

Kosmologické kapitoly

Jan Novotný, Jindřiška Svobodová
Pedagogická fakulta
Masarykova universita, Brno,

Kosmologie - věda o vesmíru jako celku

Základní kosmologické otázky:

- jaká je struktura kosmu
- jak vznikl, jak se vyvíjí a jaká bude jeho budoucnost)
- z čeho je složen
- jak je stár a velký

Vývoj kosmolog.představ:

cesta od fantazií a spekulací k ověřeným poznatkům

Zformulování Einsteinovy teorie gravitace a propojení s fyzikou učinilo z kosmologie vědu - zvláštní povaha ověřování(1 vesmír a známe jen jeho malou část)

Dnes moderní věda opřena o relevantní pozorování

Východisko kosmologie

vesmír je popsitelný na úrovni základních fyzikálních zákonů (?)

Platnost zákonů se ověřuje ze signálů z vesmíru a v pozemských laboratořích (?)

Metody kosmologie

tvorba matematických modelů vesmíru, předpovědi a srovnání s pozorováním

Motivace

Nový kurz koncipovaný pro učitelská studia, modernizace obsahu přednášky i formy

Studijní opory: skripta, vidozáznamy, přednášky hostů, aktivizace

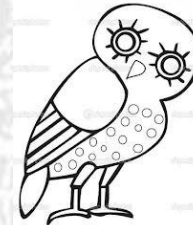
Výzkum: jaké předpoklady studenti potřebují pro kosmologii , jaké miskoncepce se objevují u veřejnosti v kosmologických tématech



ODPOVĚDNÍK

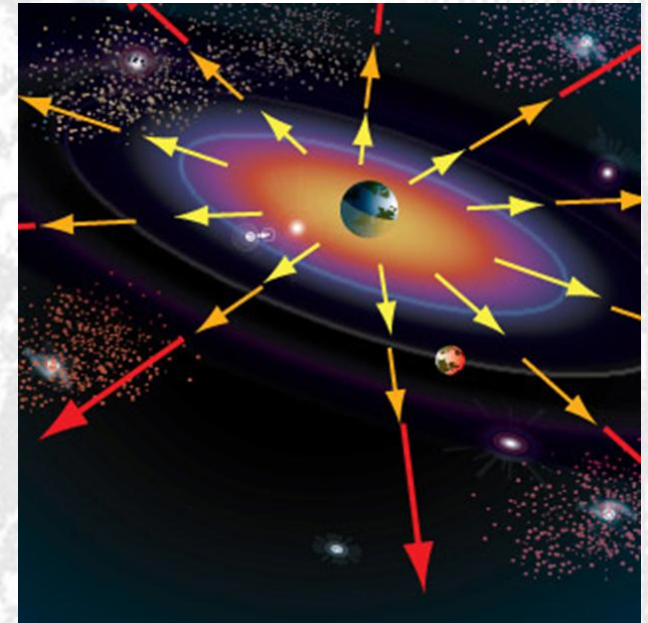
Ukázky z otevřených otázek dotazníku

- ▶ Kdy a jakým způsobem byla poprvé změřena vzdálenost nejbližších hvězd?
- ▶ Jakým způsobem získáváme poznatky o vesmíru?
- ▶ Jaké jevy nám umožňují zjistit, že i mimo Sluneční soustavu existují planety?
- ▶ Je vzdálenost, do níž ve vesmíru „dohlédneme“, nějak principiálně omezena nebo se může se zlepšováním techniky stále zvětšovat?
- ▶ Je možné, že některé objekty, které zaznamenáváme již neexistují?
- ▶ Obsahuje vesmír prvky, které se na Zemi nevyskytují?
- ▶ Který prvek je ve vesmíru nejhojnější?
- ▶ Jak se uvádí v knihách o kosmologii, je vesmír ve velkém měřítku homogenní a izotropní. Odkud to víme? Je mezi homogenitou a izotropií nějaká souvislost?
- ▶ Věříte v existenci mimozemských civilizací? Jaké argumenty máte pro svůj názor?
- ▶ ...



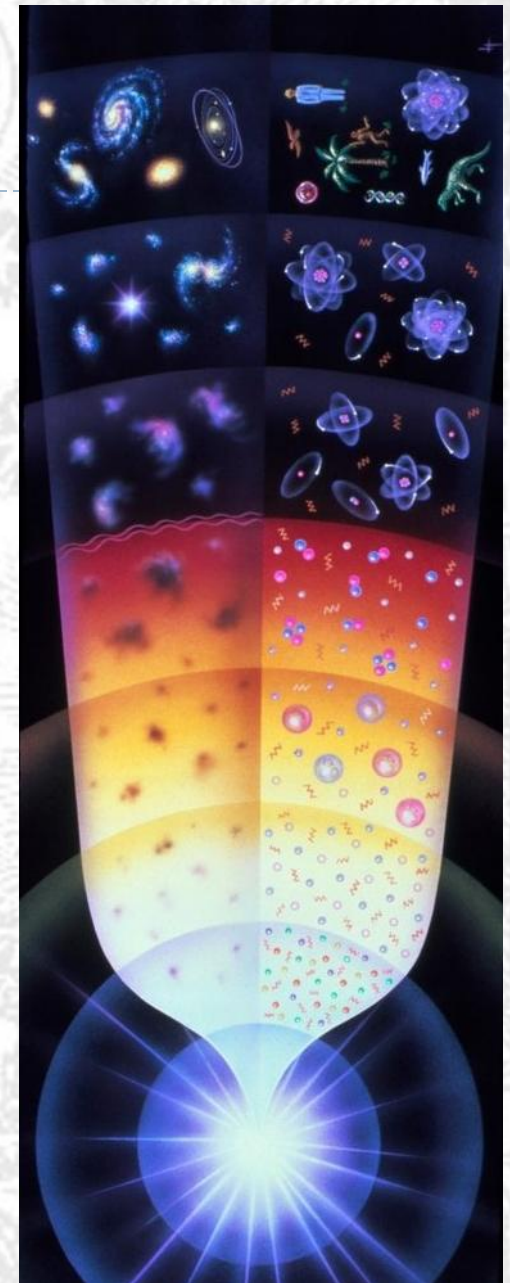
Osnova kurzu

- ▶ Kosmologické hypotézy, modely a teorie
 - ▶ Reliktní záření
 - ▶ Teorie popisující hmotu a interakce
 - ▶ Newton nebo Einstein?
 - ▶ Střed nebo homogenita
 - ▶ Plochost nebo zakřivenost
 - ▶ Zrychlování nebo stacionarita
 - ▶ Jak daleko dohlédneme?
 - ▶ Pozorování v kosmologii
 - ▶ Antropický princip
-



Aktivity ke kurzu

1. Práce s časovými osami a měřítky
2. Přiřazování – odhady velikostí, vzdáleností a stáří
3. Riskuj - opakování a zavedení pojmů a definic
4. **Vesmírná archeologie** – fotonový dopravník
5. **Střed homogenita**
6. Galerie převleků světla
7. Posun spektra – fólie, práce se spektry
8. **Reliktní záření** – omalovánka
9. Sestav si svůj Vesmír
10. **Jak se galaxie vzájemně pohybují**
11. Škálový faktor – expanzní funkce
12. Drakeova rce



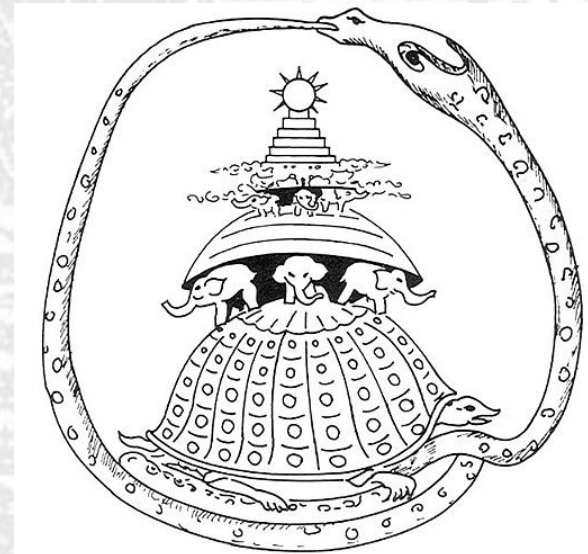
Úvodní aktivity časové osy

- ▶ Vývoj kosmologických představ a zásadních objevů
kartičky - přiřazování na časovou osu

- ▶ Vývoj vesmíru

Kosmický kalendář - přiřazování etap na provázek

- ▶ Obrázková galerie
Mytologické představy
vlastní tvorba



Obecný přehled	Reliktní záření	Kosmologie 1	Kosmologie 2	Kosmologie 3
<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>
<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>
<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>
<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>
<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>



Otázka

Jaké jsou vhodné jednotky vzdálenosti pro vesmír?

Kategorie 1 30

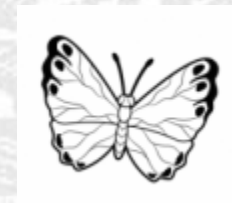
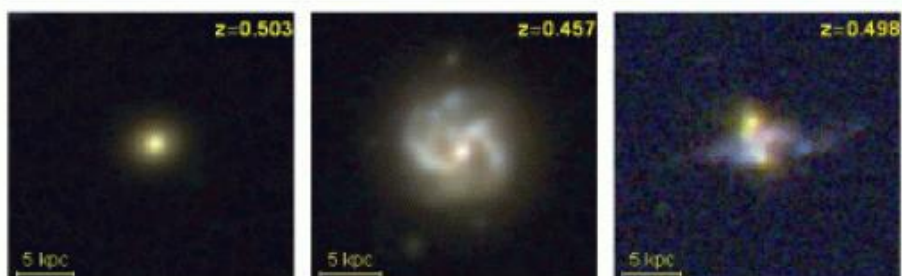
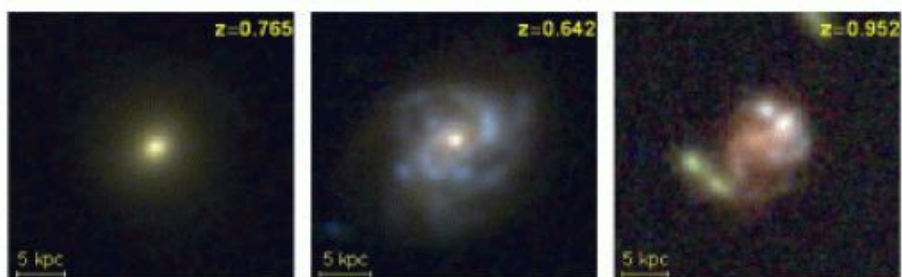
Odpověď

Astronomická jednotka – AU - vzdálenost Země-Slunce
 $1,5 \cdot 10^8$ km

Světelný rok - ly -vzdálenost, kterou uletí fotony za 1 rok.
 $1 \text{ ly} = 9,46 \cdot 10^{13} \text{ km} = 6,32 \cdot 10^4 \text{ AU}$

Parsek - pc - vzdálenost, z níž je vidět úsečka dlouhá 1 AU pod úhlem jedné obloukové vteřiny.
 $1 \text{ pc} = 1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{13} \text{ km} = 3,26 \text{ ly}$

Kategorie 1 30



Vesmírná
archeologie



Máte představu o velikosti, vzdálenosti a stáří různých objektů ve vesmíru?

Seřazování

1, Zkuste uspořádat snímky v pořadí podle skutečné velikosti objektů

Nejmenší ----- největší

2, Zkuste seřadit snímky objektů od nejbližších po nejvzdálenější

Nejbližší ----- nejvzdálenější

3, Zkuste uspořádat snímky podle stáří zobrazených objektů (nejdříve zformovaný, nejpozději zformovaný)

Nejstarší ----- nejmladší

Měsíc

Kupa galaxií Hubbleova pole

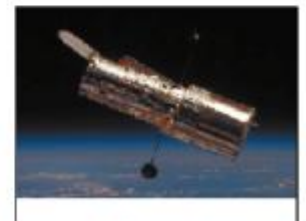
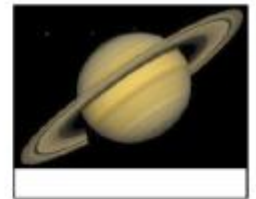
Hubbleův Teleskop

Slunce

Saturn

Plejády

Vírová galaxie



Jak jsou staří?

Odpovědi, na nichž by se většina astronomů asi shodla:

Teleskop několik let (1990)

Plejády 80 milionů let

Měsíc 4.5 miliard let

Saturn 4.5 miliard let

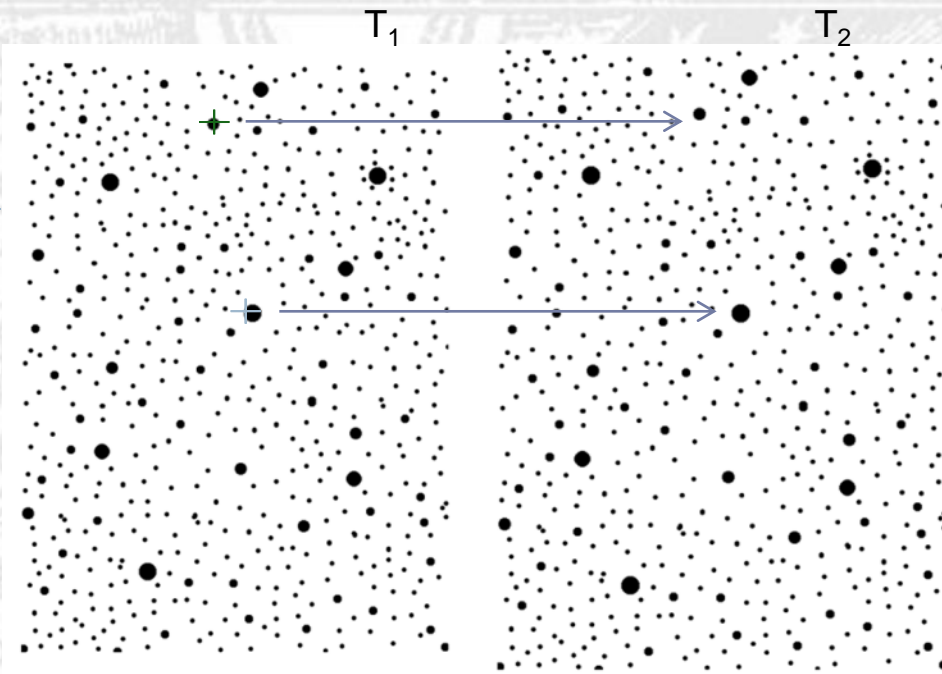
Sun 4.5 4.5 miliard let

Galaxie 10 miliard let

Hubble kupa galaxií více než 10 miliard let

Na otázku je stanovení správné ho pořadí poněkud nejednoznačné, a je zároveň u řady objektů Vesmíru předmětem současného astronomický výzkumu.

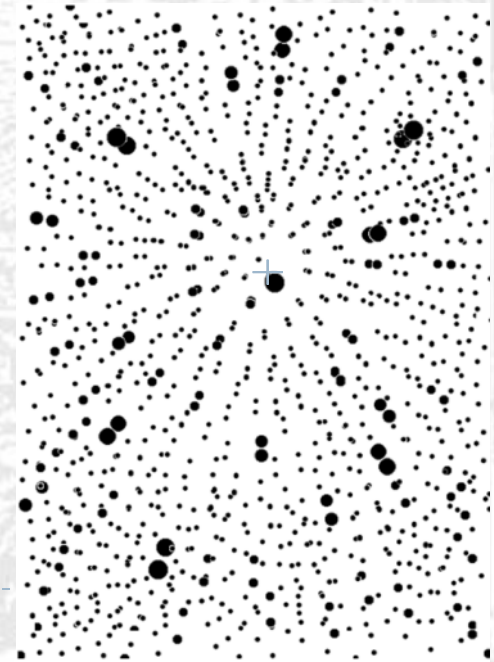
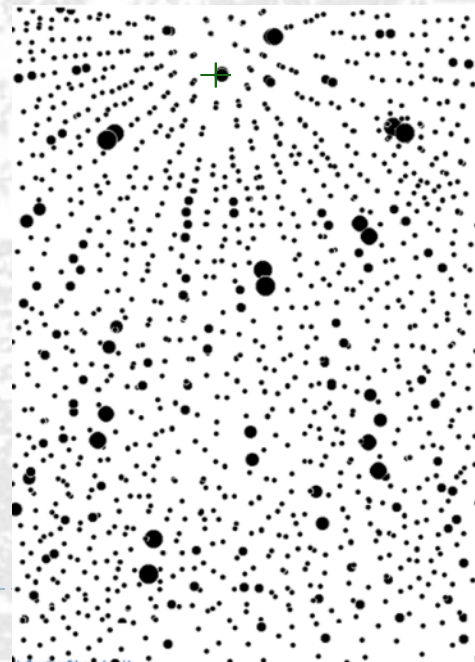
Při řešení této zdánlivě jednoduché otázky, se studenti potýkají s důležitými poznatky formování sluneční soustavy, životní cykly hvězd a vývoje vesmíru!



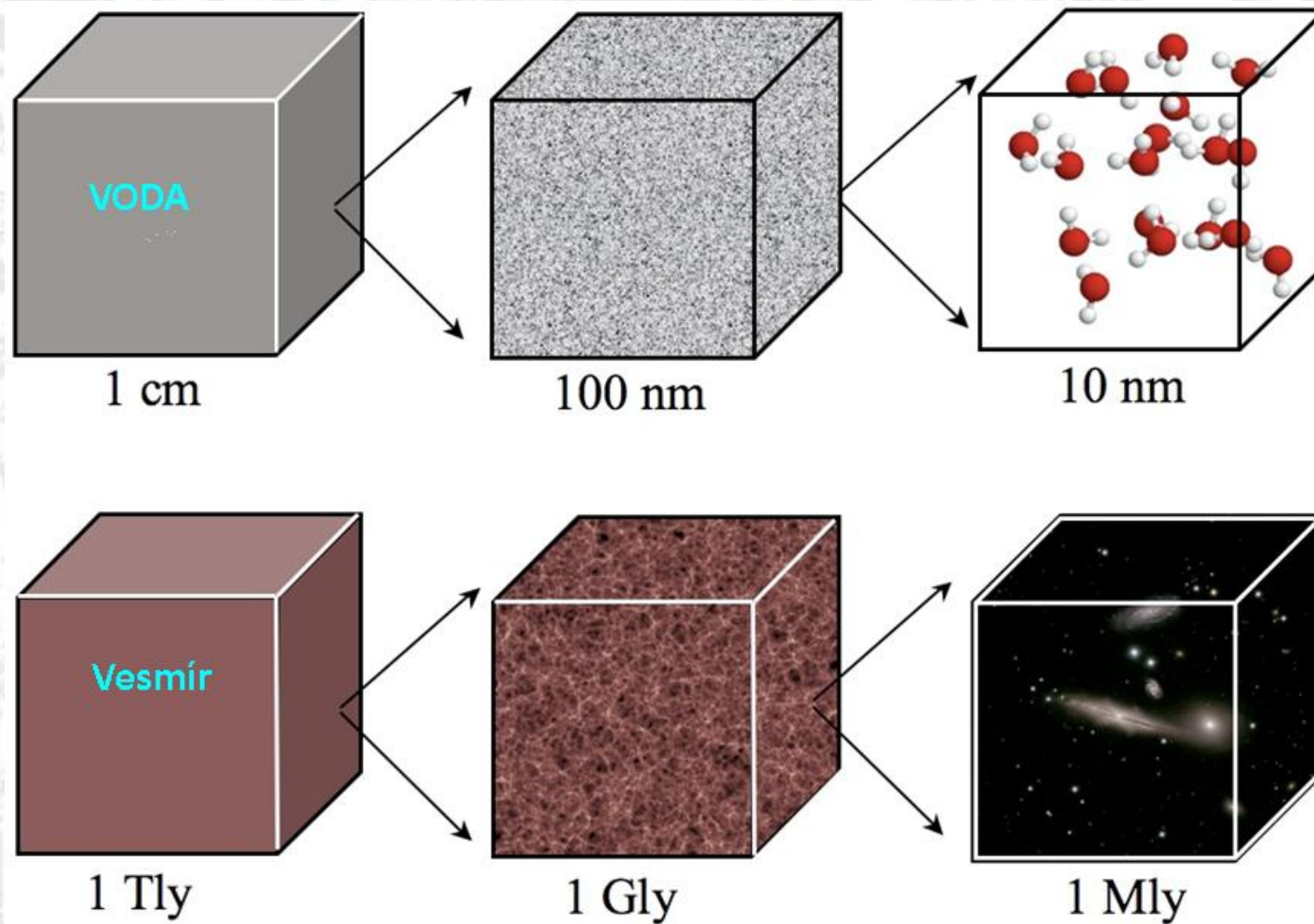
Rozpínající se vesmír
ve dvou časech

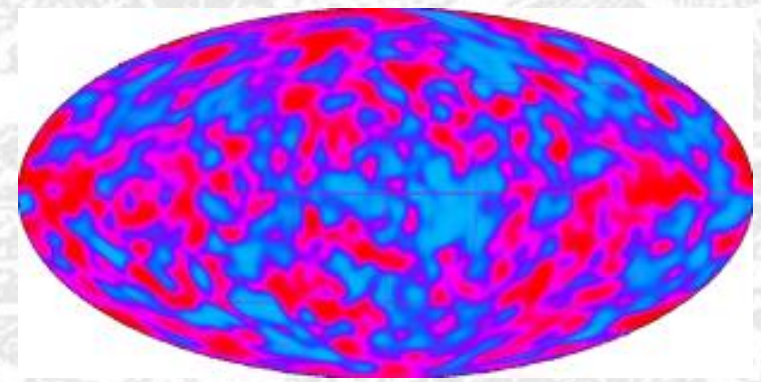
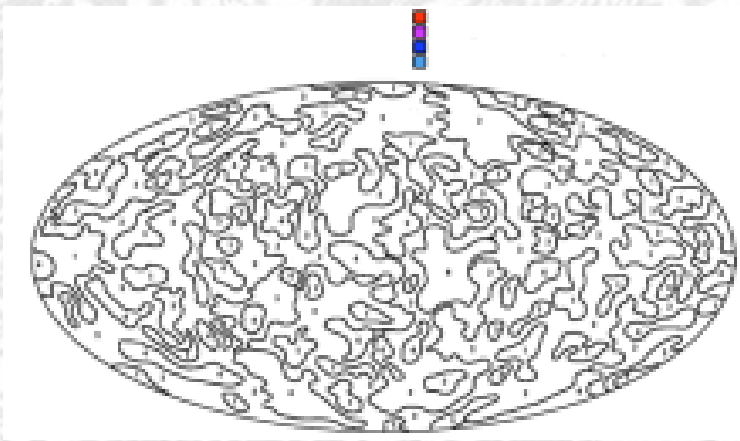
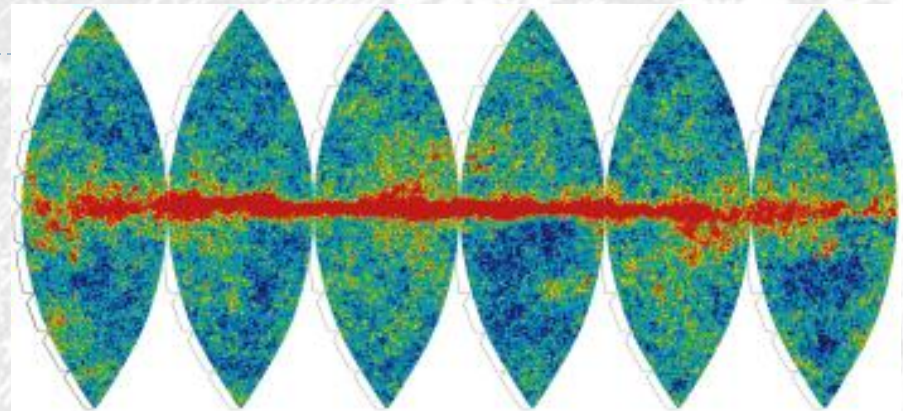
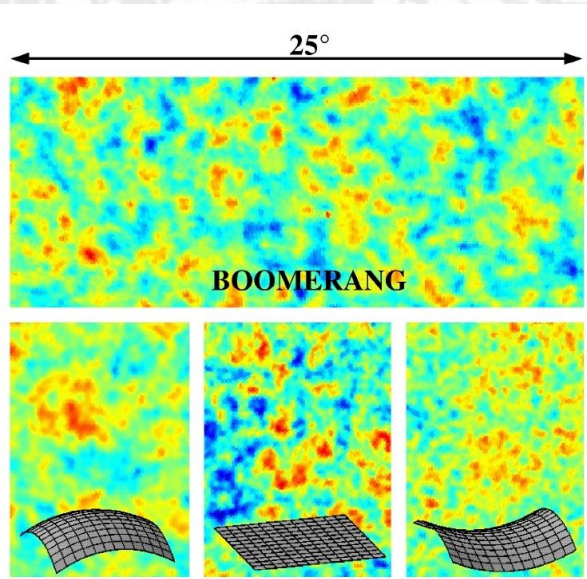
Rozpínání vesmíru kolem nás
je ve všech směrech stejné –
divné?

Kosmologický princip

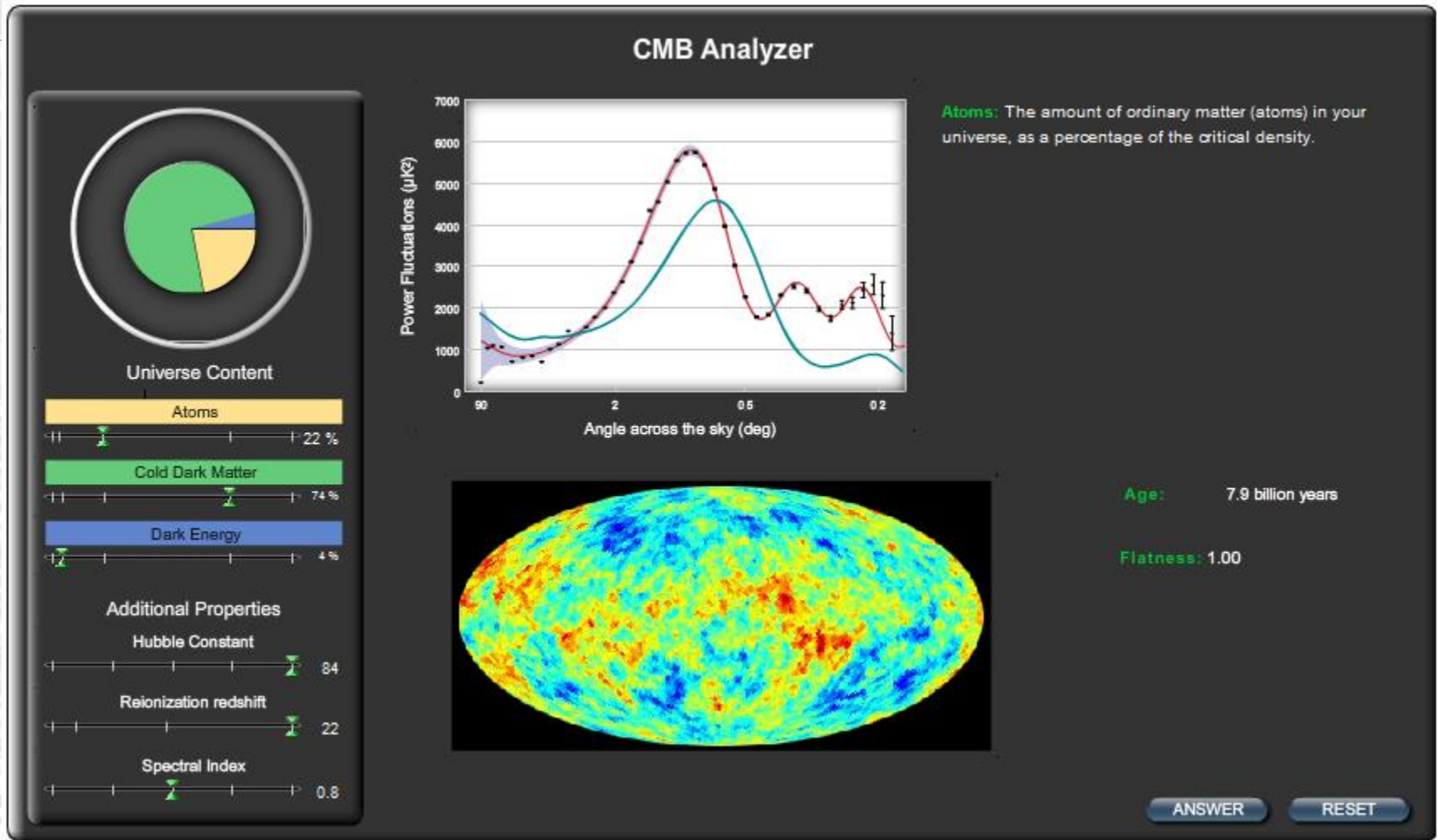


Hvězdy, galaxie jsou rozloženy rovnoměrně
(na kosmologických škálách, tzn. v měřítku asi 1 Gly je
vesmír homogenní)





Sestav si svůj vesmír

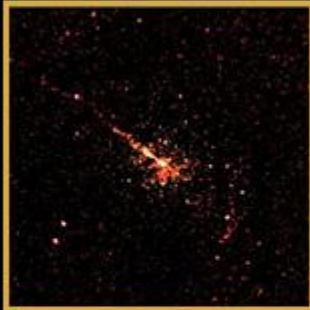


http://map.gsfc.nasa.gov/resources/camb_tool/index.html

Centaurus A

Distance: 11,000,000 ly light-years (3.4 Mpc)

Visual Magnitude = 7.0



X-Ray: Chandra



Ultraviolet: GALEX



Visible: DSS



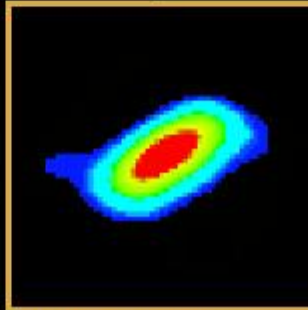
Visible: Color ©AAO



Near-Infrared: 2MASS



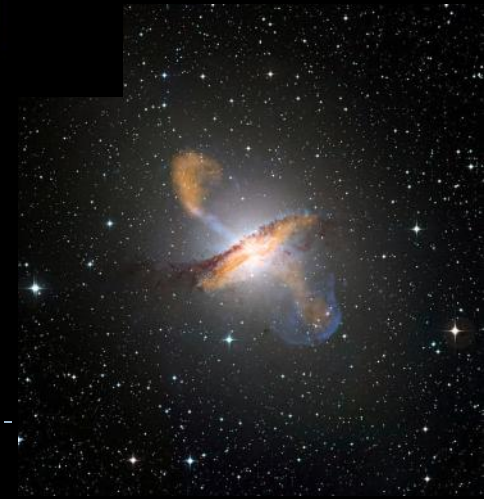
Mid-Infrared: Spitzer



Far-Infrared: IRAS

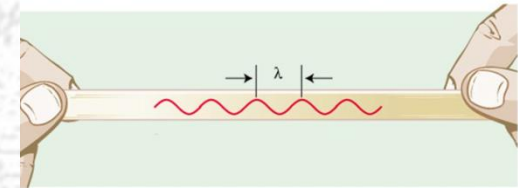
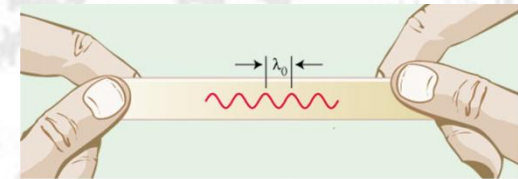
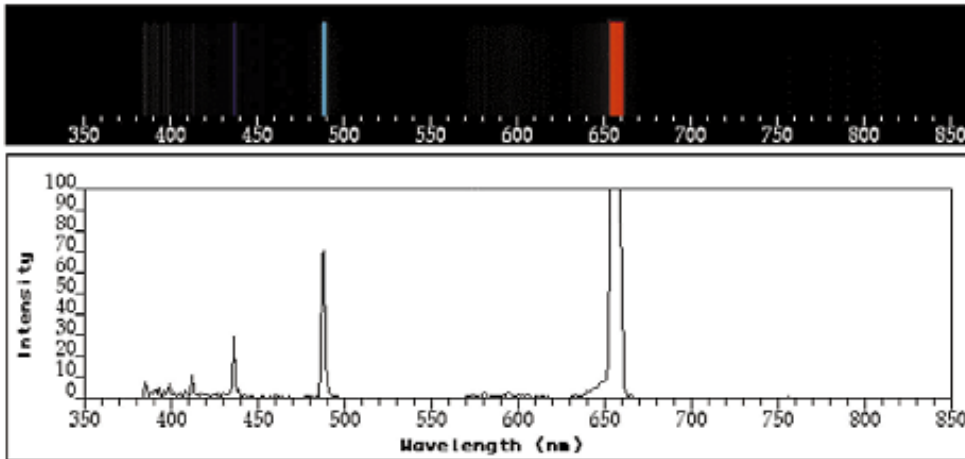


Radio: VLA

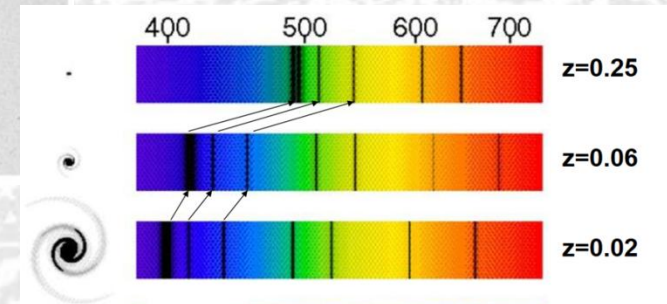
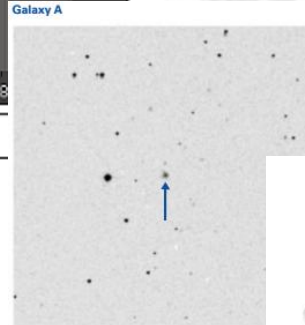
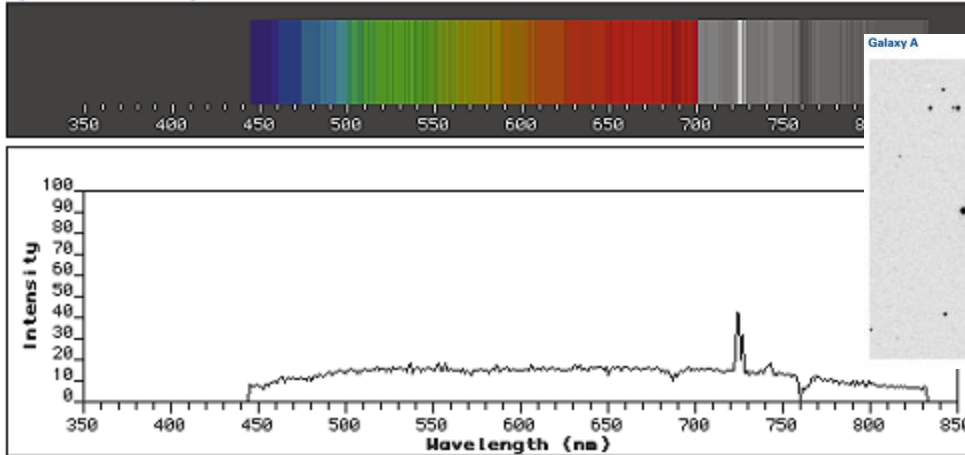


Práce se spektry

Hydrogen Gas



Spectrum of Galaxy A



Spektrum Galaxie A má vodíkovou čáru na 724nm, hodnota na zemi je 656nm, rozdíl je 68nm, t.j. asi 10%.
Rychlost pohybu Galaxie A je 10%c - tedy asi 30 000km/s.

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}; \quad v = z \cdot c; \quad v = H \cdot r.$$

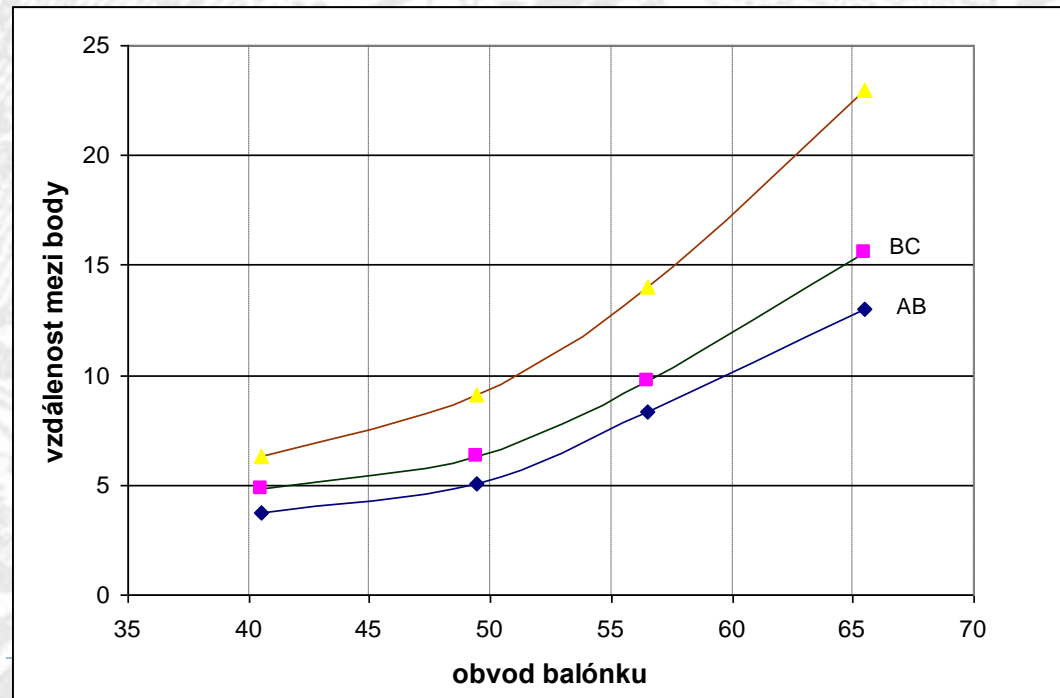
Jak se galaxie ve vesmíru pohybují ve vztahu k sobě navzájem?

Modelové analogie

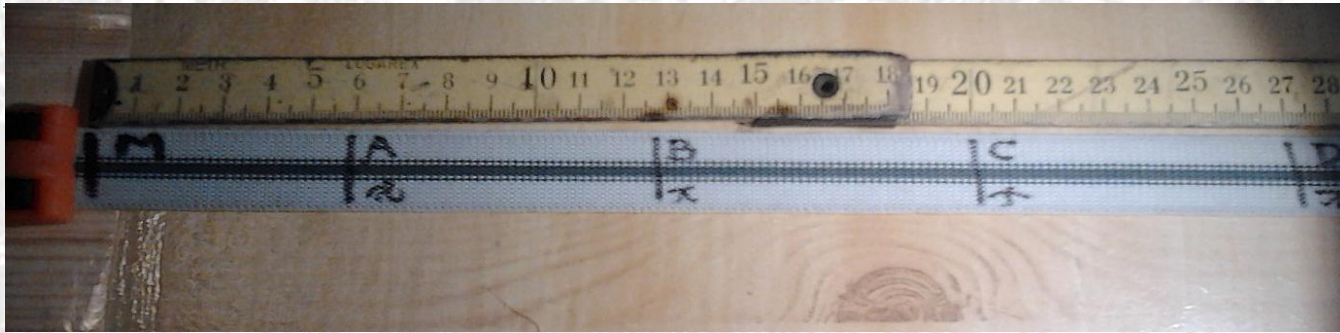
Experiment 1 – rozpínání vesmíru **Balónkový vesmír**

Balonek	obvod cm	AB	BC	CA
stav 1	40,5	3,7	4,8	6,3
stav 2	49,4	5,1	6,3	9,1
stav 3	56,5	8,3	9,7	14
stav 4	65,5	13	15,6	23

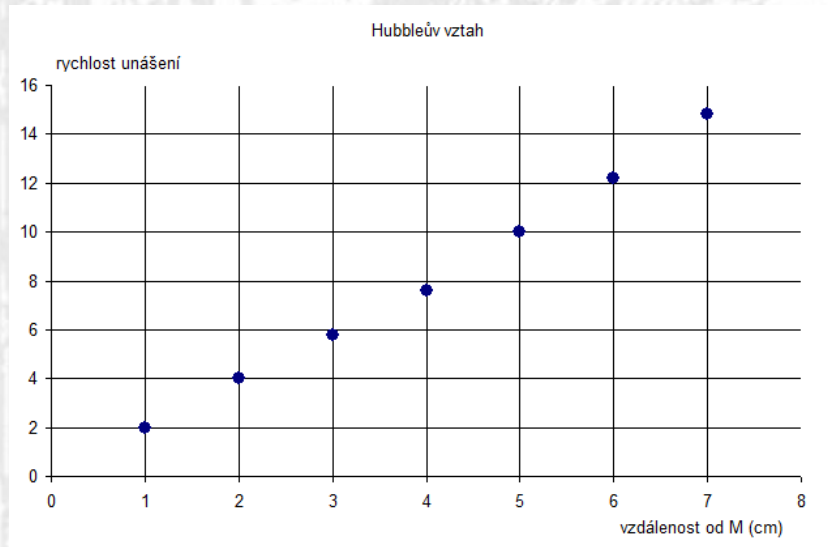
Změny ve vzdálenostech mezi galaxiemi při rozpínání vesmíru



Experiment 2 – běh na trati Vliv vzdálenosti na rychlosti vzdalování galaxií



Vyneste graf závislosti vypočtené rychlosti galaxií na jejich vzdálenosti od M.

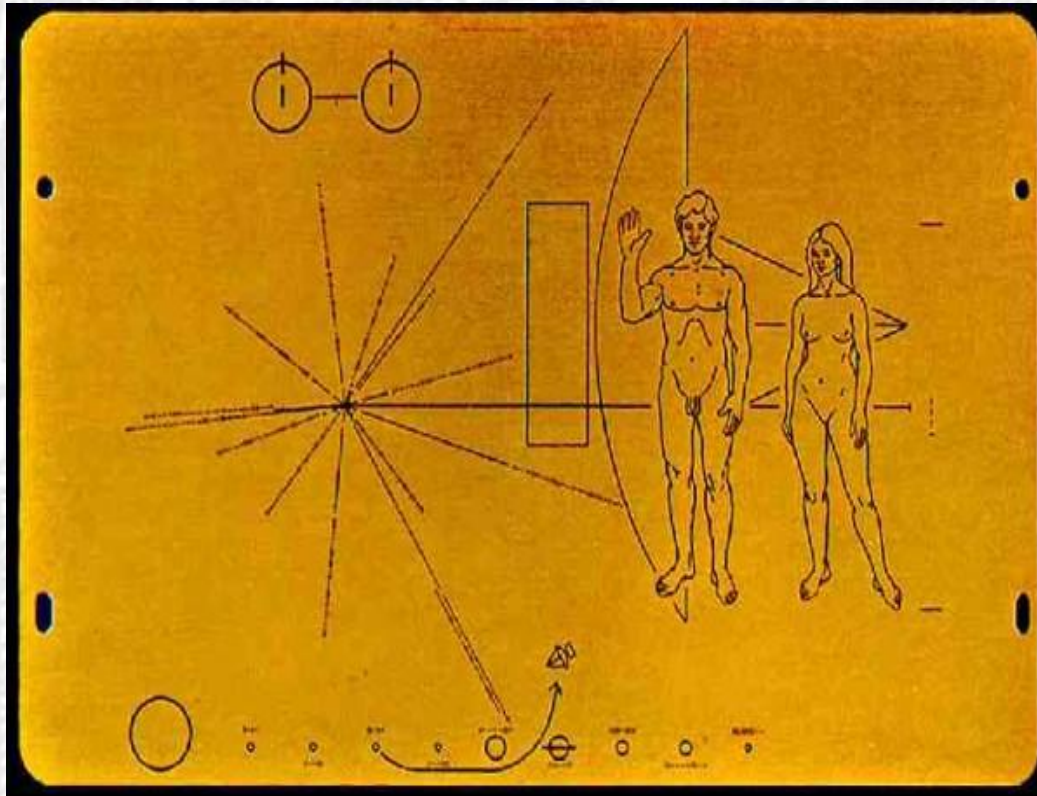


Tabulka měření				
Galaxie	Původní vzdálenost od M (cm)	Vzdálenost od M po natažení (cm)	posun oproti původní poloze (cm)	Galaxie
				rychlost unášení (cm/s)
A	1	2	1	2
B	2	4	2	4
C	3	5,9	2,9	5,8
D	4	7,8	3,8	7,6
E	5	10	5	10
F	6	12,1	6,1	12,2
G	7	14,4	7,4	14,8










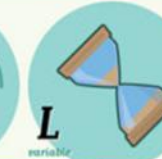
Pionner 10 destička s poselstvím a zpáteční adresou

Zpáteční adresa



Země
Sluneční soustava
Spirální rameno
Mléčná dráha
Místní soustava galaxií
Místní galaktická nadkupa
Vesmír


$$N = R^* \times t_p \times n_e \times f_e \times f_i \times f_c \times L$$

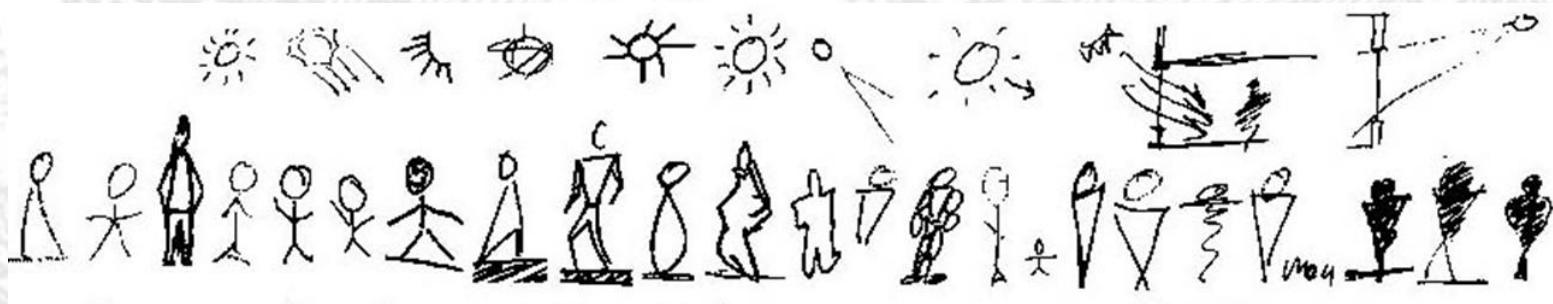
Symbol	Variable Name	Description
	N	the number of civilizations in our galaxy with which communication might be possible
	R^*	the average rate of star formation per year in our galaxy
	t_p	the fraction of those stars that have planets
	n_e	the average number of planets that can potentially support life per star that has planets
	f_e	the fraction of the above that actually go on to develop life at some point
	f_i	the fraction of the above that actually go on to develop intelligent life
	f_c	the fraction of civilizations that develop a technology that releases detectable signs of their existence into space
	L	the length of time for which such civilizations release detectable signals into space

Závěrem

Pochopení některých aspektů kosmologie je pro hlubší porozumění našemu světu, v němž žijeme důležité.

Mnohé z kosmologických přístupů pomůže porozumět problémům z jiných oborů fyziky.

Kosmologie umožňuje formulovat zajímavé, dobře definované problémy, které pomáhají rozvíjet schopnosti kreativního i kritického myšlení.



Stručný souhrn poznatků

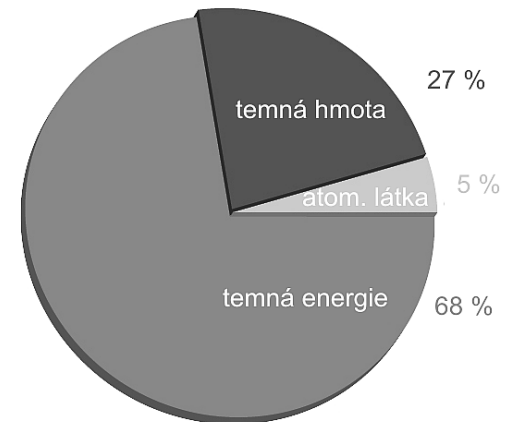
- ▶ vesmír je na největších rozměrech uniformní
- ▶ vesmír jako celek se rozpíná
- ▶ vesmír má specifické zastoupení chemických prvků
- ▶ vesmír vyplňuje reliktní mikrovlnné záření
- ▶ existují nepatrné anizotropie reliktního záření
- ▶ přítomnost „temné hmoty a temné energie“

▶ Zpřesnění:

Hubbleova konstanta $67 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

Stáří vesmíru $13,8 \cdot 10^9$ let

Oddělení záření od hmoty $\sim 380\,000$ let po BB



Planck