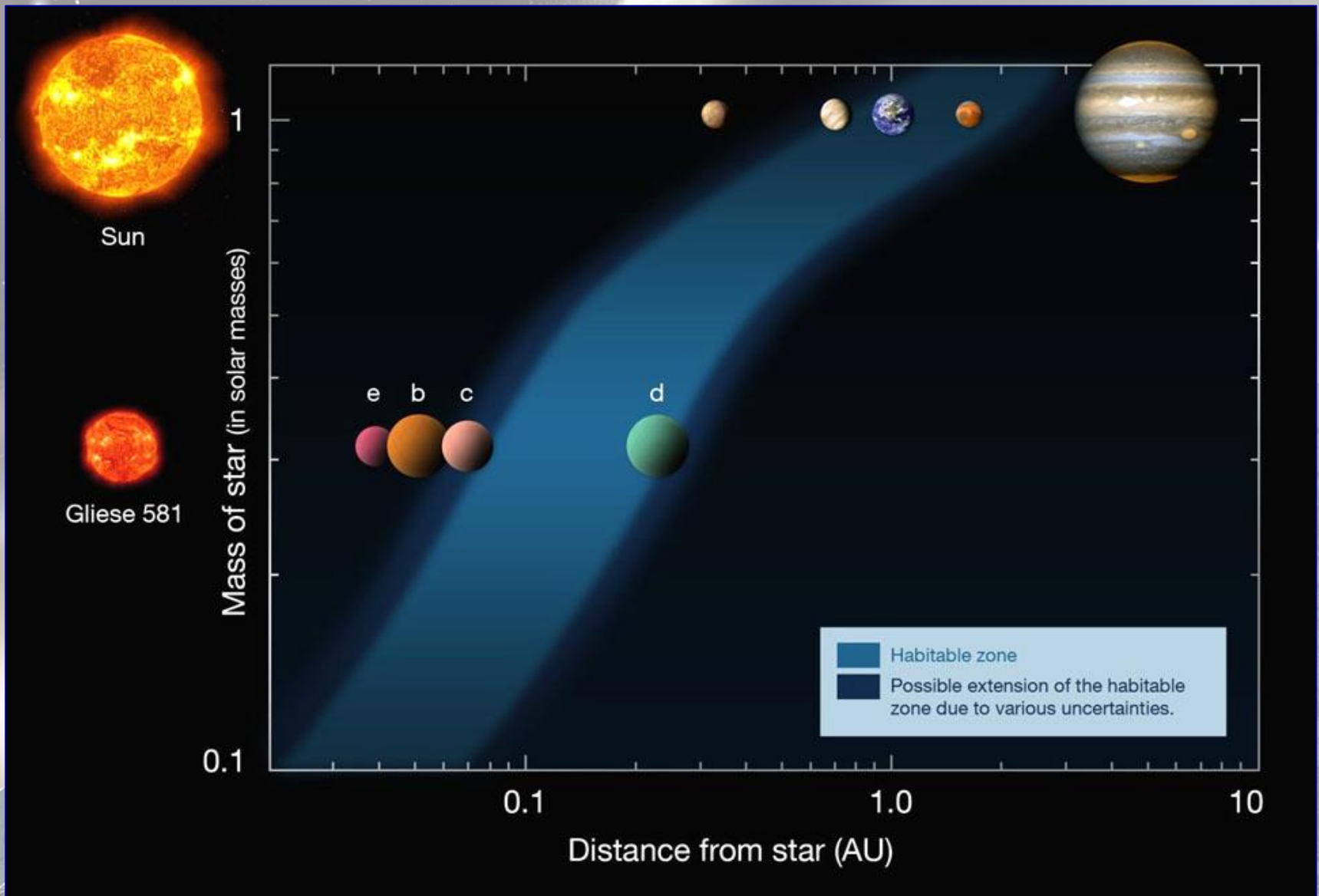
# Meze života – ekosféry hvězd

- 1) Základní pravidlo pro ekosféru hvězd – možnost existence vody ve všech třech skupenstvích přímo na povrchu tělesa.
- 2) Zóna obyvatelnosti (ekosféry) se liší podle typu hvězdy, typu planety a její atmosféry a řady dalších parametrů).

## Habitable Zone of Main Sequence Stars

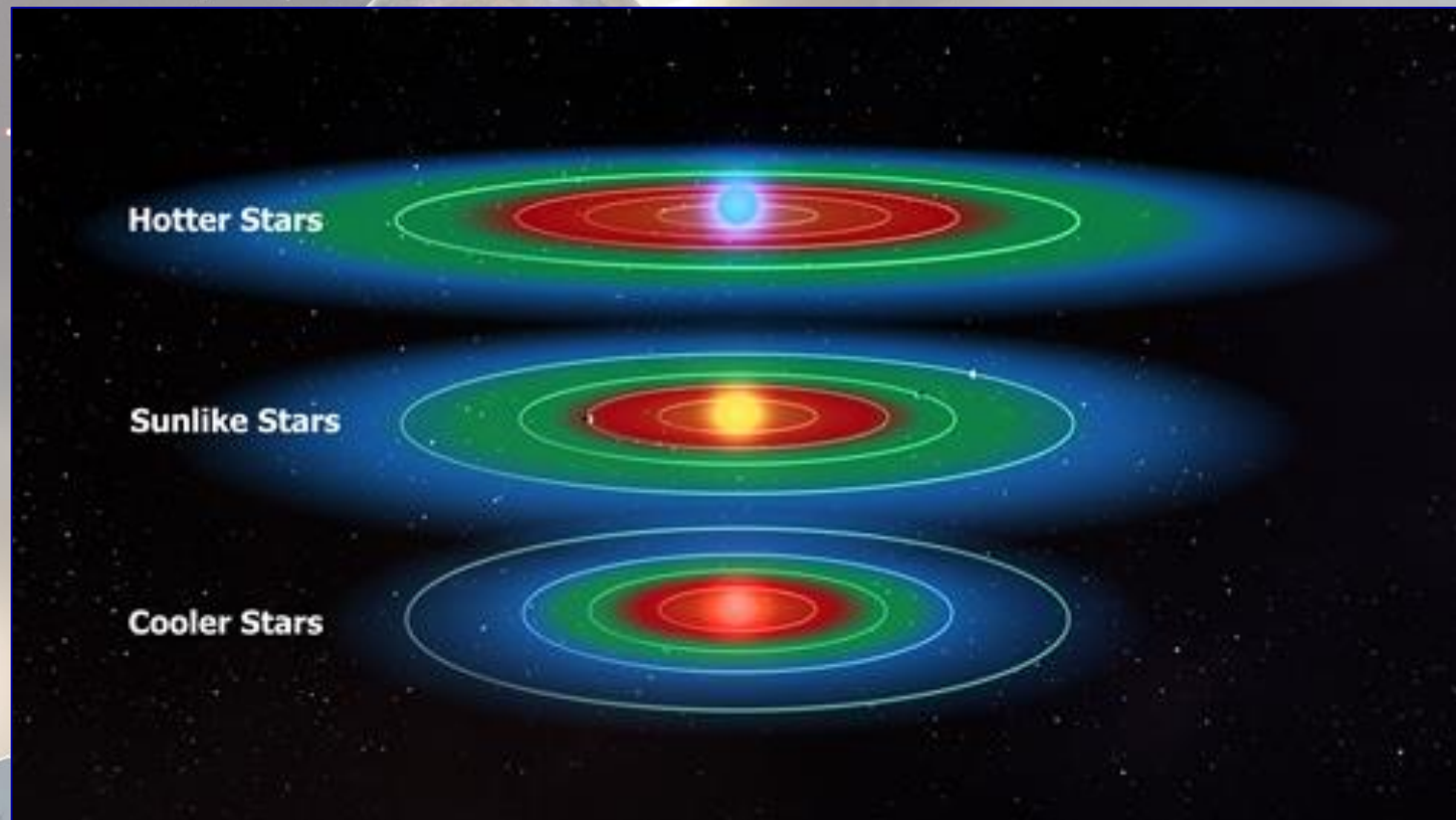


# Zóna obyvatelnosti



# Zóna obyvatelnosti

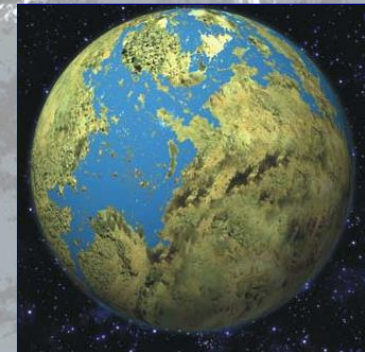
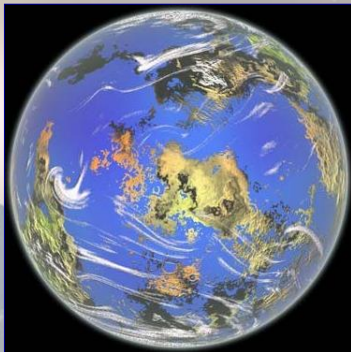
Bohužel obyvatelnost zóny obyvatelnosti je funkcí i dalších parametru...





# Hledání druhé Země aneb poznáváme exoplanety

- 1) Zatím obrovské problémy přímého pozorování samotných planet. Jejich jasnost je o mnoho řádů nižší než jasnost centrální hvězdy.
- 2) Nutno zvolit jiné metody pro dané geometrické konfigurace vůči pozorovateli.
- 3) Nutno pomocí astrofyzikálních přímých či nepřímých metod zjistit základní parametry planety resp. systému.
- 4) Hlavním nástroje je spektroskopie (případně velmi přesná a rychlá fotometrie).



Water (H<sub>2</sub>O)

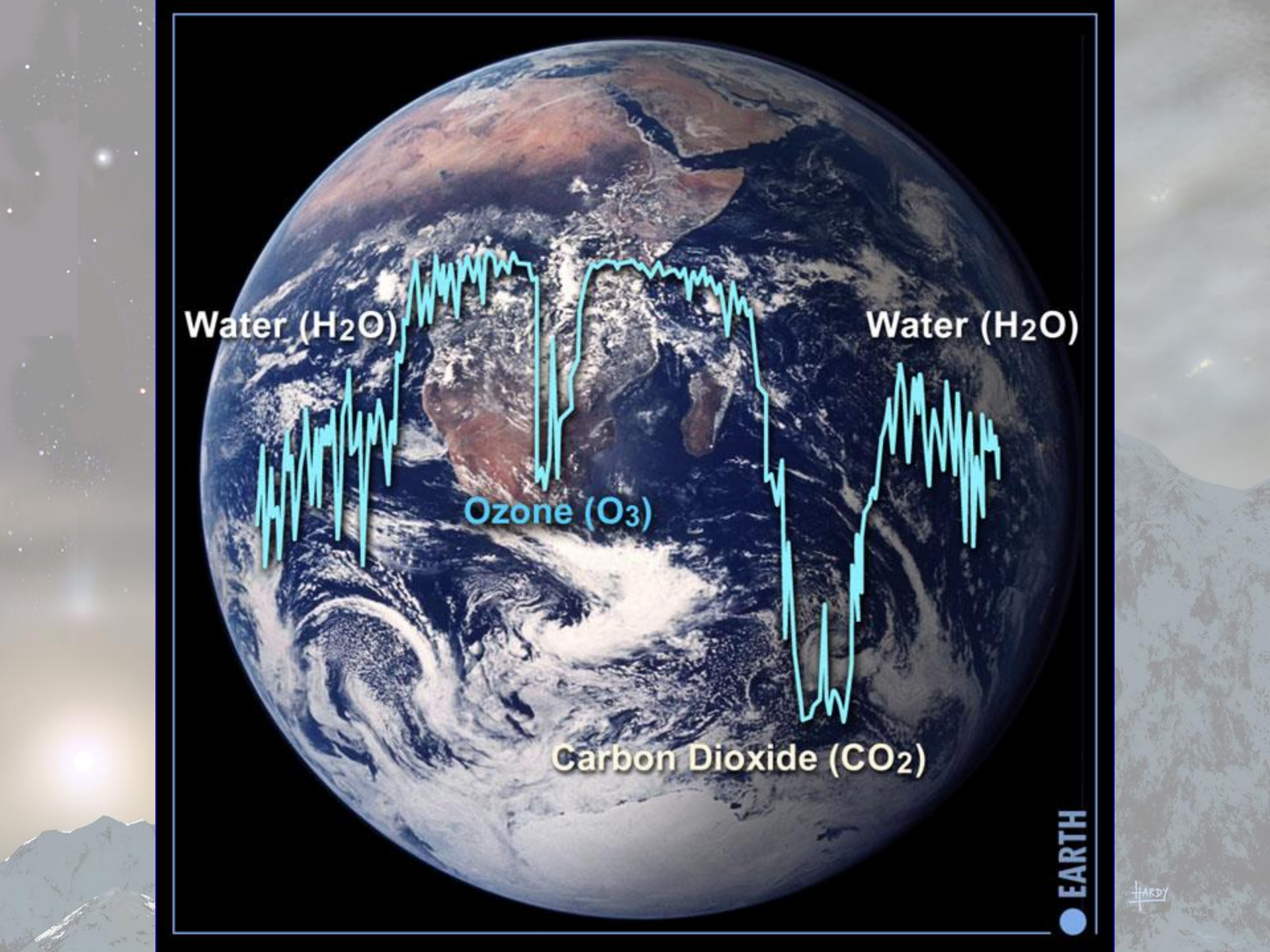
Water (H<sub>2</sub>O)

Ozone (O<sub>3</sub>)

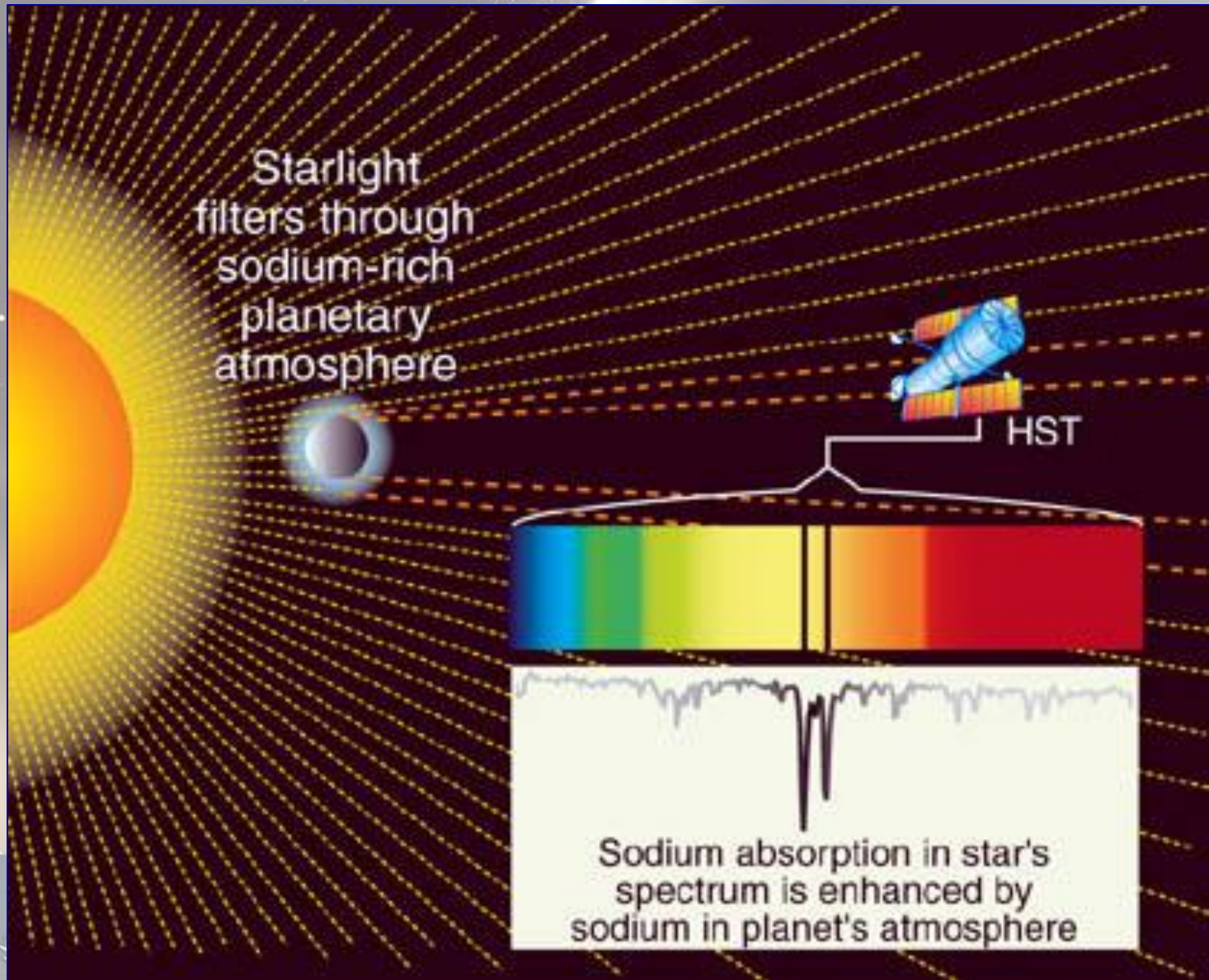
Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)

● EARTH

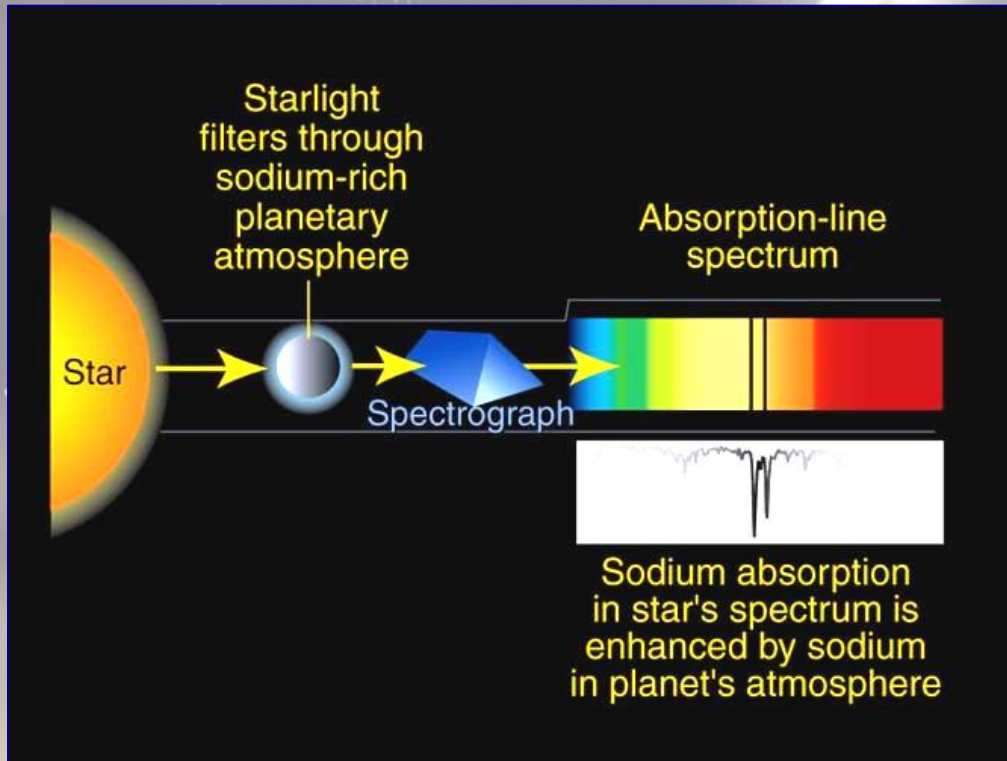
HARDY



# HD 209458



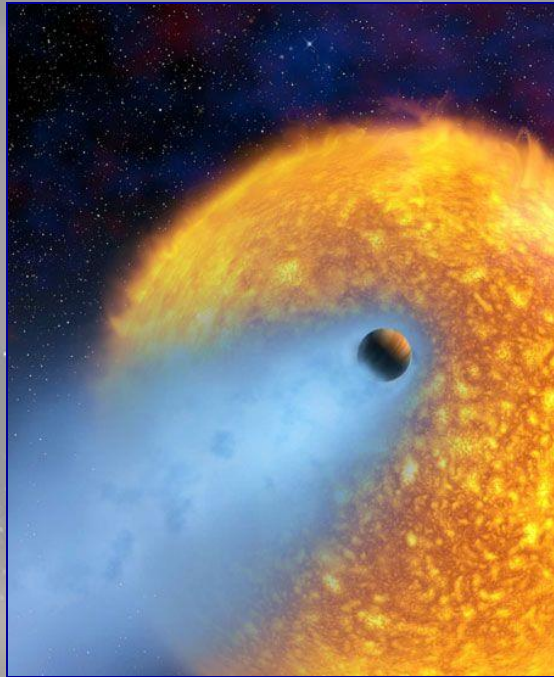
# HD 209458



- Při přechodu planety přes kotouček hvězdy dojde k poklesu její jasnosti.
- Část světla hvězdy prochází atmosférou planety (prvky v atmosféře zanechají ve spektru svůj „otisk“).
- Přítomnost sodíku se zřetelně „podepisuje“ na procházejícím světle, proto mohl HST snadno odhalit jeho přítomnost.

Timothy Brown (National Center for Atmospheric Research) prohlásil:  
*„Sodík je spektrálním ekvivalentem tchoře – proto není možné jej nezaregistrovat!“*

# HD 209458 b



Objev sodíku,  
vodíku, kyslíku  
a uhlíku v atmosféře  
exoplanety

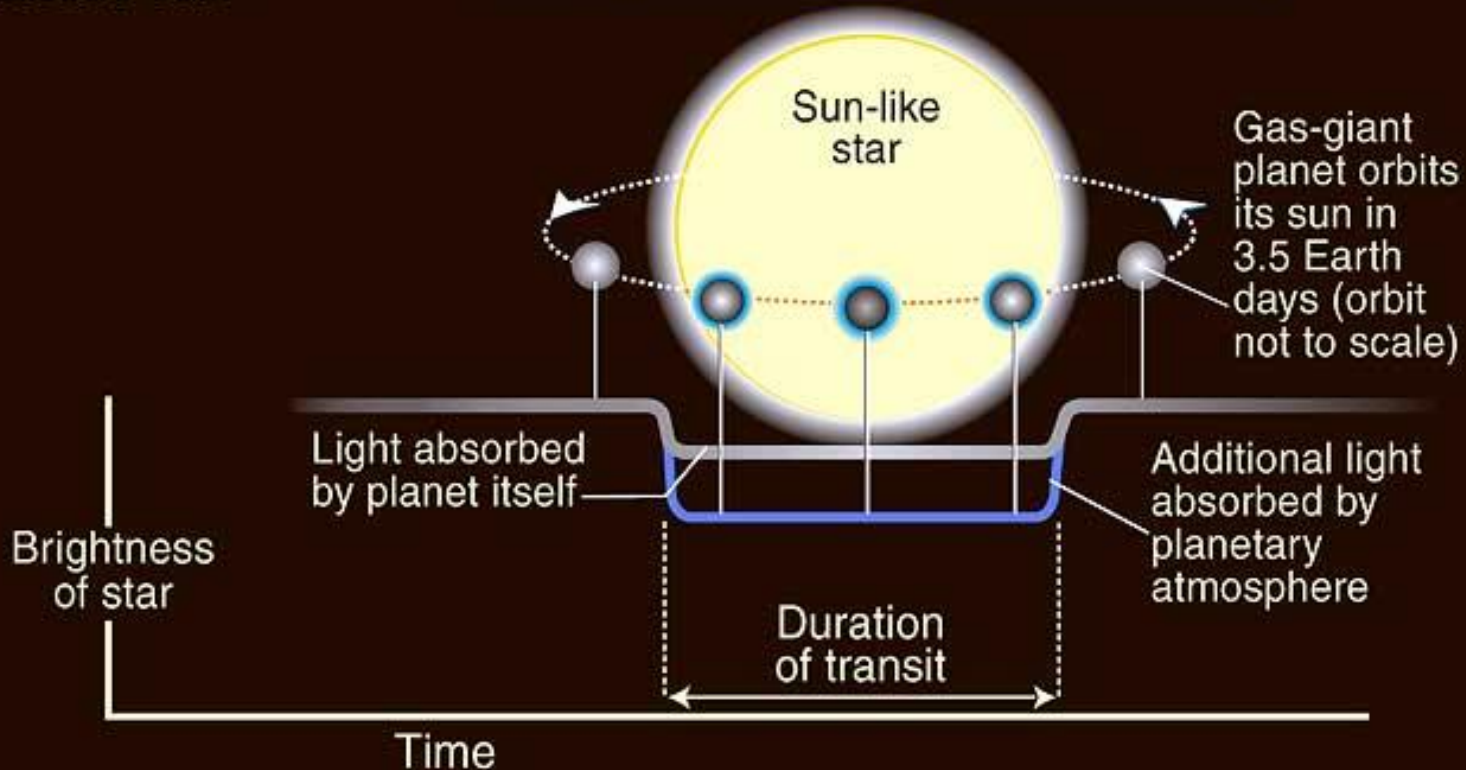
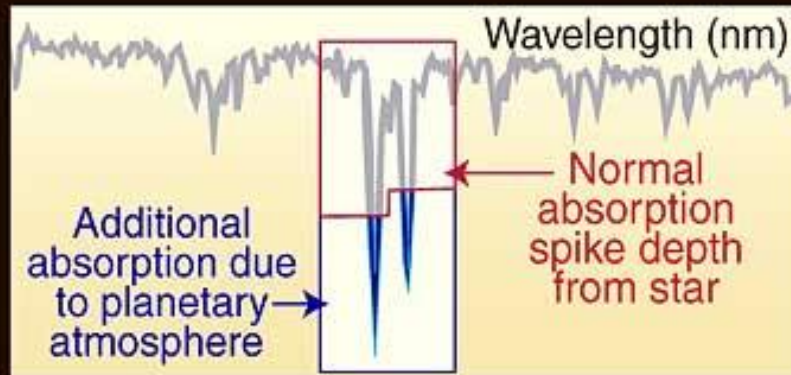
Nejnovější  
objev: voda,  
metan, CO<sub>2</sub>

Hmotnost:	$0,69 \pm 0,05 M_J$
Poloměr:	$1,32 \pm 0,05 R_J$
Teplota povrchu:	$1130 \pm 150 K$
Vzdálenost:	$a = 0,045 AU$
Doba oběhu:	$3,52474541 d$
Excentricita:	0,0
Teplota atmosféry:	10 000 K
Ztráta vodíku:	10 000 tun/sec








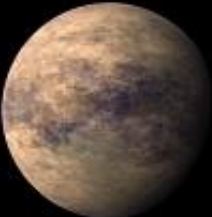



# HD 209458

HST detects additional sodium absorption due to light passing through planetary atmosphere as planet transits across star



# Hledání druhé Země aneb poznáváme exoplanety

Zatím je oblast spektroskopie exoplanetárních atmosfér a těles zcela na začátku a hledá nejen metody pozorování, zpracování a interpretace, ale i samotné vhodné objekty ke studiu.

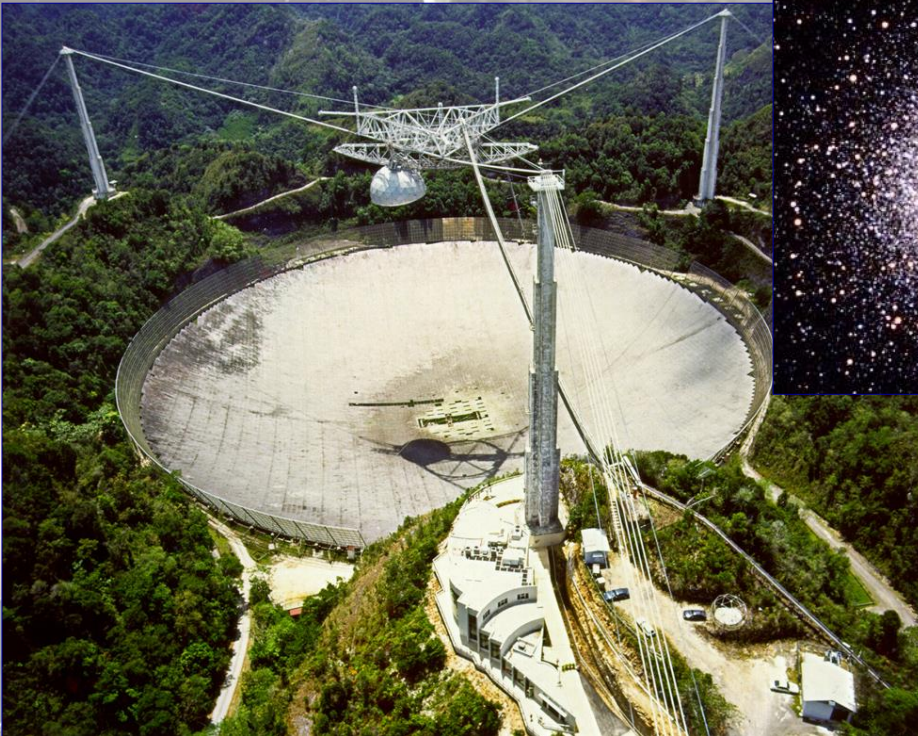
Current Potential Habitable Exoplanets								Earth		Mars
Compared with Earth and Mars and Ranked in Order of Similarity to Earth							1.00	0.66		
#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	Earth Similarity Index			
0.92	0.85	0.81	0.79	0.77	0.73	0.72				
										
Gliese 581 g*	Gliese 667C c	Kepler-22 b	HD 40307 g*	HD 85512 b	Gliese 163 c	Gliese 581 d				
Discovery Date										
Sep 2010	Nov 2011	Dec 2011	Nov 2012	Sep 2011	Sep 2012	Apr 2007				

\*unconfirmed planets

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) Nov 7, 2012

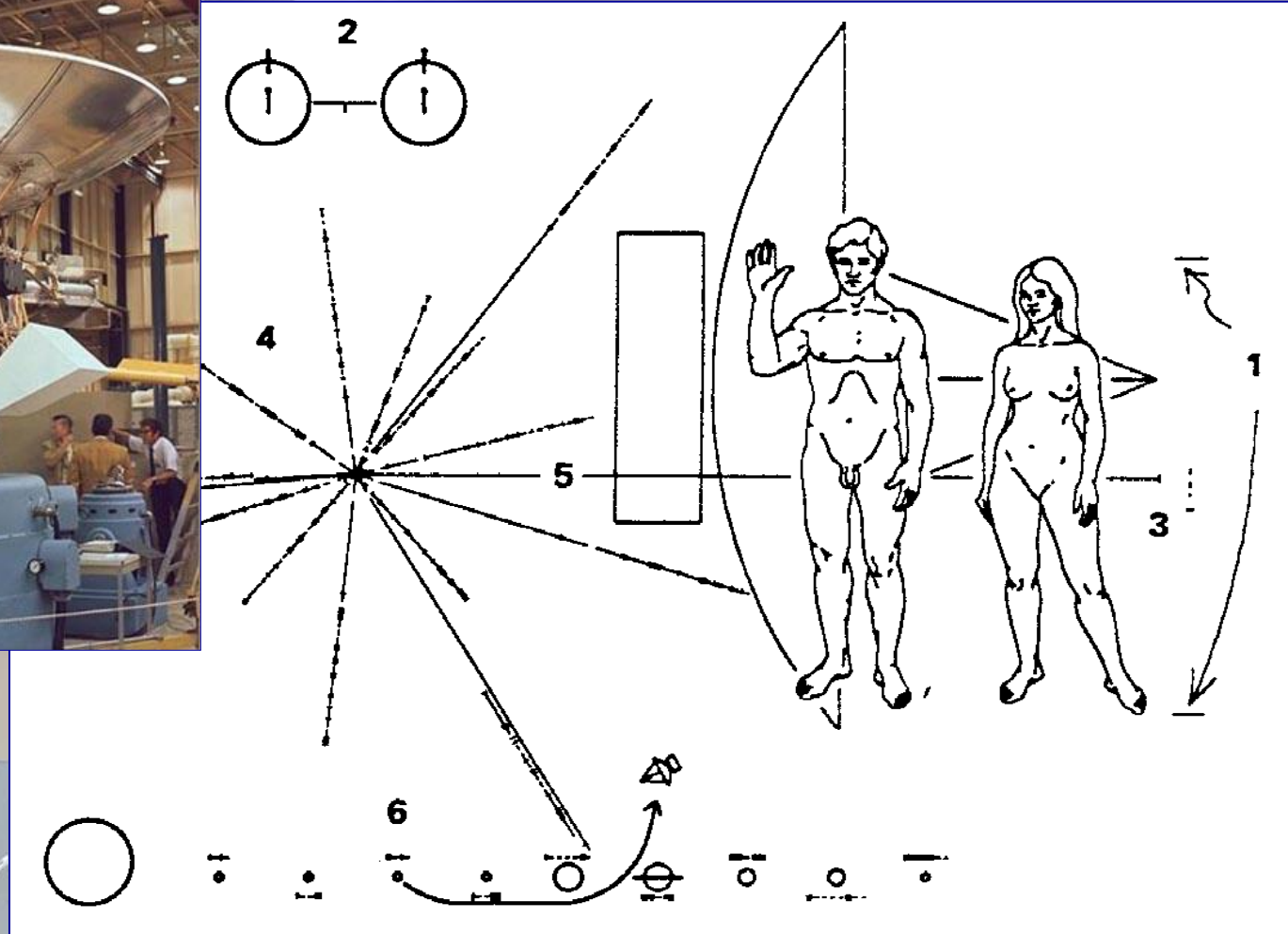
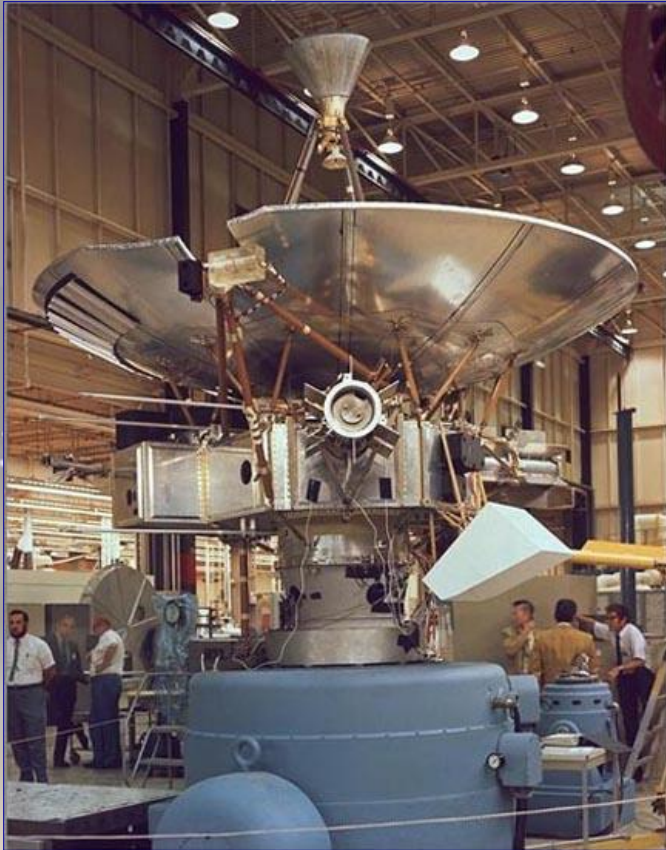
# Echa naší Země aneb ukecaní pozemšťané

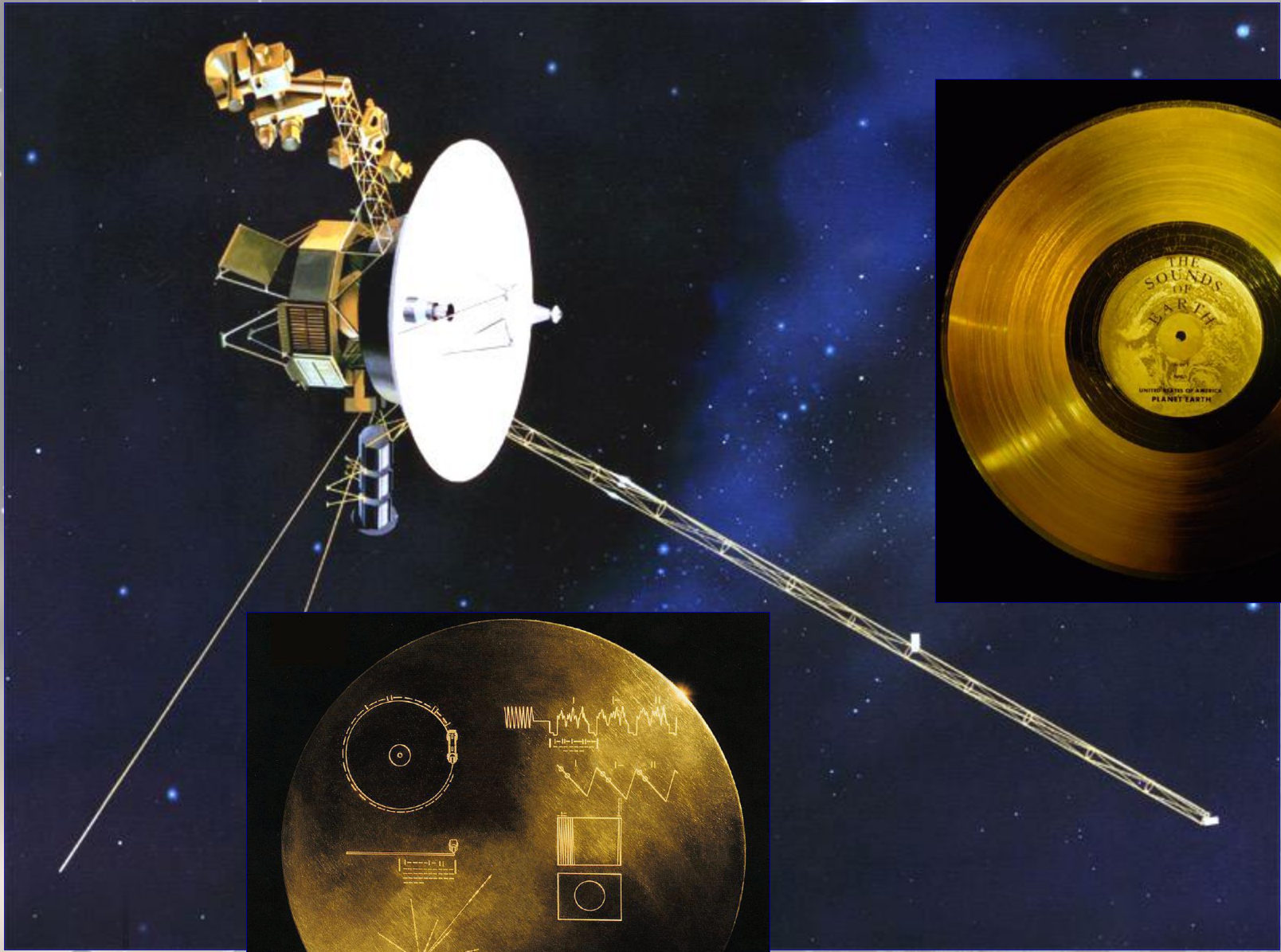
- 1) O existenci civilizace na technickém stupni vývoje dáváme již více jak 60 let silně vědět (přebytek rádiového záření).
- 2) Kromě toho o sobě dáváme znát i aktivně.
- 3) Je to moudré? Kdo ví...





# Poselství „mimozemšťanům“ na sondách Pioneer 10 a 11





Poselství „mimozemšťanům“ na sondách Voyager 1 a 2

# Na konec trochu statistiky

- 1) Známo 1919 planet
- 2) 212 planetárních systémů
- 3) 482 planetárních systémů s více planetami



## Current Planet Counts

Total Exoplanet Discoveries	5,445
Confirmed Exoplanets	1,832

## Kepler Discoveries

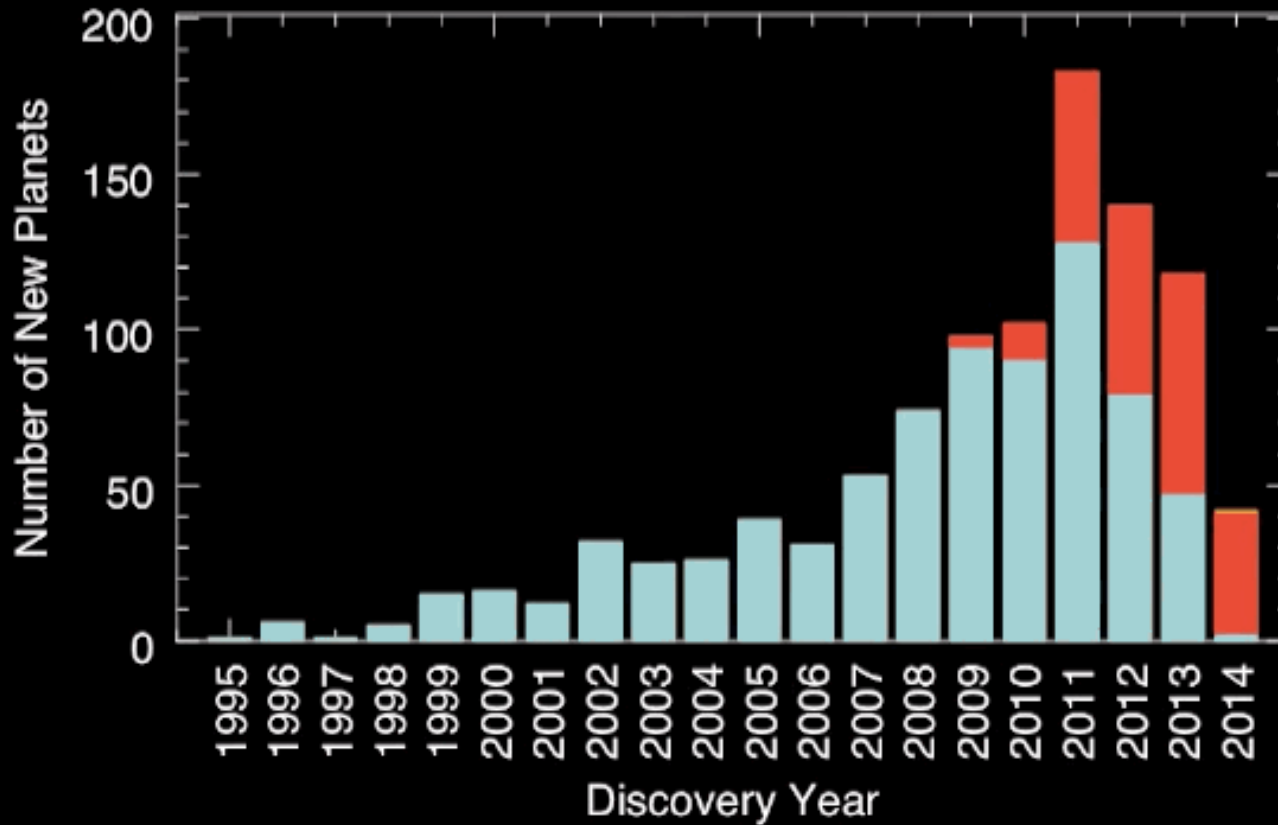
Kepler Confirmed Exoplanets	997
Kepler Exoplanet Candidates *	3,613

## Size Breakdown

Stars with Planets	1128
Multi-planet Systems	466
Gas Giant	458
Hot Jupiter	1064
Super Earth	209
Terrestrial	90
Unknown	11

\* Exoplanet candidates are discoveries that have yet to be confirmed as actual exoplanet discoveries. These candidates are 80-90% likely to be actual exoplanet discoveries.

# Na konec trochu statistiky





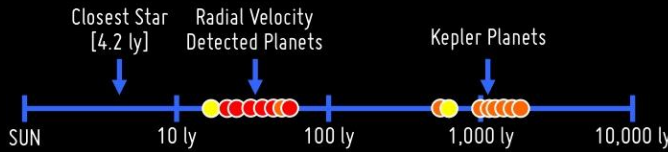
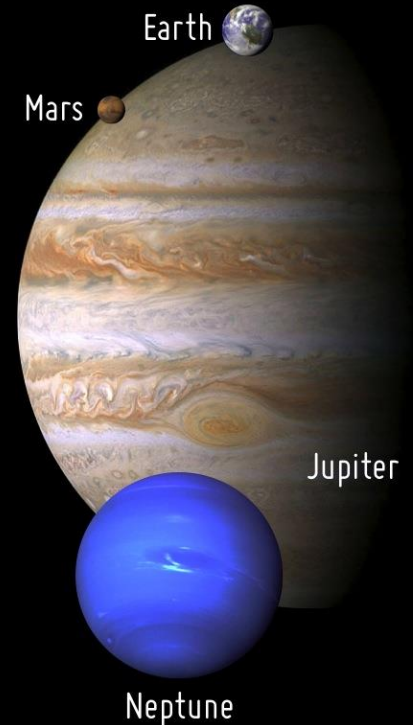
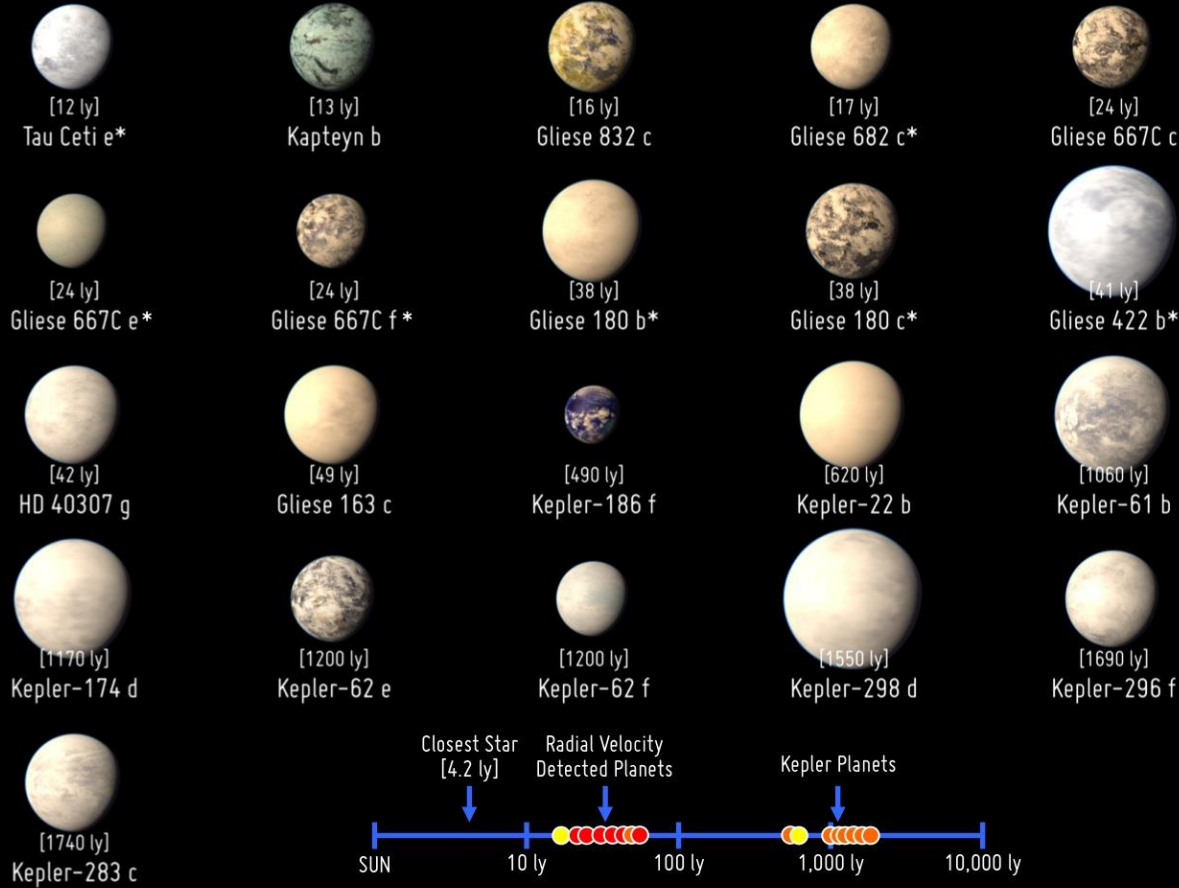
# Potenciálně obyvatelné exoplanety

## Current Potentially Habitable Exoplanets

Ranked by Distance from Earth in Light Years (ly)



ARTISTIC REPRESENTATIONS

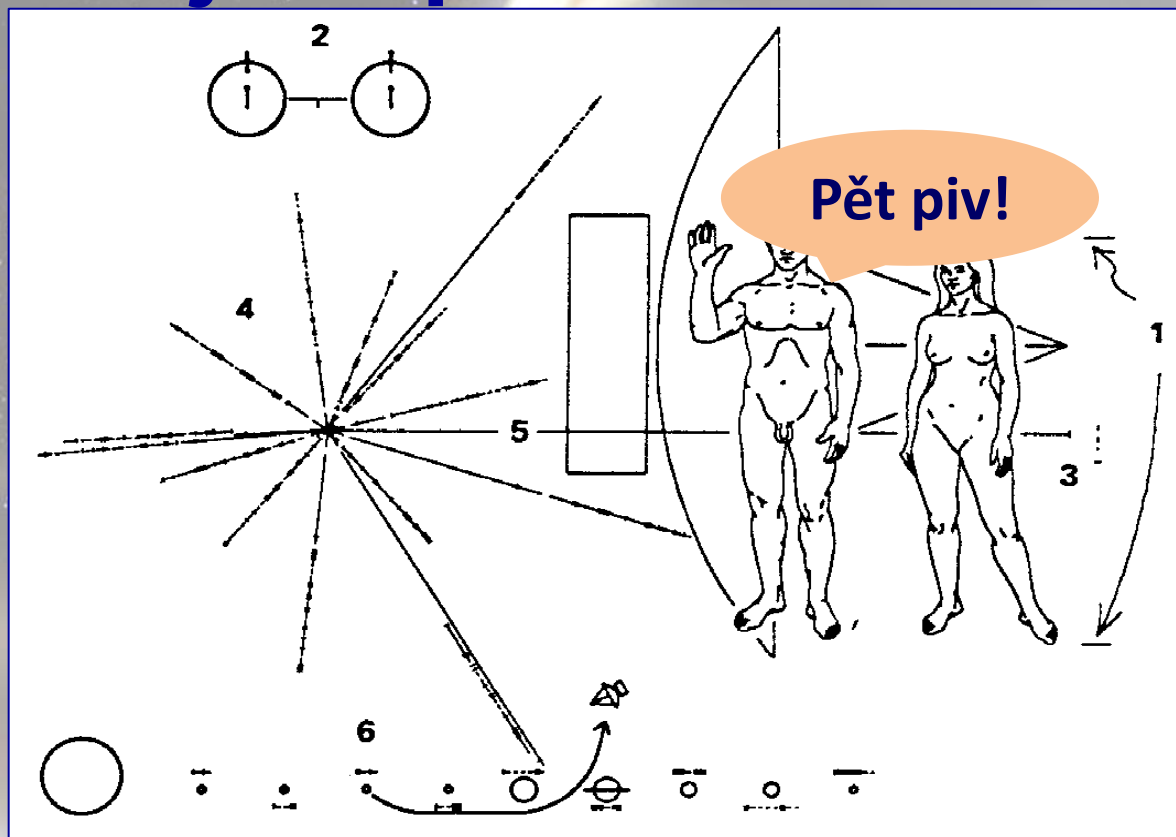


\*planet candidates/unconfirmed

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) September 2, 2014

#ARDY

# Děkuji za pozornost



PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁCE  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA  
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



Mendelova  
univerzita  
v Brně



FOND MIKROPROJEKTŮ

HARDY