

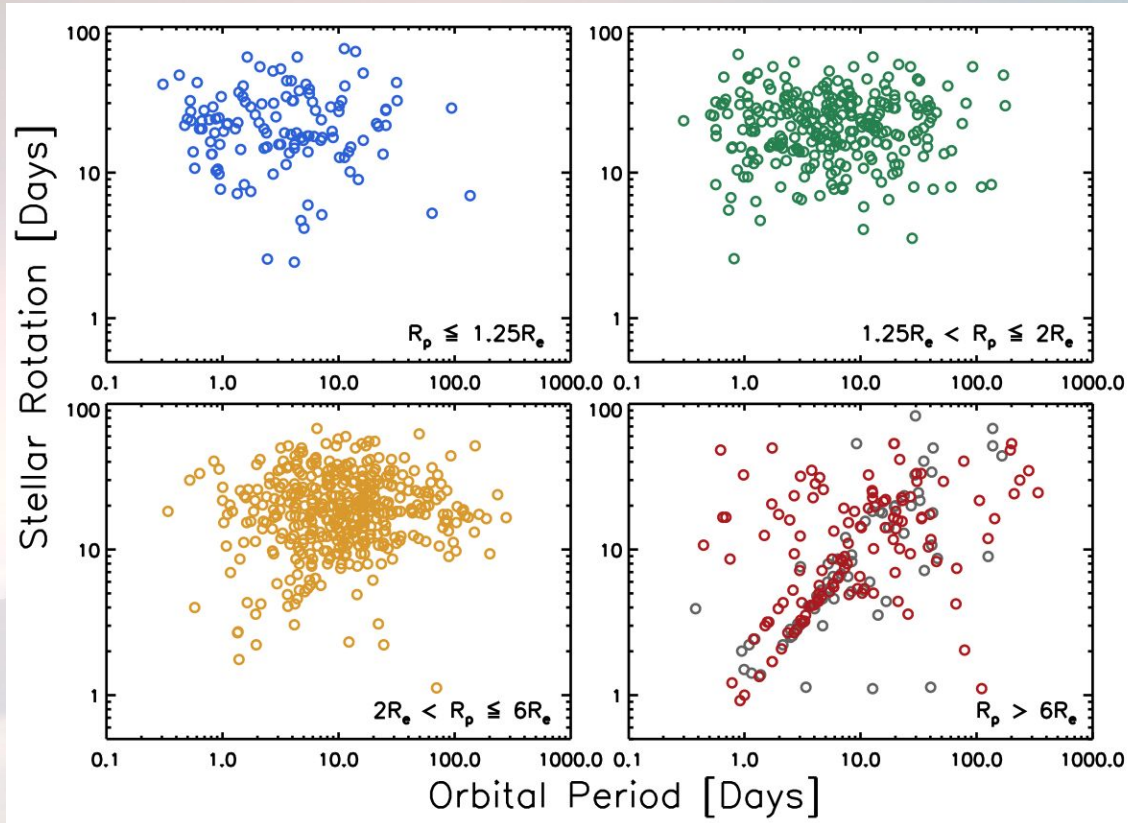
# F7514 Exoplanety

## 10-Astrobiologie a hledání života ve Vesmíru

Marek Skarka

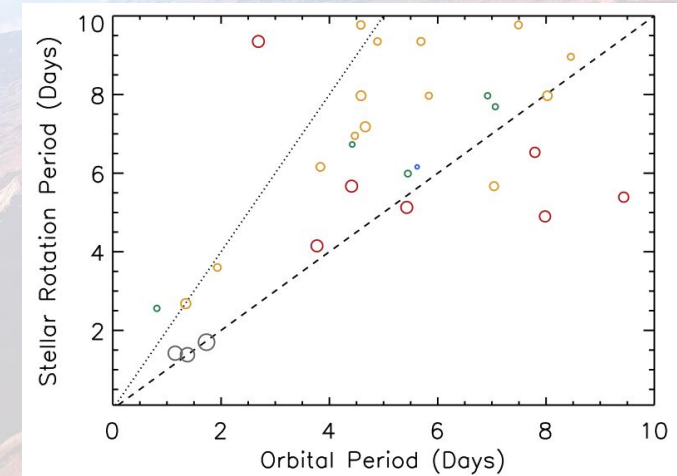
6.12.2023

# Otázka z minula: Souvisí nějak rychlost rotace mateřské hvězdy s orbitální periodou planet?

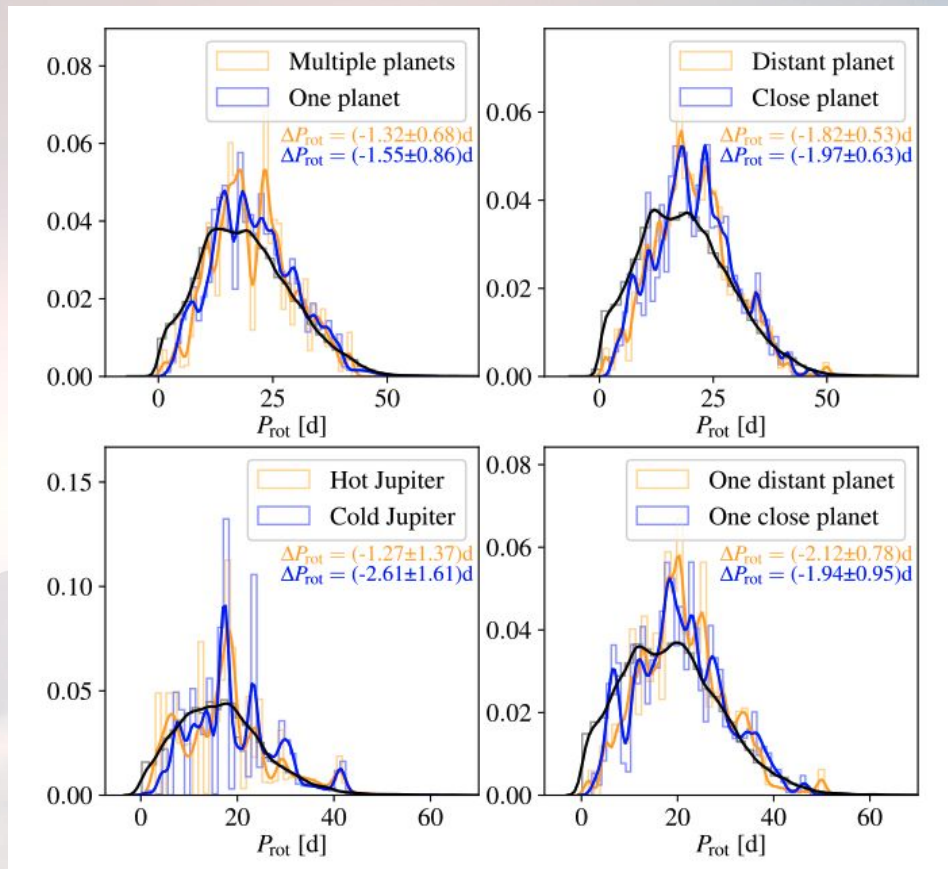


**Walkowicz&Basri 2013, MNRAS, 436, 1883**

- Rotace mateřských hvězd 950 exoplanet z Keplera - Existuje korelace mezi orbitální periodou hmotných planet a rotační rychlostí jejich mateřských hvězd + slapové rezonance



Otázka z minula: Souvisí nějak rychlost rotace mateřské hvězdy s orbitální periodou planet?



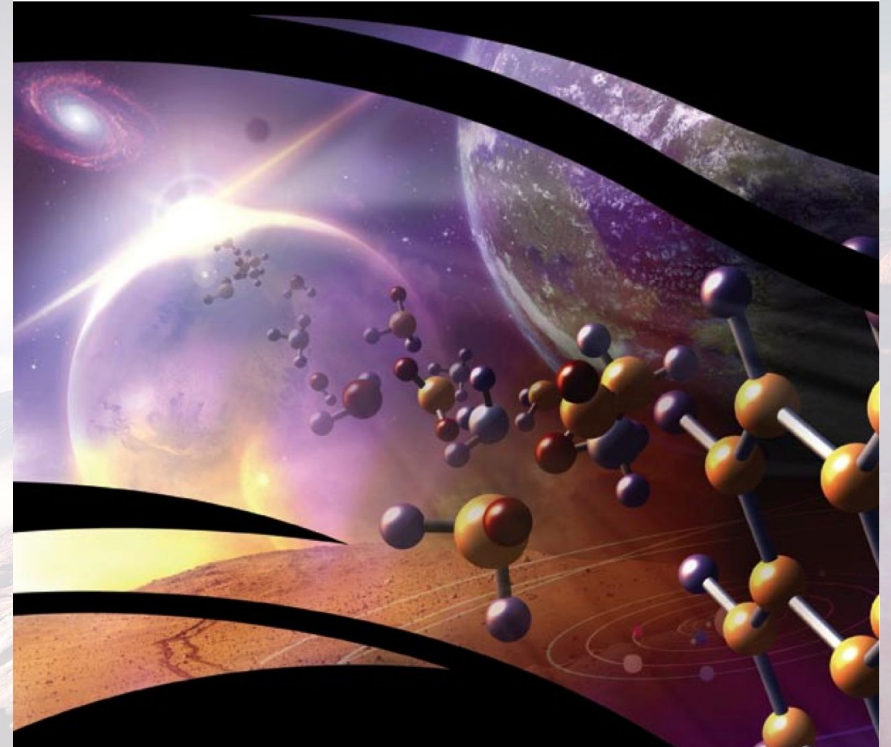
**Sibony, Helled & Feldmann 2022, MNRAS, 513, 2057**

- Rotace mateřských hvězd 493 exoplanet - Hvězdy mající exoplanety rotují v průměru o 1.6 dne pomaleji. Hvězdy s planetami na širokých oběžných drahách rotují pomaleji, než s blízkými planetami



# Astrobiologie a Život

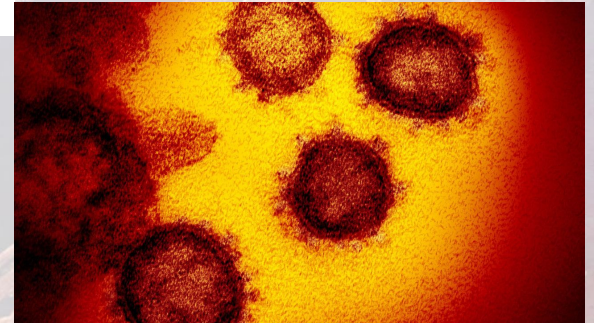
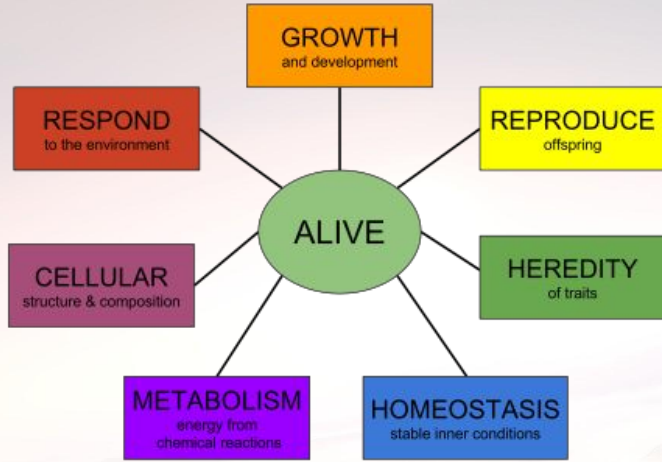
**Astrobiologie** je komplexní věda zabývající se vznikem a vývojem života ve vesmíru, vlivem okolních podmínek na jeho vlastnosti, a jeho hledáním. Kombinuje astronomii, chemii, biologii, geologii, fyziku...





# Astrobiologie a Život

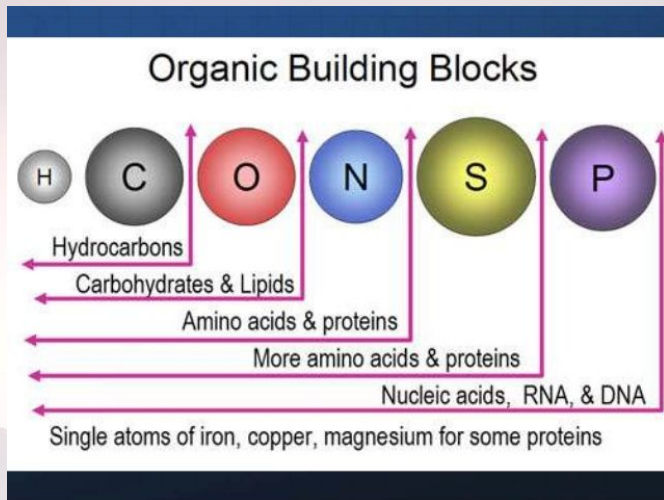
Jednotná definice **život**a neexistuje. Obecně se jedná o vysoce organizovaný systém který je schopný reagovat na své okolí, přeměňovat energii, vyměňovat si materiál s okolím, růst a rozmnožovat se.



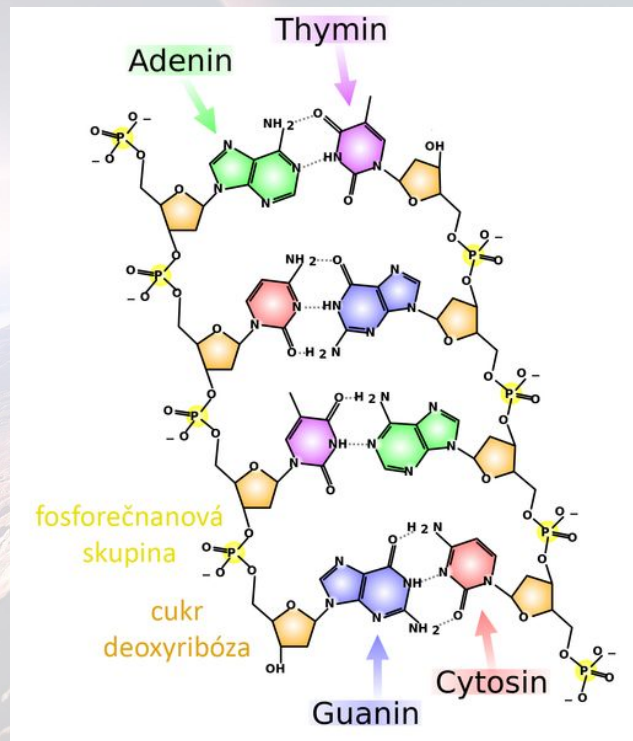
# Astrobiologie a Život

Vznik života je podmíněn mnoha faktory. Zcela esenciální jsou:

- Přítomnost prvků CHNOPS - složité chemické sloučeniny, živé bytosti složeny až z 99 % z CHNOPS
- Přítomnost rozpouštědla, které umožňuje chemické reakce
- Zdroj energie



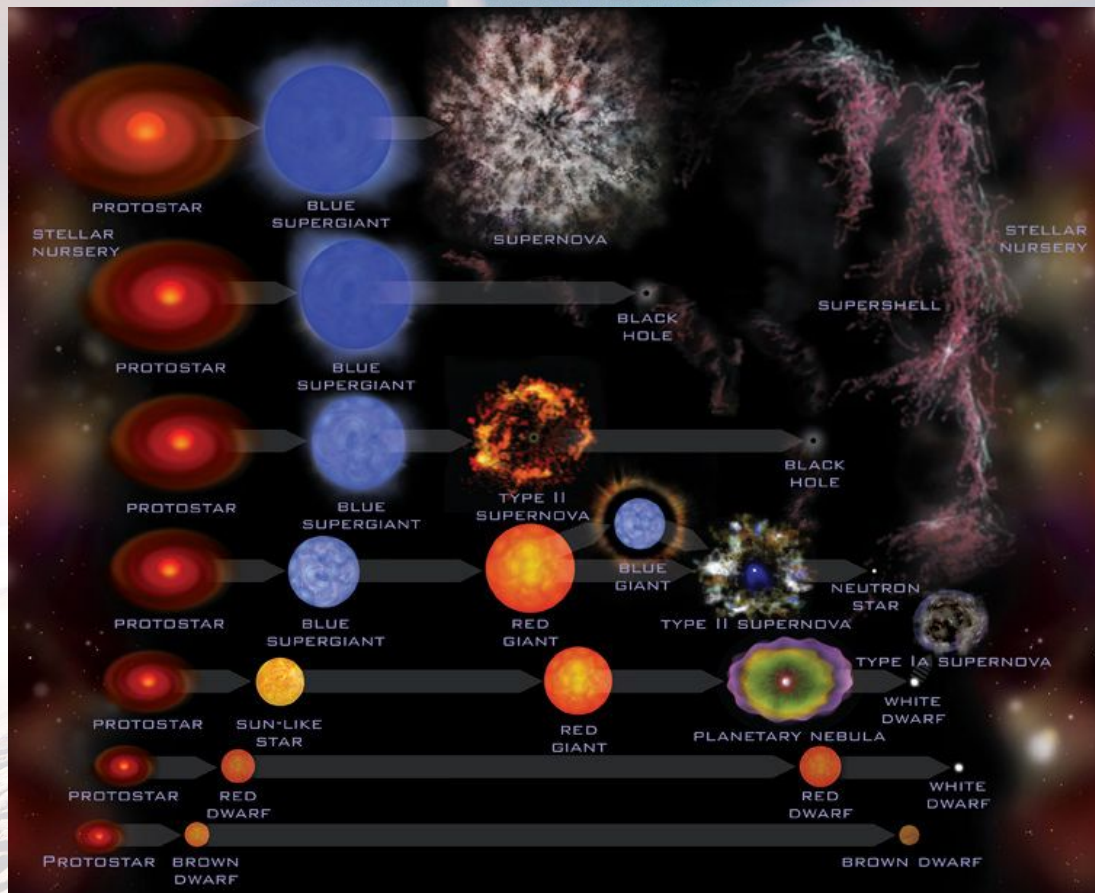
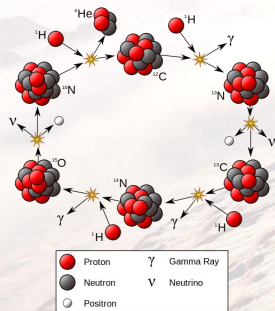
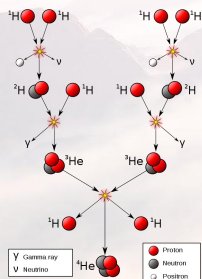
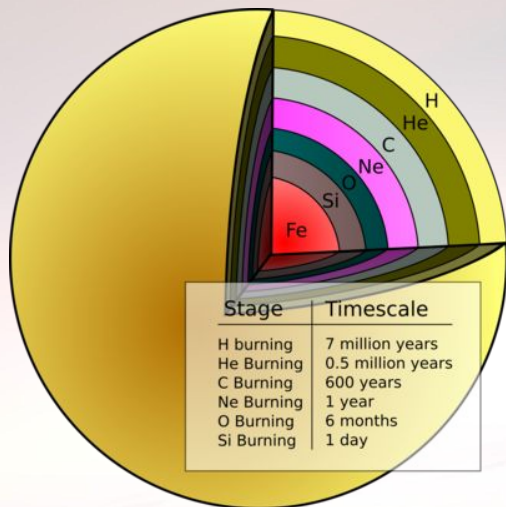
Atom	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Carbon	Phosphorus	Sulfur
Valence	1	2	3	4	5	2, 6
Model						





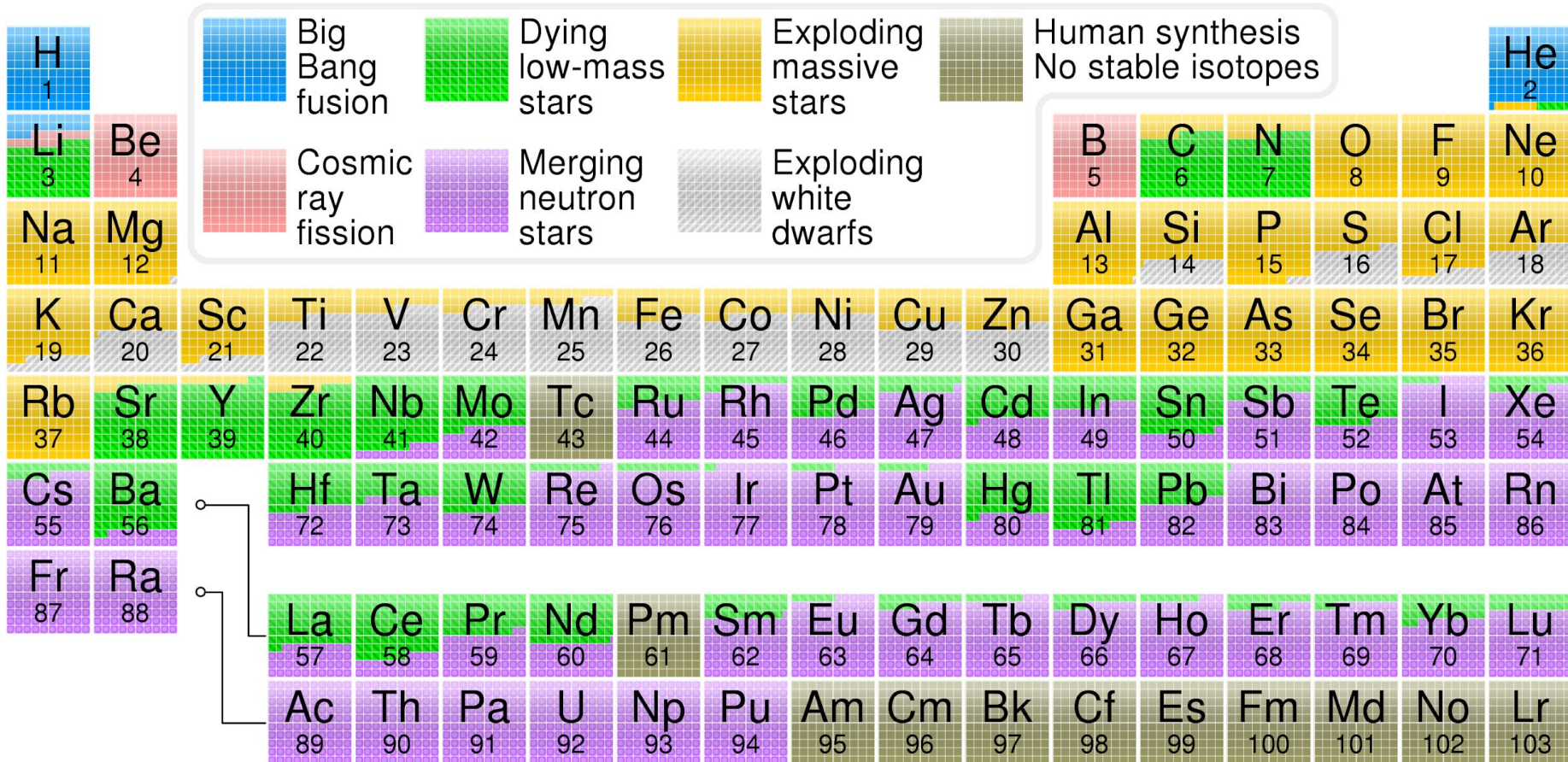
# Nukleosyntéza a chemické sloučeniny

Těžší prvky vznikají ve hvězdách



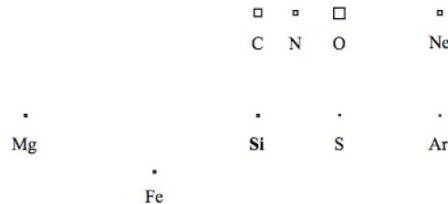
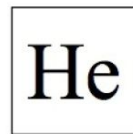
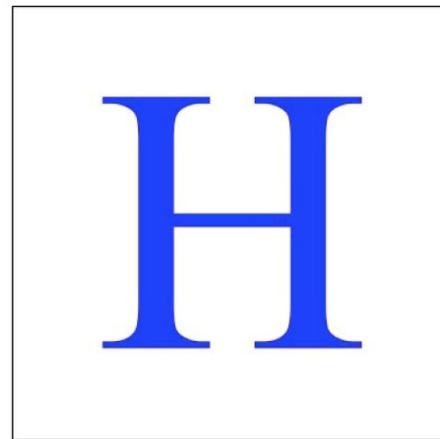
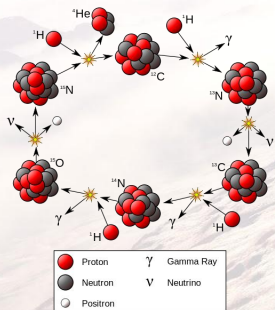
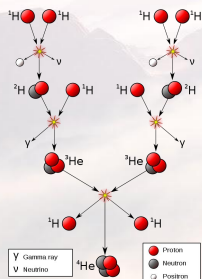
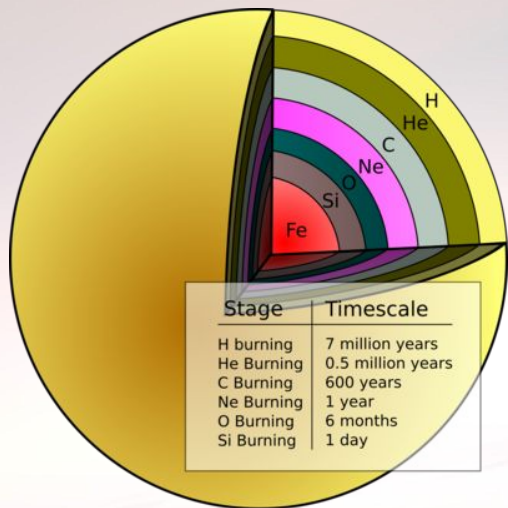


# Nukleosyntéza a chemické sloučeniny



# Nukleosyntéza a chemické sloučeniny

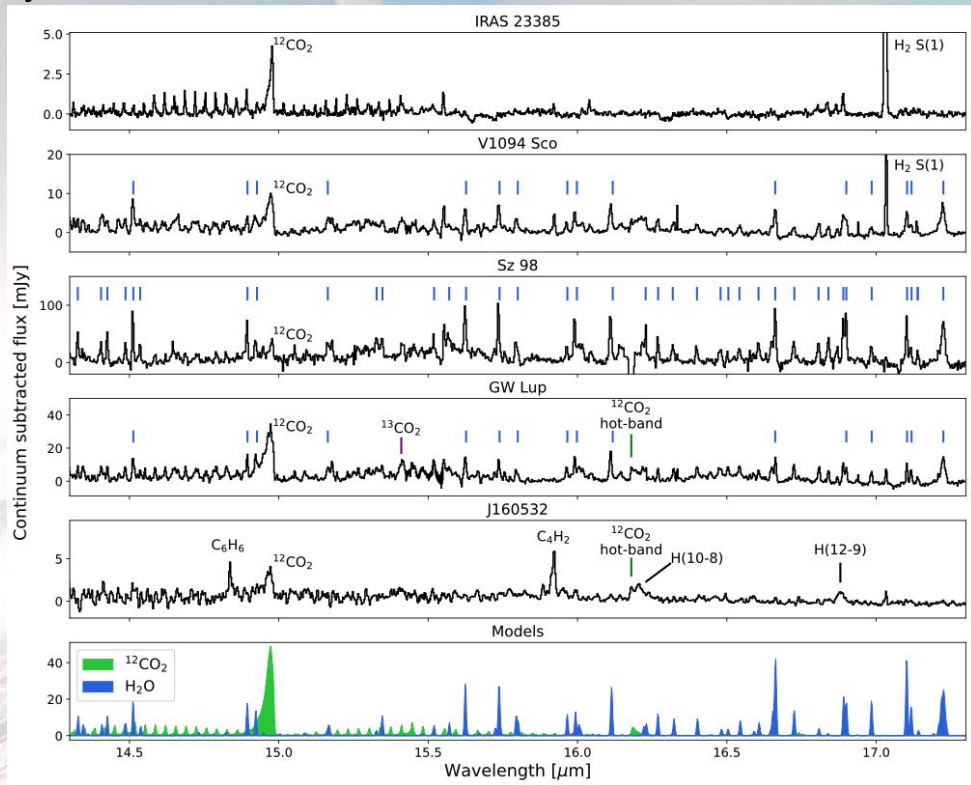
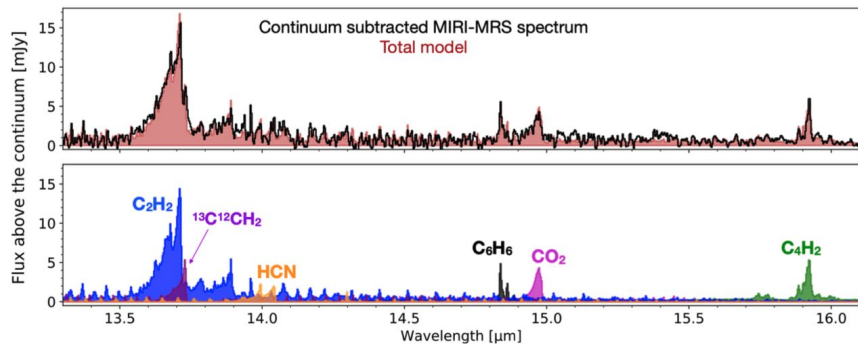
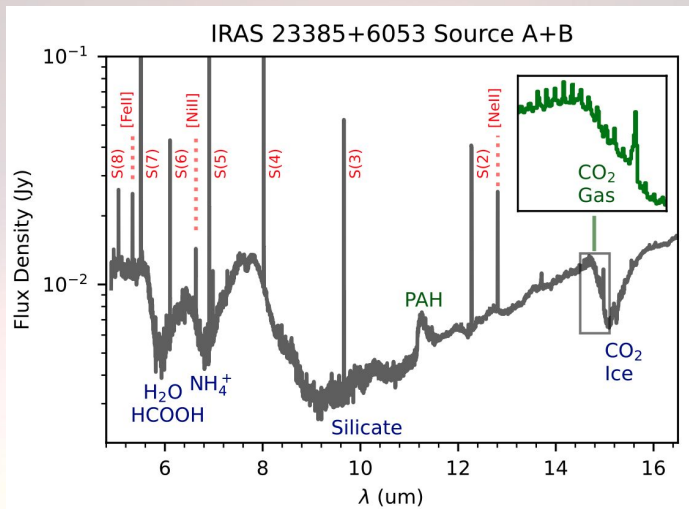
Těžší prvky vznikají ve hvězdách





# Nukleosyntéza a chemické sloučeniny

Ve vesmíru bylo detekováno velké množství organických molekul ([https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_interstellar\\_and\\_circumstellar\\_molecules](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_interstellar_and_circumstellar_molecules))



Dishoek et al. 2023, FaDi, 245, 52 - organické molekuly detekované JWST v discích mladých hvězd

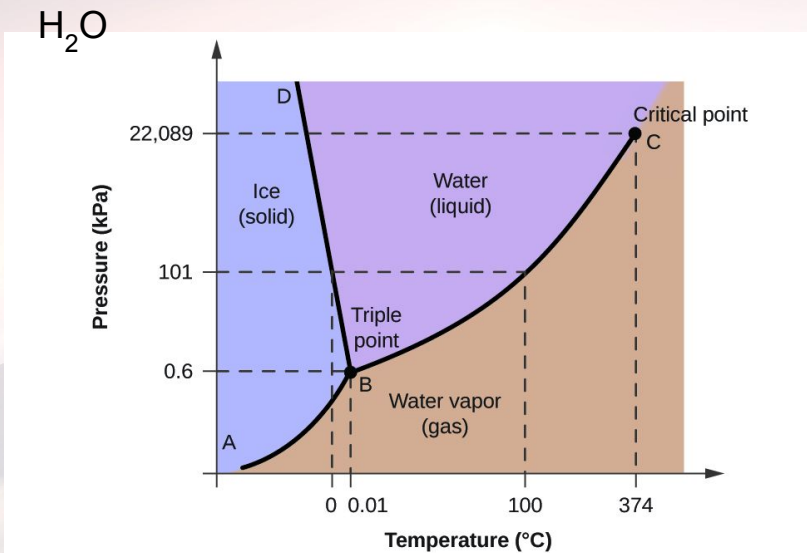


# Astrobiologie a Život

Vznik života je podmíněn mnoha faktory. Zcela esenciální jsou:

- Přítomnost prvků CHNOPS - složité chemické sloučeniny, živé bytosti složeny až z 99 % z CHNOPS
- Přítomnost rozpouštědla, které umožňuje chemické reakce
- Zdroj energie

**Voda:** velká měrná tepelná kapacita, velké skupenské teplo vypařování, hustota ledu menší než vody, velké rozmezí teplot v kapalném skupenství

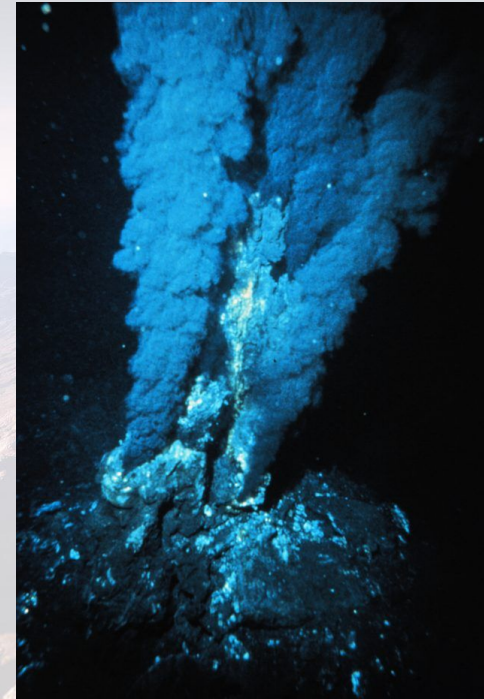
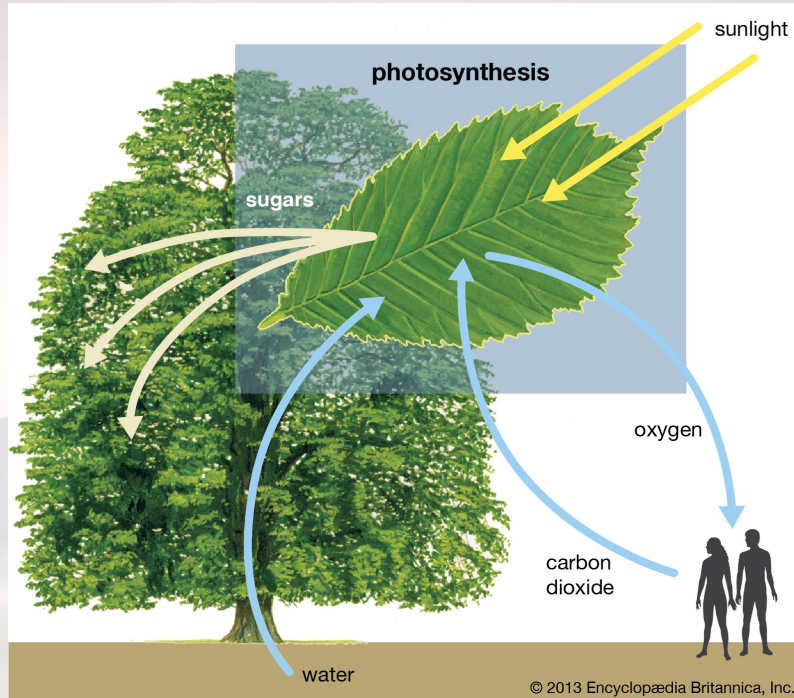


Látka	$T_{\text{kapalina}}$ (K)	$c$ (J.kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$l_v$ (J.kg <sup>-1</sup> )
H <sub>2</sub> O	273-373	4180	2260
NH <sub>3</sub>	195-240	2200	1370
CH <sub>4</sub>	91-112	1710	480

# Astrobiologie a Život

Vznik života je podmíněn mnoha faktory. Zcela esenciální jsou:

- Přítomnost prvků CHNOPS - složité chemické sloučeniny, živé bytosti složeny až z 99 % z CHNOPS
- Přítomnost rozpouštědla, které umožňuje chemické reakce
- Zdroj energie



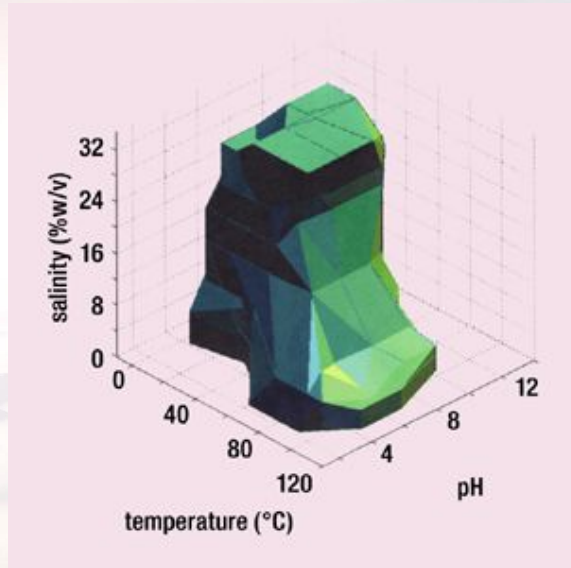


# Život na Zemi

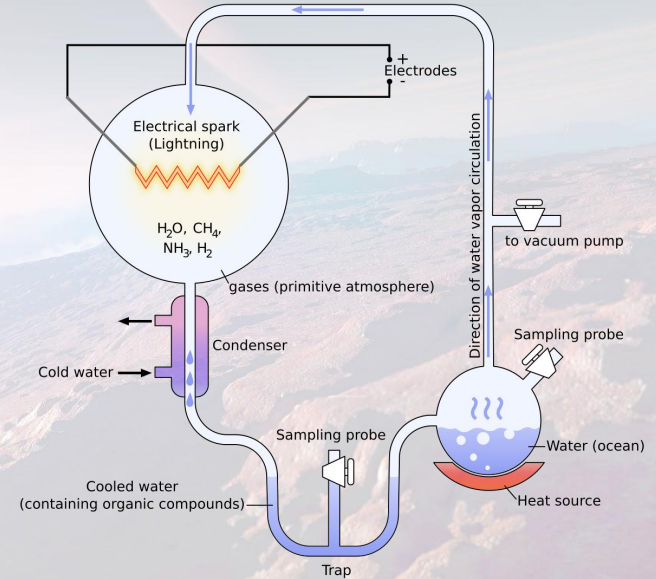
Vznik složitějších sloučenin (panspermie?) => jednobuněčný život (panspermie?) => složitý život

Dlouhodobé vhodné podmínky:

1. Teplota
2. Tlak
3. Salinita
4. Radiace
5. Kyselost






Millerův-Ureyův experiment (1952)



Detekovali vznik aminokyselin

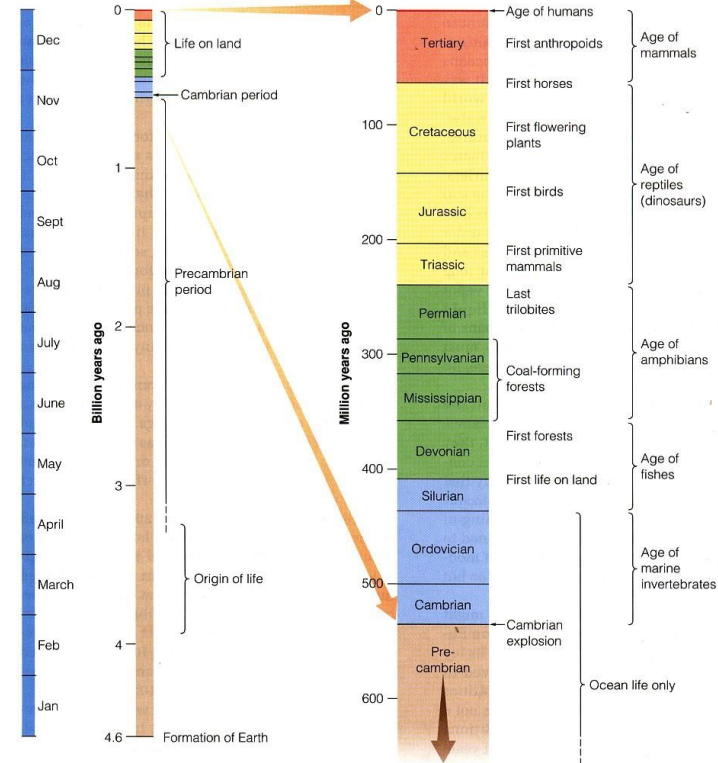
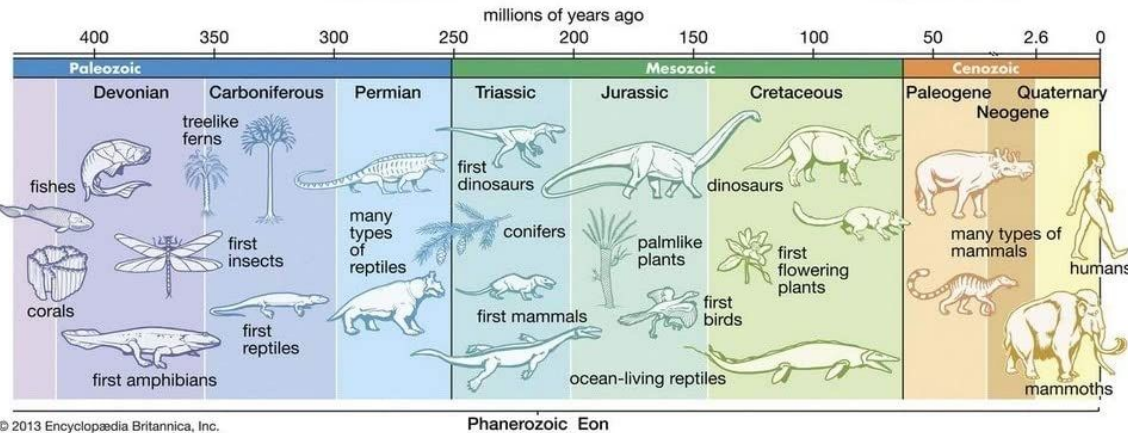
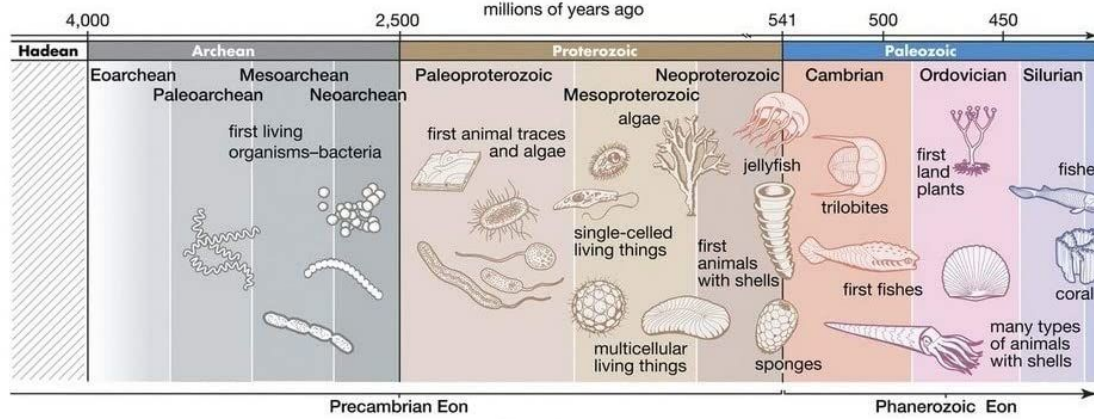


# Extremofilní organizmy

Strain	Domain	Extremophile type	Isolation ecosystem	Temperature (°C)	pH	Pressure (MPa)	Salinity (%)	References
<i>Acidianus infernus</i> So4a	Archaea	Acidothermophile	Solfatara crater	65–96 (90)	1–5.5 (2)	na	0.2 (na)	Segerer et al., 1986
<i>Colwellia piezophila</i> ATCC BAA-637	Bacteria	Piezopsychrophile	Deep-sea	4–15 (10)	7 (na)	40–80 (60)	na (3)	Nogi et al., 2004
<i>Halomonas campisalis</i> MCM B-365	Bacteria	Hyperalkaliphile	Soda lake	4–50 (30)	6–12 (9.5)	na	1.1–26.3 (8.9)	Aston and Peyton, 2007
<i>Oceanobacillus iheyensis</i> HTE831	Bacteria	Alkaliphile, piezotolerant, and halotolerant	Deep-sea (mud)	15–42 (30)	6.5–10 (7–9.5)	0.1–30	0–21 (3)	Lu et al., 2001
<i>Anoxybacillus pushchinensis</i> K1	Bacteria	Alkalithermophile	Manure	37–66 (62)	8–10.5 (9.5)		<3 (na)	Pikuta et al., 2000
<i>Actinopolyspora righensis</i> H23	Bacteria	Halophile	Saline soil	20–40 (28–32)	5–8 (6–7)		10–30 (15–25)	Meklat et al., 2013
" <i>Geothermobacterium ferrireducens</i> " FW-1a	Bacteria	Hyperthermophile	Obsidian Pool, Yellowstone National Park	65–100 (85)	na		0 (na)	Kashefi et al., 2002
<i>Shewanella piezotolerans</i> WP3	Bacteria	Piezophile	Deep-sea	0–28 (15–20)	6–8 (7)	0.1–50 (20)	1–7.2 (3–4)	Xiao et al., 2007
<i>Colwellia</i> sp. MT-41	Bacteria	Piezopsychrophile	Deep-sea	2 (na)	6.8 (na)	51.8–103.5 (69)	na	Yayanos et al., 1981
<i>Pedobacter arcticus</i> A12	Bacteria	Psychrophile	Tundra (soil)	4–25 (18)	6–9 (7)	na	0–2 (0)	Zhou et al., 2012
<i>Thermococcus gammatolerans</i> EJ3	Archaea	Thermophile and radiation-tolerant	Hydrothermal vent (chimney)	55–95 (88)	na (5.5–6.5)	na	(20)	Jolivet et al., 2003
<i>Deinococcus radiodurans</i> R1		Vacuum- and radiation-tolerant	Spoiled canned meat					De Vera et al., 2012
<i>Cryomyces antarcticus</i> MA5682	Fungi	Vacuum- and radiation-tolerant	Antarctica					Mars-like conditions, vacuum, UV and space radiation
<i>Deinococcus geothermalis</i> DSM 11300	Bacteria	Xerotolerant	Hot spring	30–55 (47)	5–8 (6.5)	na	na	
<i>Halobacterium salinarum</i> NRC-1	Archaea	Xerotolerant, vacuum- and radiation-tolerant	Bore core from a salt mine	42 (na)	na	na	25	

# Život na Zemi

Vznik složitějších sloučenin (panspermie?) => jednobuněčný život (panspermie?) => složitý život





# Život na Zemi

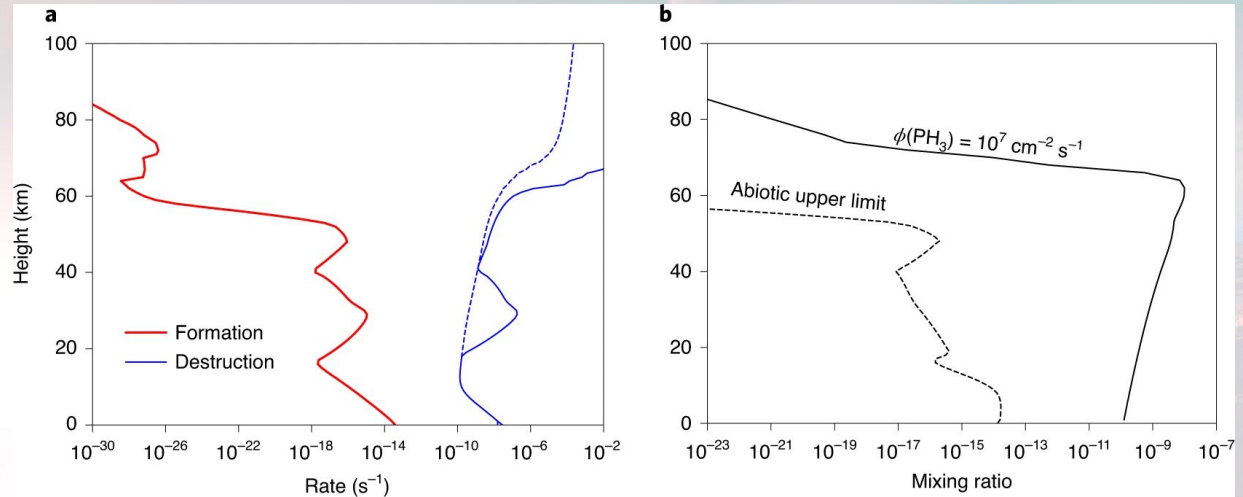
Vznik složitějších sloučenin (panspermie?) => jednobuněčný život (panspermie?) => složitý život

Země je jediné místo ve Vesmíru, kde známe  
(inteligentní) život





# Život ve Sluneční soustavě?



Greaves et al. 2020, Nature Astronomy, 234

Detekce fosfanu (PH<sub>3</sub>) v atmosféře Venuše

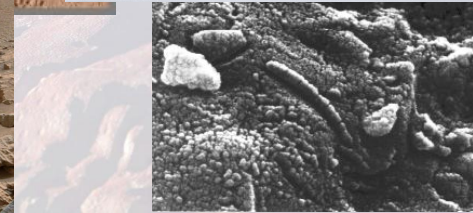
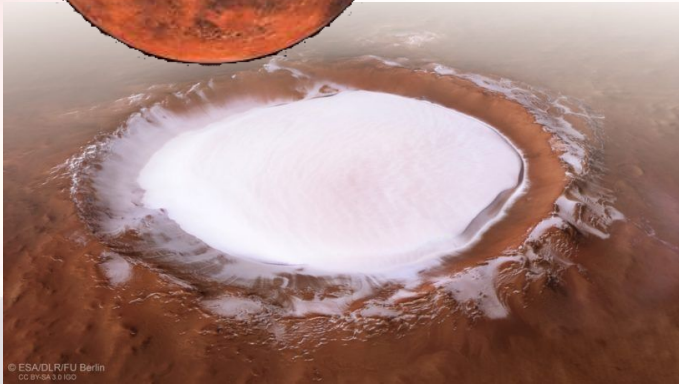
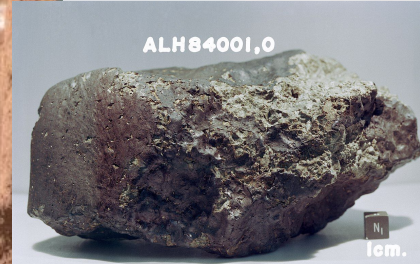
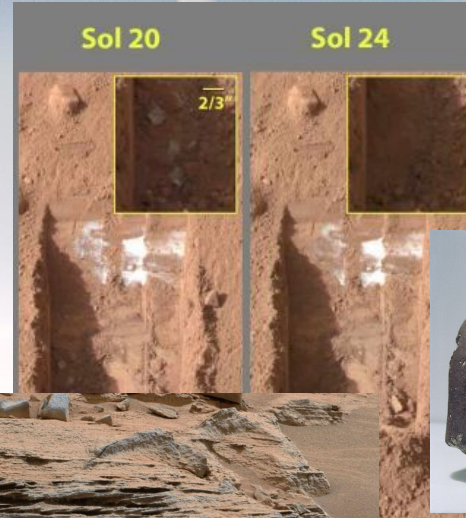
- neznáme jiný než biogenní proces, který by v daných podmínkách mohl vést ke vzniku fosfanu.

- bakterie syntetizující sloučeniny síry

- Detekce vyvrácena Lincowski *et al* 2021, ApJL, **908** L44 (SO<sub>2</sub>)

- Fosfan potvrzen v hlubokých vrstvách atmosféry (2023)

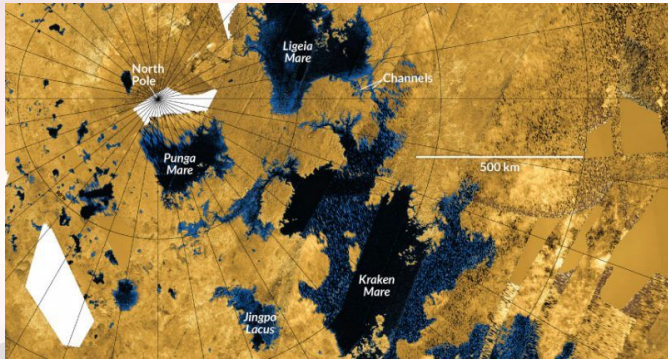
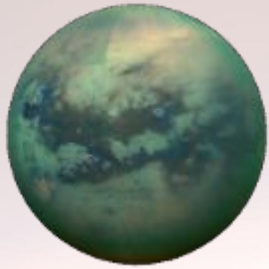
# Život ve Sluneční soustavě?



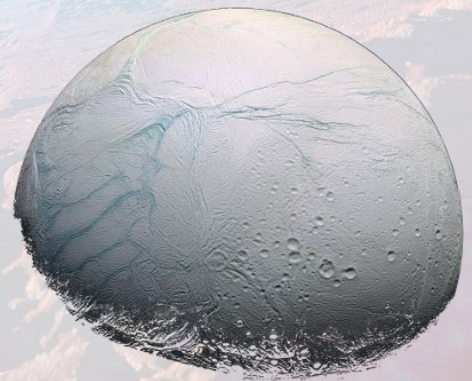
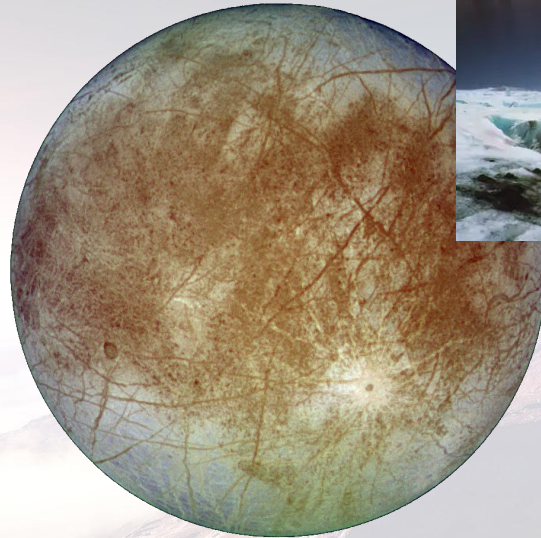
Mars má příliš řídkou atmosféru, aby udržela vodu v kapalném skupenství. V minulosti se tekutá voda na Marsu zřejmě vyskytovala, v současnosti pouze v podobě ledu v povrchových a podpovrchových vrstvách.



# Život ve Sluneční soustavě?



Uhlovodíky na Titanu



Předpoklad oceánů pod ledovou krustou na Europě a Enceladu

# Život ve Sluneční soustavě?



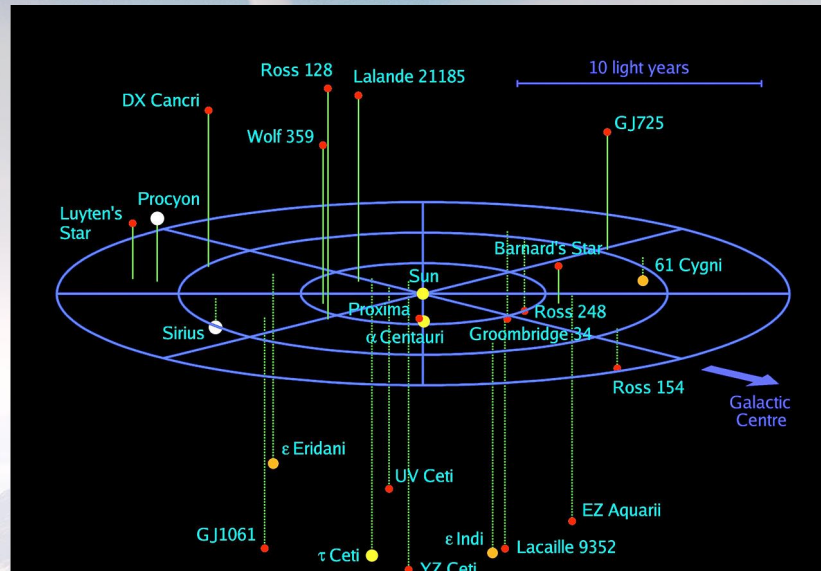
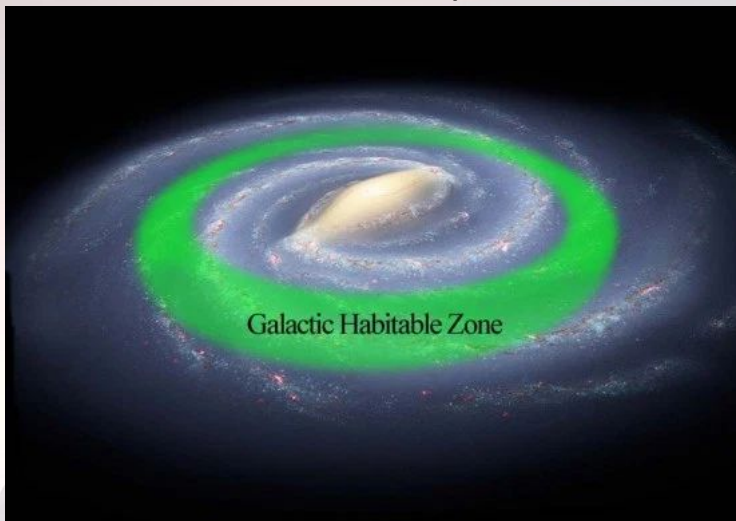
Saganovi plavci a lovci v atmosféře Jupiteru?



# Co umožnilo vznik života na Zemi

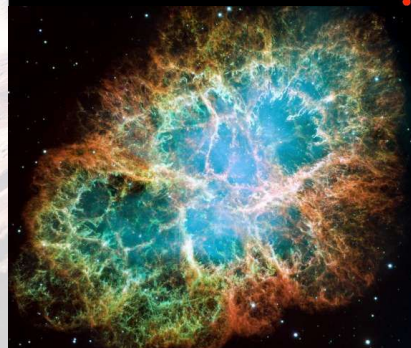
## 1. Poloha v Galaxii

- Minimální vliv okolních hvězd
- Dostatek těžších prvků



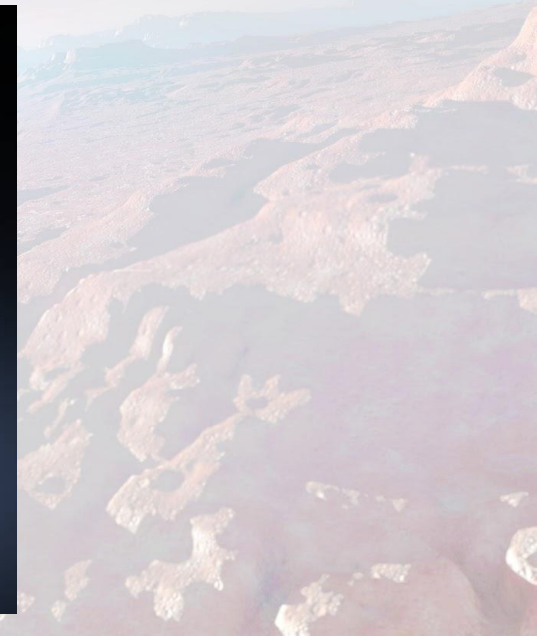
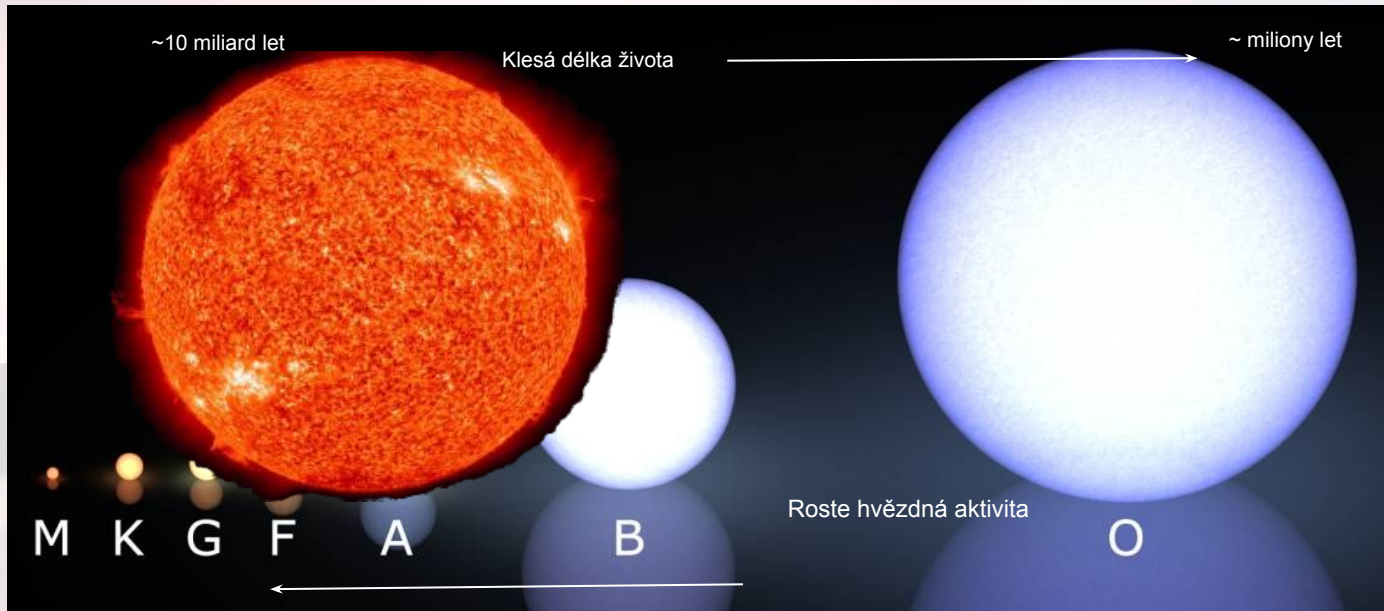
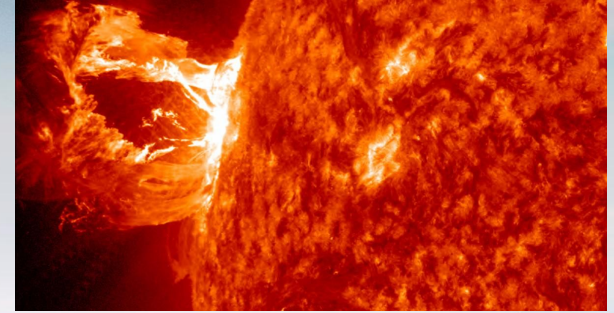
Vznik života v kulových  
hvězdokupách?

Větší pravděpodobnost života  
v eliptických galaxiích?



# Co umožnilo vznik života na Zemi

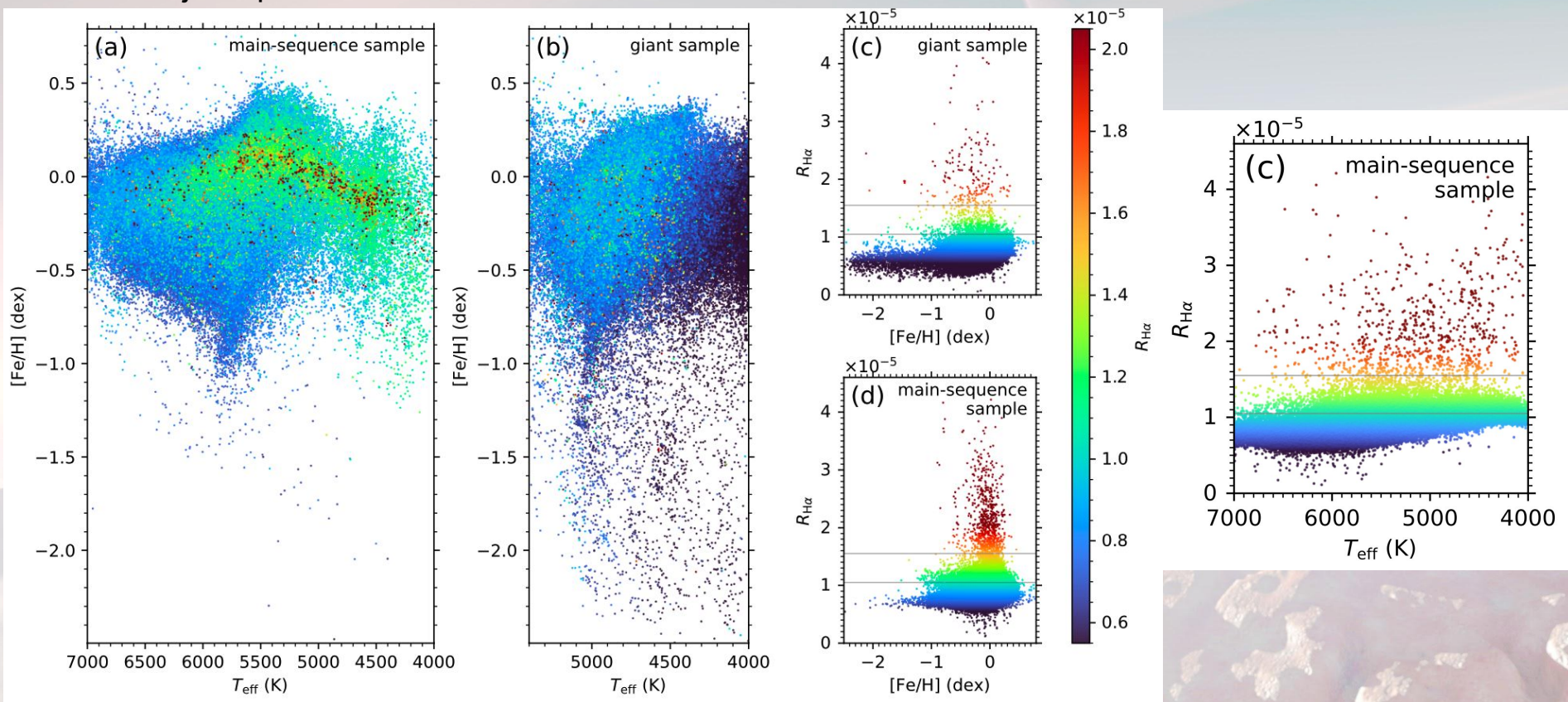
1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
  - a. Klidná, nepříliš aktivní hvězda
  - b. Dlouhodobě stabilní
  - c. Ideální stáří





# Co umožnilo vznik života na Zemi

He et al. 2023, Ap&SS, 368, 63 - spektra 329 000 FGK hvězd z LAMOST - aktivita klesá s metalicitou a věkem roste s klesající teplotou

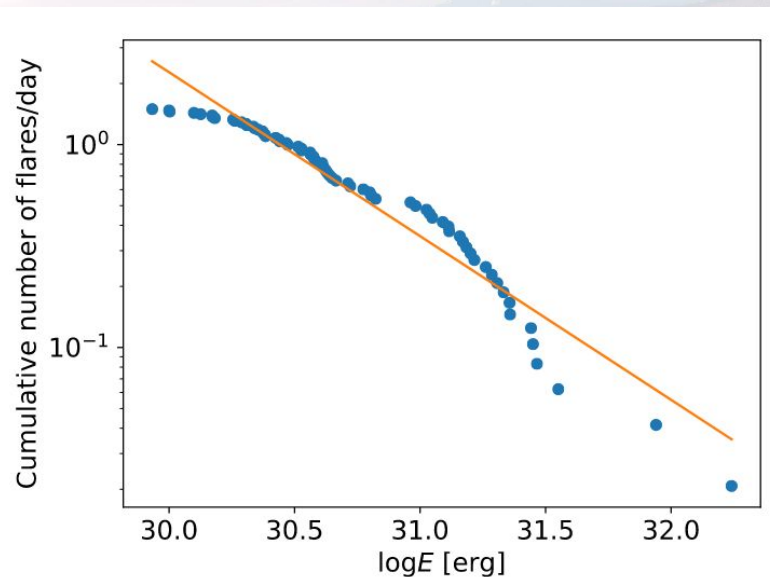
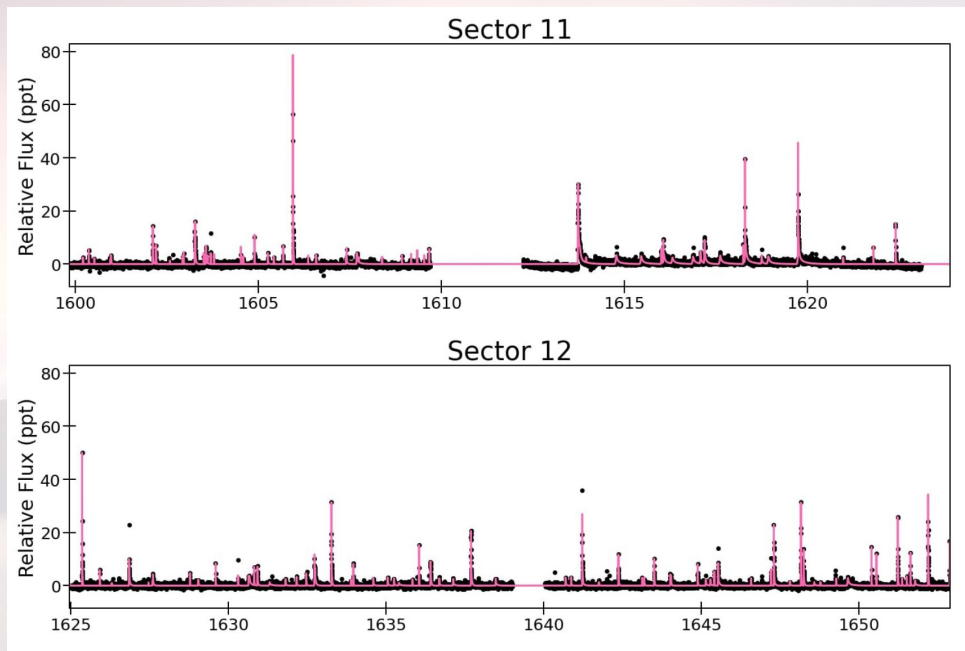


# Co umožnilo vznik života na Zemi

1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
  - a. Klidná, nepříliš aktivní hvězda
  - b. Dlouhodobě stabilní
  - c. Ideální stáří

Gilbert et al. 2021, FrASS, 8, 190  
- Nedetekce tranzitu u Proximy Cen b

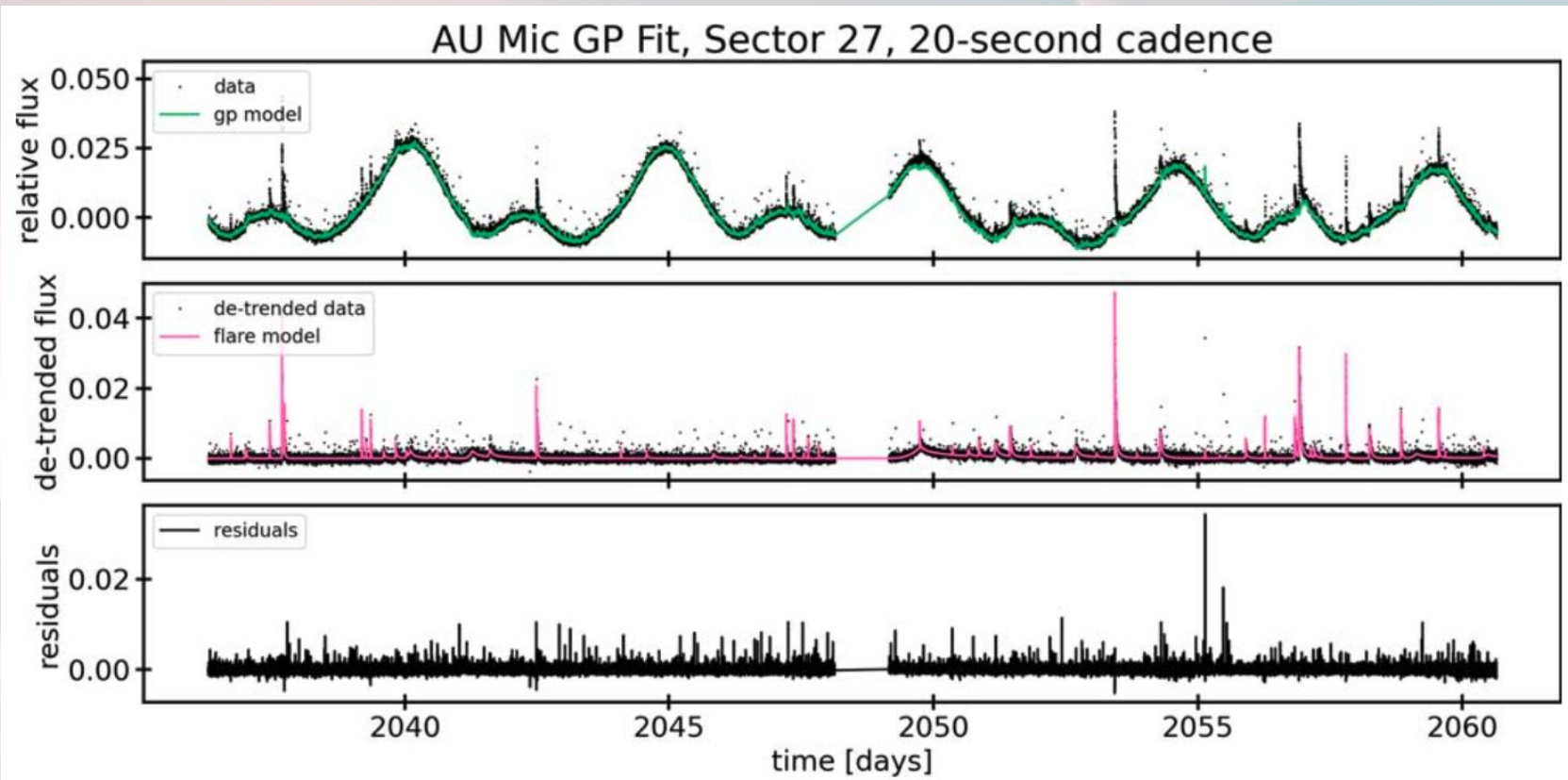
Vida et al. 2019, ApJ, 884, 160, erupce po  
7 % času, energie  $10^{30-32}$  erg



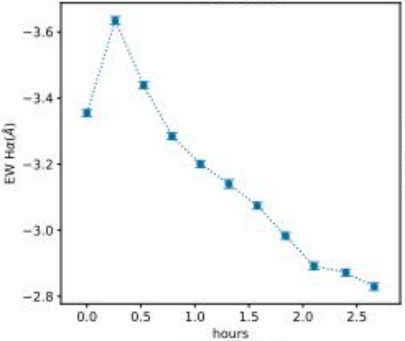


# Co umožnilo vznik života na Zemi

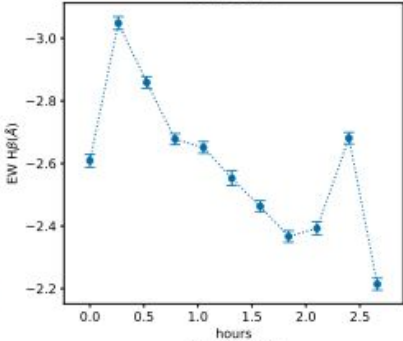
Gilbert et al. 2022, AJ, 163, 147 - AU Mic 2 erupce/den, detekce AU Mic c



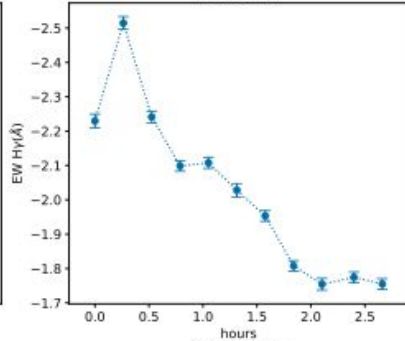
2023-05-10



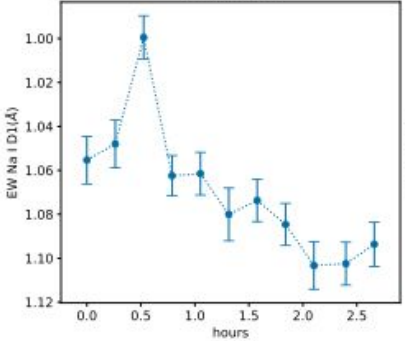
2023-05-10



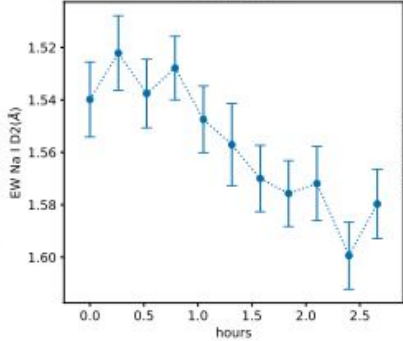
2023-05-10



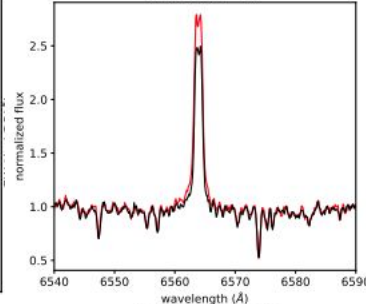
2023-05-10



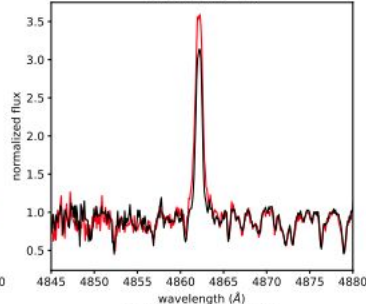
2023-05-10



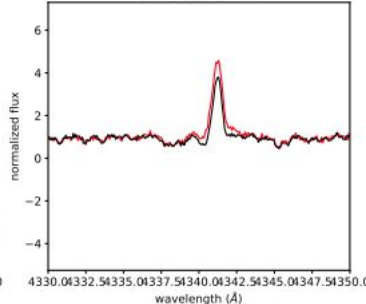
2023-05-10 - Hα



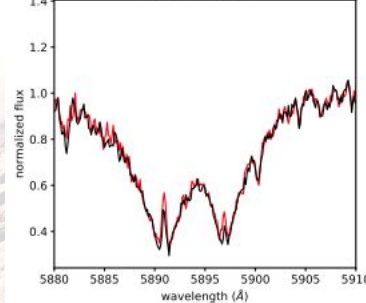
2023-05-10 - Hβ



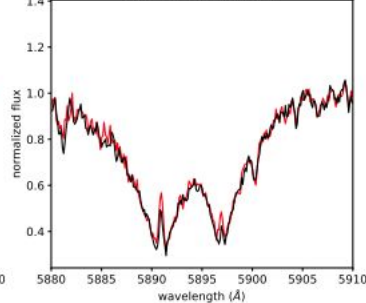
2023-05-10 - Hγ



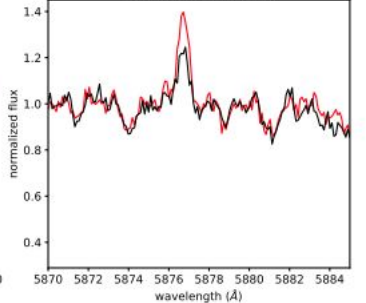
2023-05-10 - Na I D1



2023-05-10 - Na I D2



2023-05-10 - He I D3

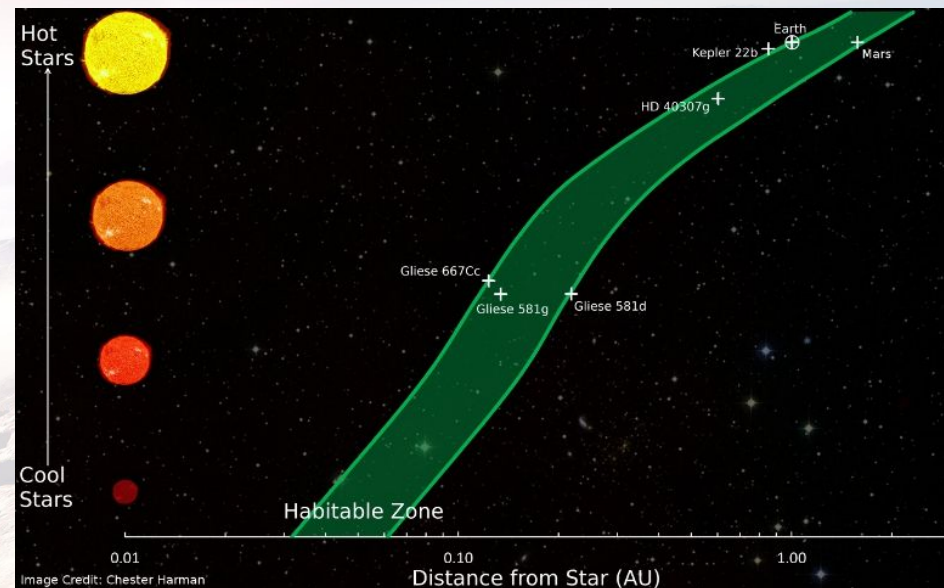
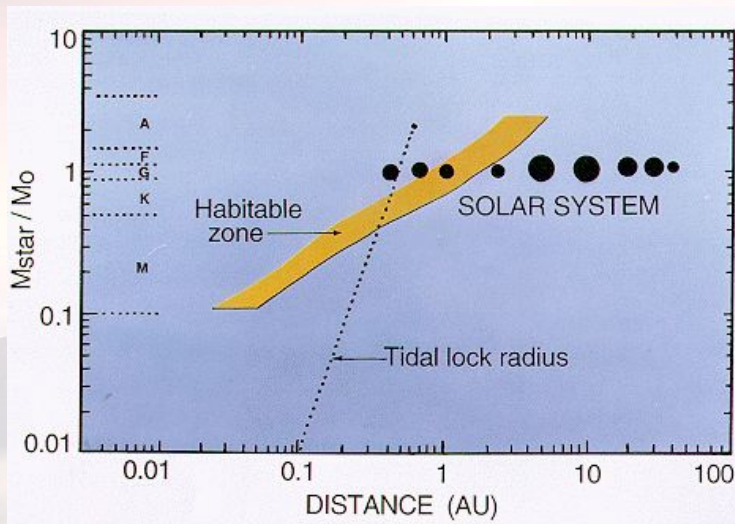
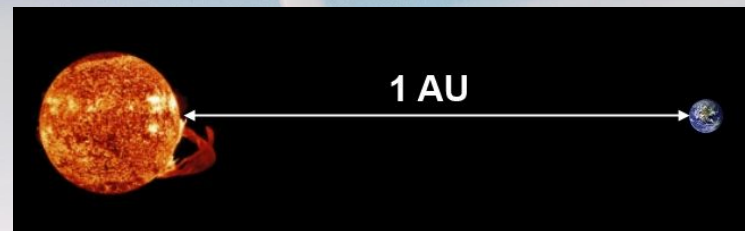


Vývoj erupce u AU Mic 5.10.2023  
 PUCHEROS+ (Dr. Petra Odert, in prep.)



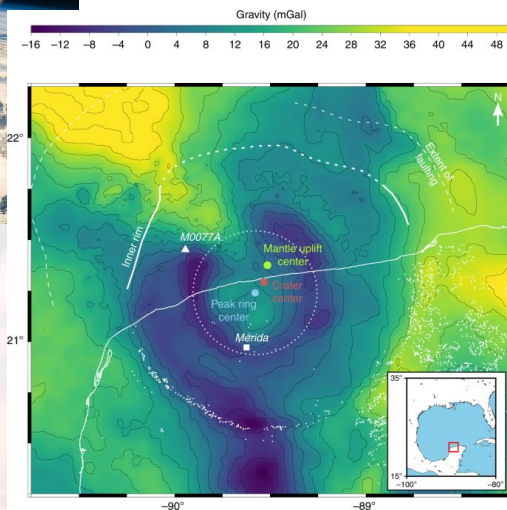
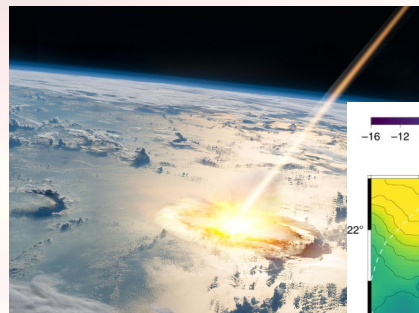
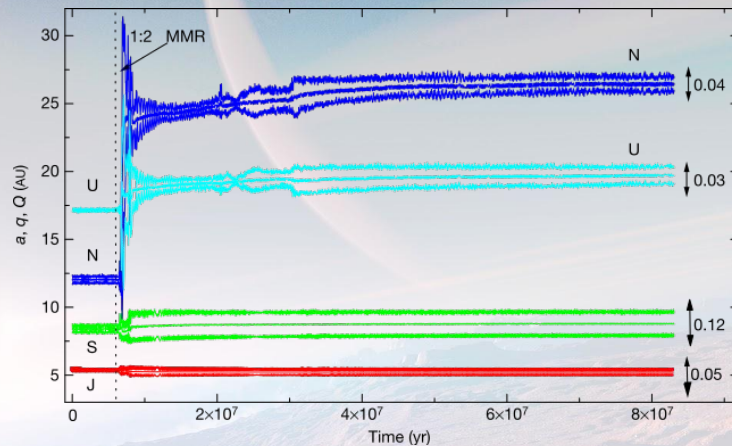
# Co umožnilo vznik života na Zemi

1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
3. Vhodný systém
  - a. Vzdálenost od Slunce a kruhovost dráhy
    - i. Voda v kapalném skupenství
    - ii. Nevázaná rotace



# Co umožnilo vznik života na Zemi

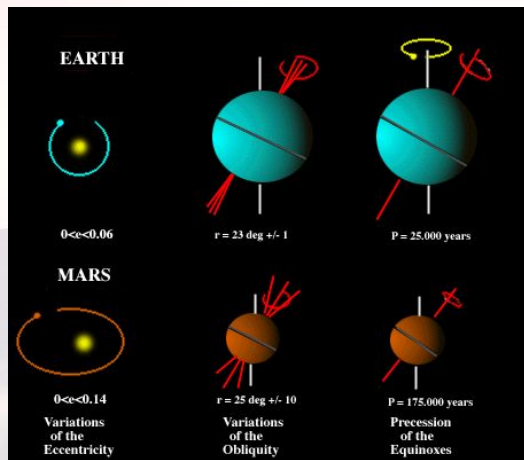
1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
3. Vhodný systém
  - a. Vzdálenost od Slunce a kruhovost dráhy
  - b. Přítomnost velkých planet
    - i. Vyčištění prostoru
    - ii. Destabilizace kometárních jader





# Co umožnilo vznik života na Zemi

1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
3. Vhodný systém
  - a. Vzdálenost od Slunce a kruhovost dráhy
  - b. Přítomnost velkých planet
  - c. Přítomnost Měsíce
    - i. Stabilizace rotační osy

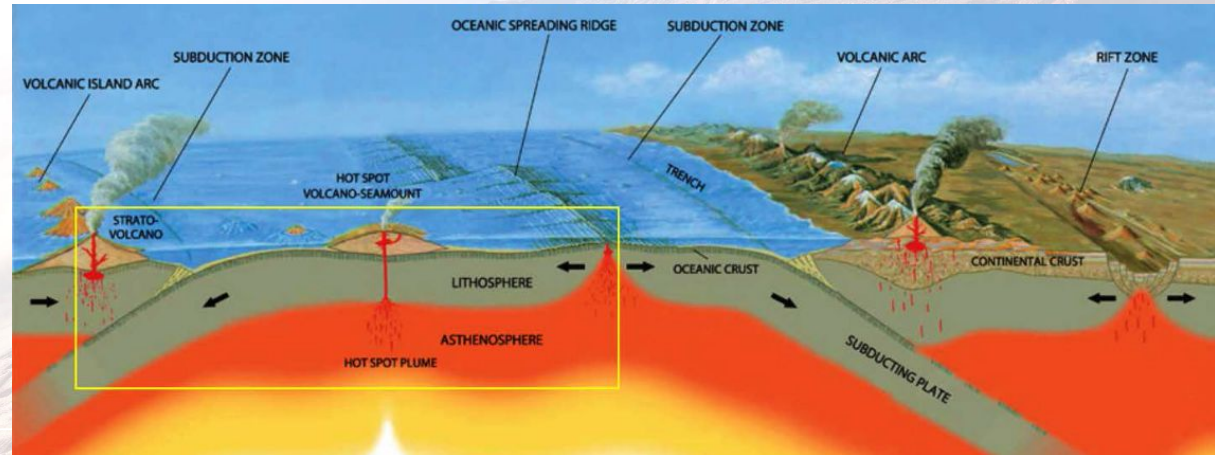
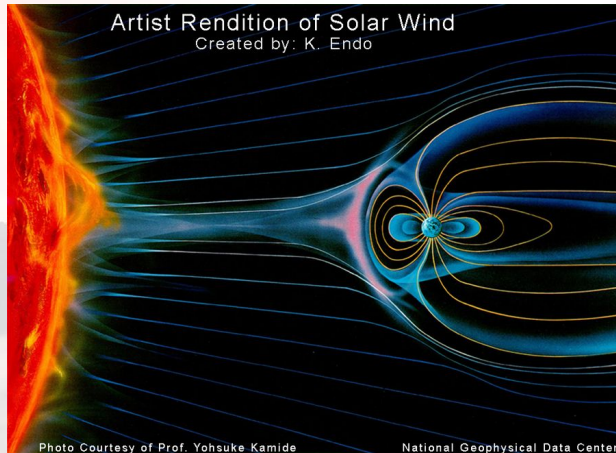


Náraz tělesa velikosti Marsu před 4.5 mld lety



# Co umožnilo vznik života na Zemi

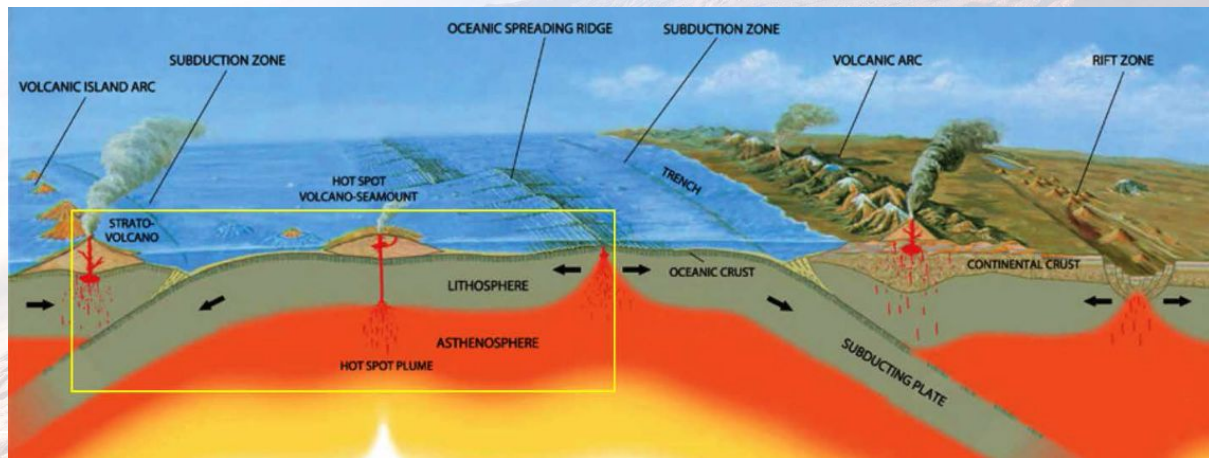
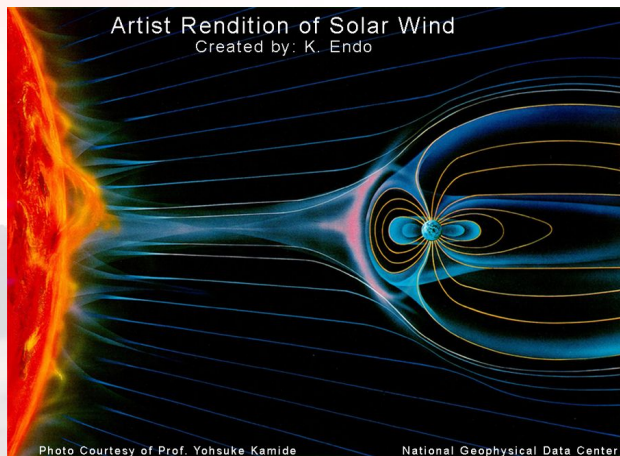
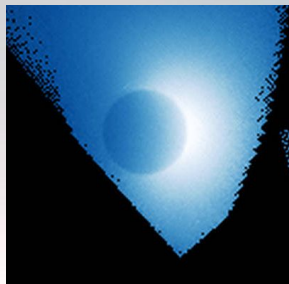
1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
3. Vhodný systém
4. Vlastnosti Země
  - a. Velikost
  - b. Vlastnosti atmosféry
  - c. Přítomnost magnetického pole
  - d. **Desková tektonika**





# Co umožnilo vznik života na Zemi

1. Poloha v Galaxii
2. Vlastnosti Slunce
3. Vhodný systém
4. Vlastnosti Země
  - a. Velikost
  - b. Vlastnosti atmosféry
  - c. Přítomnost magnetického pole
  - d. Desková tektonika
5. Přítomnost vody



# Exoplanety a život

Kde očekáváme a hledáme život?

1. Hvězdy podobné Slunci (spektrální typ F-K)
2. Planety velikostně srovnatelné se Zemí obíhající v obyvatelných zónách bez vázané rotace
3. Planety na kruhových drahách
4. Planety mající atmosféry

## Direct Imaging

H <sub>2</sub> O	HR 8799b (144), HR 8799c (129), HR 8799d (143), HR 8799e (143), $\kappa$ And b (262), 51 Eri b (222), Gl 570D (152), HD 3651B (152), $\beta$ Pic (54), ULAS 1416 (149)
CH <sub>4</sub>	HR 8799b (14), 51 Eri b (222), GJ 504 (114), GJ 758 B (115), Gl 570D (152), HD 3651B (152), ULAS 1416 (149)
NH <sub>3</sub>	Gl 570D (152), HD 3651B (152), ULAS 1416 (149)
CO	HR 8799b (144), HR 8799c (129)

## High-resolution Doppler Spectroscopy

H <sub>2</sub> O	51 Peg b (25), HD 179949 b (39), HD 189733b (24), HD 209458b (101)
CO	$\tau$ Bootis b (37), HD 209458b (251), 51 Peg b (38), HD 179949 b (39), HD 189733b (219, 40)
TiO	WASP-33b (196)
HCN	HD 209458b (101), HD 189733b (47)
Ti, Fe, Ti+	KELT-9b (106)

## Emission Spectra (Secondary Eclipse)

H <sub>2</sub> O	WASP-43b (132), HD 209458b (151), HD 189733b (59), WASP-121b (76), Kepler-13Ab (20), WASP-33b (102)
CO	WASP-18b (236)
VO	WASP-121b (76)
TiO	WASP-33b (102)
HCN	HD 209458b (101)

Biomarkery:

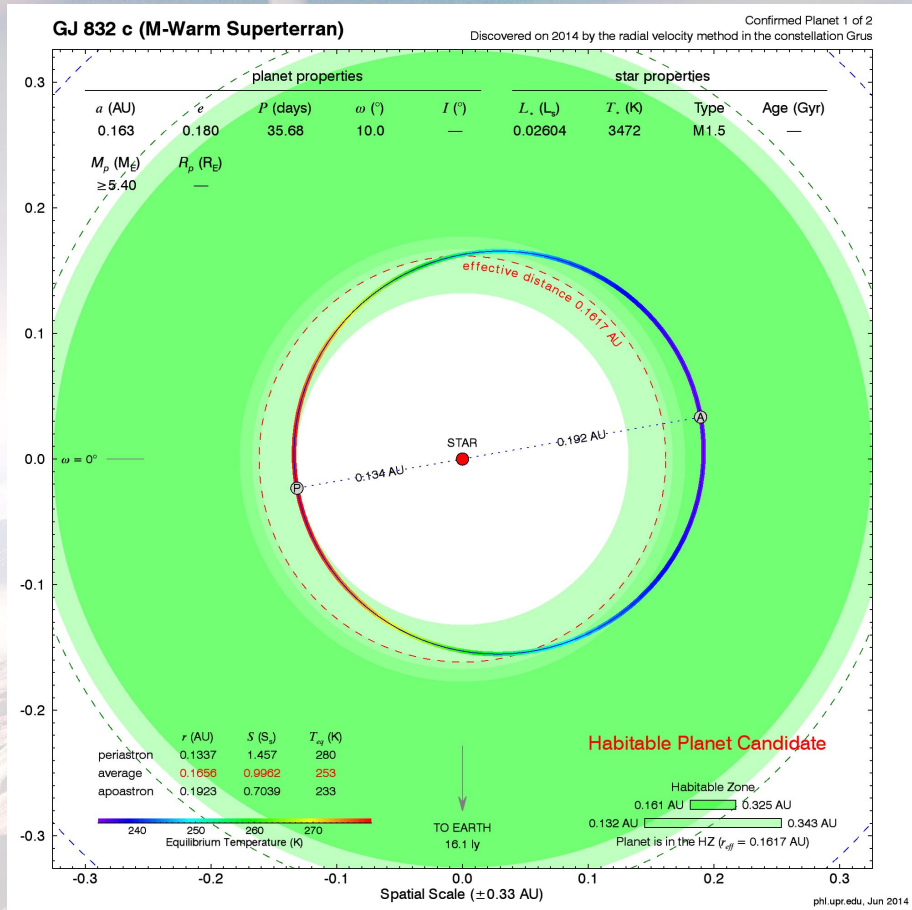
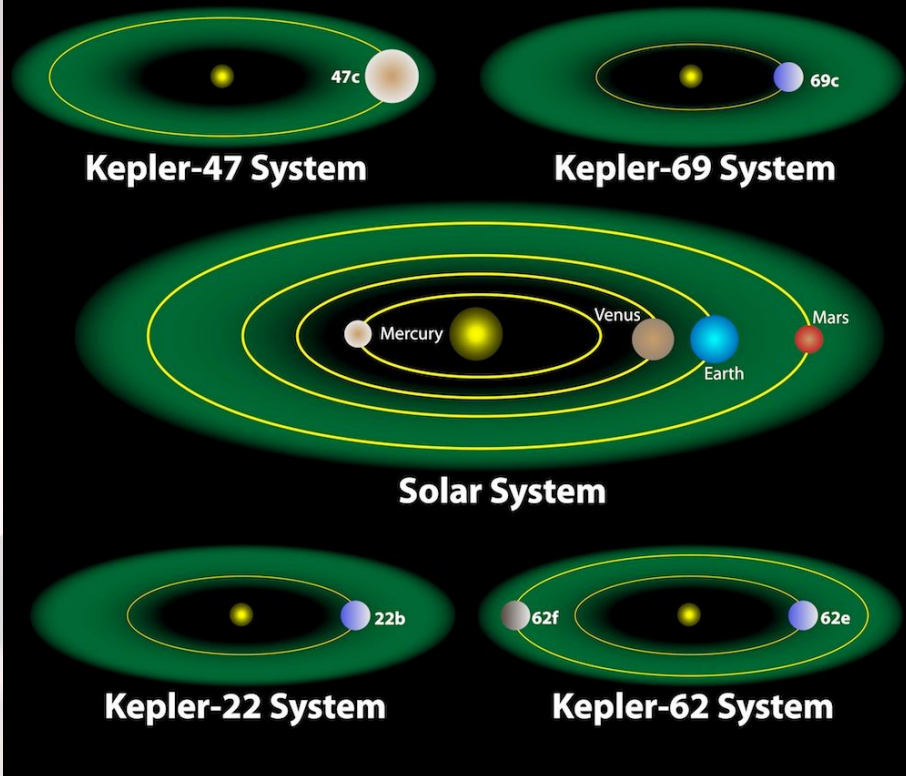
CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, pozitivní (infra)červený exces (>700 nm - vegetace)...

K	WASP-6b (192), WASP-31b (247), WASP-39b (244), WASP-127b (53), HAT-P-12b (244), XO-2b (243), HD 80606b (55)
TiO	WASP-19b (232)
AlO	WASP-33b (273)
H	HD 189733b (116, 33), HD 209458b (272, 116), GJ 436b (71)
He	WASP-107b (253)
C	HD 209458b (270)
O	HD 209458b (270)
Li	WASP-127b (53)
Ca	HD 209458b (8)
Sc	HD 209458b (8)
Mg	WASP-107b (271), WASP-12b (83)
Si	HD 209458b (223)
<b>Transmission Spectra (Primary Eclipse)</b>	
Chemical Species	Planet (References)
H <sub>2</sub> O	HD 189733b (178), HD 209458b (63), WASP-12b (133), WASP-17b (171), WASP-19b (112), WASP-39b (276), WASP-43b (132), WASP-52b (266), WASP-63b (123), WASP-69b (266), WASP-76b (266), WASP-121b (77), HAT-P-1b (275), HAT-P-11b (84), HAT-P-18b (266), HAT-P-26b (277), HAT-P-32b (60), HAT-P-41b (266), XO-1b (63)
Na	HD 189733b (214), HD 209458b (50), WASP-17b (244), WASP-39b (194), WASP-52b (52), WASP-69b (48), WASP-96b (193), WASP-127b (53), HAT-P-1b (195), XO-2b (245)



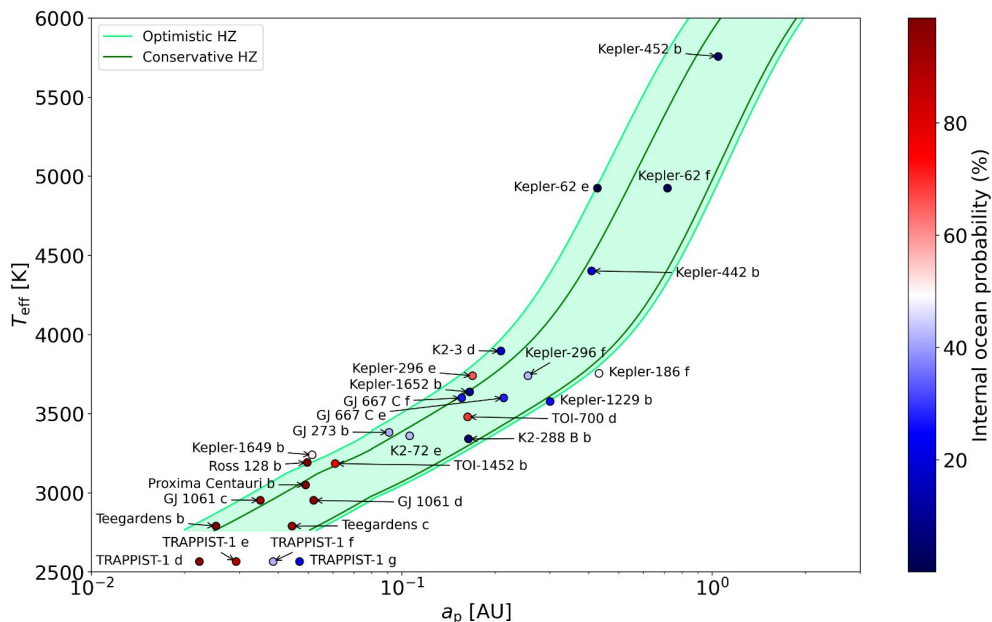
# Exoplanety a život

## Habitable Zone



# Exoplanety a život

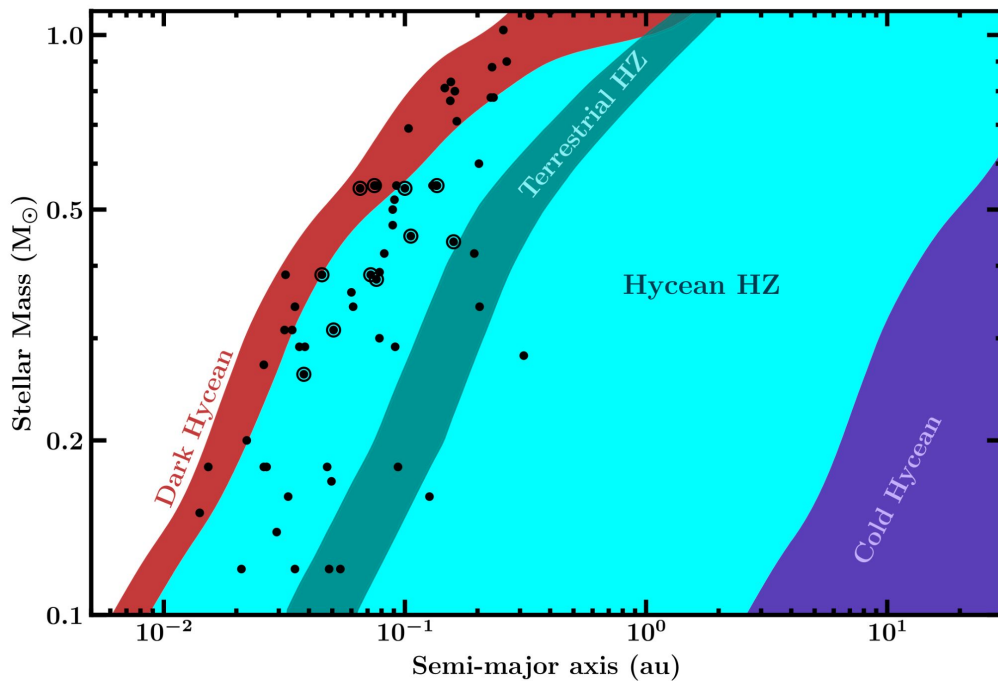
Planet's name	Mass, $M_{\oplus}$	Radius, $R_{\oplus}$	$a$ , AU	$e$	$T_{\text{eq}}$ , K	Stellar mass, $M_{\odot}$	References
GJ 1061 c*	$1.74 \pm 0.1907$	$1.23 \pm 0.28$	$0.035 \pm 0.001$	$< 0.29$		$0.12 \pm 0.01$	1
GJ 1061 d*	$1.57^{+0.27}_{-0.25}$	$1.17 \pm 0.25$	$0.052 \pm 0.001$	$< 0.54$		$0.12 \pm 0.01$	1
GJ 273 b*	$2.193 \pm 0.953$	$1.38 \pm 0.52$	$0.091 \pm 0.01$	$0.1^{+0.25}_{-0.03}$		0.29	2
GJ 667 C e*	$2.70^{+1.59}_{-1.40}$	$1.57 \pm 0.69$	$0.213 \pm 0.02$	$0.02^{+0.004}_{-0.02}$		0.33	3
GJ 667 C f*	$2.70^{+1.40}_{-1.21}$	$1.54 \pm 0.66$	$0.156^{+0.014}_{-0.017}$	$0.03^{+0.16}_{-0.03}$		0.33	3
K2-288 B b	$5.52 \pm 3.58$	$1.906 \pm 0.30267$	$0.164 \pm 0.03$		$226 \pm 22$	$0.33 \pm 0.02$	4
K2-3 d	$3.76 \pm 2.54$	$1.513 \pm 0.235$	$0.2086 \pm 0.01$	$0.045 \pm 0.045$	$282 \pm 24$	$0.6 \pm 0.09$	5
K2-72 e	$2.63 \pm 1.74$	$1.289 \pm 0.1345$	$0.106^{+0.09}_{-0.13}$	$0.11^{+0.2}_{-0.09}$	280	$0.27^{+0.08}_{-0.09}$	6
Kepler-1229 b	$3.22 \pm 1.99$	$1.40125^{+0.1121}_{-0.13452}$	$0.3006^{+0.0069}_{-0.0091}$			$0.5593 \pm 0.0207$	7
Kepler-1649 b	$1.30 \pm 0.87$	$1.02 \pm 0.056$	$0.0514 \pm 0.0028$		$307 \pm 26$	$0.2 \pm 0.01$	8
Kepler-1652 b	$4.20 \pm 2.61$	$1.60 \pm 0.18$	$0.1654^{+0.0042}_{-0.0075}$		$268 \pm 20$	$0.4^{+0.04}_{-0.05}$	9
Kepler-186 f	$1.96 \pm 1.27$	$1.166 \pm 0.078$	$0.432^{+0.171}_{-0.053}$	$0.04^{+0.07}_{-0.04}$		$0.54 \pm 0.02$	10
Kepler-296 e	$1.64 \pm 1.24$	$1.09^{+0.12}_{-0.15}$	$0.169^{+0.029}_{-0.028}$	$0.165 \pm 0.165$	$337.0 \pm 17.5$	$0.5^{+0.07}_{-0.09}$	7, 19
Kepler-296 f	$2.20 \pm 1.51$	$1.21^{+0.14}_{-0.15}$	$0.255^{+0.043}_{-0.042}$	$0.18 \pm 0.15$	$274 \pm 15$	$0.5^{+0.07}_{-0.09}$	7, 19
Kepler-442 b	$3.21 \pm 1.95$	$1.395^{+0.101}_{-0.096}$	$0.409^{+0.06}_{-0.299}$	$0.04^{+0.04}_{-0.08}$		$0.61 \pm 0.03$	11
Kepler-452 b	$3.78 \pm 2.29$	$1.51^{+0.143}_{-0.131}$	$1.046^{+0.019}_{-0.015}$	$0.035 \pm 0.75$	$265 \pm 13$	$1.04 \pm 0.5$	11, 20
Kepler-62 e	$4.36 \pm 2.47$	$1.61 \pm 0.05$	$0.427 \pm 0.004$	0.13	$270 \pm 15$	$0.69 \pm 0.02$	12
Kepler-62 f	$3.29 \pm 1.94$	$1.41 \pm 0.07$	$0.718 \pm 0.007$	0.0943	$208 \pm 11$	$0.69 \pm 0.02$	12
Proxima Centauri b*	$1.17 \pm 0.086$	$1.07 \pm 0.15$	$0.049 \pm 0.002$	$0.1^{+0.35}_{-0.0}$	$234^{+6}_{-14}$	$0.12 \pm 0.015$	13
Ross 128 b*	$1.4 \pm 0.21$	$1.13 \pm 0.21$	$0.0496 \pm 0.0017$	$0.116 \pm 0.097$	$256 \pm 45$	$0.168 \pm 0.017$	14
Teegarden's b*	$1.04 \pm 0.13$	$1.03 \pm 0.13$	$0.0252 \pm 0.0009$	0.0416		$0.089 \pm 0.009$	15
Teegarden's c*	$1.11 \pm 0.16$	$1.05 \pm 0.14$	$0.0443 \pm 0.0015$	0.0416		$0.089 \pm 0.009$	15
TOI-700 d	$1.84 \pm 1.13$	$1.144^{+0.062}_{-0.061}$	$0.032^{+0.054}_{-0.023}$	$0.163 \pm 0.015$	$295 \pm 55$	$0.416 \pm 0.01$	16
TOI-1452 b	$4.8 \pm 1.3$	$1.67 \pm 0.07$	$0.061 \pm 0.003$		$326 \pm 7$	$0.249 \pm 0.008$	17
TRAPPIST-1 d	$0.388 \pm 0.012$	$0.788^{+0.011}_{-0.01}$	$0.02227 \pm 0.00019$	$0.00563 \pm 0.00172$	$288.0 \pm 5.6$	$0.0898 \pm 0.0023$	18, 21
TRAPPIST-1 e	$0.692 \pm 0.022$	$0.92^{+0.013}_{-0.012}$	$0.02925 \pm 0.00025$	$0.00632 \pm 0.0012$	$251.3 \pm 4.9$	$0.0898 \pm 0.0023$	18, 21
TRAPPIST-1 f	$1.04 \pm 0.03$	$1.045^{+0.013}_{-0.012}$	$0.03849 \pm 0.00033$	$0.00842 \pm 0.0013$	$219.0 \pm 4.2$	$0.0898 \pm 0.0023$	18, 21
TRAPPIST-1 g	$1.32 \pm 0.038$	$1.13^{+0.015}_{-0.013}$	$0.04683 \pm 0.0004$	$0.00401 \pm 0.00109$	$198.6 \pm 3.8$	$0.0898 \pm 0.0023$	18, 21



Boldog et al. 2023, arXiv:2312.01893 - studium 28 kamenných exoplanet, model Fe jádra, kamenného obalu, vrstva vysokotlakého ledu, voda v kapalném skupenství. Zahřívání slapovými silami a radioaktivním rozpadem.

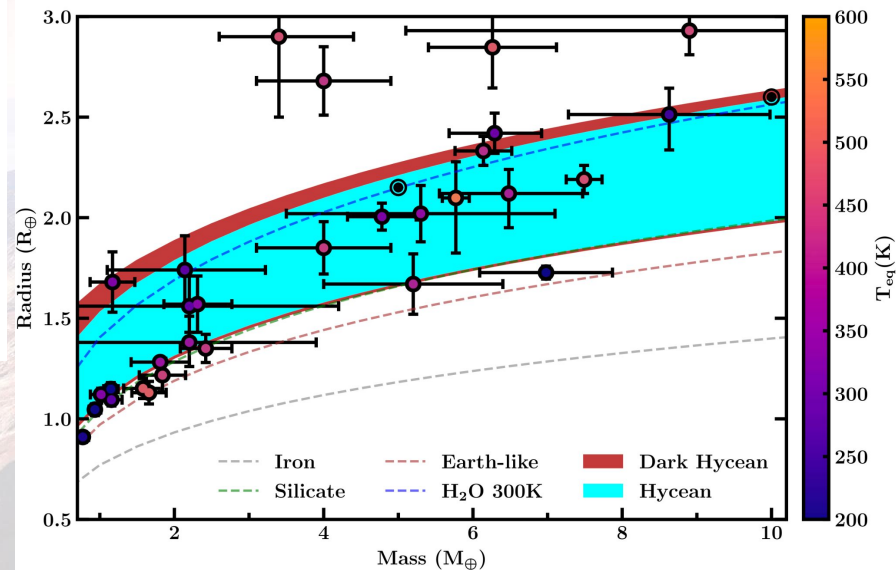


# Exoplanety a život



Obyvatelná zóna hyceánských planet je mnohem širší, než pro klasické terestrické planety

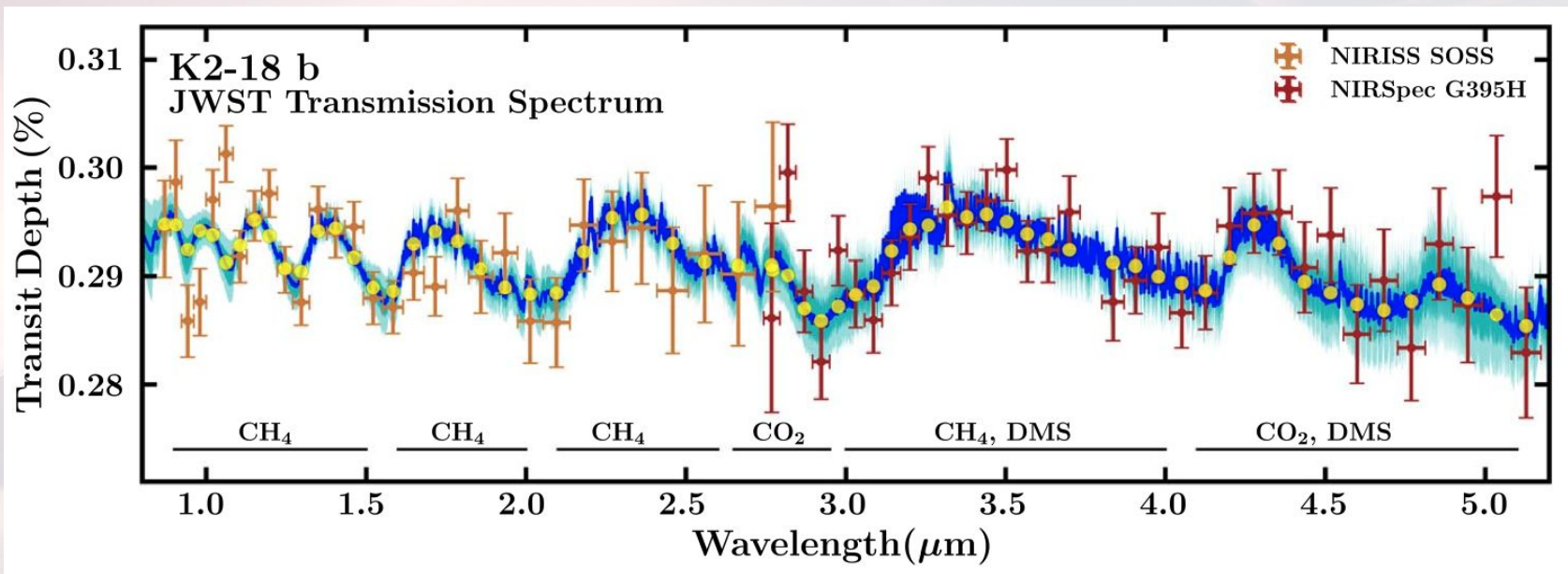
Madhusudhan et al. 2021, ApJ, 918, 1  
- Hyceánské planety - železné jádro, plášť, velké vodní plochy (až 90 %),  $H_2$  atmosféry



# Exoplanety a život

Madhusudhan et al. 2023, ApJL, 956, 13

- Detekce organických molekul u K2-18 b s JWST
- Přítomnost metanu, oxidu uhličitého a nedetekce amoniaku potvrzuje modely s atmosférou bohatou na vodík a přítomnost velkých vodních ploch



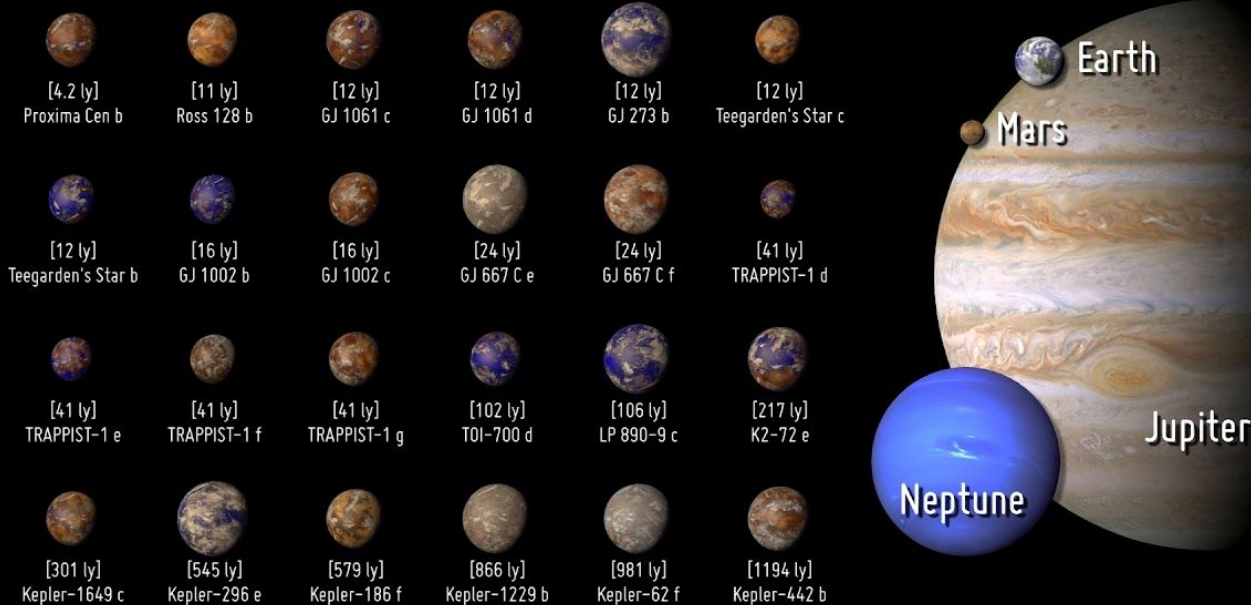


# Exoplanety a život

## Potentially Habitable Exoplanets



Sorted by Distance from Earth



Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Distance from Earth in light years (ly) is between brackets.

CREDIT: PHL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu) Jan 5, 2023

<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>

Subterranean

1

(Mars-sized)  
0.1 — 0.5 M<sub>e</sub> or 0.4 — 0.8 R<sub>e</sub>

Terran

23

(Earth-sized)  
0.5 — 3 M<sub>e</sub> or 0.8 — 1.6 R<sub>e</sub>

Superterranean

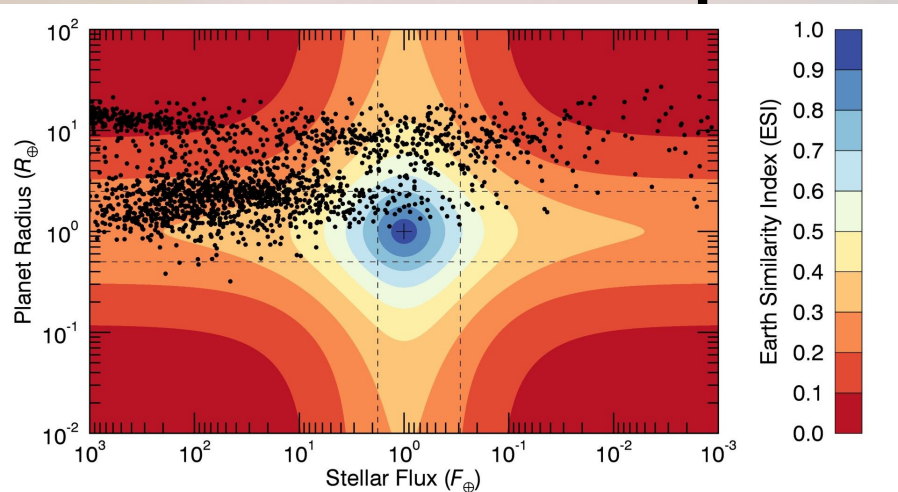
39

(Super-Earth/Mini-Neptunes)  
3 — 10 M<sub>e</sub> or 1.6 — 2.5 R<sub>e</sub>

Total

63

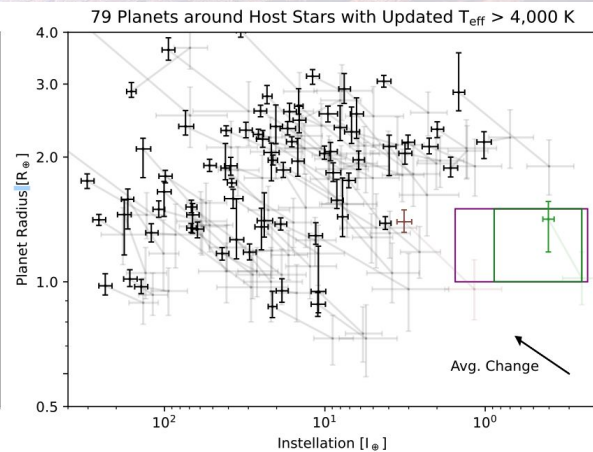
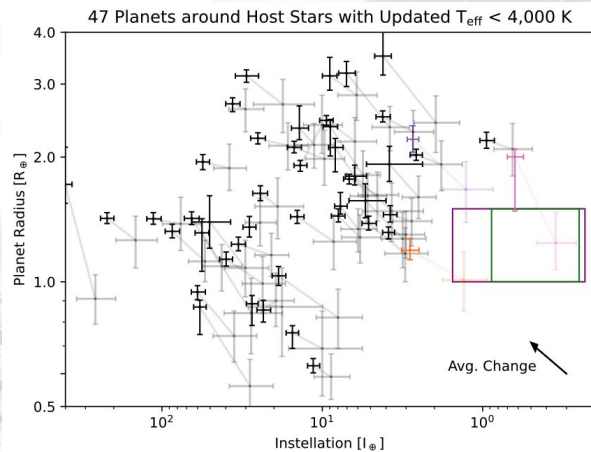
# Exoplanety a život



Bergsten et al. 2023, AJ, 166, 234 - M hvězdy nemají více planet v obyvatelných zónách než FGK hvězdy

$$ESI(S,R) = 1 - \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{S - S_{\oplus}}{S + S_{\oplus}} \right)^2 + \left( \frac{R - R_{\oplus}}{R + R_{\oplus}} \right)^2 \right]}$$

Index podobnosti Zemi,  $\eta_{\text{Earth}}$

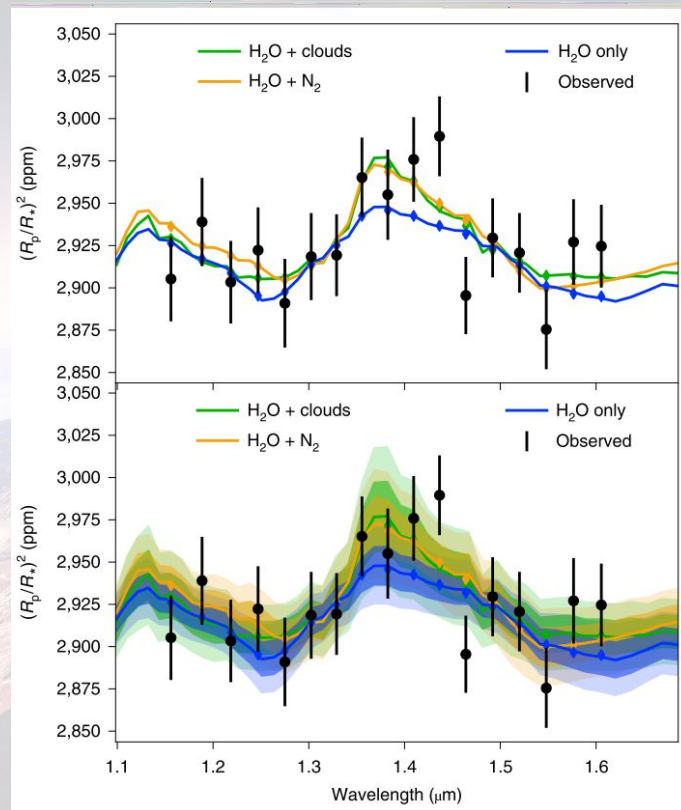
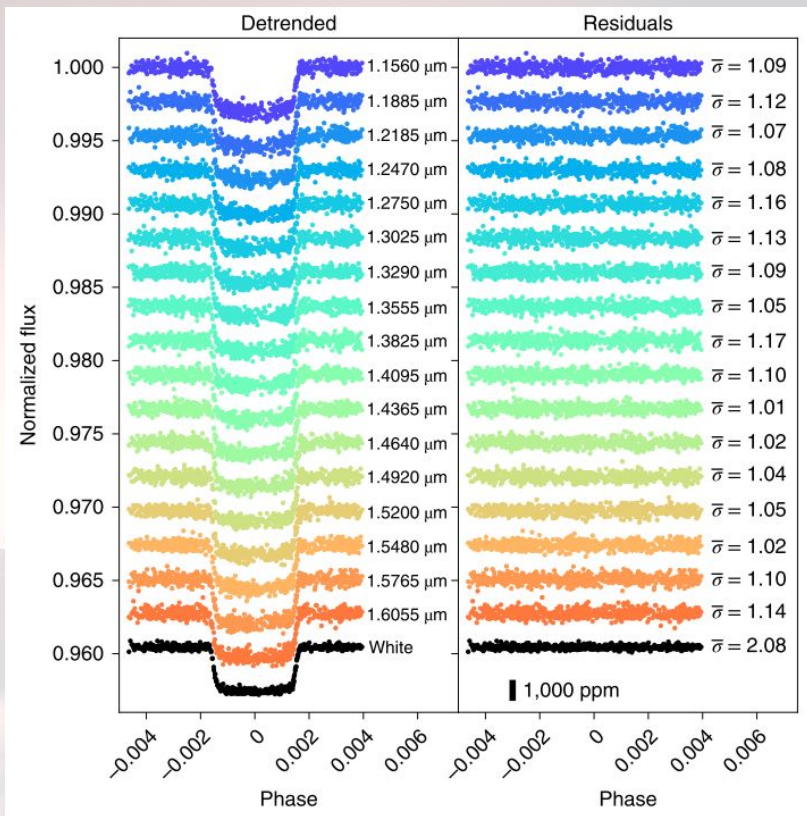




# Exoplanety a život

K2-18b;  $R_p = 2.279 \pm 0.0026 R_{\oplus}$   $M_p = 7.96 \pm 1.91 M_{\oplus}$

Tsiaras et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 1086



# Hledání mimozemského života

Odhady naznačují, že až 1.8 % hvězd slunečního typu má planetu o velikosti 0.75-1.5  $R_z$ , která obíhá v obyvatelné zóně (Kunimoto&Matthews, 2020, AJ, 159, 6)

V Galaxii je přibližně 400 miliard hvězd, zhruba 8 % z toho jsou spektrálního typu G





# Hledání mimozemského života

Odhady naznačují, že až 1.8 % hvězd slunečního typu má planetu o velikosti 0.75-1.5  $R_z$ , která obíhá v obyvatelné zóně (Kunimoto&Matthews, 2020, AJ, 159, 6)

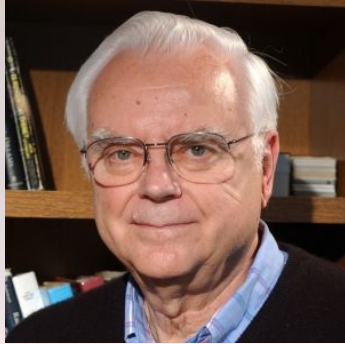
V Galaxii je přibližně 400 miliard hvězd, zhruba 8 % z toho jsou spektrálního typu G



Nejméně 580 miliónů druhých Zemí v Galaxii!!!

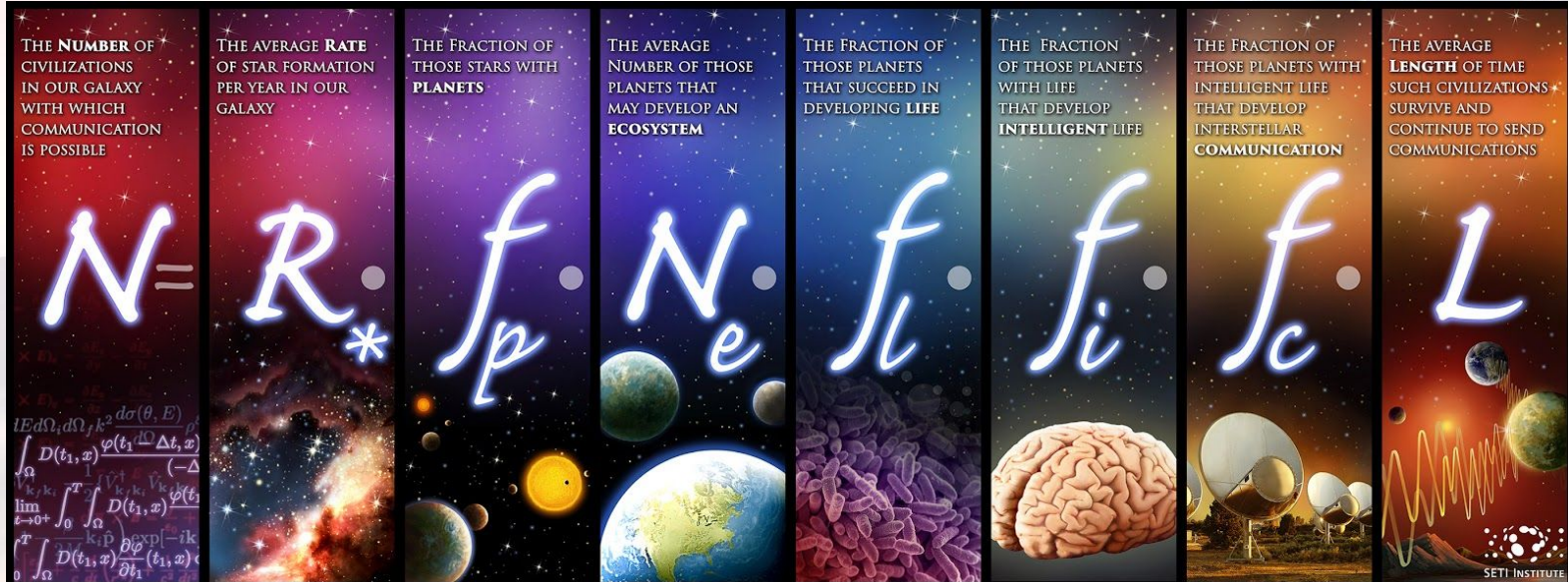
Ve viditelném Vesmíru  $\sim 10^{20}$  terestrických planet

# Hledání mimozemského života



Frank Drake 1961: **Drakeova rovnice**

Odhad množství civilizací, které jsou právě v tento moment schopny komunikovat a snaží se o kontakt





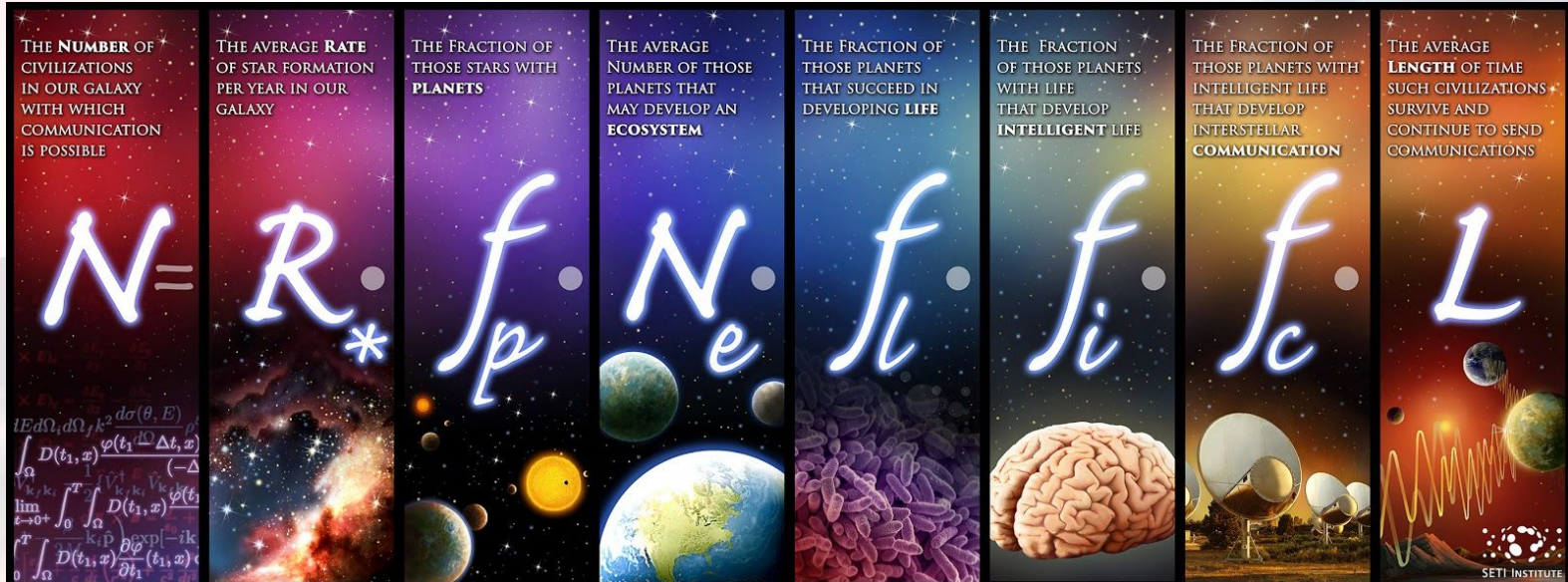
# Hledání mimozemského života



Frank Drake 1961: **Drakeova rovnice**

Odhad množství civilizací, které jsou právě v tento moment schopny komunikovat a snaží se o kontakt

Westby&Conselice 2020, ApJ, 896 1:  
36 civilizací v naší Galaxii



# Hledání mimozemského života

## V naší galaxii existuje podle vědců 36 mimozemských civilizací

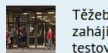
Aktualizace: 16.06.2020 11:10 Vydáno: 16.06.2020, 11:10



Mléčná dráha na noční

Londýn - V naší c mimozemských c

PRÁVĚ ZVEŘEJ



Těžeb zahájí testov



Japon použij



Češi p nákup než pi

## V naší galaxii existuje 36 mimozemských civilizací. Spočítali to vědci vylepšením klasické rovnice

## GLOSA: V galaxii má být 36 dalších civilizací. Proč ne 35, 42, či tisíc?

17. června 2020 17:02

V naší galaxii by podle nově zveřejněného odhadu mohly být v tuto chvíli desítky civilizací na podobné úrovni vývoje, jako je ta pozemská. Ale má smysl se vůbec takovým výsledkem zabývat?



Antény v institutu SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) | foto: SETI Institute

## Novinky.cz

Novinky.cz » Věda a školy » V naší Galaxii existuje 36 civilizací, tvrdí astrofyzici

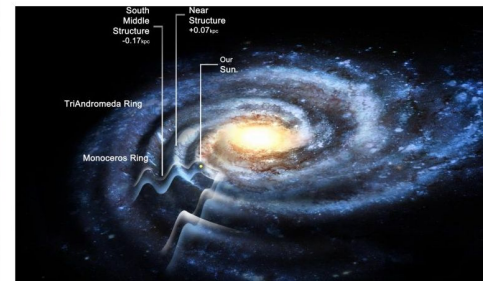
KORONAVIRUS: DOVOLENÁ. KAM A KDY?

MÁPA AKTIVNÍCH PŘÍPADA

## V naší Galaxii existuje 36 civilizací, tvrdí astrofyzici

16. 6. 2020, 13:57 - Londýn - ČTK

V naší domovské Galaxii Mléčná dráha existuje 36 inteligentních mimozemských civilizací, které jsou schopné komunikovat s ostatními. K takovému odhadu dospěli na základě výpočtů britští astrofyzici, kteří se pokusili aktualizovat teorii o možném výskytu mimozemských civilizací ve vesmíru.



Zdroj: Rensselaer Polytechnic Institute

Vědění

### Ne, v galaxii se asi neukrývá 36 mimozemských civilizací

16. června 2020 loukoto 0 Comments fermiho paradox, mimozemšťani

To se mi líbí 140 Sdílet

TLDR: Aktualizované řešení hypotetické Drakeovy rovnice přišlo s možností, že by kolem nás mohly být minimálně desítky mimozemských sousedů. O to větší je škoda, že žádné nevidíme. Studie tu.



# Hledání mimozemského života

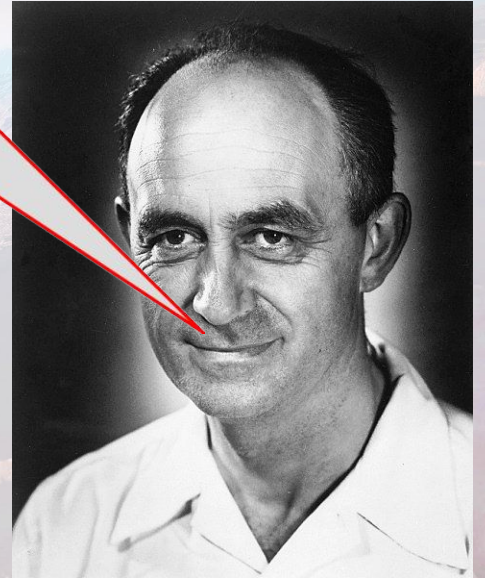


# Hledání mimozemského života

**Kde tedy všichni jsou?**



Nejméně 580 miliónů druhých  
Zemí v Galaxii!!!





# Hledání mimozemského života

## Wow! signál (1977)

- detekován radioteleskopem Big Ear (Ohio, USA)
- 72 sekund, 1420 MHz, tvar gaussovky
- kometa 266P/Christensen nebo 335P/Gibbs? (Paris&Davies 2017, arXiv:1706.04642, Washington Academy of Sciences)
- zdrojem 2MASS 19281982-2640123? (Caballero 2020, arXiv:2011.06090)



Wow!

1		2		1	4
1	16	1		1	
1	11	1		1	1
	1				3
1	2				31
1	E24	3	12	1	21
	1	1	2	1	1
1	Q	1		3	7
2	U	31	3	111	11
5	J				1
	14	1		113	2
1	3	1		1	1
1	4		1	1	1
	4	1	1	1	11
1	1			1	2
1	1	1			11
	1		1		1



# Hledání mimozemského života

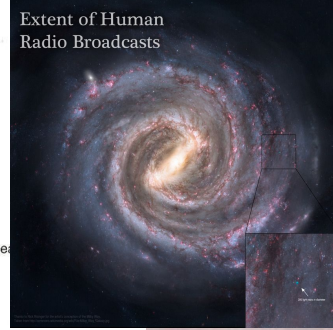
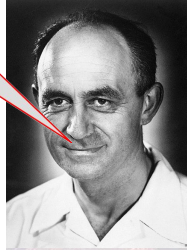
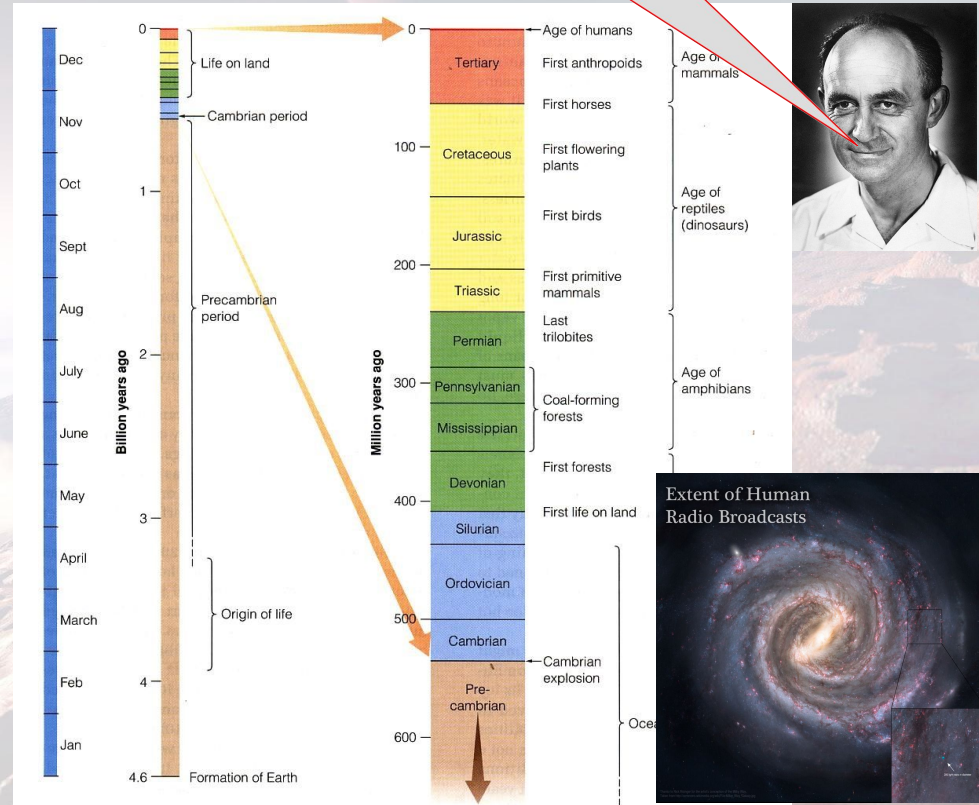
1. Neexistují (momentálně)
2. Jsou příliš daleko
3. Nemají zájem o komunikaci s námi
4. Jsou zticha pro všechny
5. Nedosáhli potřebné technologické úrovně
6. Mimoszemský život je úplně jiný než pozemský
7. Přeslechli jsme se
8. Jsou zde a jen o nich nevíme
9. ...



SETI institute's Allen telescope array

Kdo bude mluvit  
za Zemi?

Kde tedy všichni jsou?





# Hledání mimozemského života

## 1. Neexistují (momentálně)

„nekomunistickou partu“ útočí „negro“ metodiků i přes námitky autorů jsou tady, USA a Izrael to říkají  
SVĚTřinu vývoj epidemie  
Echo24.CZ  
Přihlásit se

svět  
Reklama  
KOMENTÁŘE

Vláda nás chce upokutovat

DANIEL KAISER



Chuck Yeager: Poslední muž

Jaký je ideální muž? A co ideální americký muž? Již dávno jim není zamklý osamělý kovboj, který za pomoci svého věrného koltu ztrestá bandity a ochrání bezmocné. Na jednu stranu hnutí MeToo způsobilo, že na muže je pohlíženo jako na potenciální násilníky, které je potřeba vychovávat k úctě k ženám, jinak nikdy nevíte, co provedou. Na druhou stranu je jim vtoukáno, že skrývání pocitů a spoléhání se sama na sebe vede k psychickým problémům, depresím, stresu a tak dále. Silný tichý typ muže se zdá být na vymření. Po smrti Chucka Yeagera určitě.



## Exšéf izraelské vesmírné bezpečnosti: Mimoszemšťané jsou tady, USA a Izrael to tají

MIMOSZEMSKÝ ŽIVOT



SETI institute's Allen telescope array

## Novinky.cz

Novinky.cz » Kojtejl » Mimoszemšťané jsou tady, ale lidstvo není připraveno, tvrdí exšéf izraelského vesmírného úřadu

NÁKAZA V OBCÍCH A MĚSTECH

PES - INDEX RIZIKA

KAPACITA LŮŽEK A HOSPITALIZOVANI

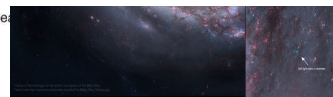
ODBĚROVÁ MISTA

STAV HRANIC

## Mimoszemšťané jsou tady, ale lidstvo není připraveno, tvrdí exšéf izraelského vesmírného úřadu

Dnes 3:30 – Jakub Štěpánek, Novinky

Bývalý šéf izraelského programu pro bezpečnost vesmíru Chajim Ešed tvrdí, že Země je s mimoszemskými civilizacemi dávno v kontaktu. Lidstvo ale podle něj zatím není na setkání připraveno. Zneklidňující odhalení, nebo prachspřstá reklama na novou knihu?

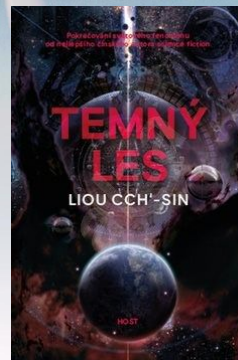
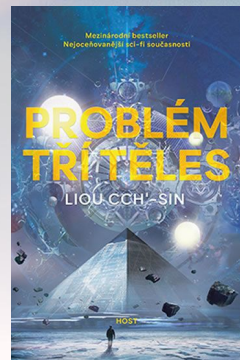


# Sci-fi literatura

Liou Cch'-Sin

## Vzpomínka na Zemi

Kosmické civilizace o sobě  
záměrně nedávají vědět



### Axiomy kosmické sociologie:

1. Přežití je primární potřeba kosmické civilizace
2. Civilizace se neustále rozvíjí a šíří, ale celková hmota ve vesmíru zůstává konstantní

Debata Ta Š' a Luo Ťi o dvou vzdálených kosmických civilizacích:

**Ta Š':** Mohl bych ti poslat zprávu.

**Luo Ťi:** Za to ale zaplatíš – prozradíš mi, že existuješ.

**Ta Š':** Co když to chci stejně risknout? Když budeš kámoš, začneme se spolu bavit a budeme z toho těžit oba.

**Luo Ťi:** I kdybych byl kámoš, jak poznám, že ty jsi kámoš? I kdybych si myslel, že jsi kámoš, nemůžu vědět, co si myslíš, že já si myslím, že ty si myslíš o mně.



# Sci-fi literatura

Robert L. Forward:

Dračí vejce

Hvězdotřesení

- Civilizace na povrchu neutronové hvězdy

