The background of the slide is a dark blue space filled with numerous small, distant galaxies and stars. Overlaid on this are several complex, glowing yellow and orange particle tracks that resemble the paths of subatomic particles, possibly from a bubble chamber or a detector. These tracks are dense and chaotic, with many loops and intersections, suggesting a high-energy collision or decay process. The overall aesthetic is scientific and cosmic.

**VZNIK FYZIKY, CHEMIE A BIOLOGIE,  
ANEB  
VELKÝ TŘESK ZA VŠECHNO MŮŽE**

**Jiří GRYGAR**  
Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Praha

The background of the slide features a composite image. On the left, there's a blue, grainy texture representing the Cosmic Microwave Background. On the right, there's a dark space filled with colorful galaxies and stars. In the center, a red, grid-like structure, possibly a particle detector track, is overlaid with a dense field of colorful, glowing spheres representing subatomic particles.

*Na počátku bylo slovo:*  
**VELKÝ TŘESK**

*... opravdu za všechno může ...*

•  **$10^{-43}$  sekundy:**

Planckův čas – začíná **FYZIKA:**

teplota  $10^{32}$  K; energie částic  $10^{28}$  eV;

hustota  $10^{97}$  kg/m<sup>3</sup>;

ROZPÍNÁNÍ VESMÍRU:

narušení supersymetrie (gravitace se oddělila od velkého sjednocení GUT); asymetrie hmoty a

antihmoty (narušení parity?) v poměru  $(10^9+1)/10^9$

- **$10^{-35}$  sekundy:**

kosmologická inflace – rozepnutí  **$10^{30}$ krát!**

volné kvarky, leptony a fotony:

energie  **$< 10^{23}$  eV**, teplota  **$< 10^{27}$  K**

narušení GUT (silná jaderná síla se oddělila od elektroslabé)

- **$10^{-10}$  sekundy:**

*éra hadronová*


narušení symetrie elektroslabé interakce na elektromagnetickou a slabou jadernou interakci

energie **100 GeV**, teplota **1 PK**

- **0,1 milisekundy:**

*éra leptonová*

energie **100 MeV**, teplota **1 TK**, hustota  **$10^{17}$  kg/m<sup>3</sup>**



• **0,1 sekundy:**  
vesmír je průhledný pro neutrina  
hustota  $10^7 \text{ kg/m}^3$   
anihilace párů elektron-pozitron na záření gama

• **10 sekund:**  
energie  $500 \text{ keV}$ , teplota  $5 \text{ GK}$ , hustota  $10^4 \text{ kg/m}^3$   
éra záření

• **3 minuty:**  
vznik jader  $\text{H/He} = 3/1$  (podle hmotnosti)  
dominuje žhavé reliktní záření

- **380 tisíc let:**

Oddělení látky od záření – vesmír je průhledný pro světlo  
Elektrony jsou zachycovány jádry atomů – zrod neutrálních atomů:  
**Šerověk vesmíru (*Dark Age*)**

- **200 milionů let:**

Zrod I. generace velmi hmotných (= krátkožijících) hvězd; pouze H/He  
Hvězdné černé díry se slévají na velmi hmotné černé veledíry -  
zárodky kvasarů a výdutí galaxií

- **1 mld. let:**

První zralé galaxie a kupy galaxií; zrod méně hmotných (= zašpiněných) hvězd II. generace

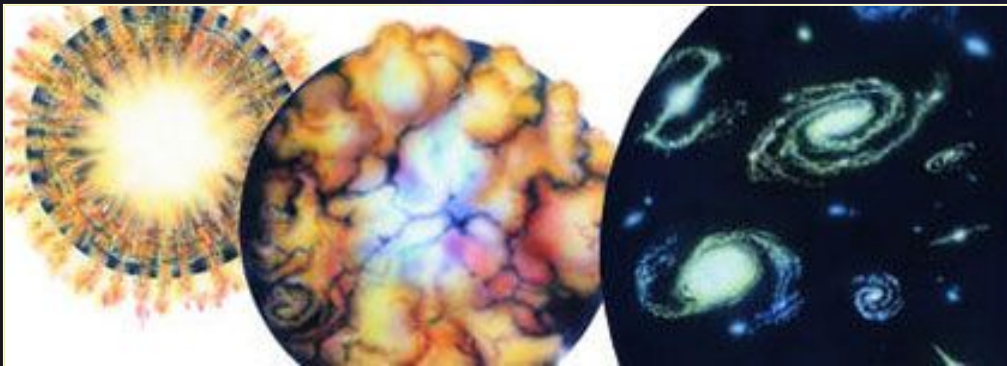
# VZNIK CHEMIE

*“Jak je všeobecně známo, k tomu, aby byli fyzikové, je zapotřebí uhlíku.”*

**Robert Dicke (1916-1997)**  
americký fyzik

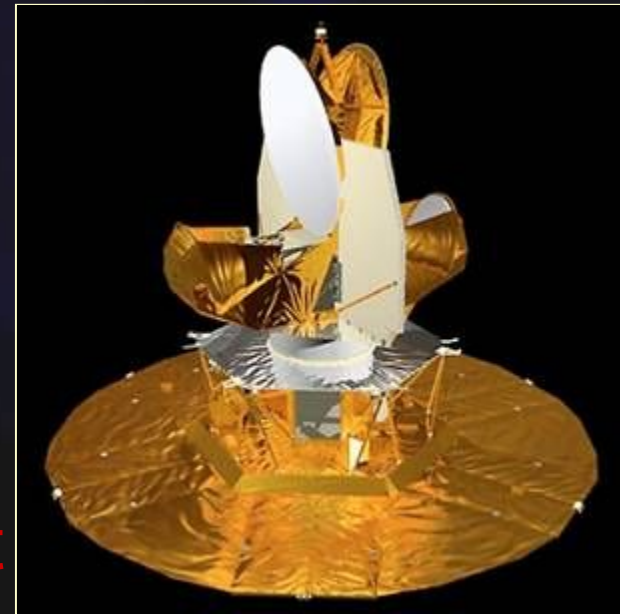
# Kde se vzal ve vesmíru uhlík?

R. Alpher a G. Gamow (1948-1950): **Velký třesk** (Big Bang – posměšný název: teorie neuměla vysvětlit vznik uhlíku a dalších prvků!



S. Weinberg, 1977: První tři minuty:  
 $3/4$  H;  $1/4$  He

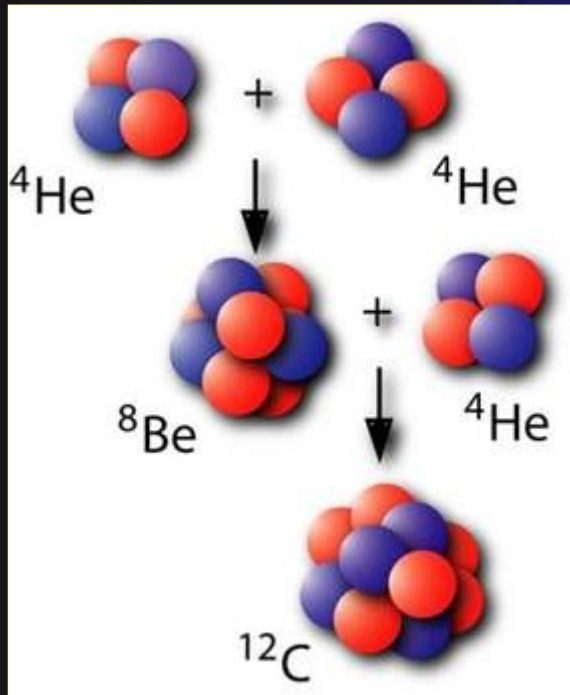
WMAP, 2003: fluktuace reliktního záření: vesmír vznikl před **13,8 mld. let**



První hvězdy 200 mil. let po velkém třesku

H. Bethe aj., 1939:

**Základní termionukleární reakce ve hvězdách:  
přeměna H na He v řetězci p-p (účinnost 0,007 m.c<sup>2</sup>)**



E. E. Salpeter, 1952: zázračný vznik  
C z He v dožívajících hvězdách  
(proces triple-alfa)

F. Hoyle, 1954: Antropický princip:  
pravděpodobnost procesu silně zvýšena  
díky rezonanci energií základního stavu  
triple-alfa  $\approx$  excitační stav  ${}^{12}\text{C}$   
(7,8 vs. 8,1 MeV)

**E. M. & G. R. Burbidge, W. Fowler, F. Hoyle: nukleogeneze  
*Synthesis of the elements in stars.***

***Rev. Modern Phys. 29 (1957), 547.***



# Koloběh prvků ve vesmíru

a) Uhlík (Z = 6) až železo (Z = 26): série termonukleárních reakcí při zvyšující teplotě ( až 3 GK) v nitru dožívajících hvězd  
Trvání miliony až sto miliard let

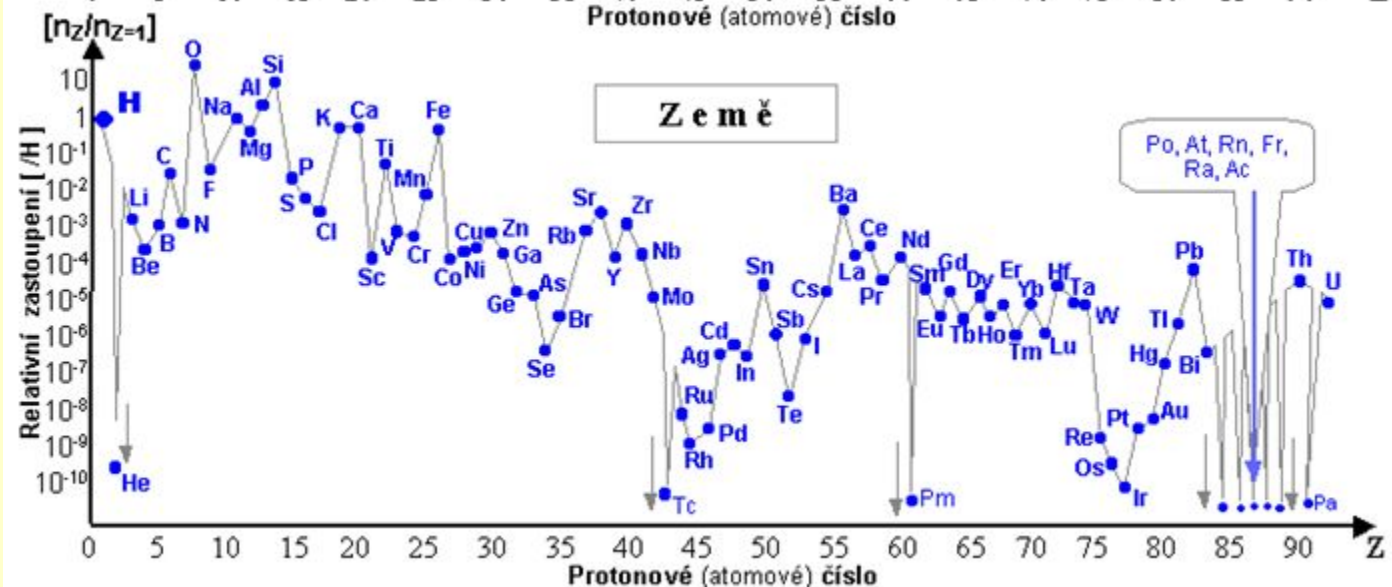
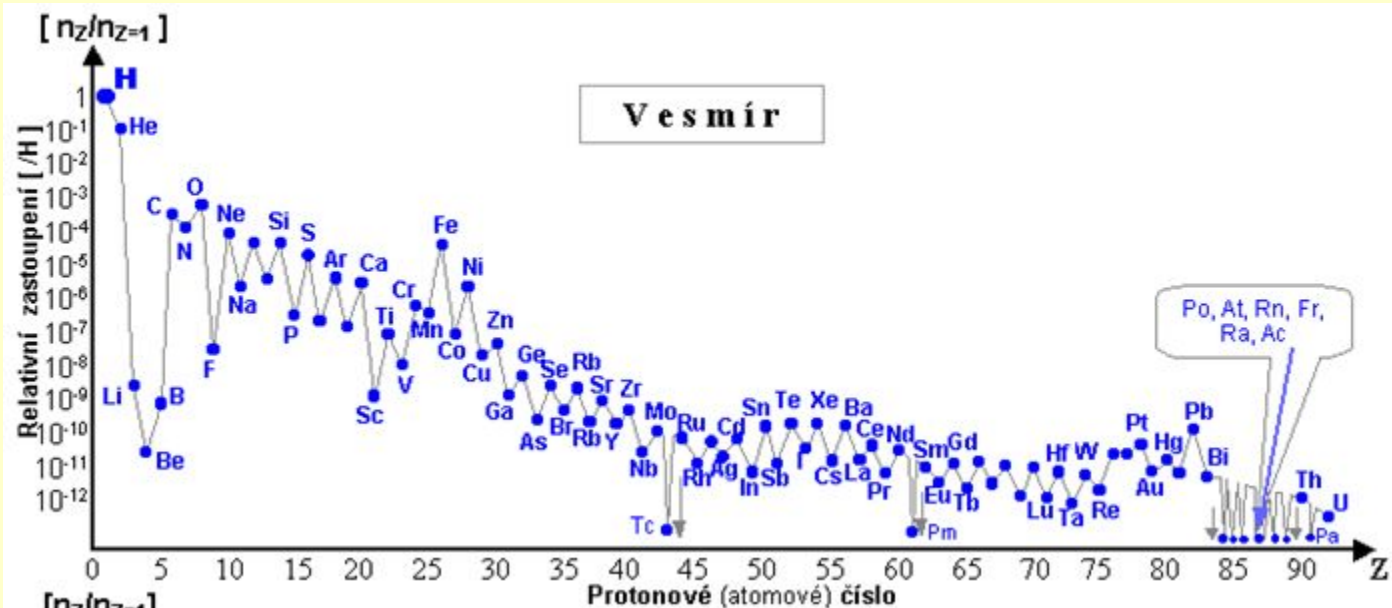
b) Hvězdy ztrácejí hmotu:  
hvězdný vítr a výbuchy supernov  
(obohacení mezihvězdného prostředí o těžší prvky [ „kovy“ ])

Snímek pozůstatku po supernově 1987A (VMM – 165 tis. sv. let) →



c) Zachycování neutronů doplní zbytek Mendělejevovy tabulky  
Zastoupení prvků (Cu ... drahé kovy ... uran) velmi nízké

# Relativní zastoupení chemických prvků

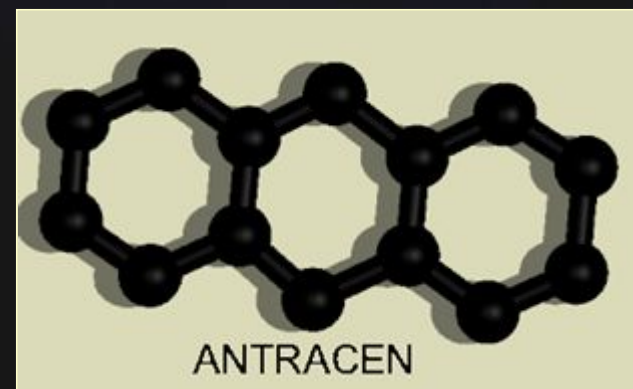


d) Původní mezihvězdný materiál (H+He) se obohacuje o těžší prvky. Z obohaceného materiálu (obřích molekulových mračen prachu a plynu) vznikají hvězdy II. generace. Opakování procesů a) + b)  
Velká mlhovina v Orionu →



**V mezihvězdném prostoru: obří (stovky světelných let) chladná (10 ÷ 200 K) stabilní mračna (až milion Sluncí)**

Infračervená a mikrovlnná spektroskopie: přes 100 druhů molekul, od dvouatomových (OH, CO) až po polycyklické aromatické uhlovodíky (naftalen, antracen...) i fullereny



e) Vznik hvězd III. generace;  
zhruba 2% podíl prvků těžších  
než helium (Slunce). Slunce  
přeměňuje vodík na helium po  
10 miliard let. Pak nastoupí  
Salpeterova a další reakce,  
trvajících sto milionů let.  
Rozepnutí na červeného obra.  
Výbuch supernovy nemožný.



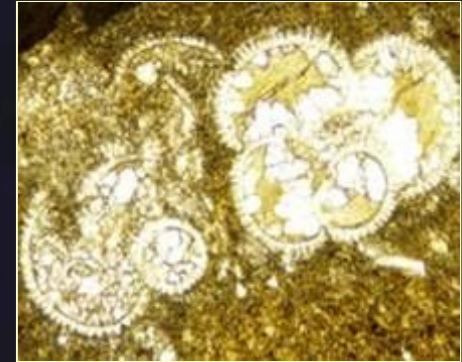
Po vyčerpání termonukleárních  
reakcí se červený obr gravitačně  
zhroutl: hustý (milionkrát voda)  
žhavý bílý trpaslík o poloměru  
Země, ale téměř s hmotností  
Slunce (planetární mlhovina).



# Začátky života na Zemi

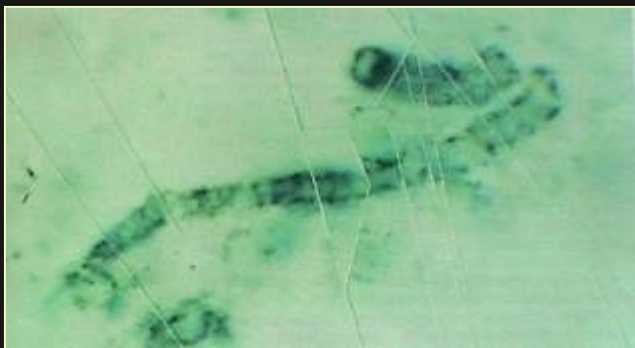
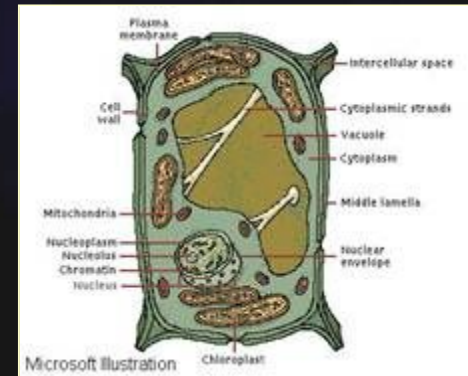


- 4,57 mld. let: vznik sluneční soustavy



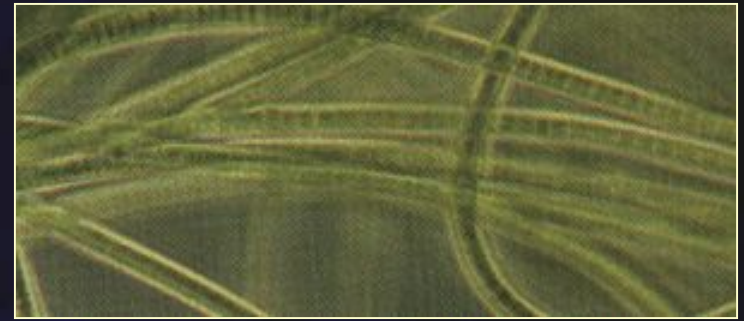
- 3,5 mld. let: první mikrofosílie

- 2,7 mld. let: eukaryoty



- 0,8 mld. let: první vícebuněčné organismy

**- 0,6 mld. let:** modrozelené  
řasy na souši



**- 0,21 mld. let:** veleještěři;  
náhlé vymření - **0,065 mld. let**



**- 0,18 mld. let:** ptáci



**- 0,10 mld. let:** savci



**- 0,005 mld. let:** hominidé



**- *Homo sapiens* (eufemismus?)**

**C. H. Lineweaver, T. M. Davisová (2002): Pokud život na Zemi vznikl již 200 mil. roků po konci těžkého bombardování kosmickými projektily (-4,0 mld. let), je ve vesmíru běžný**



**Komplexní život vzácný; vznik na Zemi trval velmi dlouho.  
Život na Zemi zanikne za 1 miliardu let - stihlo se to tak tak!**

# Aktuální spekulace a zamyšlení

Evo-devo = Evolutionary and developmental biology:  
Astrobiologie

20-22 aminokyselin v genetickém kódu. Všechny jsou opticky levotočivé. Cukry pravotočivé. **Proč??**

Podobná biochemie a společný genetický kód je důkazem společného (jedinečného?) původu života.

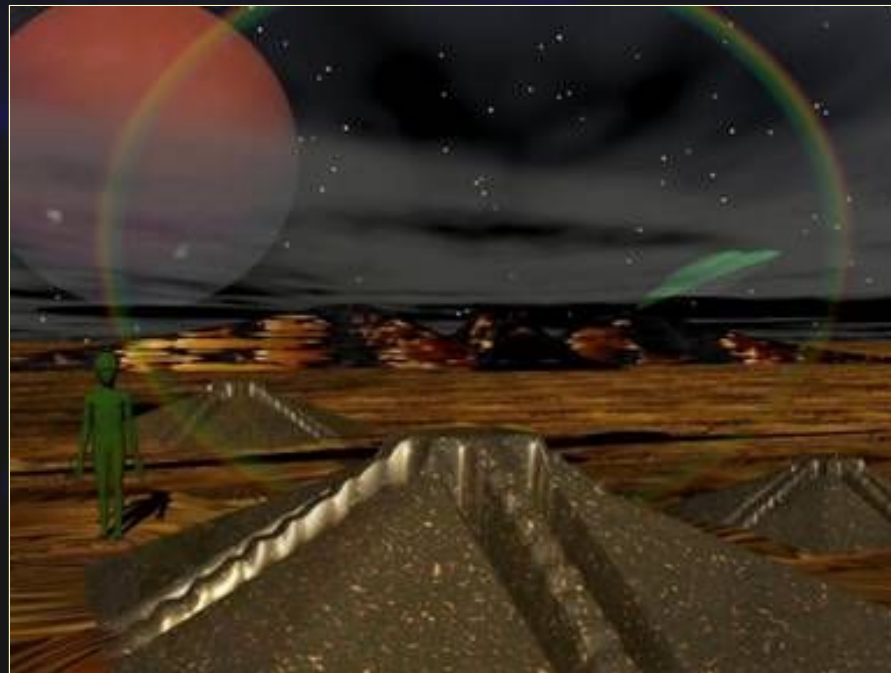
Je život šťastná shoda nepravděpodobných náhod, anebo zákonitý proces ve vývoji vesmíru?

V prvním případě jsme asi ve vesmíru sami, ve druhém případě je podivné, že platí **Fermiho paradox**.



**"Bud' jsme ve vesmíru sami,  
anebo nejsme. V každém  
případě je to ohromující."**

Lee Du Bridge, prezident Caltechu (1979)



# Standardní model

Kvarky	$u$ up	$c$ charm	$t$ top
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom
Leptony	$\nu_e$ e- neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ - neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ - neutrino
	$e$ electron	$\mu$ mion	$\tau$ tau

Tři generace hmoty

## ZAČÁTEK FYZIKY

v Planckově čase!

6 vůní kvarků (antikvarků):

$d, u, s, c, b, t$

elektrický náboj  $-1/3$  nebo  $+2/3$ ;

3 barvy,

uvěznění v hadronech:

baryony ze 3 kvarků,

mezony z párů kvark-antikvark

6 leptonů (antileptonů):

neutrino  $e, \mu, \tau$  ;

elektron, mion, tauon

# Stav fyziky

## 4 základní interakce (síly)

GRAVITACE: univerzální, vždy přitažlivá, extrémně slabá, neomezený dosah (*gravitony*)

ELEKTROMAGNETICKÁ: jen na el. náboje; přitažlivá i odpuzivá, silná, neomezený rozsah (*fotony*)

SILNÁ JADERNÁ: jen barevné náboje, přitažlivá, velmi silná, dosah jen jádra atomů (*gluony*)

SLABÁ JADERNÁ: jen částice s vůněmi, odpuzivá, slabá, dosah jen jádra atomů (*bosony*)

# Vznik a vývoj chemie

## Stavební kameny

**3 minuty** po velkém třesku atomová jádra **H, He, Li, Be, B**

**380 tisíc let** po VT: neutrální atomy **H, He, Li, Be, B**

**200 milionů let** po VT: termonukleární reakce v nitrech hvězd  
vznik prvků **C, N, O, F,.....Fe, Co, Ni (Z: 6, 7,.....26, 27, 28)**

**203 milionů let** po VT: **Cu, Zn,....Pt,Au,...Th, Pa, U**  
během výbuchů prvních supernov  
(gravitační zhroucení velmi hmotných hvězd)

**203 000 000 001 let** po VT: **Skutečný vznik chemie** v chladném  
mezihvězdném prostoru: neutrální atomy; molekuly i  
organické

# Vznik a vývoj biologie

## Temné začátky ?

### Definice života: *neznámá*

*Vznik neznámých forem života v neznámých koutech vesmíru  
v neznámém čase*

**Panspermie** života směrem na Zemi téměř určitě vyloučena

### Život na Zemi:

9,7 – 10,2 mld. let po VT: jednobuněčný život patrně v hlubinách  
oceánů (černé kuřáky)

13,1 mld. let po VT: mnohobuněčný život na souši

13,6 mld. let po VT: savci

13,799 900 000 mld. let po VT: *Homo sapiens sapiens*

13,800 000 000 mld. let po VT: **právě končí tato přednáška**

# NĚKOLIK DOBŘE MÍNĚNÝCH ŠPATNÝCH RAD

*„Jste-li ve věku, kdy už nemůžete dávat mládeži špatný příklad, stále ještě můžete dávat špatné rady.“ JG*

1. Najděte si spřízněnou duši, čili ve dvou se to lépe táhne
  2. Najděte si ty nejlepší dostupné učitele;  
vyberte si nejlepší školu/fakultu/katedru
  3. Učte se jazyky a matematiku nad rámec školních osnov
  4. Účastněte se studentských soutěží (olympiád) v oborech vám blízkých
  5. Neztrácejte bezúčelně čas (TV, internet)  
*„Čas promarněný v mládí už nelze nikdy dohonit.“*
- Albert Einstein
6. Nezapomeňte na dobrou fyzickou kondici
  7. Překonej sám sebe. (Na to má člověk vždycky)
  8. Per aspera ad astra! (*Přes překážky ke hvězdám*)

**KONEC**



**© Učená společnost ČR**

**MMXIV**