

Neobyčejně pozoruhodné vědecké teorie

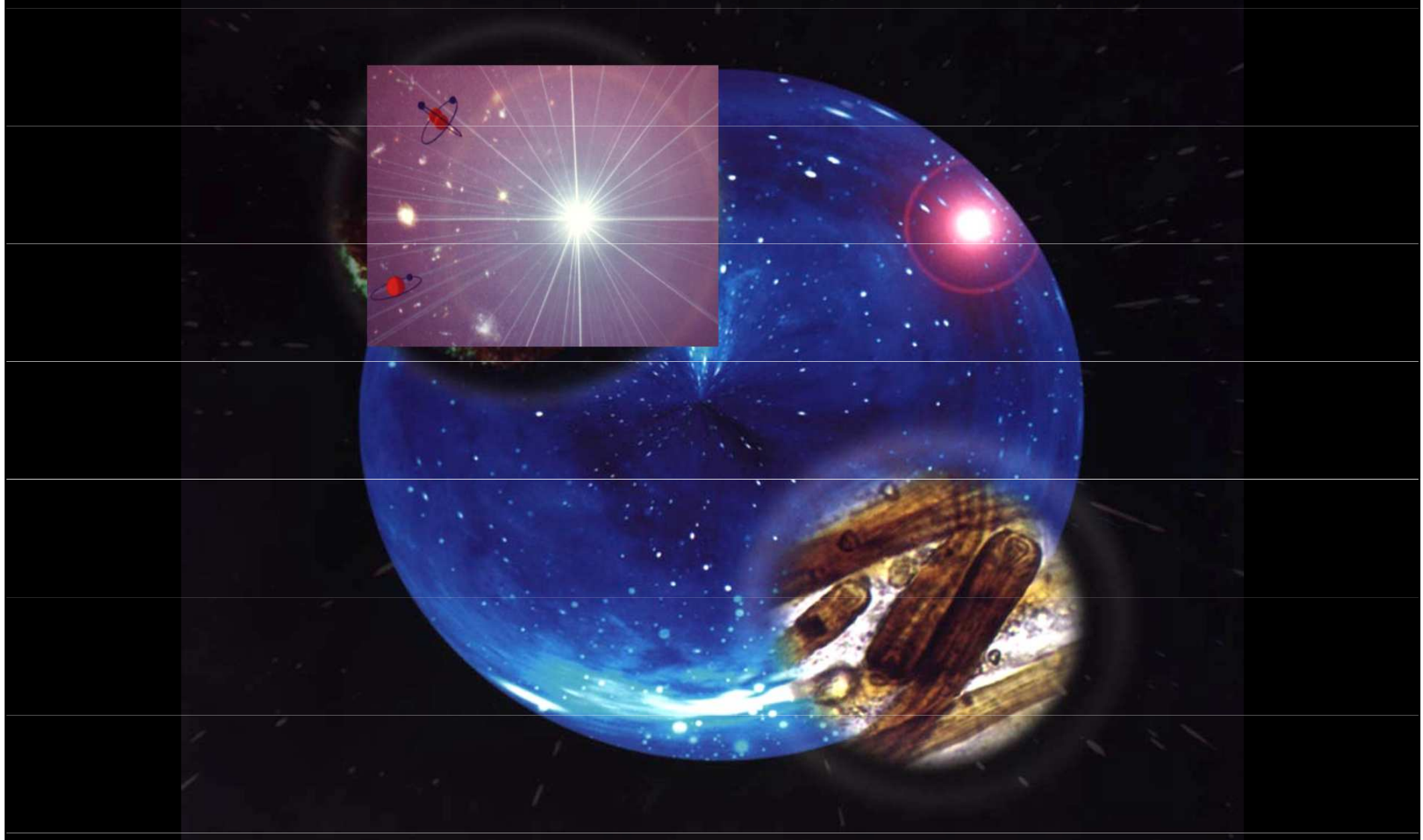
AP



Antropický princip

lekce 2 JPV





review article

The anthropic principle and the structure of the physical world

B. J. Carr* & M. J. Rees

Institute of Astronomy, Madingley Road, Cambridge, UK

The basic features of galaxies, stars, planets and the everyday world are essentially determined by a few microphysical constants and by the effects of gravitation. Many interrelations between different scales that at first sight seem surprising are straightforward consequences of simple physical arguments. But several aspects of our Universe—some of which seem to be prerequisites for the evolution of any form of life—depend rather delicately on apparent ‘coincidences’ among the physical constants.

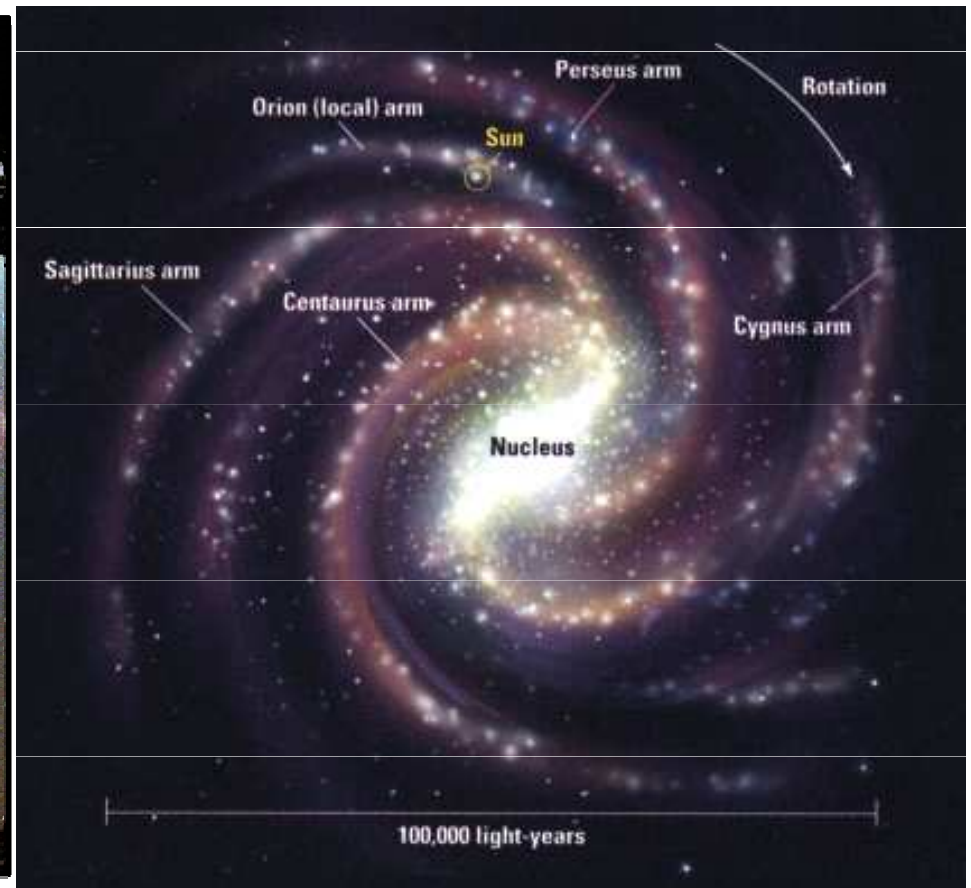
THE structure of the physical world is manifested on many different scales, ranging from the Universe on the largest scale, down through galaxies, stars and planets, to living creatures, cells and atoms. Only objects such as quarks and leptons may be devoid of further substructure. Each level of structure requires for its description and explanation a different branch of physical theory, so it is not always appreciated how intimately they are related. We will show here that most natural scales are determined (to an order of magnitude) by just a few physical constants. In particular, the mass scale and length scale (in units of the proton mass m_p and the Bohr radius a_0) of all structures down to the atom can be expressed in terms of the electromagnetic fine structure constant, $\alpha = e^2/\hbar c$, the gravitational fine structure constant, $\alpha_G = Gm_p^2/\hbar c$ and the electron to proton mass ratio, m_e/m_p . The quantity m_e/m_p is related to α due to a coincidence in nuclear physics. These dependences are indicated explicitly in Fig. 1.

action coupling constants g_w and f . It might be assumed that these are independent of α and α_G but there are some ‘anthropic’ interconnections between these numbers. For example, the condition that neutrinos can blow off the envelope of a star in its supernova phase will be shown to be, roughly speaking, $\alpha_G \sim \alpha_w^4$ where $\alpha_w = g_w^2 c/\hbar^3$ is the weak fine structure constant. Supernovae are essential if the heavy elements which are (presumably) necessary for life are to spread from their production sites throughout space. The same relationship between α_G and α_w explains why the cosmological helium production is $\sim 25\%$ by mass. If α_w were slightly smaller or larger, the helium production would be either 100% (in which case there would never be any water, perhaps another prerequisite for life) or 0% (in which case stellar evolution would be rather different). Finally there are coincidences between f and α and the elementary particle mass ratios which may be necessary for chemistry. There may be enough independent anthropic constraints to pin down the order

Země vzácná planeta ?



- ❖ Naše **Galaxie** (\varnothing 100 000 ly), spirální typ s 2 rameny, Mléčná dráha je stříbrný pás hvězd, (lidově se tak označuje naše Galaxie). Mléčná dráha je jen malá část Galaxie pozorovatelná ze Země.
- ❖ Galaktické jádro naší galaxie - 7,6 kiloparseku ($23,5 \cdot 10^{13}$ km) od Země
- ❖ V naší galaxii je více než 100 miliard hvězd. Téměř každá z nich má planetární systém či alespoň jednu planetu, která kolem ní obíhá.



Kosmologie jako věda

Základní kosmologické otázky:

- jaká je struktura kosmu
- jak vznikl, jak se vyvíjí a jaká bude jeho budoucnost
- z čeho je složen
- jak je stár
- jakými zákony se řídí jeho vývoj

Vývoj kosmologických představ:

od mýtů, fantazií a spekulací k ověřeným poznatkům moderní vědy

Zformulování **Einsteinovy teorie** gravitace a propojení s fyzikou učinilo z kosmologie vědu

Ukázalo se, že vesmír se vyvíjí (má “dějiny”)

- zvláštní povaha ověřování (zatím jen 1 vesmír, a nevíme, nakolik je část, kterou pozorujeme, známa a nakolik je pro vesmír reprezentativní)

Východisko kosmologie:

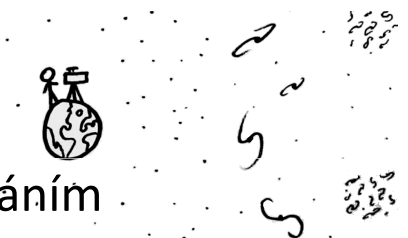
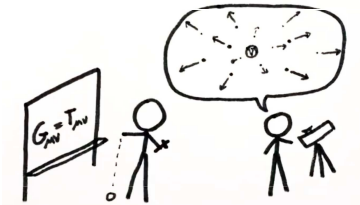
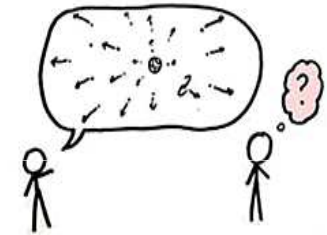
Vesmír je popsateľný na úrovni základních fyzik. zákonů (obecná teorie relativity a standardní model částic)

Homogenita a isotropie ve velkém měřítku - zobecněný Kopernikův princip)

Platnost zákonů - signály z vesmíru, sondy, pozemské laboratoře

Metody kosmologie:

tvorba matematických modelů vesmíru, předpovědi a srovnání s pozorováním



Země, unikátní planeta, na které se rozvinul život

Jaké podmínky vznik života umožnily?

Kde hledat život... ?

Ideální planeta – souhra okolností:

Sluneční soustava -obyvatelná zóna Galaxie s dostatkem těžších prvků na zformování kamenné planety, přitom daleko od jejího středu a od oblastí s intenzivní tvorbou hvězd, jež jsou zaplaveny vysokoenergetickým zářením.

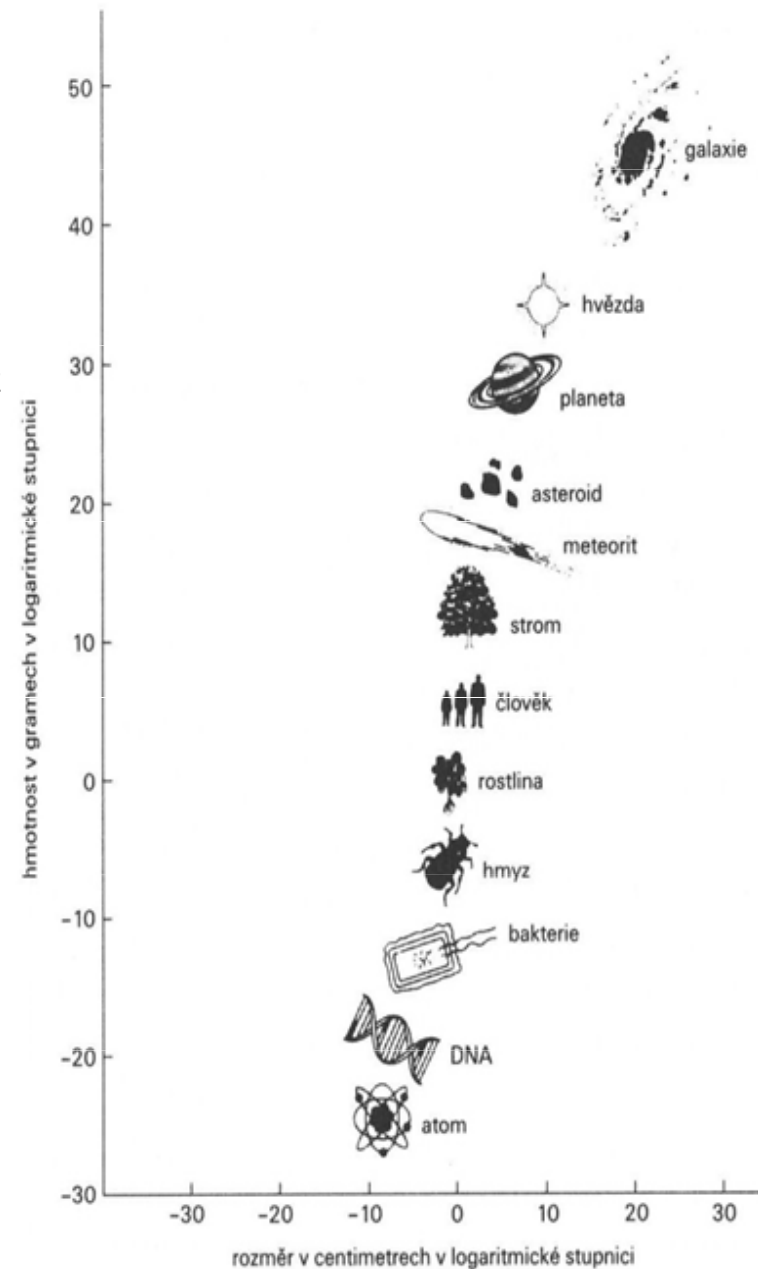
Teplota, záření --- „správná“ vzdálenost planety od Slunce, osamocené hvězdy -- stabilita orbity,

Magnetosféra, adekvátní velikosti pro g, sklon rotační osy - celoplanetární klima

Co je život ? --- křehká rovnováha

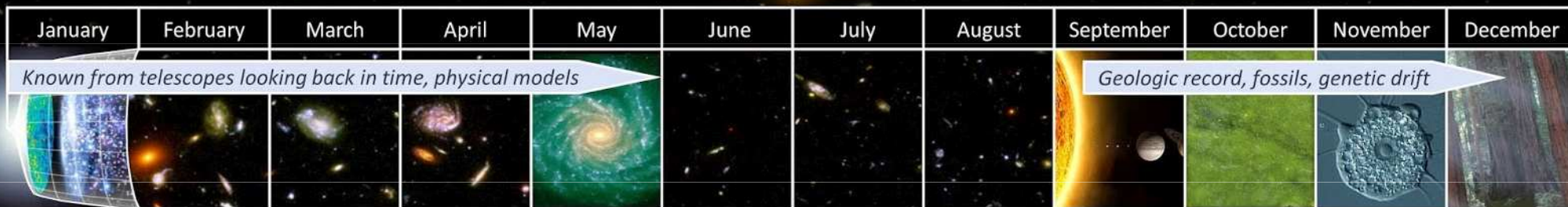
J. Segal říká:

*"... Úkolem živého těla je vlastně balancovat s tisícem holí.
Pokud se mu to podaří „ zůstává naživu. "*



The Cosmic Calendar

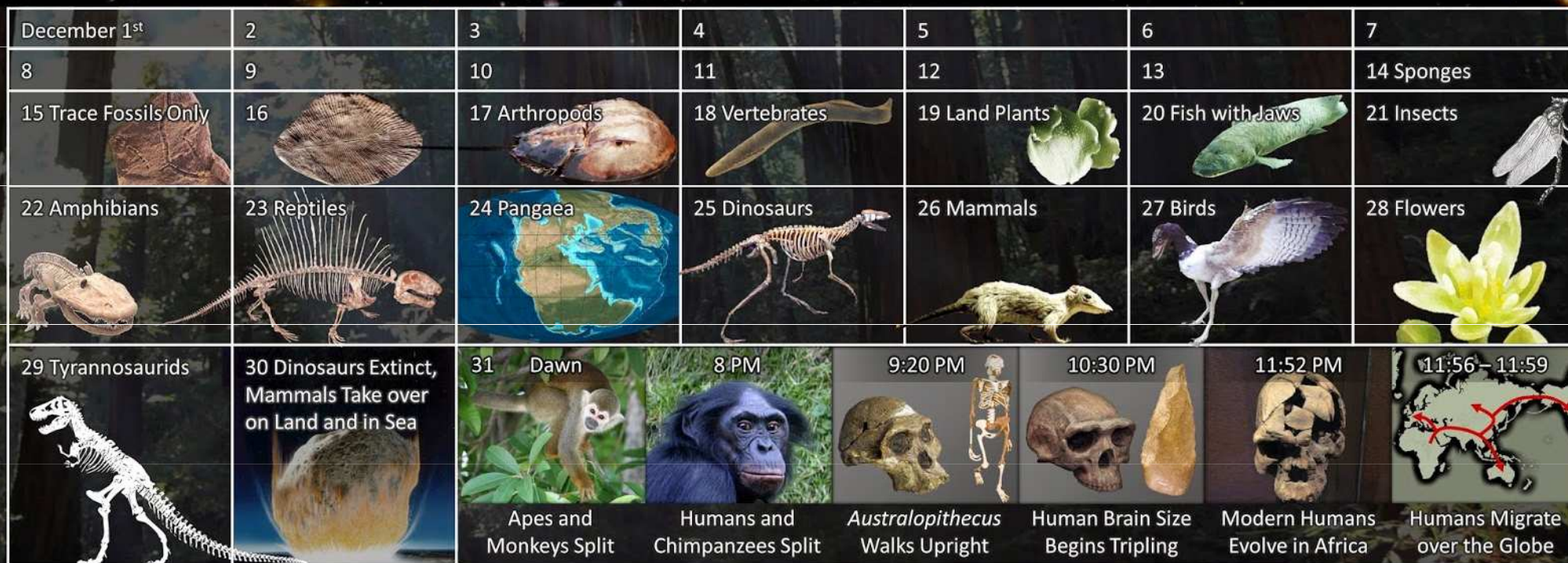
The 13.8 billion year history of the universe scaled down to a single year, where the Big Bang is January 1st at midnight, and right now is midnight 1 year later



The Big Bang, Stars Begin Fusing Elements

The Milky Way Thin Disk Forms

The Solar System, Life, Oxygen from Photosynthesis, Eukaryotic Cells



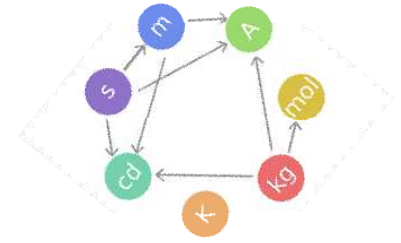
The final minute, where each cosmic second lasts 434 years



Přirozené jednotky - předtuchy k antropickému principu

George J. Stoney (1826–1911) e, G, c

Max Planck (1882–1961, Nobel. cena za fyziku 1946) h, G, c



$$m_{pl} = (hc/G)^{1/2} = 5,56 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

$$l_{pl} = (Gh/c^3)^{1/2} = 4,13 \cdot 10^{-33} \text{ cm}$$

$$t_{pl} = (Gh/c^5)^{1/2} = 1,38 \cdot 10^{-43} \text{ s}$$

„**univerzální konstanty**“ - stavební kameny teoretické fyziky.“

Klademe si otázky:

Jaký je skutečný smysl těchto konstant?

Jsou pouhým výtvořem mysli nebo mají fyzikální obsah nezávislý na lidské inteligenci?

Základní předpoklad Antropického principu:

fyzikální povaha pozorovaného vesmíru je určena několika základními konstantami:

rychlostí světla c ;

Planckovou konstantou h ;

gravitační konstantou G ;

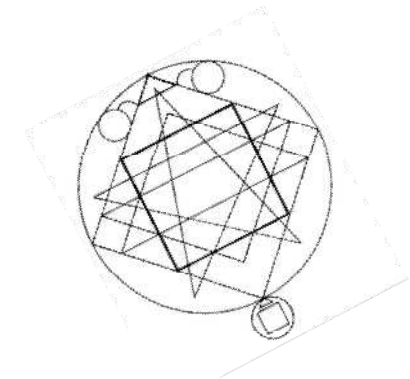
hmotností protonu m_p ;

hmotností elektronu m_e ;

elektrickým nábojem elektronu e ;

Hubbleovou konstantou H_0 ;

průměrnou hustotou vesmíru σ_0 .



Je to náhoda, že všechny univerzální konstanty jako G , e , h , ... jsou právě takové, aby se mohl vyvinout život?

1. Ano, určitě máme štěstí.
2. Ne, musí to tak být.
3. Možná trochu.

Odpověď je diskutabilní, nicméně shodou je, že:

2. Ne.

Pouze ve vesmíru s „životodárnými“ konstantami můžeme konstanty pozorovat. Jiné vesmíry nebyly zatím zjištěny.

Toto je stručně antropický princip.

Poprvé vysloven B. Carterem v roce 1973.

Dáme-li některé z těchto konstant do vzájemného poměru tak, aby vznikla bezrozměrná čísla, tato čísla mají řády přibližně 10^0 nebo 10^{40} nebo 10^{80} .

Např.

poměr **elektromagnetické síly** k síle **gravitační** je řádu 10^{40} ,

poměr **poloměru vesmíru** k **poloměru protonu** je řádu 10^{40} ,

poměr **hmotnosti vesmíru** k **hmotnosti protonu** je řádu 10^{80} .

Zjištění (**koincidence velkých čísel**) vedlo k tomu, že fyzikové začali hledat hlubší vysvětlení vztahu mezi těmito poměry a tím, jak vesmír vypadá.

Paul Dirac roku 1937 zveřejnil teorii, podle níž by tyto koincidence měly platit nejen pro současný vesmír, ale i pro vesmír v minulosti a v budoucnosti. Ovšem podle této teorie by se pak musely některé konstanty (např. gravitační konstanta) měnit s časem.

Proti této tezi v roce 1961 vystoupil Dicke, podle něhož se konstanty s časem nemění, ale mění se jen zmíněné koincidence. Koincidence v našem vesmíru platí, takže umožňují (či připouštějí) existenci inteligentního pozorovatele.

Zmíněné konstanty mají zásadní vliv na to, jaký charakter budou mít základní interakce, mezi nimiž musí existovat určitá proporce, která umožňuje existenci vesmíru v takovém stavu, **aby byl možný život**.

Cesta k současné formulaci Antropického principu

Kosmické koincidence

Carterovo vysvětlení koincidencí (Krakow 1973)

Modely Vesmíru

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} \approx 10^{-2}$$

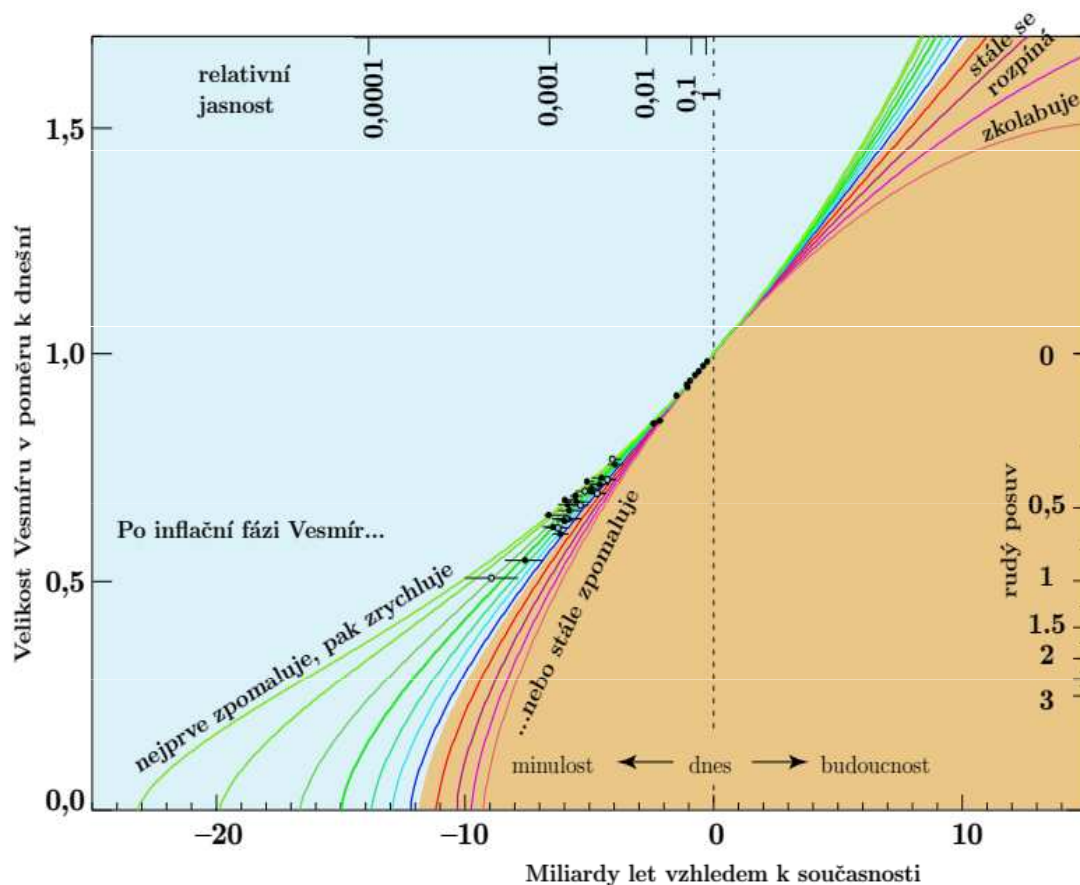
$$\frac{m_p}{m_e} \approx 10^{-3}$$

$$N_1 = \frac{e^2}{Gm_e m_p} \approx 10^{40}$$

$$N_2 = \frac{c / H_0}{h_e / 2\pi m_p c} \approx 10^{40}$$

$$N_3 = \frac{\rho_0 c / H_0^3}{3m_p} \approx 10^{80}$$

$$N_3 \approx N_1^2 \approx N_2^2$$



Antropický princip

Je Vesmír uzpůsoben pro naši existenci?

Nový termín (Carter 1973), stará otázka

William Paley (1743-1806)

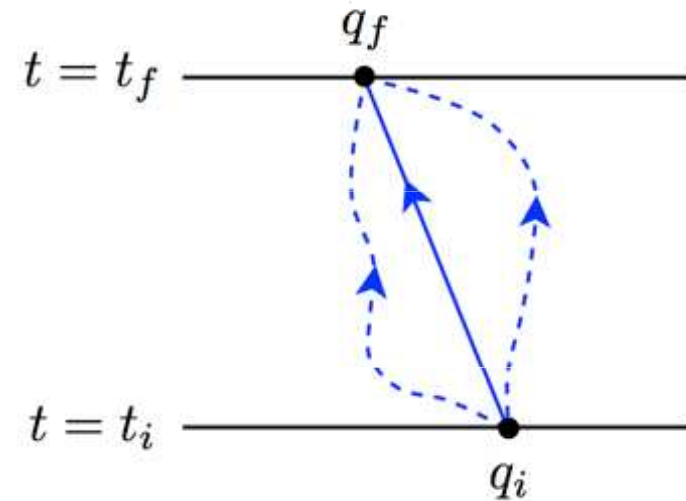
„Když půjdu po polní cestě a najdu na ní krásné zlaté hodinky, možná nevím, komu patřily, ale jedna věc je jistá. Musel být hodinář, který je vytvořil.“

Účelnost v přírodě, hlavní argumenty z biologie

Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759)

Hospodárnost přírody, nejmenší akce

Variační principy, hlavní argumenty z matematické fyziky



$$L = T - V$$

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} L(q_j, \dot{q}_j, t) = 0$$

Dvě základní verze AP

Slabá verze (WAP) - „pozorované hodnoty fyzikálních veličin nejsou stejně pravděpodobné, ale nabývají jen takových hodnot, které umožňují vznik míst ve vesmíru, ve kterých může vzniknout život založený na uhlíku a udržet se po dostatečně dlouhou dobu.“ (B. Carter, 1973)

Rozšíření slabé verze - Existuje silné omezení na možné hodnoty základních konstant fyziky v našem vesmíru, princip má smysl pokud uvažujeme varianty mnohovesmíru, kde každý vesmír má své zákony a konstanty (B. Carter)

Silná verze (SAP) - vesmír musí mít takové parametry, aby vedl k existenci inteligentního pozorovatele v některém ze stádií svého vývoje. (Barrow, Tipler: Cosmological anthropic principle).



„do základů vesmíru byly vloženy právě takové specifické informace, aby v něm zákonitě inteligentní život vzniknout musel“.

Vesmírné vyladění

Vesmír, v kterém žijeme, se hodí právě pro život, jak jej známe.

Např. kdyby síla gravitace byla o něco větší, byly by hvězdy menší. Využívaly by své jaderné palivo rychleji a vyhořely by dříve, než by se komplexní formy života lidí stihly vyvinout.

Antropický princip říká, že můžeme své existence využít k tomu, abychom předpověděli důležitost některých vlastností vesmíru! (např. síla gravitace.) Astronom Fred Hoyle použil tento argument v 50. letech 20. stol. k tomu, aby předpověděl určité vlastnosti jader atomů uhlíku, protože náš život závisí na uhlíku a bez těch vlastností by se uhlík nemohl tvořit v nitru hvězd a my bychom neexistovali.

Hoyleova předpověď byla později potvrzena experimentálně.

Otázkou pak je, proč vesmír (goldilock) právě takto vyladěn.

Někteří lidé se domnívají, že vesmír byl stvořen pro nás.

Jiní se pak domnívají, že musí existovat spousta vesmírů a že život existuje jen v takových, jako je náš.

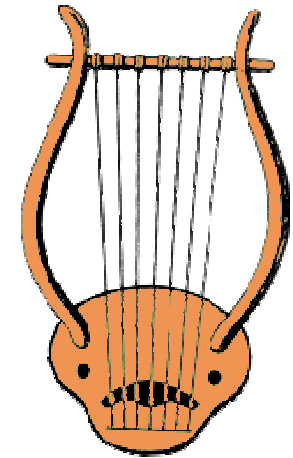
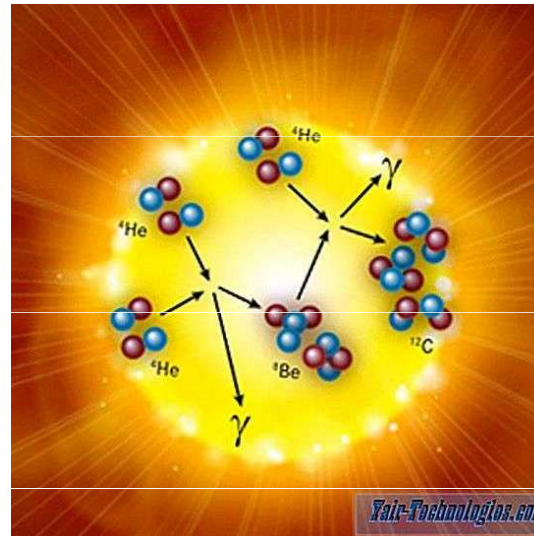
Proč jsou přírodní konstanty takové, jaké jsou?



Fred Hoyle a jeho předpověď excitovaného stavu uhlíku

→ (tvoření uhlíku ve hvězdách) r.1954

helium + helium → berylium.
beryllium + helium → uhlík?
uhlík + helium → kyslík.



Konstanta jemné struktury :

jedna z fundamentálních konstant, popisuje intenzitu elmg interakce. Lze ji zapsat jako kombinaci α .

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c 4\pi\epsilon_0} = \frac{e^2 c \mu_0}{2h} = 7.297352570(5) \times 10^{-3} = \frac{1}{137.035999070(98)}$$

Hodnota konstanty jemné struktury je přibližně 1/137.

Dnes udávaná hodnota je $(7,297\ 352\ 537\ 6 \pm 0,000\ 000\ 005\ 0) \times 10^{-3}$.

Delikátní vyvážení --- změna na 5. desetinném místě → nemohly by existovat atomy

Antropický princip a logika

$$((P \rightarrow Q) \wedge P) \rightarrow Q$$

Speciální případ užití modus ponens

ukázka:

P Je čtvrtek.

Q Jan chodí do knihkupectví .

P Existují myslící bytosti .

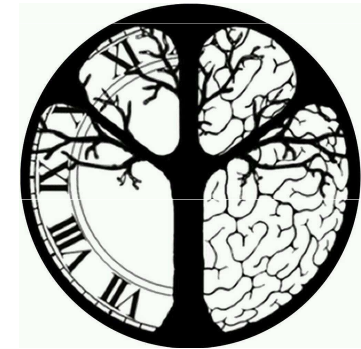
Q Vesmírný prostor má křivost zhruba rovnou nule.

P Existence myslících bytostí ve vesmíru je nutná

Q Naše civilizace není jediná

Popperovský problém

Vědecké = testovatelné – je AP testovatelný?

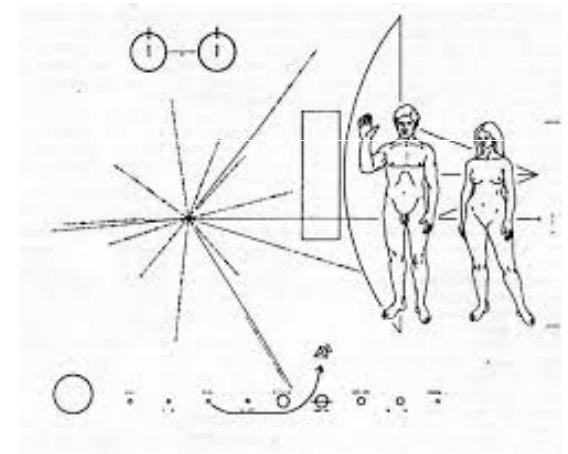


Výsledky Antropického principu - úvahy:

Od naší (nepopíratelné) existence lze dojít k objevným závěrům týkajících se Vesmíru

Příklady:

- Výběr kosmologického modelu (kdyby již nebyl znám)
- Existence speciálních energetických hladin v atomových jádrech (Hoyle 1954, Epebaum 2011)

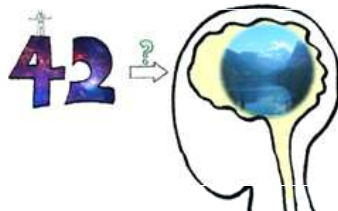


Problém “vzácnosti”

- Hodnoty parametrů kosmologických modelů a fyzikálních konstant umožňující naši existenci leží v úzkých intervalech – jemné vyladění

A co z toho plyne?

- Otázka zůstává otevřena
- Mnohost světů
- Hlubší základní princip
- Smysl existence Vesmíru



A co to vědomí a duše?

Jiné varianty antropického principu

Změna přístupu vědců k otázce vědomí – kvantová fyzika, počítače

Další varianty AP

Finální princip:

Komplexita na úrovni potřebné pro život, je-li jednou dosažena, bude existovat navždy.
(Tipler)

Účastnický princip:

Podle Kodaňského výkladu kvantové teorie jev neexistuje, dokud není pozorován,
pozorovatel je tedy potřebný, aby dal vesmíru smysl. (Wheeler)

Planckovo hledání reality

Rostoucí rozdíl mezi fyzikálním obrazem světa a světem našich smyslů neznámá nic jiného než to, že se postupně přibližujeme k reálnému světu.

Max Planck



KONEC CENOK KECNO

27



1. Zkuste se sami zamyslet a zformulovat, co podle Vás je antropický princip?
2. Jakými argumenty byste podpořili slabý antropický princip?
3. Jaké argumenty byste použili proti slabému antropickému principu?
4. Co z toho by bylo použitelné i pro silný antropický princip?
5. Jak víme, že hodnoty konstant a tvary zákonů se v čase téměř nemění? Lze toto tvrzení nějak experimentálně (pozorováním) podložit?
10. Myslíte si, že antropický princip je vědecká metoda?
11. Zastáváte nějakou verzi antropického principu? Proč?

Výpočty koincidence a „zvláštních jednotek“

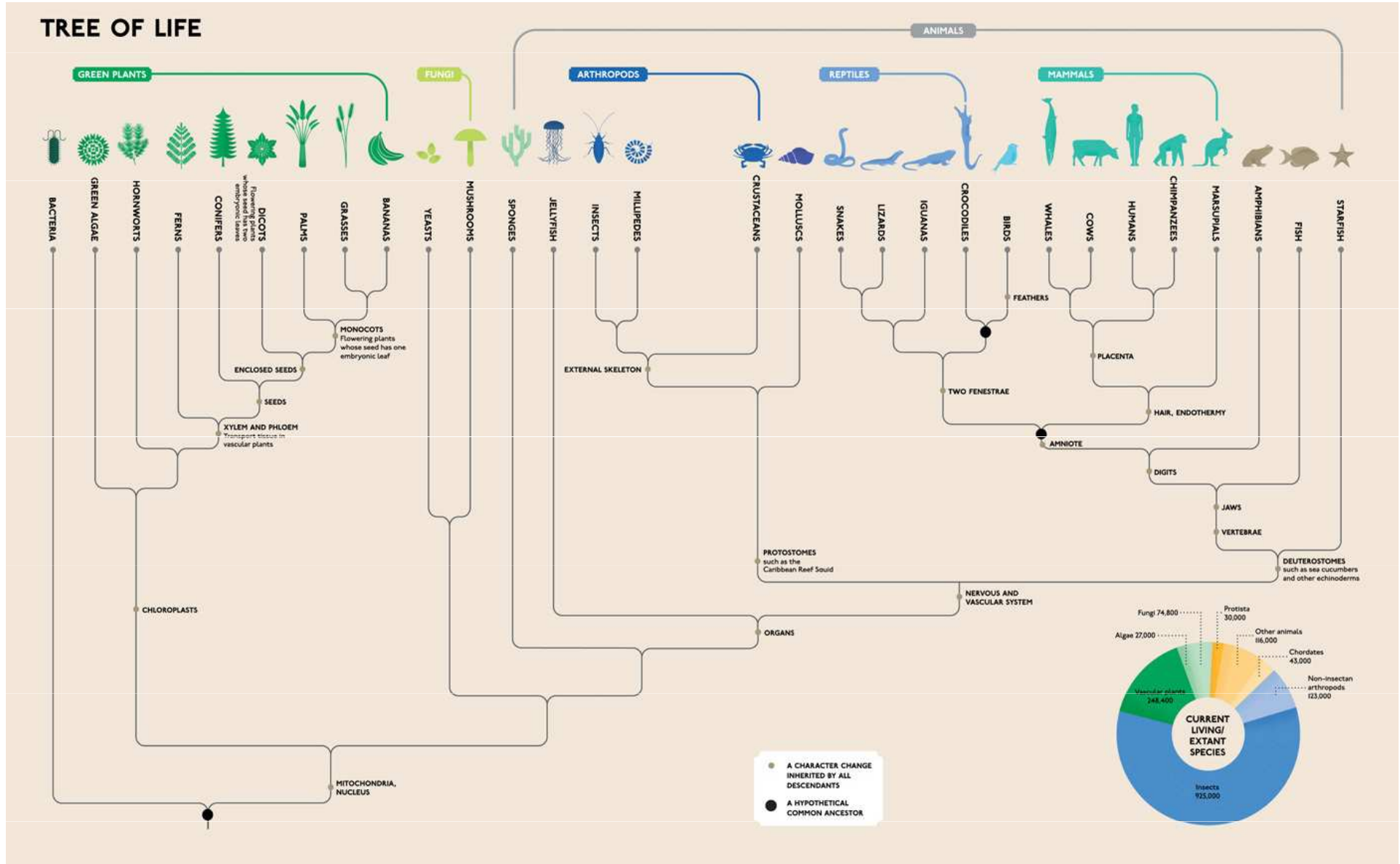
1. Vypočítejte poměr poloměru vesmíru k poloměru protonu. Diskutujte o tom, jak je možné měřit (nebo odhadovat) poloměr vesmíru a jaký tvar má vlastně proton? Lze změřit jeho poloměr?

Poloměr vesmíru je přibližně $1,016 \cdot 10^{25}$ m, poloměr protonu asi 0,805 fm, což je $0,805 \cdot 10^{-15}$ m.

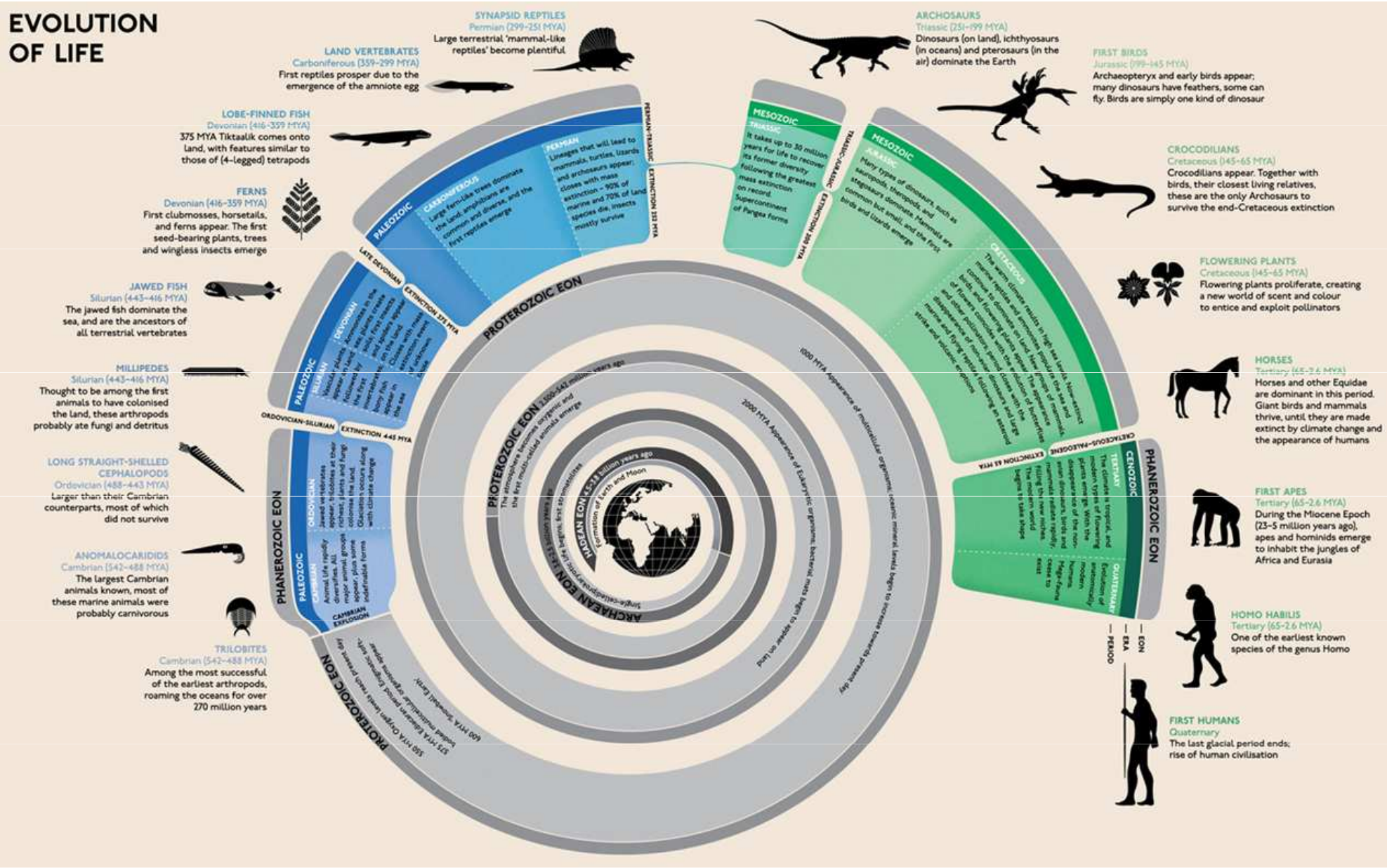
2. Vypočítejte poměr mezi druhou mocninou rychlosti světla násobenou poloměrem protonu a součinem gravitační konstanty s hmotností protonu. Ověřte jednotkovou zkouškou, zda se jedná o bezrozměrné číslo.

3. Určete Planckovu délku a čas – ze základních kosmologických konstant – h , c , G . Nápoděda: Napište si jednotky konstant a vytvořte takovou jejich kombinaci, která bude mít výsledný rozměr metr respektive sekunda. Co tyto jednotky ohraničují? Jaký by mohl být jejich význam?

Pomocné informace



EVOLUTION OF LIFE



Vznik vesmíru

Velký třesk před cca 13,7 miliardami roků

po jedné sekundě 10^{10} K – neutrony +

protony + elektrony

primárně vznikly prakticky pouze

1H (cca 75 %)

4He (cca 25 %)

2H (stopy)

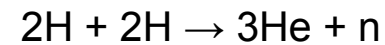
I v současné době je ve vesmíru jako celku

cca 99,9 % hmoty 1H + 4He

Vznik hvězd

Shlukování hmoty (1H + 4He) a gravitační
smrštění vedoucí k extrémnímu růstu tlaku
i teploty

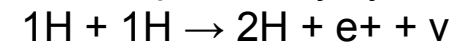
Po dosažení teploty 10⁷ K začátek jaderné
reakce, vodíkové hoření



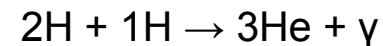
proton-protonový cyklus

stabilizace hvězdy

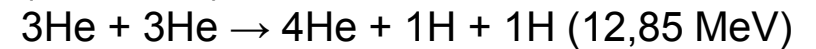
Proton-protonový cyklus



(1,44 MeV)



(5,49 MeV)



Souhrnně



(26,72 MeV)

ztráta 0,7 % hmoty

CNO cyklus

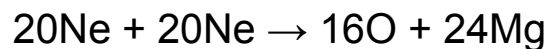
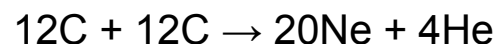
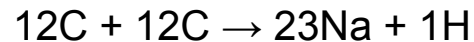
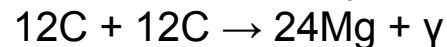
CNO cyklus souhrnně probíhá obdobně jako p-p cyklus (uvolní se stejné množství energie), sled reakcí je složitější a musí být přítomen ^{12}C jako katalyzátor opět vzniká 4He ze čtyř jader 1H

Heliové hoření



postupně vzniká až malé množství 40Ca

Uhlíkové hoření a proces α



postupně vzniká až malé množství 40Ca

Vznik těžkých prvků

Řada dalších procesů ve fázi rudého obra a krátce před výbuchem novy nebo supernovy, vznik prvků až po uran, hlavně nejstabilnějších jader kolem ^{56}Fe , prvky rozptýleny při výbuchu do okolí

Sluneční soustava

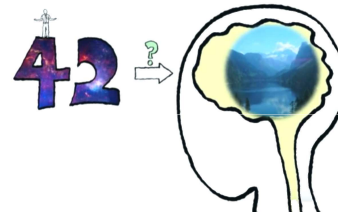
Při vzniku (před 4,6 miliardou let) již byly k dispozici těžké prvky z výbuchů předešlých generací hvězd, proto na Zemi i na Slunci jsou i těžké prvky

Těžké prvky stále vznikají

Spektrální důkaz přítomnosti Tc (nejstálejší izotop ^{99}Tc má poločas rozpadu $2,14 \cdot 10^3$ let) na hvězdách

Jsou možnosti fyziky (obecněji přírodních věd) poznávat zásadně ohraničené?

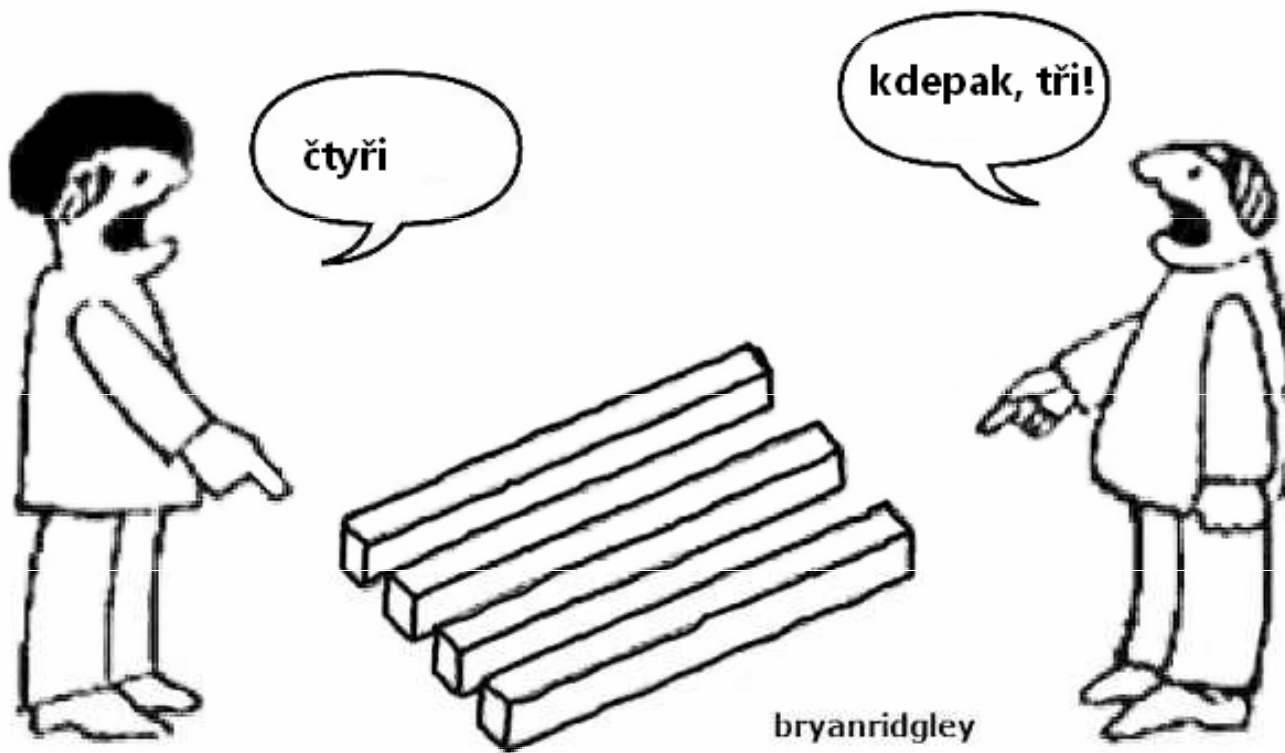
Smysl existence Vesmíru?



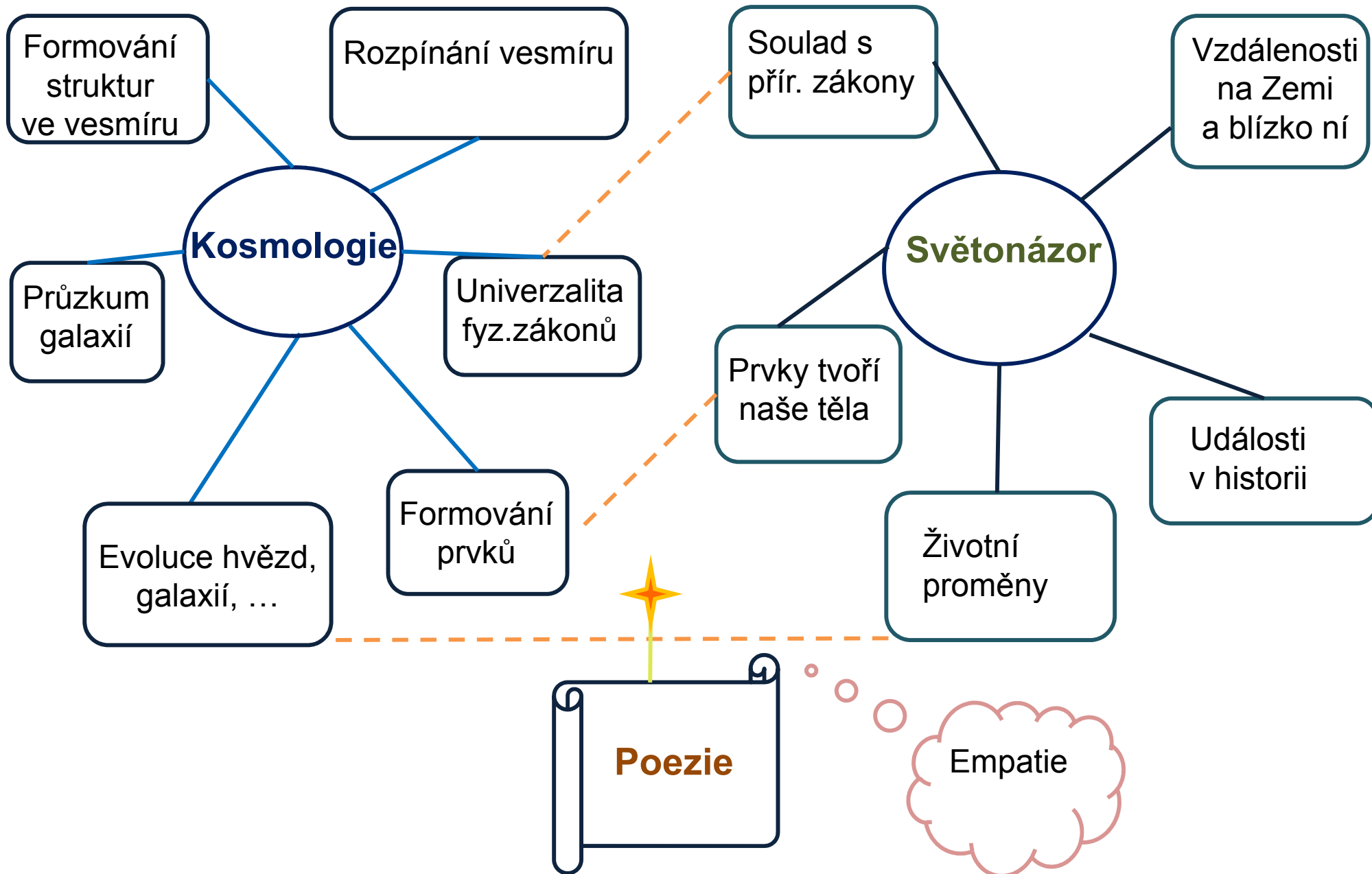
Nejvyšší cíl fyziky:

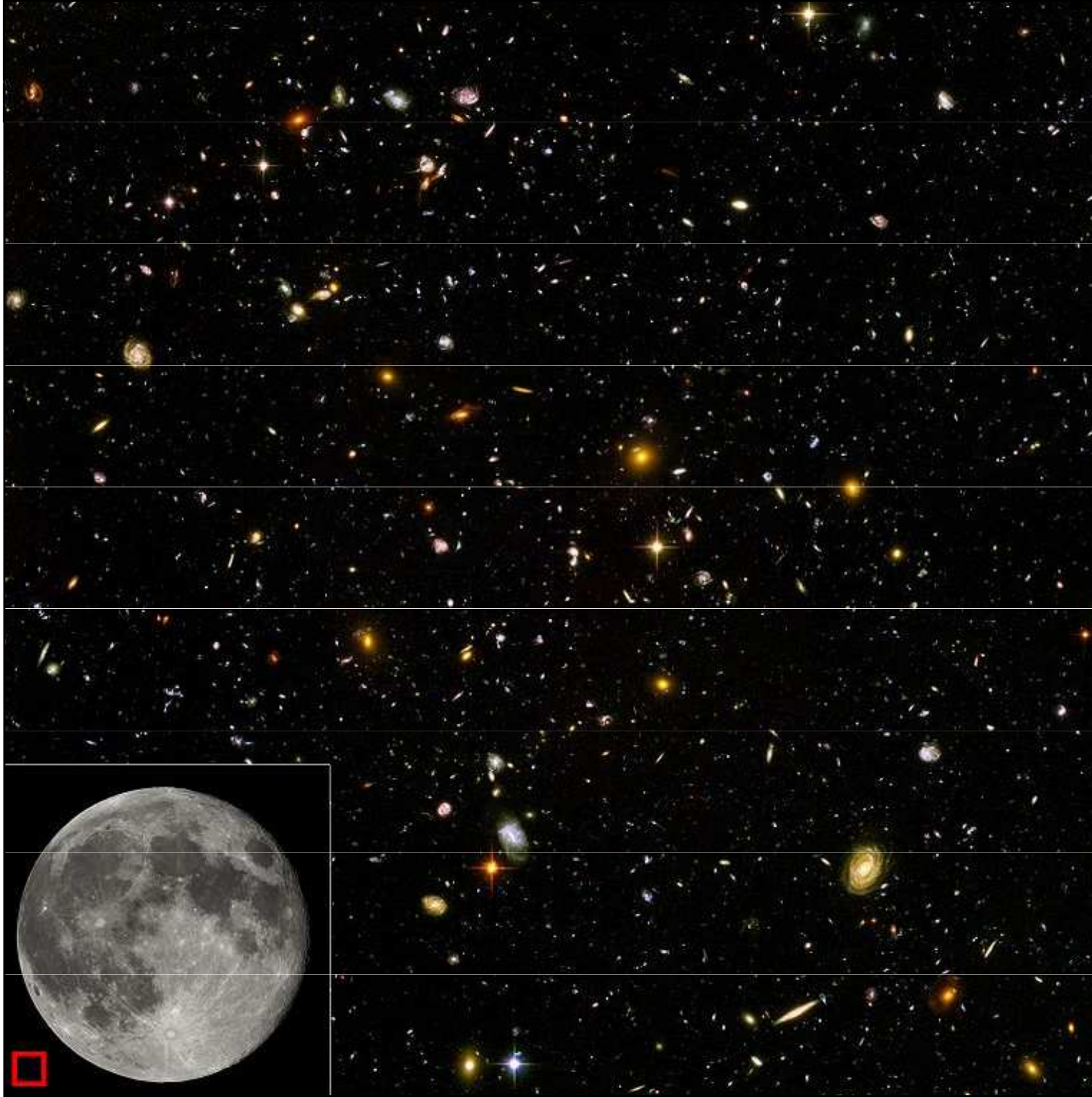
Hledání univerzální teorie.

Zahrne odpověď na předchozí otázky?



bryanridgley





Hubbleovo ultra hluboké pole zobrazuje mnoho galaxií, z nichž každá se skládá z miliard hvězd.

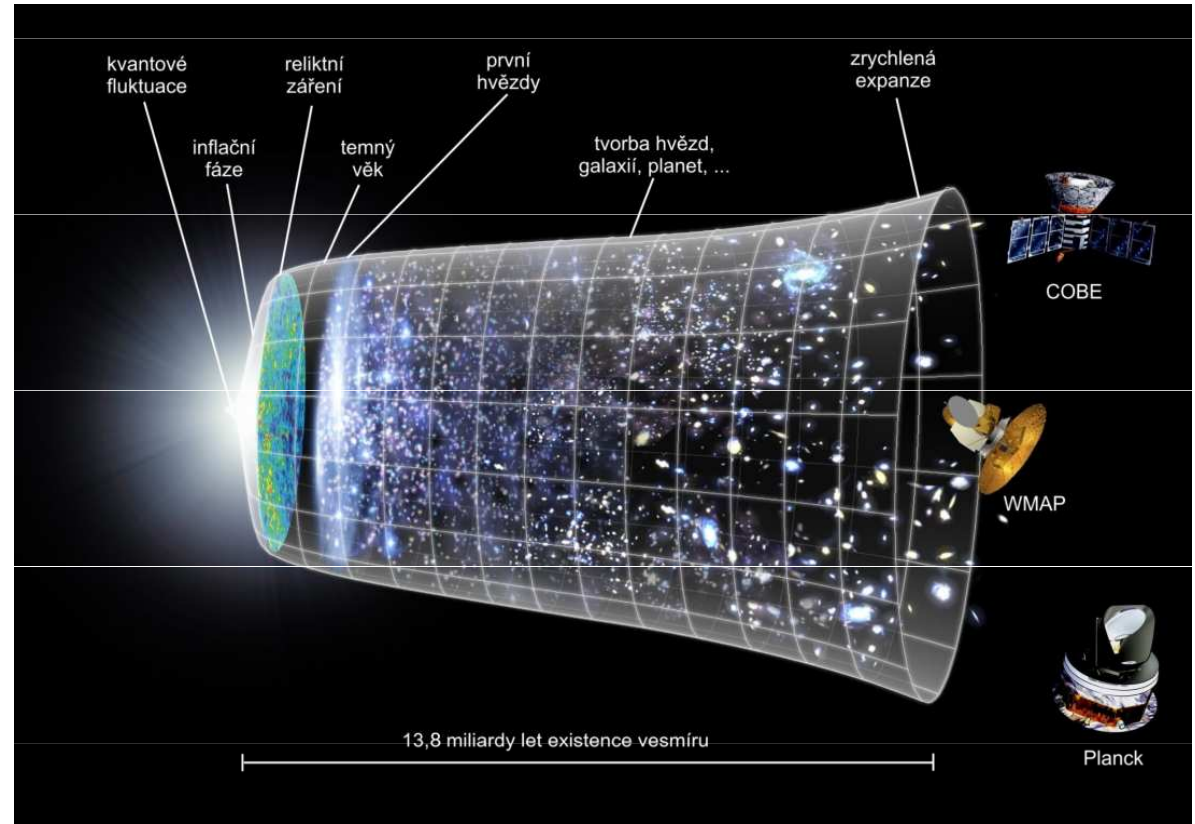
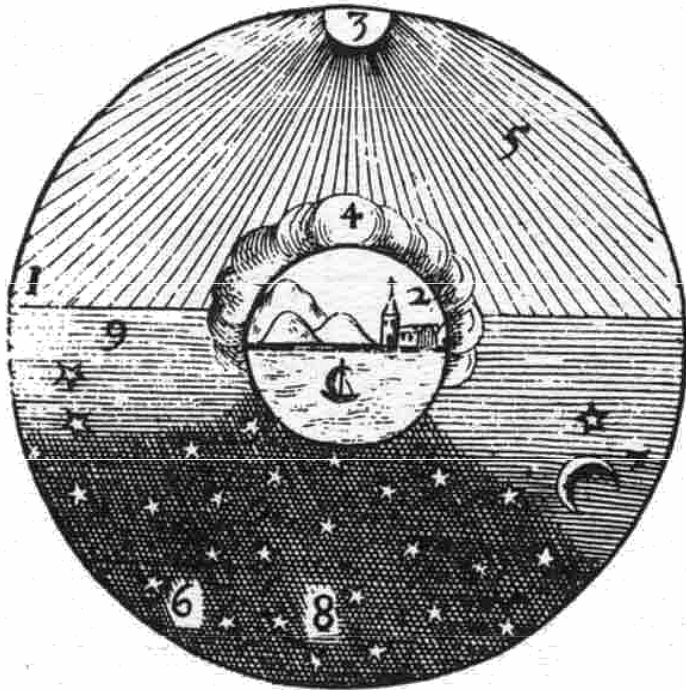
Ekvivalentní oblast oblohy, jakou zabírá obrázek, je zobrazena v levém dolním rohu.

Nejmenší, nejčervenější galaxie, kterých je přibližně 100, jsou ty nejvzdálenější, jaké optický dalekohled kdy zachytil a které existovaly již krátce po velkém třesku.

Světlou barvu mají mladší galaxie (k těm patří i naše Galaxie).

I. Most mezi humanitními a přírodními vědami

Vesmír i jeho poznávání mají dějiny



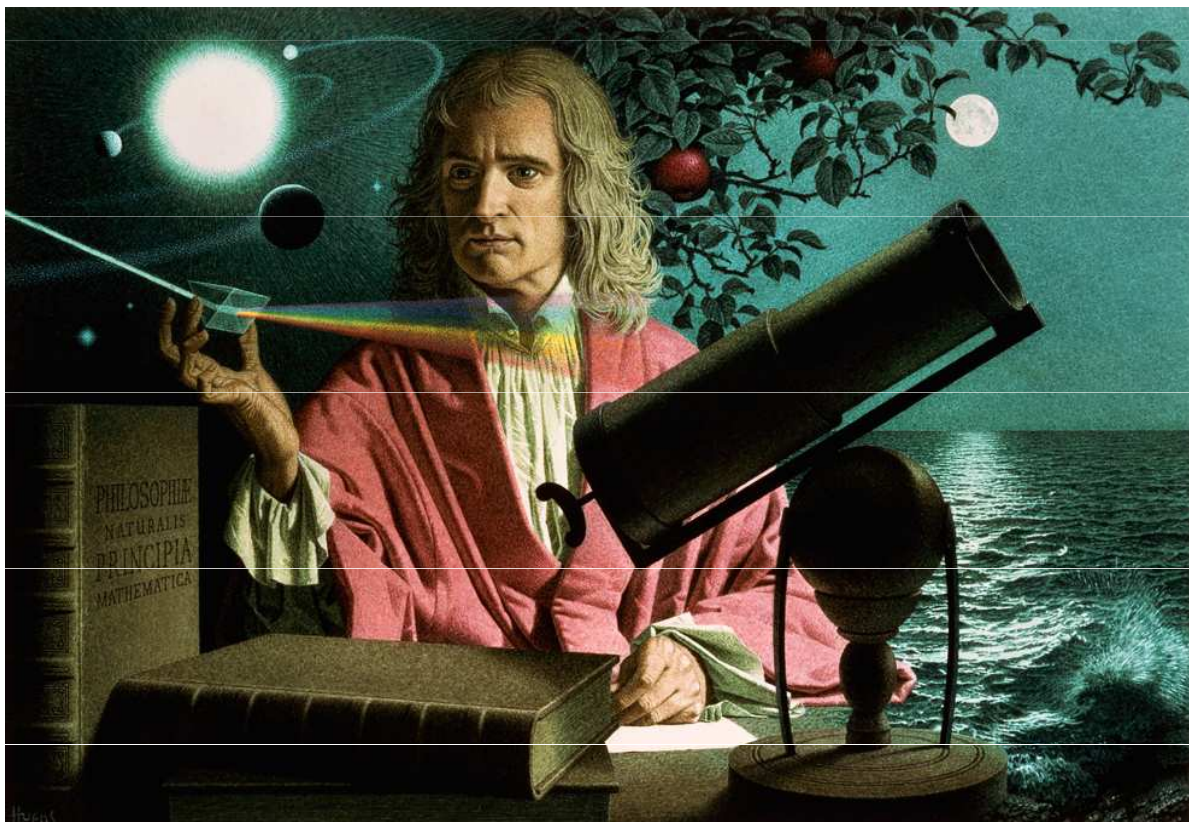
Vesmír

před $13,798 \pm 0,037$ miliardami let

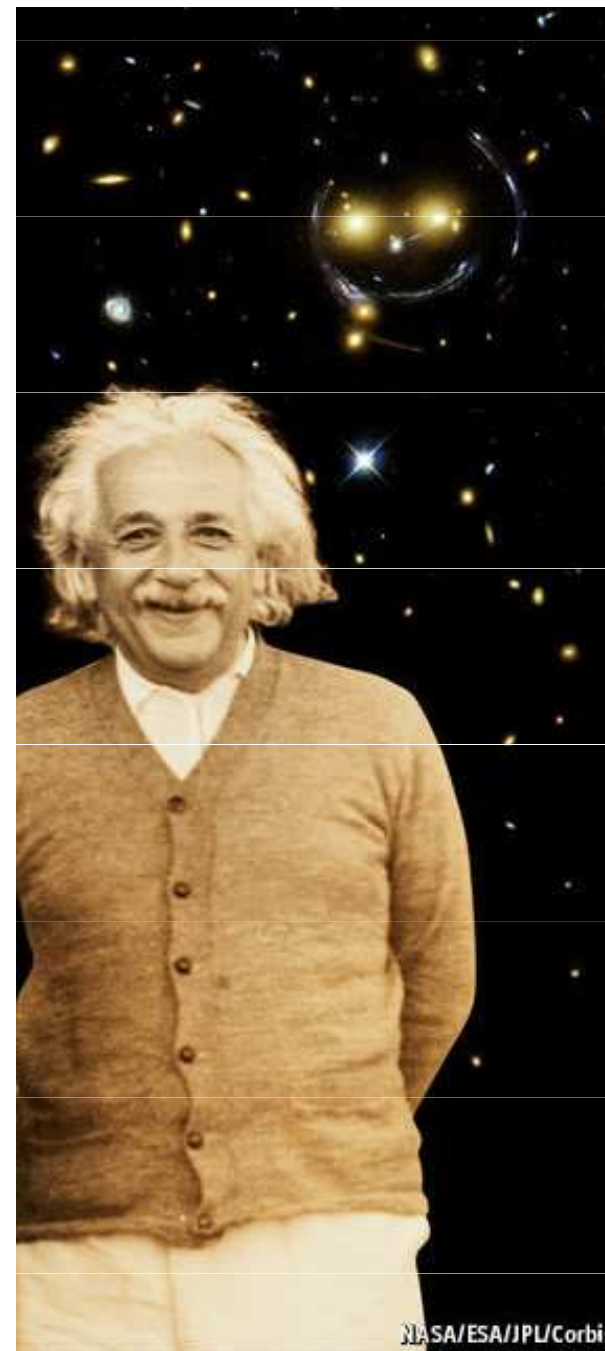
Člověk moudrý před 400 000 až 250 000 lety



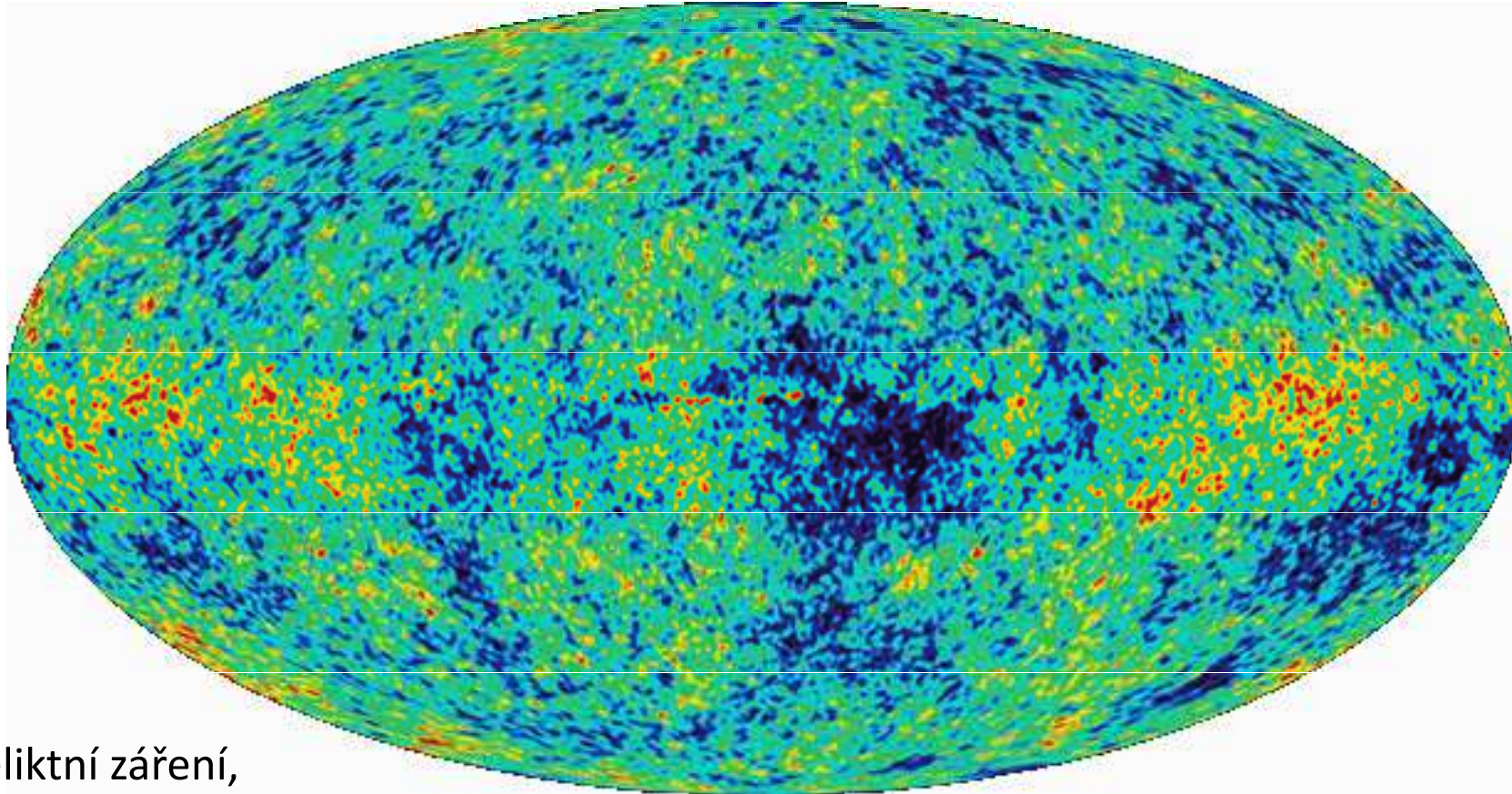
II. Jednota poznání



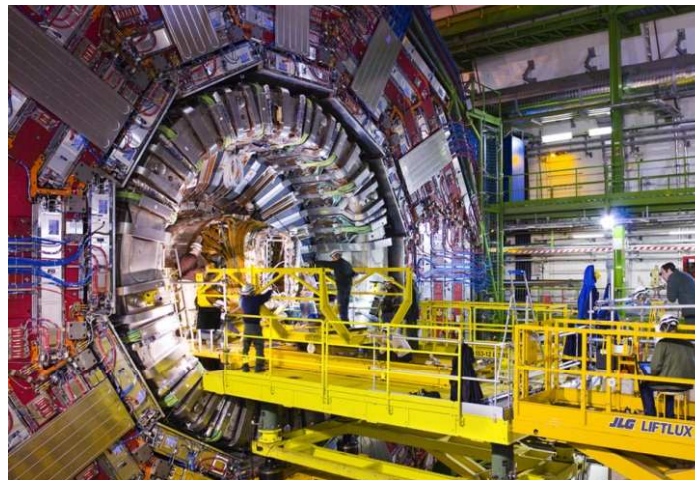
Jednota světa a poznání,
zákony objevené na zemi
platí i ve Vesmíru



II. Jednota poznání

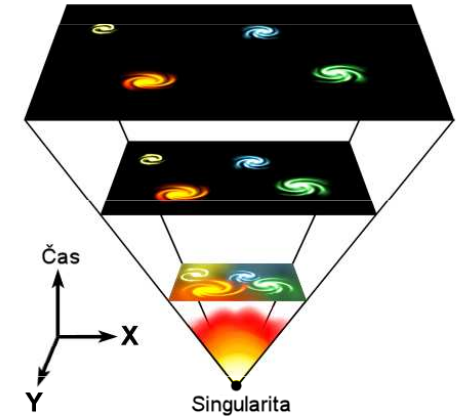
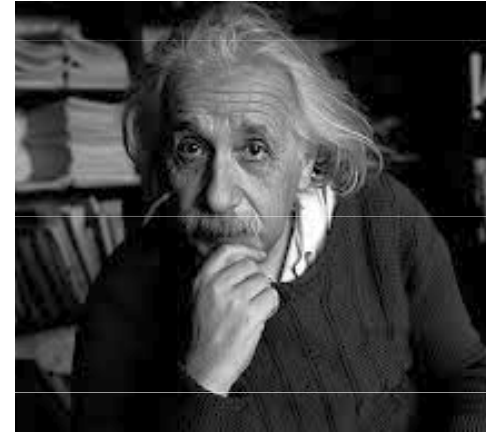


Reliktní záření,
raný Vesmír,
výzkum v CERN



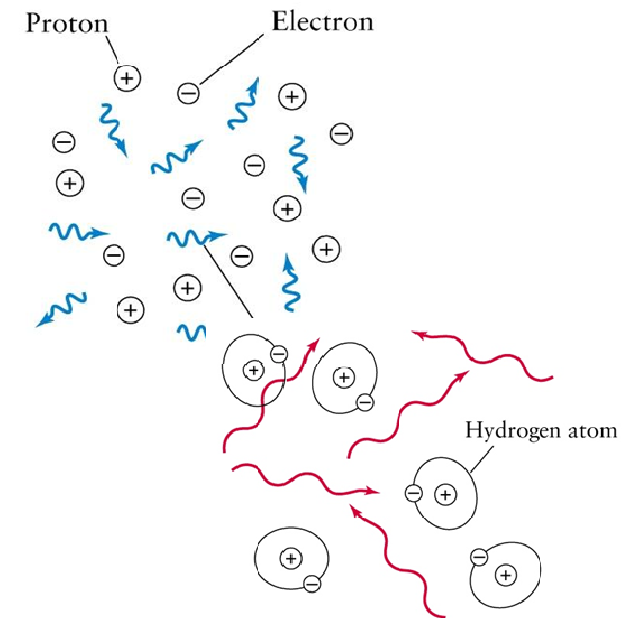
III. Vzestup poznání

- První etapa kosmologie -teorie
- Stěžejní role gravitace,
- Homogenita a isotropie
- Kosmologické modely



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- Druhá etapa kosmologie – detaily dění
- Vznik prvků ve vesmíru.
- Světlo jako dominantní faktor v raném vesmíru.
- Reliktní záření, odtržení světla od látky,



b After recombination

III. Vzestup poznání v kosmologii

Zpřesňování



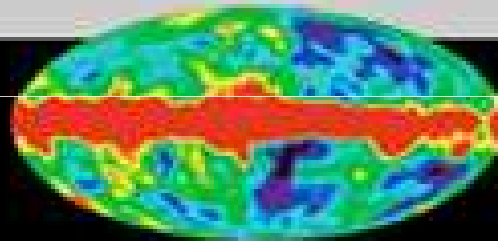
1965



Penzias a Wilson

objev šumu z konce
Velkého třesku

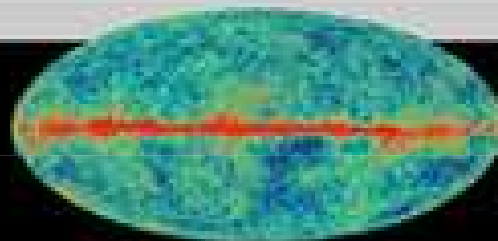
1989/1992



COBE

jde o záření černého tělesa $T = 2,73$ K
objev fluktuací (anizotropie)
 $\Delta T = 30 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 7^\circ$

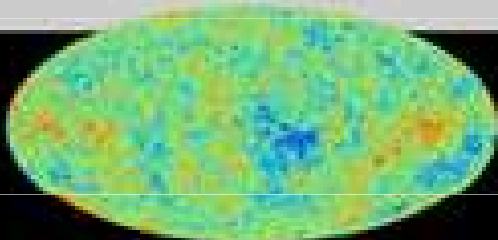
2001/2003



WMAP

stanovení základních
parametrů Vesmíru
 $\Delta T = 20 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 15^\circ$

2009/2011

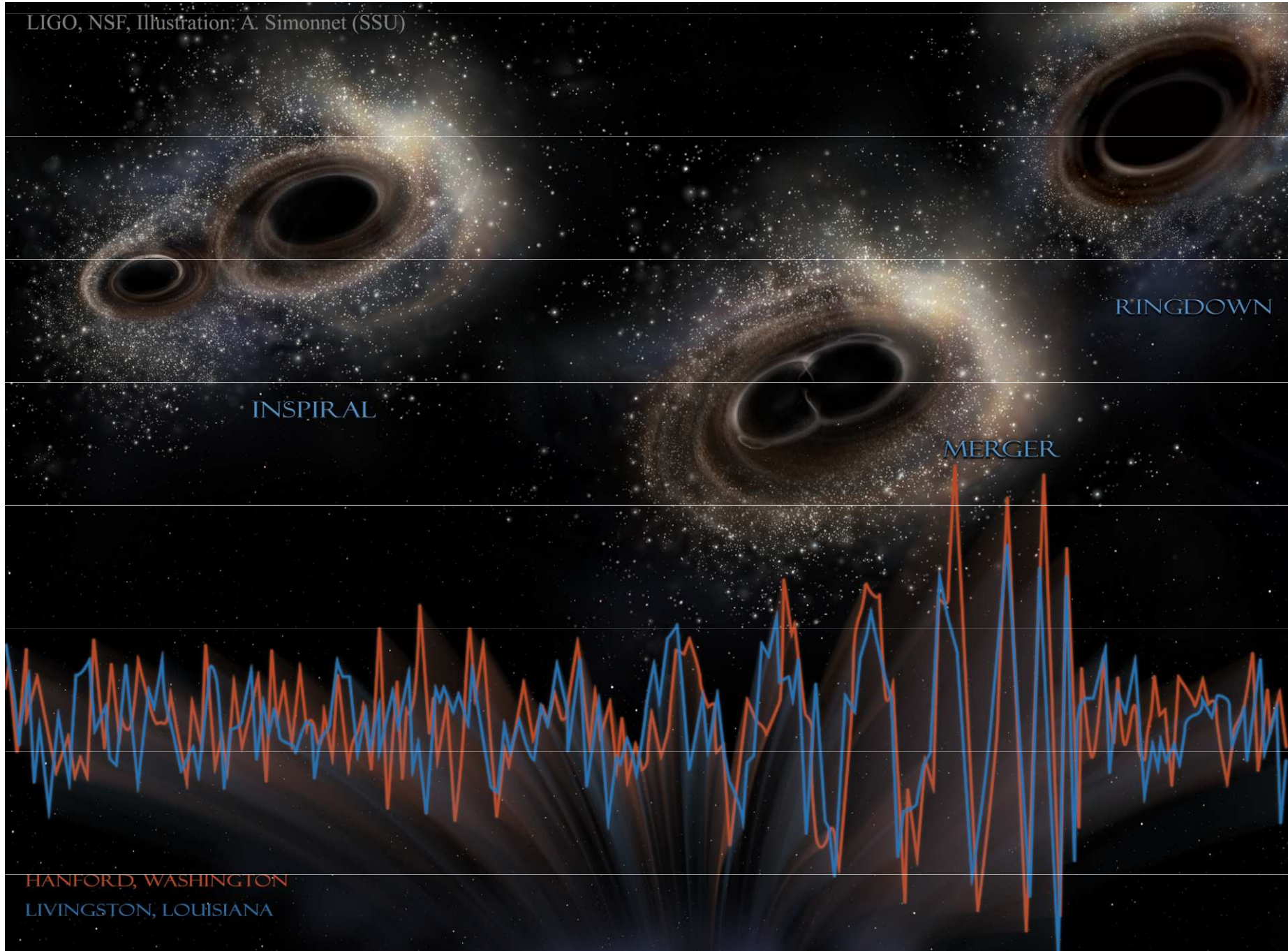


Planck

$\Delta T = 2 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 5^\circ$

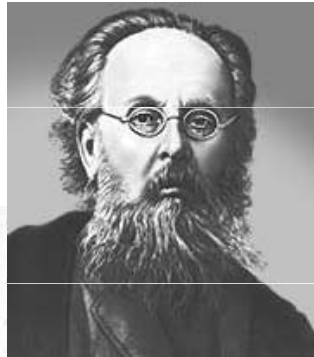
III. Vzestup poznání v kosmologii

GRAVITAČNÍ VLNY

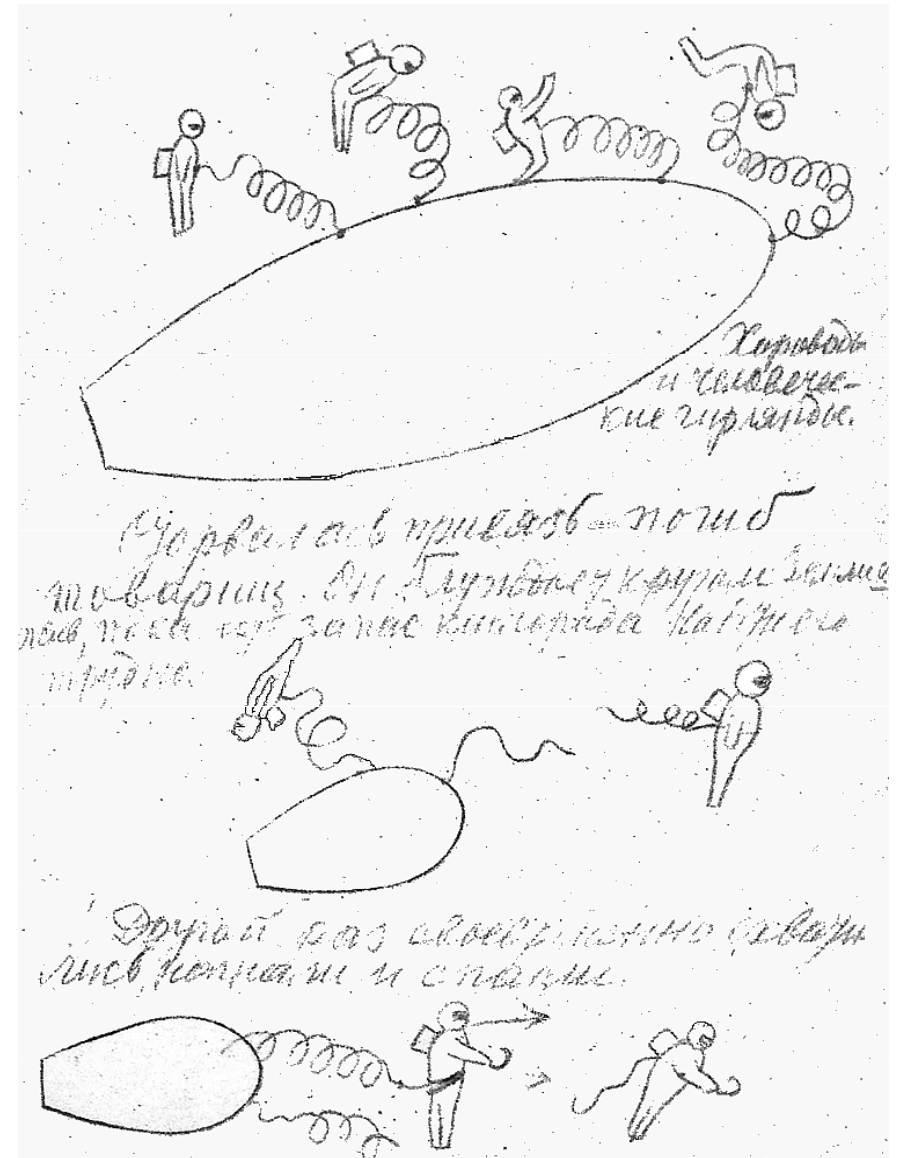
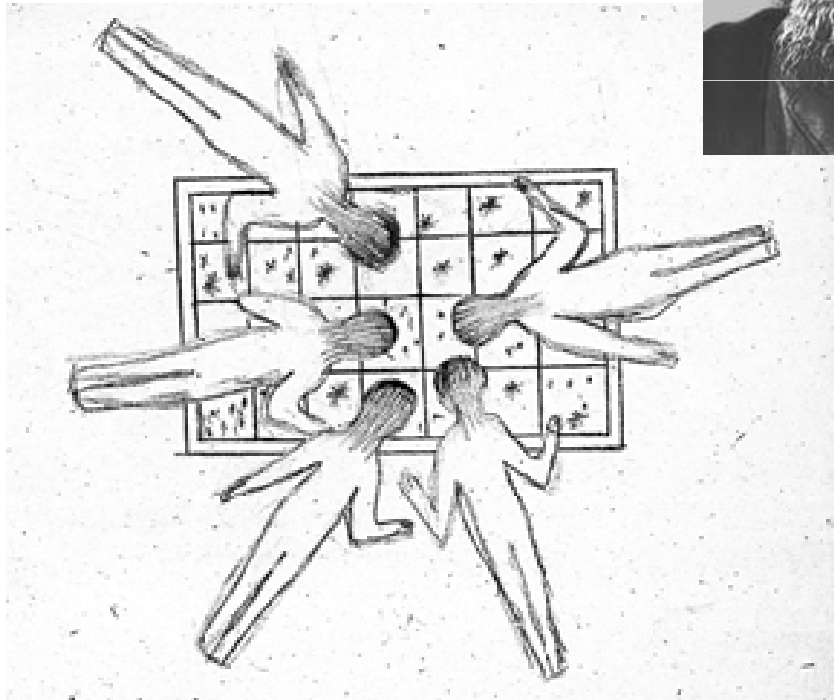


IV. Pozoruhodné osobnosti tvůrců kosmologie

- K.E. Ciolkovskij vizionář
otec kosmonautiky, filozof kosmismu



1900



„Naše planeta je kolébkou rozumu, ale není možné věčně žít v kolébce“

IV. pozoruhodné osobnosti tvůrců kosmologie



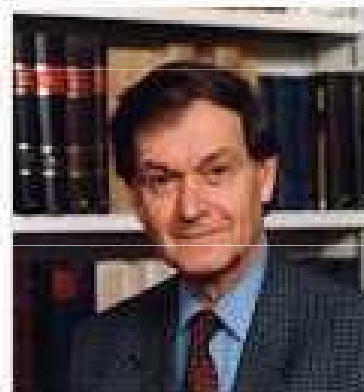
Alan Guth



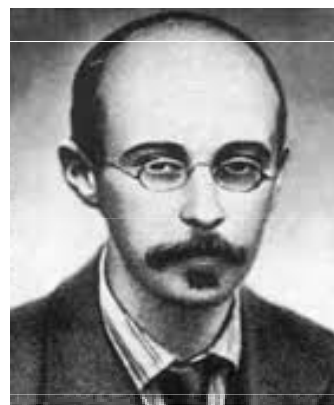
Stephen
Hawking



George
Gamow



Roger Penrose



A.A.Fridman

Závěr

