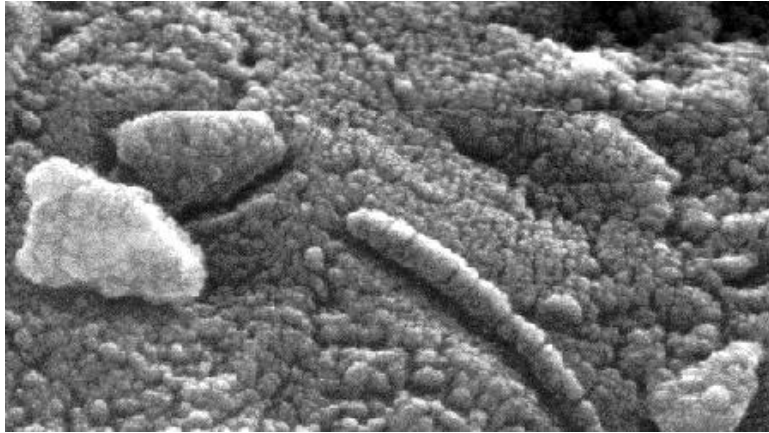


Život ve vesmíru

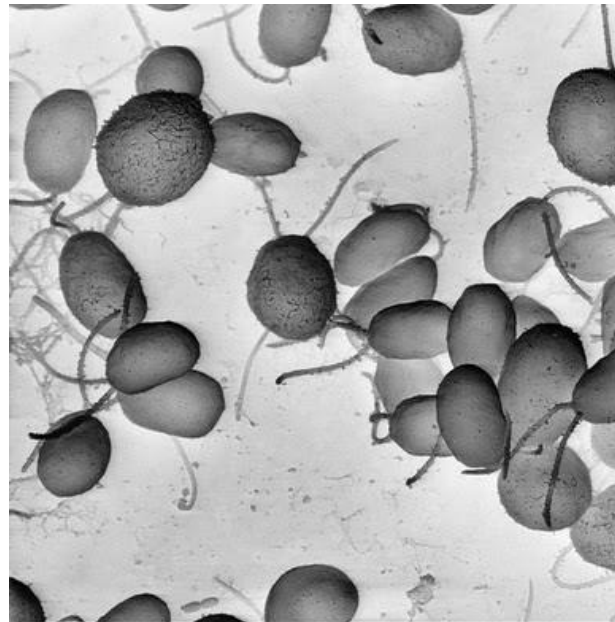


Astrobiologie

= věda o vzniku, vývoji, rozšíření a budoucnosti života ve vesmíru
(původně **exobiologie** – užší záběr, nauka o mimozemském životě)

multidisciplinární vědní obor užívající řadu vyspělých technologií

Fundamentální cíle formulovány v „NASA Astrobiology Roadmap“
<http://astrobiology.nasa.gov/roadmap/> (koncepce – 2015)



Co je život?

Základní definice:

- 1944 – **Erwin Schrödinger**: „What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell“
- 2002 – **Stuart Kauffman**: „Fyzikální soustava schopná vlastní reprodukce a vykonání alespoň jednoho termodynamického pracovního cyklu“
- 2004 – **Schulze-Makuch et al.**: „Život je:
- tvořen vázaným prostředím v termodynamické nerovnováze s okolím,
 - schopný transformovat energii za účelem snížení entropie,
 - schopen uchovávat a přenášet informaci.“
- 2004 – **NASA panel**: „Život je chemický systém schopný Darwinovské evoluce“

Za živé označujeme systémy, které:

- jsou **časově a prostorově ohraničené**,
- jsou **otevřené** – vyměňují s okolím energii, látky a informace,
- jsou **hmotné a jednotného chemického základu** – především sloučeniny uhlíku (nukleové kyseliny a proteiny),
- mají **vysokou organizovanost** – nízkou entropii,
- mají schopnost - **samostatné existence**,
 - **samostatné údržby**,
 - **samostatné reprodukce**,
 - **vývoje**.

Základní jednotkou všech živých soustav je **buňka**.

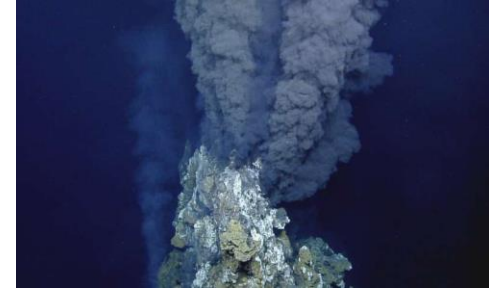
Zásadní otázky:

1. vznik života?
2. původ života na Zemi?
3. jsme ve vesmíru sami?
(příznaky a detekce života...)



Pokud najdeme život, můžeme zasahovat?

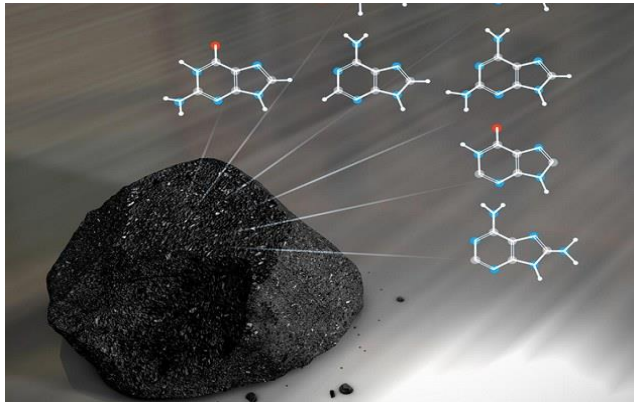
Vznik života (na Zemi x ve vesmíru)



1. Vznik života ve vodě za pomoci kyanovodíku – složité a méně pravděpodobné reakce, voda byla pro tvořící se RNA toxická!



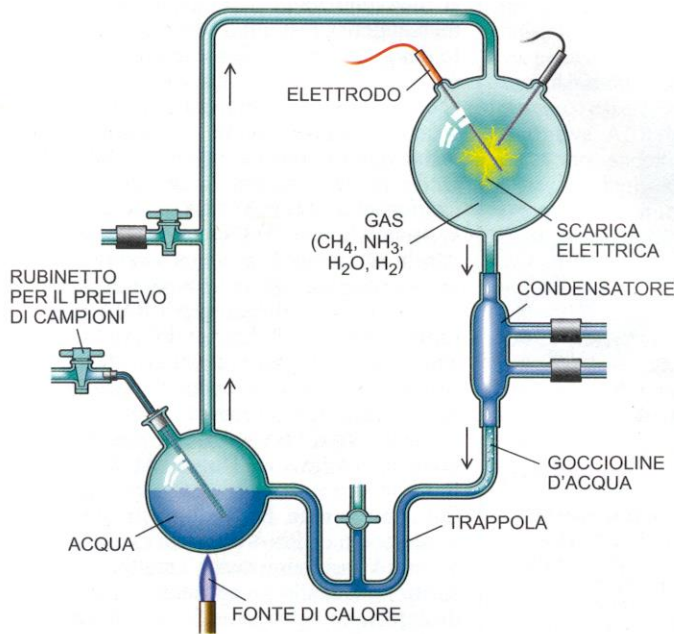
2. Saladino&Di Mauro (2001) – „suchá“ varianta za pomoci formamidu (amidu kyseliny mravenčí)



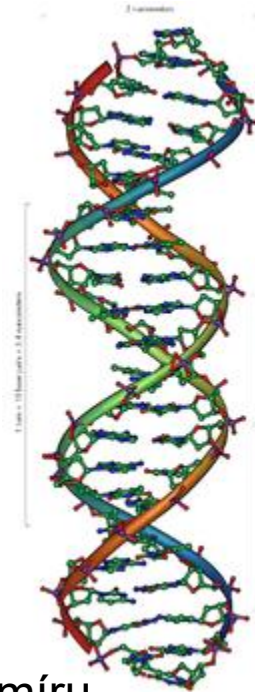
3. Zavlčení života z kosmu – teorie panspermie (např. S. Arrhenius 1908); Callahan et al. (2011) - ve 3 z 12 uhlíkatých chondritů našli vzácné dusíkaté sloučeniny, které mohou sloužit jako základy pro nukleové kyseliny

listopad 2017 – živé bakterie na vnějším plášti ISS!

1953 *Stanley Miller a Harold Urey* - aparatura, v níž simulovali podmínky na Prazemi; v atmosféře z vodíku, metanu a čpavku vznikly s pomocí elektrických výbojů za několik dní značné aminokyseliny a organické sloučeniny (stejně objeveny i v Murchinsonském meteoritu).



AMMINOACIDO	METEORITE DI MURCHISON	ESPERIMENTO DI MILLER
GLICINA	• • • •	• • • •
ALANINA	• • • •	• • • •
ACIDO α -AMMINO-N-BUTIRRICO	• •	• • • •
ACIDO α -AMMINOISOBUTIRRICO	• • • •	• •
VALINA	• • •	• •
NORVALINA	• • •	• • •
ISOVALINA	• •	• •
PROLINA	• • •	•
ACIDO PIPECOLICO	•	•
ACIDO ASPARTICO	• • •	• • •
ACIDO GLUTAMMICO	• • •	• •
β -ALANINA	• •	• •
ACIDO β -AMMINO-N-BUTIRRICO	•	•
ACIDO β -AMMINOISOBUTIRRICO	•	•
ACIDO γ -AMMINOBUTIRRICO	•	• •
SARCOSINA	• •	• • •
N-ETILGLICINA	• •	• • •
N-METILALANINA	• •	• •

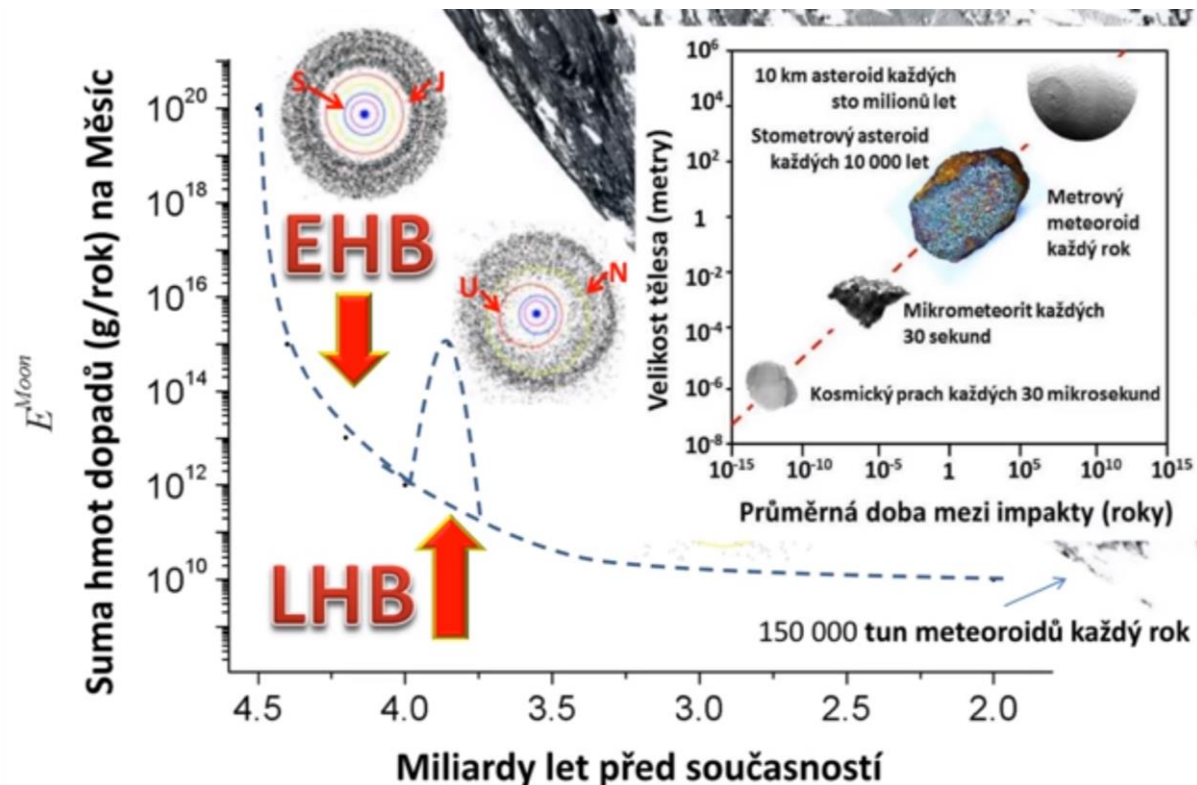


1953 *Francis Crick a James Watson* rozluštili strukturu DNA, dvoušroubovice... => rychlý rozvoj molekulární biologie

1959–1960 *Sidney Fox* - experimentální potvrzení, že za teplot kolem 170°C a vysokého tlaku mohou samovolně vznikat řetězce až o 200 aminokyselinách => život se mohl vyvinout kdekoli ve vesmíru

2014 - Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR (dr. Ferus) a brněnský Biofyzikální ústav AV ČR & Středoevropský technologický institut CEITEC (prof. Šponer)

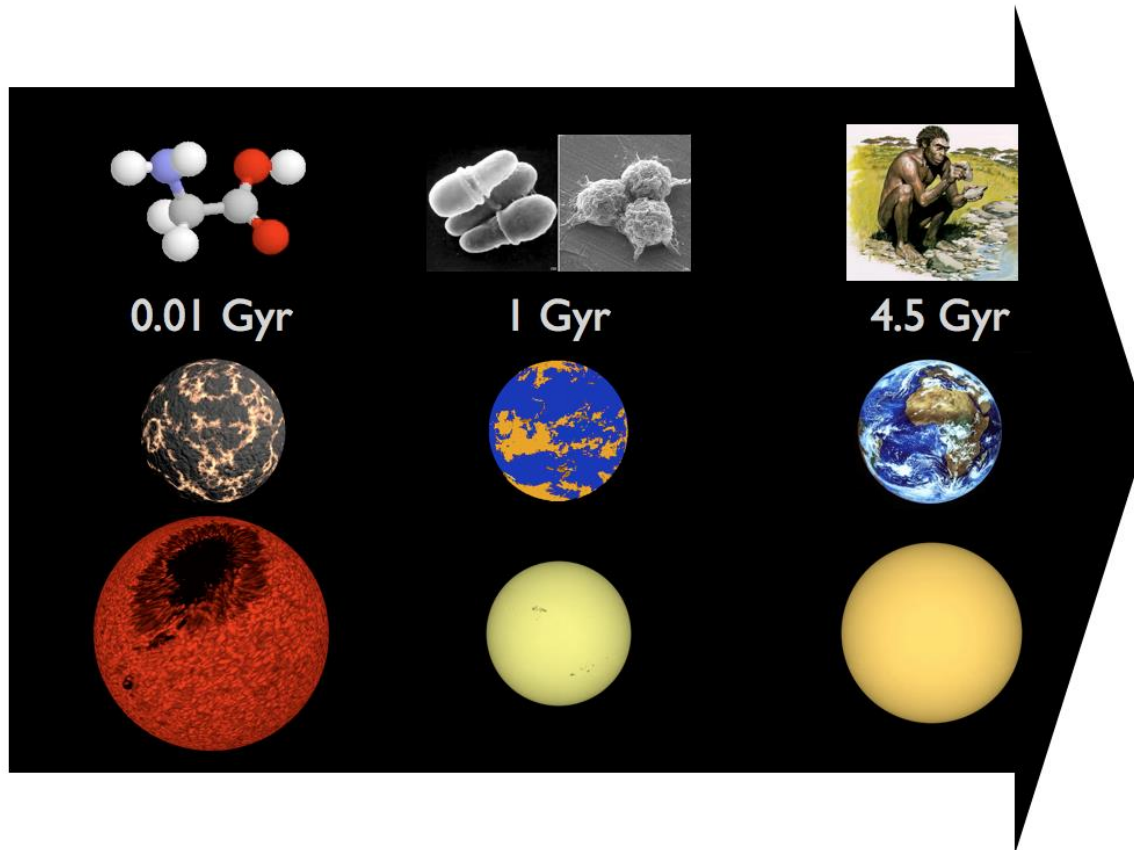
pokusy s formamidem - český tým - 1. uspěl v laboratoři, využití pulsu laseru PALS (Prague Asterix Laser System) – simulace podmínek na Zemi před 4 mld let => vytvoření základních stavebních prvků dnešních živých organismů, tehdy pozdní velké bombardování (LHB) – mohlo nejen ničit život, ale i pomáhat jeho vzniku!



Život na Zemi

vznik po intenzivním bombardování povrchu (před 3,8 až 4,0 mld roků).

nepřímé důkazy - nejstarší fosilie – kolem 3,5 mld roků staré



Lze život na Zemi odhalit z vesmíru?

prosinec 1990 – test provedený sondou Galileo

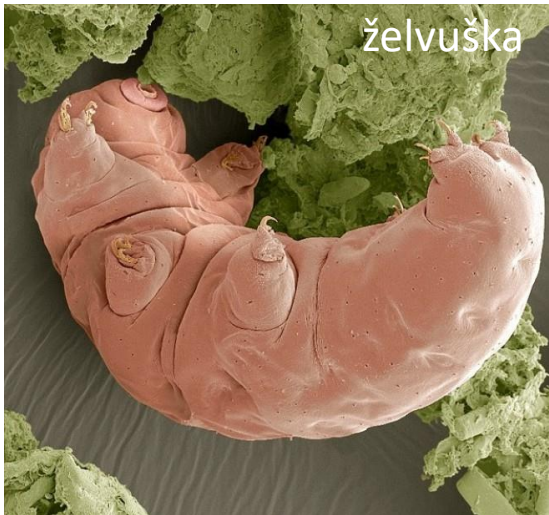


výsledky svědčí o přítomnosti života
=> praktická demonstrace sondy,
která úspěšně našla inteligentní
život ve vesmíru!

C. Sagan et al., Nature 365 (1993) 715–721

Život ve vesmíru z pohledu astronoma

mrtvé zóny – nedostatek těžších prvků, obrovské intenzity záření, ... => např. okolí prvních hvězd vzniklých po VT, eliptické galaxie, malé galaxie, kulové hvězdokupy, centrální oblasti galaxií, okolí supernov...

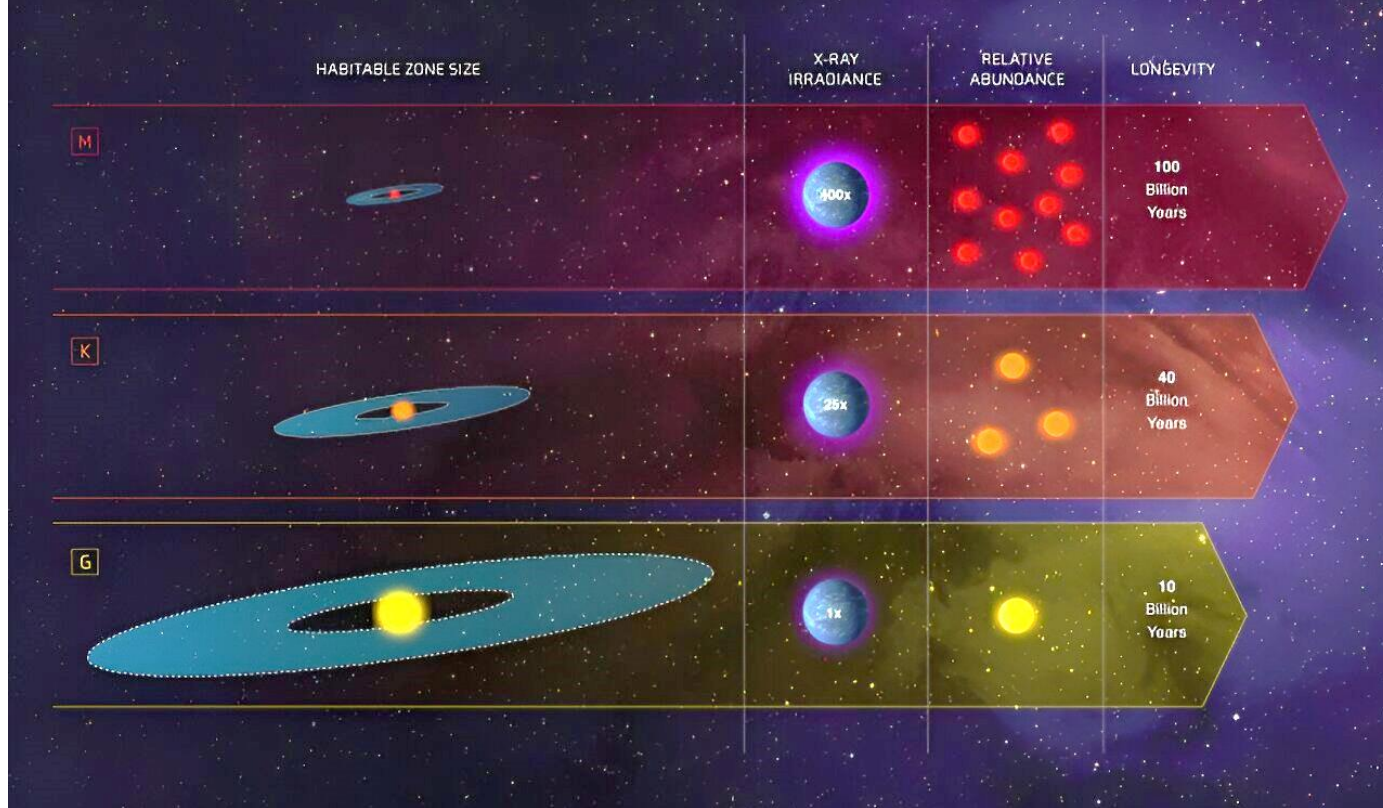


korekce představ – extremofilní organizmy – život za extrémních podmínek: teplota až 121°C , bez kyslíku, fotosyntéza v teplotách -20°C až $+75^{\circ}\text{C}$, život při tlaku desítek MPa, pH prostředí -0.06 až 10.5 , radioaktivita až $15\,000\text{ Gy}$ ($1\text{ gray} = 1\text{J/kg}$; člověk umírá při 5 Gy), v kosmu...

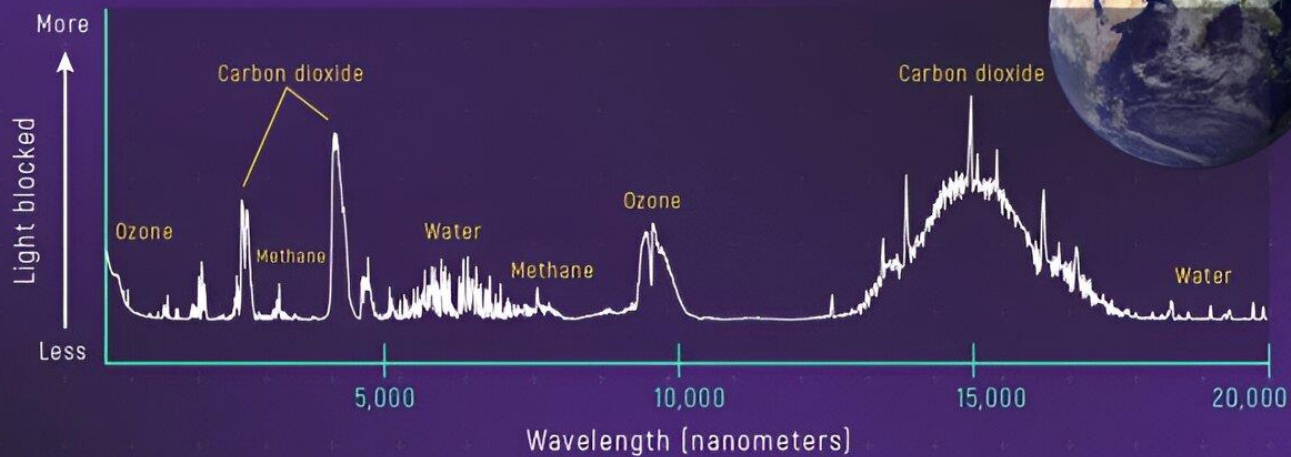
podmínky pro život:

- existence vody v tekutém stavu (dlouhodobá);
- existence vody ve všech skupenstvích;
- vhodná teplota a tlak;
- desková tektonika



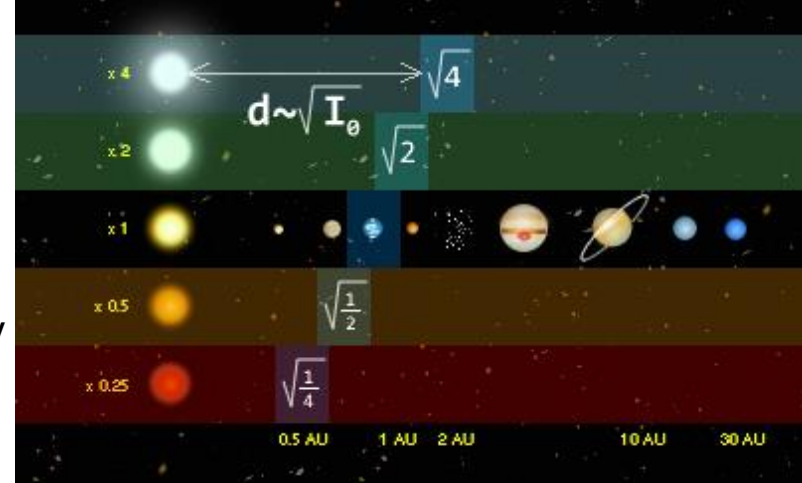


TRANSMISSION SPECTRUM OF AN EARTH-LIKE ATMOSPHERE



Exoplanety v zóně života

obyvatelná zóna (zóně života, habitable zone)
liší se podle zářivého výkonu mateřské hvězdy



Potentially Habitable Exoplanets

Ranked by the Earth Similarity Index (ESI)

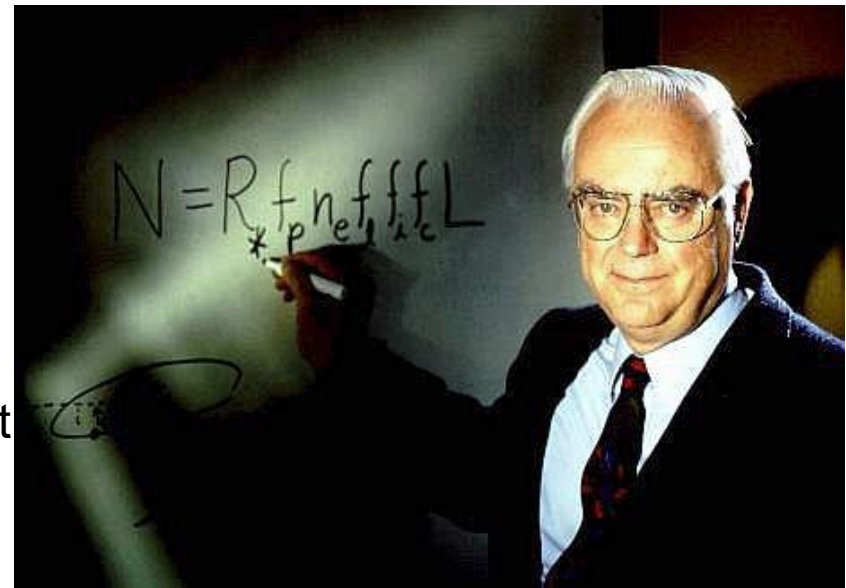


Frank Drake

- pravděpodobnosti jevů, které nastávají v přírodě - číselně 0 (nikdy) - 1 (vždy)
- výsledná pravděpodobnost = *součin* pravděpodobností jednotlivých nezávislých okolností

Drakeova rovnice (1961) – pravděpodobnost výskytu civilizací podobných naší (v Galaxii)

$$N = R_* f_p n_e f_i f_c L$$



N – předpokládaný výsledek, počet vyspělých inteligentních civilizací schopných mezihvězdné komunikace

R_* – označení přírůstku počtu hvězd v Galaxii za určité období (6 – 40; 10 za rok)

f_p – podíl hvězd, které mají planetární systémy (0,1 – 0,5; 0,5)

n_e – průměrná hodnota počtu planet v planetárním systému, na kterých panují vhodné podmínky pro život (0,5 – 2,5; 2)

f_i – podíl planet, na kterých se život skutečně vyvine (0,01 – 1; 1)

f_c – poměr z předchozího, kde se dospělo až k inteligentní formě života (10^{-7} – 1; 0,01)

L – podíl inteligentních forem života, které dosáhly schopnosti aktivní mezihvězdné komunikace (0,01 – 0,1; 0,01)

L – odhad délky existence inteligentní životní formy schopné mezihvězdné komunikace (100 – 10^9 ; 10000 let)

Existuje řada modifikací této rovnice...

$$N = R_* f_p n_e f_e f_i f_c L$$

poslední „přírůstek“ Wandel (2014), Seager (2016) – biotická Drakeova rovnice

$$N_b = R_* F_s F_p F_e n_{hz} F_b L_b$$

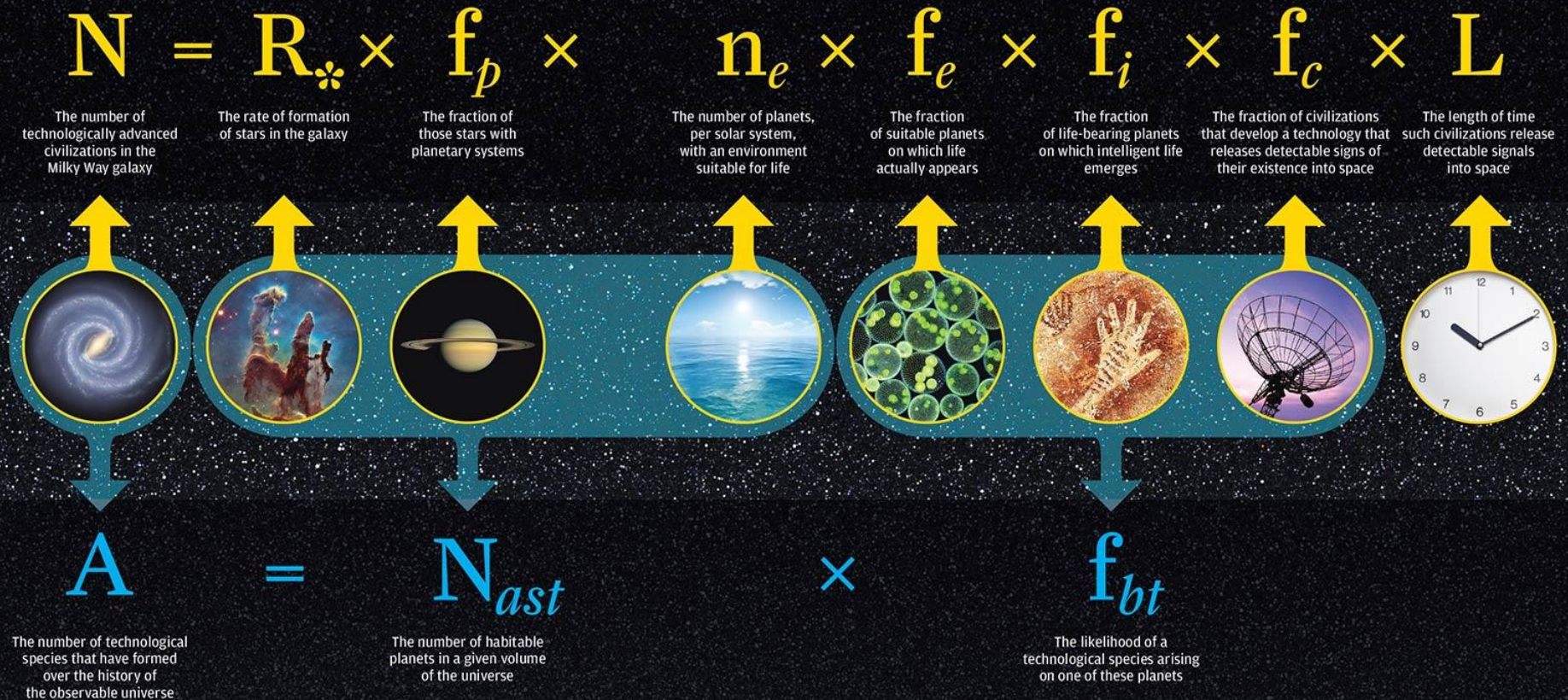
Autor	f_e	f_i	f_i	f_c	L_s	L	N
Cameron (1963)	$1 \cdot 10^{10}$	1	1	0,5	$3 \cdot 10^9$	10^6	$2 \cdot 10^6$
Sagan (1963)	$1 \cdot 10^{11}$	1	0,5	0,1	$1 \cdot 10^{10}$	10^7	$1 \cdot 10^6$
Rood a Trefil (1981)	$2 \cdot 10^6$	0,01	0,5	0,25	$1 \cdot 10^{10}$	10^4	0,003
Goldsmith (1993)	$2 \cdot 10^{10}$	0,5	0,75	1	$8 \cdot 10^9$	10^6	$1 \cdot 10^6$
Ulmschneider (2002)	$4 \cdot 10^6$	1	1	1	$1 \cdot 10^{10}$	10^7	$4 \cdot 10^3$

- L_s – je doba obyvatelnosti planety zemského typu
- R_* – roční přírůstek hvězd v Galaxii = 10
- f_p – podíl hvězd s planetárními systémy = 0,1
- f_e – podíl planet s podmínkami vhodnými pro život
- n_e – průměrný počet planet u jedné hvězdy = 1–0,1

kritiky: Michael Crichton, autor sci-fi (2003 přednáška na Caltechu):

The problem, of course, is that none of the terms can be known, and most cannot even be estimated. The only way to work the equation is to fill in with guesses. [...] As a result, the Drake equation can have any value from "billions and billions" to zero. An expression that can mean anything means nothing. Speaking precisely, the Drake equation is literally meaningless...

KEPLER změnil naše znalosti => parametry lze odhadnout, ne hádat!
 a ještě TESS, JWST, ELT ...



Hledání mimozemského života

1959 - „Pátrání po mezihvězdném spojení“ (Coconino & Morrison, Nature)

1960 - Ozma (Frank Drake) – první projekt SETI; 25m radioteleskopu prozkoumání rádiových vln z hvězd τ Cet a ε Eri

1962 - Josif Šklovskij - průkopnická kniha *Universe, Life, Intelligence*

1966 - Carl Sagan - bestseller *Intelligent Life in the Universe*, bestseller

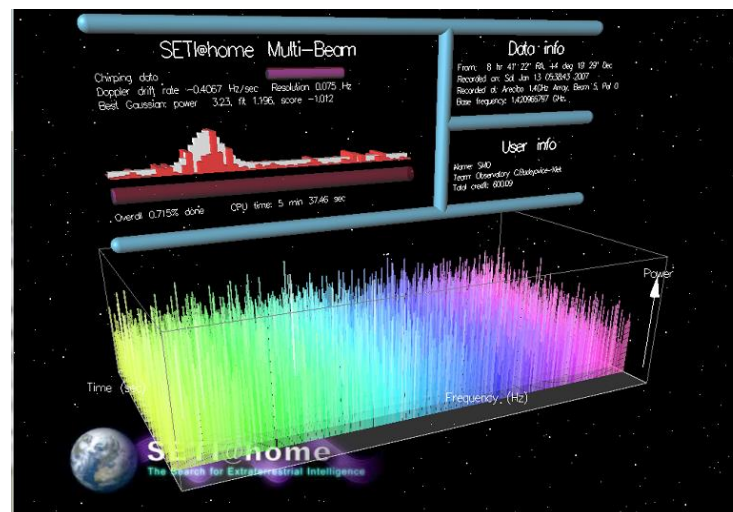
1974 – CETI, z 305m radioteleskopu v Arecibu do M13 symbolická zpráva o Sluneční soustavě, Zemi a lidstvu

1988 – SETI

1999 - SETI@home



od 2005 BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) – zastaveno



2016 FAST

Hledání mimozemského života

od 2007 - **Allen Telescope Array** (dříve One Hectare Telescope - 1hT)
Hat Creek Radio Observatory při University of California at Berkeley (470 km SV od San Franciska)
soustava 350 antén o průměru 6 m (v provozu zatím 42 antén), prodlevy kvůli
potížím s financemi;



Southern SETI

2x30m antény Argentinského radioastronomického
institutu u Buenos Aires

Breakthrough Listen – 10letý program od 2015 – 2 radioteleskopy (Green Bank, Parkes)

FAST – SETI je klíčový vědecký program



SETI league, Inc. (založeno r. 1994)

v provozu od r. 1996, první projekt, který má monitorovat celou
hvězdnou oblohu v reálném čase! = **Projekt Argus**
sít' cca 5000 amatérských radioteleskopů koordinovaná SETI

PANOSETI (Pulsed All-sky Near-infrared Optical SETI) - hledání
optických záblesků laseru, 2 kopule s 45 dalekohledy
(od r. 2020)

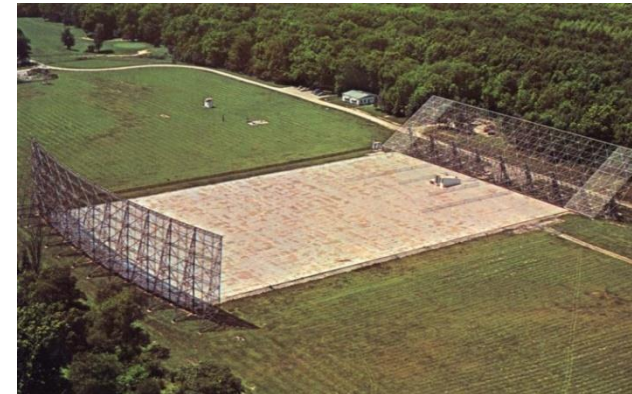
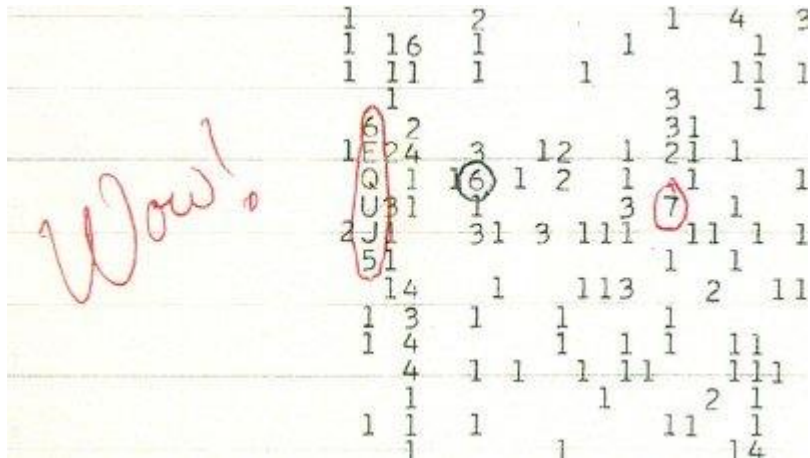


Nejsilnější a nejjasnější signál v projektech SETI

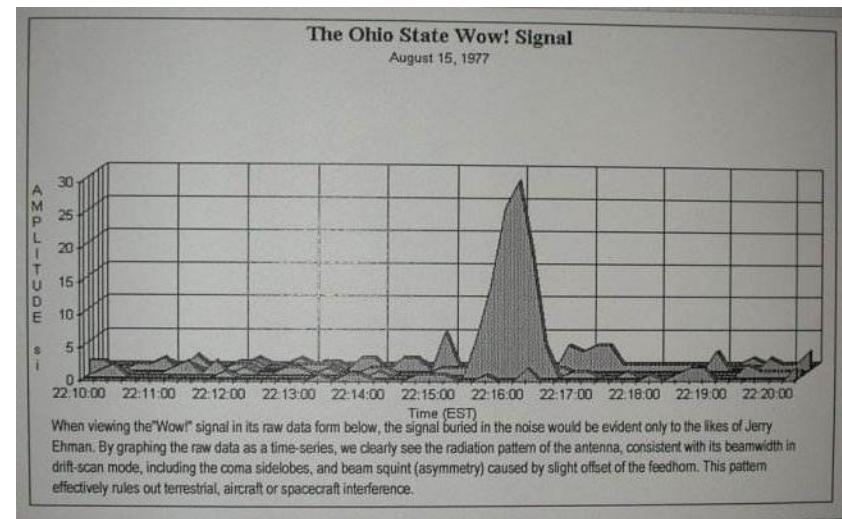
15. srpna 1977 – při rutinním monitoringu zachyceno neobvyklé vysílání zapsané jako **6EQUJ5** (=> signál vzrostl z 0 až na úroveň 30 nad šum pozadí a poté opět klesl na 0 v časovém rozpětí 72 sekund)

sloužící prof. Jerry Ehman, šokován – zakroužkoval zachycený signál doplnil vyjádřením svého nadšení - výrazem **WOW** => „signál Wow!“

možné vysvětlení – komety, hvězda



radioteleskop Státní Univerzity Ohio
Velké ucho



Hledání mimozemského života



v rámci Sluneční soustavy (a za jejími hranicemi)

- **Mars** – přímý průzkum, sondy Viking

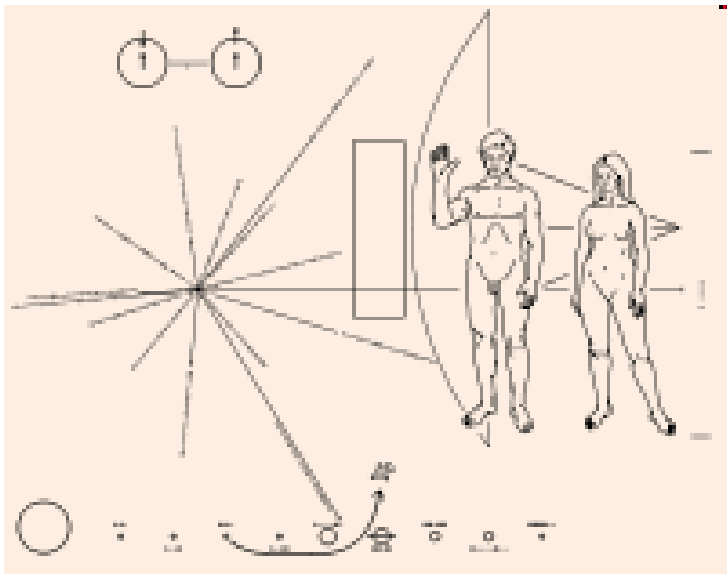
2004 odhalen metan v atmosféře (pozemskými dalekohledy i sondou Mars Express) v takovém množství, že je asi aktivně doplňován, ale existuje i „neživé“ vysvětlení

- **Europa** - kapalná voda pravděpodobně pod vnější ledovou kůrou; může být ohřívána sopečnými průduchy na mořském dně, ale hlavním zdrojem tepla nejspíše přílivové oteplování; fontány vodních par (2013); Europa Clipper – start 2024, přílet 2030

- **Titan** - podmínky podobné jako na rané Zemi; na povrchu první kapalně jezero mimo Zemi (asi etanu a/nebo metanu); podzemní oceán z kapalně vody a čpavku.

- **Enceladus** - vodní oceán pod ledovou kůrou; voda obsahuje množství látek, které jsou základním předpokladem pro vznik života (2010)

pokus o kontakt – Pioneer, Voyager



<https://voyager.jpl.nasa.gov/golden-record/whats-on-the-record/>



Kontakt s mimozemšťany

v minulosti – Däniken – propagátor, ale upravuje fakta ☹

2012 – tehdejší ruský premiér Medveděv:

"Spolu s jaderným kufříkem s tajnými kódy dostává prezident taky speciální, přísně tajnou složku. V ní jsou informace o mimozemšťanech, kteří navštívili naši planetu. K tomu ještě patří zpráva od nejtajnějších složek, které kontrolují mimozemšťany na našem území. Tyhle složky prezident dostává s jaderným kufříkem. Když mu končí období, předává je novému prezidentovi....,"

"Více podrobností k tomuto tématu získáte v dobře známém historickém dokumentárním filmu Muži v černém. Nemůžu vám říct, kolik mimozemšťanů je mezi námi, protože by to mohlo vyvolat paniku," prohlásil vážným hlasem za hlasitého smíchu novinářů.



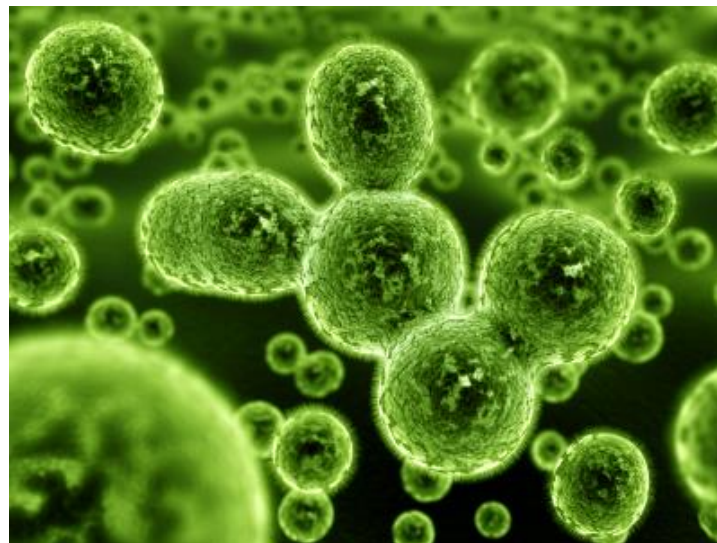
Kontakt s mimozemšťany

v budoucnosti - ?

- možnost zavlečení infekce
- predátoři
- setkání s vyvinutější civilizací

máme se vůbec pokoušet o spojení?

Hawking – ne!



Domněnka o vzácné Zemi

Hypotéza „Vzácné Země“ – kniha Ward & Brownlee (2000)

1. Život ve své nejjednodušší podobě (jako jsou mikroby nebo jejich obdoba) může být ve vesmíru značně rozšířen.
2. Komplexní život (vyšší rostliny a živočichy) se ovšem vyskytuje jen málokde, a možná též pouze na krátkou dobu, protože planety, na nichž by takový život mohl vzniknout a vyvíjet se, jsou ve vesmíru velice vzácné. =>

⇒ *život na Zemi je dán nepravděpodobnou kombinací astrofyzikálních a geologických podmínek a okolností*

PROTI

teorie průměrnosti (Kopernikovský princip) – zastánci Sagan, Drake...

Země je typickou kamenitou planetou v typické planetární soustavě v nevýznamném místě běžné spirální galaxie s příčkou...

Fermiho paradox:

„If extraterrestrial aliens are common, why aren't they obvious?“

„Panuje obvyklé přesvědčení, že se ve vesmíru vyskytuje mnoho technologicky vyspělých civilizací. Naše pozorování však na žádnou takovou přítomnost neukazují, což je paradox. Musíme tedy předpokládat, že je špatné naše přesvědčení anebo naše pozorování.“



pátrání po ETI ale pokračuje ...