

# 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



---

---

---

---

---

---

---

---

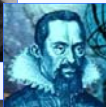
## Co je to astrobiologie?

### 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 roku 1600
- **Johannes Kepler** popisuje cestu na Měsíc a setkání s jeho obyvateli
- **Newton** a **Herschel** zabydlují 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 – Gavriil 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



J. W. Szostak  
(\*1952)



J. Lederberg  
(\*1925)



B. Blumberg  
(\*1925)



M. Calvin  
(1911–1997)



G. A. Tikhov  
(1875–1960)

---

---

---

---

---

---

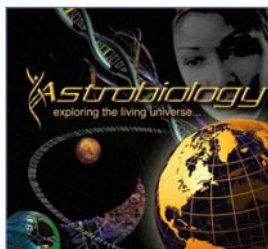
---

---

## 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.

---

---

---

---

---

---

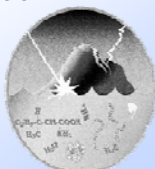
---

---

## 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?



---

---

---

---

---

---

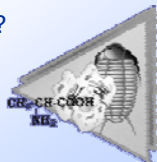
---

---

## 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“?



---

---

---

---

---

---

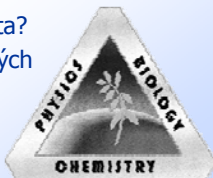
---

---

## 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?



---

---

---

---

---

---

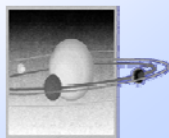
---

---

## 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?



---

---

---

---

---

---

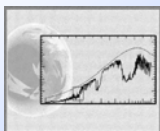
---

---

## 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?



---

---

---

---

---

---

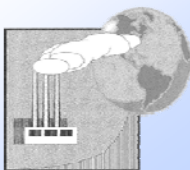
---

---

## 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		
fyzika			nukleosyntéza, zdroj hvězd	hmotnost hvězd	abiochemie
chemie	chemie sluneční mlhoviny		chemická evoluce mezihvězdné hmoty	radiace	
geologie	akrece, exoplanety	pouchy, impakty	vznik planet a hvězd	záření mladých hvězd	abiochemie
biologie	prebiotická evoluce		aktivita protoslunce	hvězdní sousedé	
	evoluce biosféry, atmosféry, povrchu, etc.	změny sluneční aktivity			život: evoluce
	zpětní vazba biosféry, globální cirkulace, klima				

■ 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...

---

---

---

---

---

---

---

---