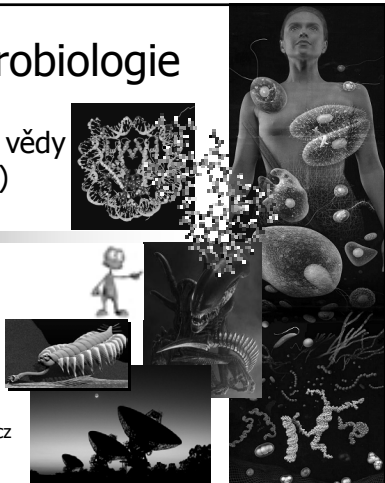


Úvod do astrobiologie

aneb zrození nové vědy
(její principy a cíle)

Vladimír Kopecký Jr.

Fyzikální ústav
Matematicko-fyzikální fakulty
Univerzity Karlovy v Praze
<http://biomolecules.mff.cuni.cz>
kopecky@karlov.mff.cuni.cz



Co je to astrobiologie?

Historické kořeny astrobiologie

- **Anaxagorás** (500–428 př.n.l.) uvažuje o Měsíci jako o tělese podobném Zemi i s životem
- **Empedoklés** (493–433 př.n.l.) a **Démokritos** (460–370 př.n.l.) uvažují o evolučním atomistickém vývoji v přírodě
- Italský filozof **Giordano Bruno** píše o mnohosti obydlených světů – upálen r. 1600
- **Johannes Kepler** popisuje cestu na Měsíc a setkání s jeho obyvateli
- **Newton** a **Herschel** zabývají sluneční soustavu živými bytostmi (včetně Slunce) a filozof **Immanuel Kant** (1724–1804) spekuluje o jejich povaze
- 1828 německý chemik **Fridrich Wöhler** demonstruje vznik močoviny z anorganických látek
- **Charles Darwin** uvažuje o vzniku života „v teplém rybníčku“ ve svém dopisu J. Hookerovi (1871)
- **Camill Flammarion** (1842–1925) spekuluje o životě na Marsu a Venuši



F. Wöhler
(1800–1882)



J. Kepler
(1571–1630)

Ch. Darwin
(1809–1882)

■ S. J. Dick: Život v jiných světech. Mladá fronta (2004).

Co je to astrobiologie?

Astrobiologie na úsvitu nového věku

- 1949 – G. A. Tikhov a V. Fessenkov zakládají v Kazachstánu **Astrobotanický ústav**
- 1953 – Gavril Tikhov používá poprvé název **astrobiologie** v titulu knihy
- 1958 – Melvin Calvin poradcem NASA pro mimozemský život
- 1959 – Coconino & Morisson: článek „Pátrání po mezihvězdném spojení“
- 1960 – Joshua Lederberg zavádí pojem **exobiologie**
- 1976 – sondy **Viking** pátrají po životě na Marsu
- 1984 – byl založen **SETI Institute** ředitelem C. Sagan
- 1998 – **NASA Astrobiology Institute**, ředitelem B. Blumberg
- 2009 – Nobelova cena pro astrobiologa J. W. Szostaka

NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE



J. W. Szostak
(*1952)



G. A. Tikhov
(1875–1960)



J. Lederberg
(*1925)



B. Blumberg
(*1925)

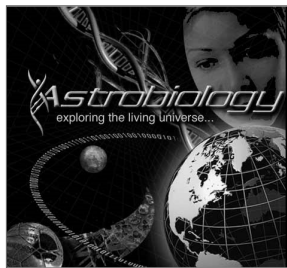


M. Calvin
(1911–1997)

Co je to astrobiologie?

Definice vědního oboru

- **Astrobiologie** je věda o vzniku, vývoji, rozšíření a budoucnosti života ve vesmíru
- Jde o **multidisciplinární vědní obor** užívající řadu vyspělých technologií
- **Exobiologie** byl původní název méně široce pojatého vědního oboru



- Fundamentální cíle oboru byly formulovány v „NASA Astrobiology Roadmap“ <http://astrobiology.arc.nasa.gov>

■ Nature Insight – Astrobiology. Nature 409 (2001) 1079–1122.

Co je to astrobiologie?

Způsob vědecké práce oboru

- **Multidisciplinární věda**
 - Spojení disciplín z věd o Zemi, biologických věd a kosmického výzkumu (zahrnuje obory od mikrobiologie, ekologie, molekulární biologie, paleontologie, astronomie, planetologie, chemie, fyziky etc.)
- **Planetární správcovství**
 - Ochrana životního prostředí na Zemi i jiných planetách, především z hlediska možné kontaminace, dlouhodobá obyvatelnost světů
- **Společenská odpovědnost**
 - Dopady objevů na společnost, náboženství, filozofii, etiku, kvalitu života a vzdělávání
- **Přesah a vzdělávání**
 - Popularizace a snaha o pochopení našeho místa ve vesmíru

■ D. Morrison, Astrobiology 1 (2001) 3–13.

Co je to astrobiologie?

Fundamentální otázky astrobiologie

- **Odkud jsme přišli?**
 - Aneb jak vznikl a vyvíjel se život na naší planetě?
 - Co je vlastně život?
- **Jsme ve vesmíru sami?**
 - Aneb existuje někde jinde ve vesmíru život?
 - Je náš vesmír opravdu biofilní?
- **Jaká je naše budoucnost na Zemi a mimo ní?**
 - Aneb kam se podějeme ve vesmíru?
 - Staneme se kosmickou supercivilizací?

■ D. Morrison, Astrobiology 1 (2001) 3–13.

Fundamentální otázky

Vznik života na Zemi

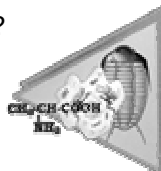
- Kdy a kde konkrétně život na Zemi vznikl?
- Jaký druh energie pohání vznik života?
- Jaké stavební kameny jsou potřebné ke vzniku živých soustav?
- Umíme napodobit podmínky prebiotické evoluce?
- Jsme schopni stvořit umělý život in vitro?
- Existuje reálná možnost přenosu biologického materiálu mezi planetami?
- Nepřišel život z Marsu?



Fundamentální otázky

Principy organizace

- Existují obecné fyzikálně-chemické principy jimiž se život řídí?
- Musí být život založen pouze na uhlíkatých sloučeninách a vodném prostředí?
- Jaká je potřebná úroveň komplexity systému aby se stal živým?
- Umíme definovat co je vlastně život?
- Podaří se nám ustanovit teoretickou biologii?



Fundamentální otázky

Procesy evoluce života

- Rozumíme dokonale procesu evoluce?
- Je evoluce v počátcích vzniku života horizontální či vertikální proces?
- Jak ovlivňuje vznik ekosystémů evoluci?
- Jak ovlivňují ekosystémy jednotlivé druhy?
- Co je hnacím motorem evoluce?
- Lze evoluci prediktivně modelovat?
- Směřuje evoluce nevyhnutelně ke komplexnějším a inteligentnějším organismům?



Fundamentální otázky

Evoluce ekosystémů

- Je oboustranný vztah mezi živými organismy a planetárním prostředím nevyhnutelný?
- Jak funguje koevoluce života a planety?
- Co víme o této koevoluci z fosilních záznamů?
- Je koevoluce „stabilní“ anebo spíše katastrofický proces?
- Jaká úroveň komplexity je nutná aby byl systém „evolučně stabilní“?



Fundamentální otázky

Limity života ve vesmíru

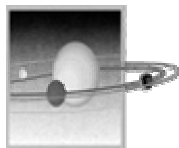
- Jak fungují extremofilní organismy?
- Mají extremofilní organismy nějaký bližší vztah ke vzniku života?
- Existují na Zemi typy prostředí, které život nekolonizoval?
- Existují biochemické limity života?
- Existují na Zemi typy ekologických nik podobných těm na jiných tělesech sluneční soustavy?



Fundamentální otázky

Obyvatelnost planet

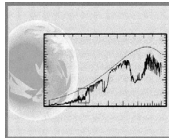
- Jak dochází k formování planet?
- Jak vznikají planetární systémy?
- Jsou stabilní planetární soustavy ve vesmíru časté?
- Kde máme v Galaxii hledat obyvatelné planety?
- Jaký druh planet má dostatečné zásoby vody?
- Kde se musí planeta nacházet v planetárním systému aby byla obyvatelná?
- Jsou obyvatelné planety raritou?



Fundamentální otázky

Rozpoznání znaků života

- Rozpoznáme strukturní rysy života ve fosilním záznamu?
- Poznáme chemickou analýzou dávnou přítomnost života?
- Umíme spektroskopicky detekovat znaky života ze zastoupení plynů v atmosféře?
- Jak poznáme že je něco živé?
- Jsme schopni rozpoznat projevy vyspělé kosmické civilizace?



Fundamentální otázky

Hledání života ve vesmíru

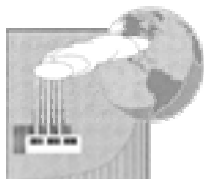
- Kde jinde než na Zemi se může vyskytovat život?
- Jak jej hledat na jupiterově měsíci Europa?
- Existují exotické prebiotické formy na Titanu, Tritonu či kometách?
- Existoval či existuje život na Venuši?
- Byl někdy v minulosti na Marsu život?
- Je na Marsu život a kde jej hledat?
- Umíme zabránit kontaminaci při přenosu vzorků či přistání sond?



Fundamentální otázky

Změny ekosystémů

- Jak lidstvo ovlivňuje životní prostředí?
- Jaký je dopad atmosférických či geologických změn na biosféru?
- Ovlivňuje dlouhodobě sluneční aktivita ekosystémy?
- Má okolní kosmický prostor vliv na pozemskou biosféru?
- Jaký je vliv globálních katastrof?
- Existuje „trvale udržitelný rozvoj“ technické civilizace?



Fundamentální otázky

Expanze života do vesmíru

- Co se stane s životem když opustí ochranu zemské atmosféry, magnetosféry a gravitačního pole?
- Mohou se organismy a ekosystémy adaptovat na zcela nové prostředí?
- Existují praktické cesty jak cíleně modifikovat organismy pro kosmické prostředí?
- Jsou lidé technicky schopni mezihvězdných letů?
- Je civilizace schopna globální kolonizace vesmíru?



Astrobiologická matice

Shrnutí předešlého...

| | | planetologie | | astrofyzika | | abogenní prebiotická |
|----------|--|--|------------------|------------------------------------|--|----------------------|
| fyzika | | | | nukleosyntéza, zdroj hvězd | hmotnost hvězd | |
| chemie | | | | chemická evoluce mezihvězdné hmoty | radiace | život |
| geologie | | chemie sluneční mlhoviny | | vznik planet a hvězd | záření mladých hvězd | |
| biologie | | akrece, exoplanety | poruchy, impakty | aktivita protoslunce | hvězdní sousedé | evoluce |
| | | prebiotická evoluce | | změny sluneční aktivity | | |
| | | evoluce biosféry, atmosféry, povrchu, etc. zpětná vazba biosféry, globální cirkulace, klima | | | | |
| | | | | | supernovy, molekulární mračna, galaktické proudy | |

■ A. Miszer & A. Kereszturi, Lunar and Planetary Science XXXIV (2003) 1114.

Je astrobiologie věda?

Ohlas oboru v organizacích

- V roce 1982 založila Mezinárodní astronomická unie **Komisi 51 – Bioastronomii**
- Mezi cíle komise patří
 - Hledání planet kolem cizích hvězd
 - Úmyslné i neúmyslné pátrání po rádiovém vysílání mimozemského původu
 - Hledání biomolekul v kosmickém prostoru a studium procesů vedoucích k jejich vzniku
 - Spektroskopické detekční techniky sloužící k odhalení biologických procesů ve vesmíru
 - Koordinace výzkumu na mezinárodní úrovni
- URL: <http://www.iau.org>



Je astrobiologie věda?

Ohlas oboru na webu

- **NASA Astrobiology Institute** <http://nai.arc.nasa.gov/>
- **Astrobiology @ Ames Research Center**
<http://astrobiology.arc.nasa.gov/>
- **Astrobiology Magazine** <http://www.astrobio.net/>
- **Origins** <http://www.exploratorium.edu/origins/>
- **SETI Institute** <http://www.seti.org>
- **Astrochem.org** <http://www.astrochem.org/>
- **NASA Center for Computational Astrobiology**
<http://cca.arc.nasa.gov/>
- **Astrobiology.com** <http://www.astrobiology.com/>



Je astrobiologie věda?

Vědecký ohlas oboru

- Nejprestižnější vědecký časopis **Nature** věnoval jedno číslo tématu astrobiologie v roce 2001 ([Nature 409 \(2001\) pp. 1079–1122](#))
- Od roku 2001 vychází vědecký časopis **Astrobiology**, vydává Maty Ann Libert
- Od roku 2002 vychází **International Journal of Astrobiology**, vydávaný Cambridge University Press



Doporučená literatura

- S. J. Dick: *Život v jiných světech*. Mladá fronta, Praha 2004.
{Populárně naučná kniha o historii a možných aspektech pátrání po mimozemském životě}
- C. F. Chyba, K. P. Hand: *Astrobiology: The study of the living universe*. Annu. Rev. Astron. Astrophys. 43 (2005) 31–74.
{Obecný přehled, který jde do detailů}
- D. Morrison: The NASA astrobiology program. *Astrobiology* 1 (2001) 3–13.
{Základní program astrobiologického výzkumu}
- **Nature Insight: Astrobiology**. *Nature* 409 (2001) 1079–1122.
{Série přehledových článků od různých autorů. Články jsou zaměřeny na různá témata od prebiotické evoluce až po SETI}
- J. D. Rummel: Planetary exploration in the time of astrobiology: Protecting against biological contamination. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98 (2001) 2128–2131.
{Zajímavá úvaha nad odpovědností za kontaminaci planet}

Astrobiologie je věda!



... doufejme, že vás nebude nudit...
