

(Mūsų) Visatos istorija



dr. Arnas Drazdauskas
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas
Teorinės fizikos ir astronomijos institutas



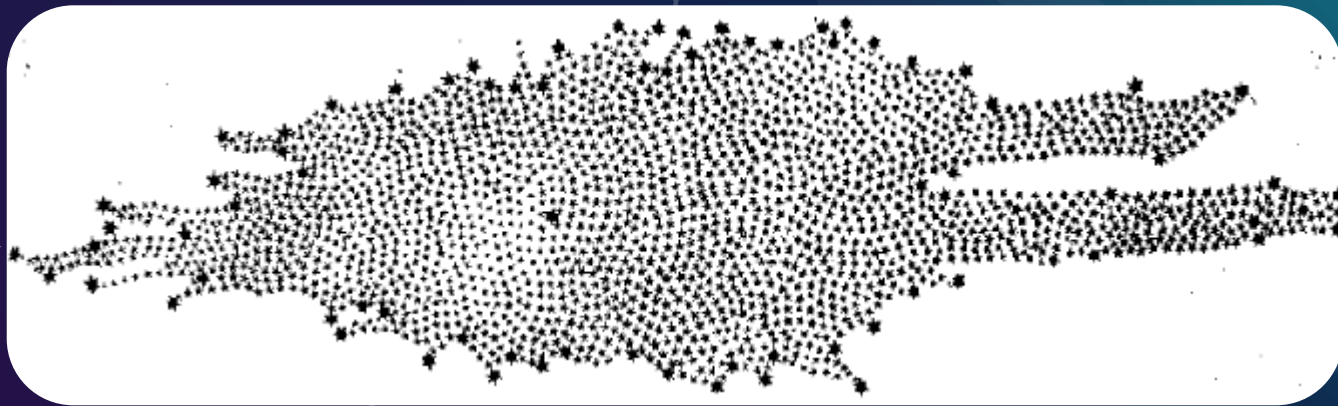
Geocentrinis modelis



Heliocentrinis modelis



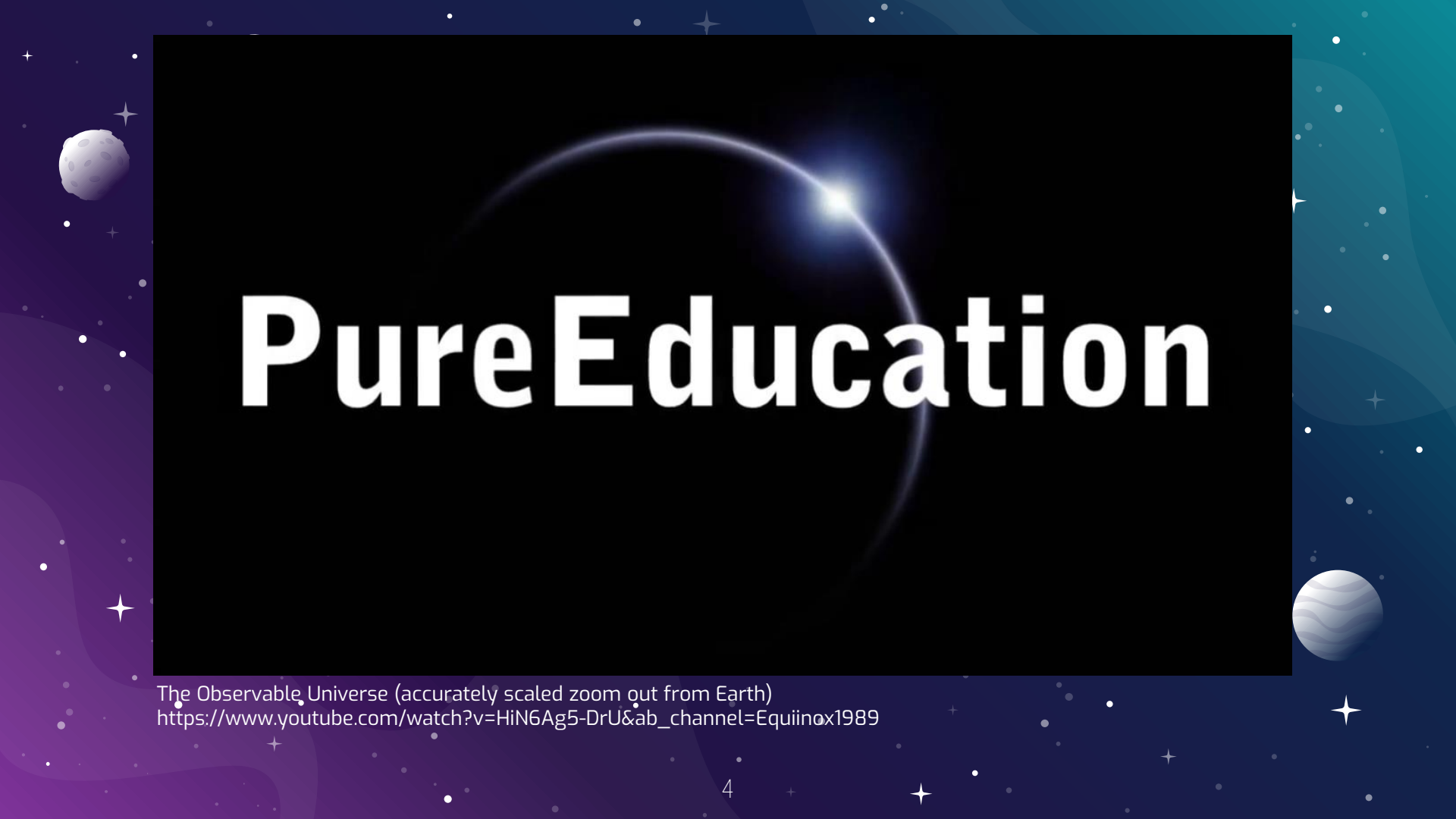
Žemė yra sfera



William Herschel, 1785

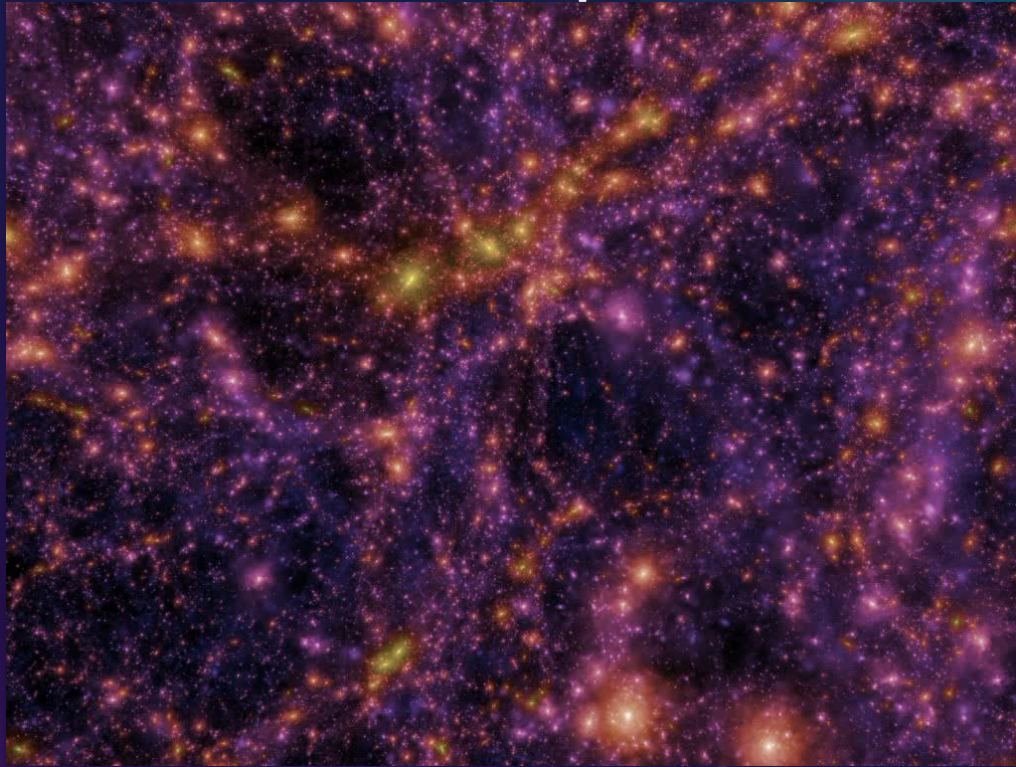


Edwin Hubble, 1923

The background is a dark blue space-themed illustration. It features a large, bright, glowing crescent moon in the upper center. To the left, there is a small, cratered planet. To the right, there is a larger, striped planet. The background is filled with numerous small white stars and larger, multi-pointed starburst patterns. The overall color palette is dark blue, purple, and white.

PureEducation

The Observable Universe (accurately scaled zoom out from Earth)
https://www.youtube.com/watch?v=HiN6Ag5-DrU&ab_channel=Equinox1989



Tūkstantmečio simuliacija

Springel et al. (2005)
<https://www.mpa-garching.mpg.de/galform/virgo/millennium/>



Hubble ultra deep field

NASA ir Eiropas kosmoso agentūra

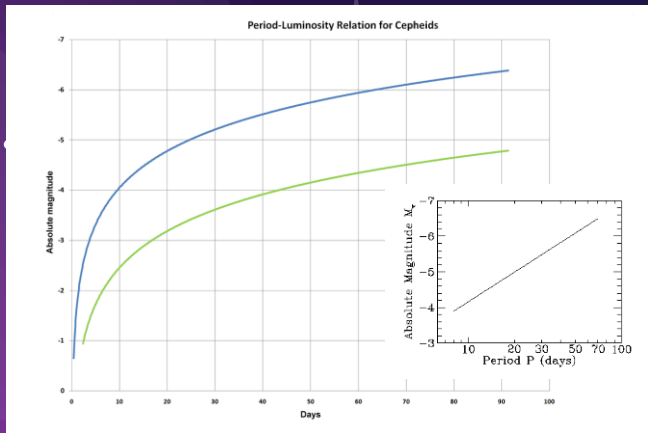
11,3 dienų stebėjimo laiko
(apie 1 mil. sekundžių)

10000 galaktikų





<https://gifer.com/en/3WGR>



Wikipedia: Vedran Vrhovac Ferrarese ir kt., 1996

Cefeidės

1908 – Henrieta Swan Leavitt $M \propto T$

Ryškis proporcingas periodui

$$M_{\text{absoliutinis}} = 5 + m_{\text{regimas}} - 5 \log_{10}(d)$$

$$d = 10^{(m-M+5)/5}$$

Pvz. Cefeidės išmatuotas ryškis $m = 15,53$, o periodas $T \approx 5$ dienos, tuomet $M \approx -3,6$.

$$d = 10^{(15.57 - (-3.6) + 5)/5} = 10^{4.83} = 67608 \text{ pc}$$

$$67608 \text{ pc} \approx 220000 \text{ šm}$$

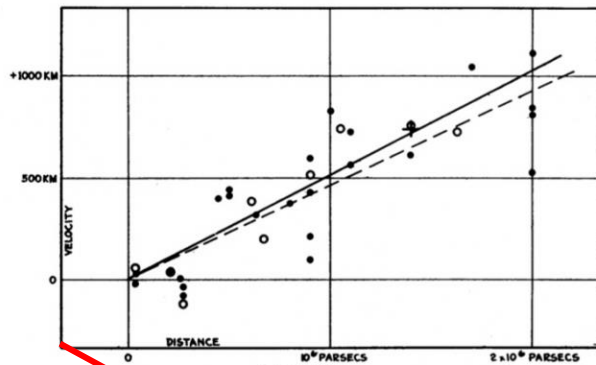


FIGURE 1
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

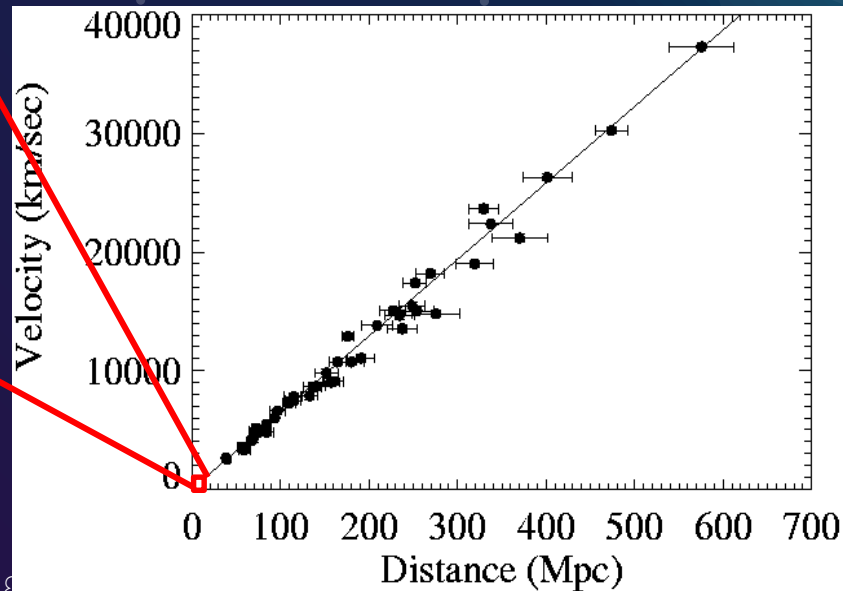
E. Hubble (1929)

Hablo-Lemaitre dësnis
(1927-1929 m.)

70 km/sek./Mpc

R. Kirshner (2004)

$$v = H_0 D$$



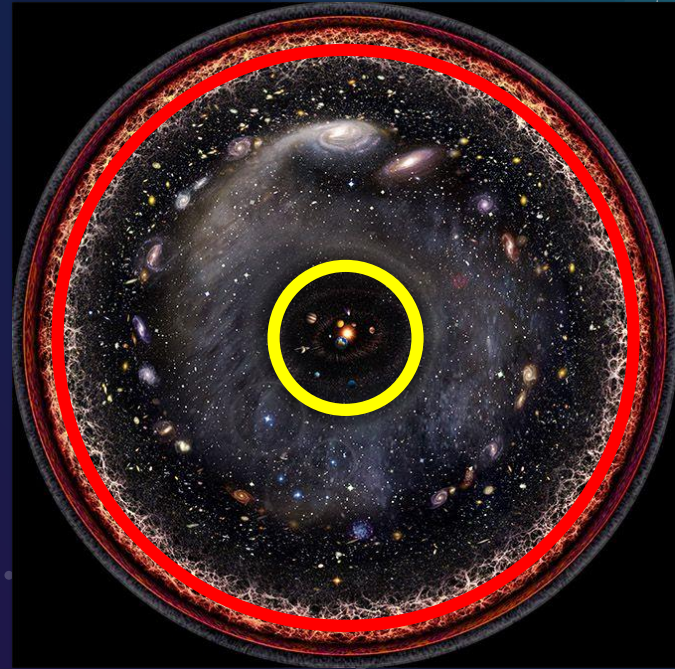
Galaktikos kurių tolumo greitis $> c$

- ★ Hablo sfera

- ★ 14,4 mlrd. šm.

- ★ Visatos dalelių horizontas

- ★ 46 mlrd. šm.



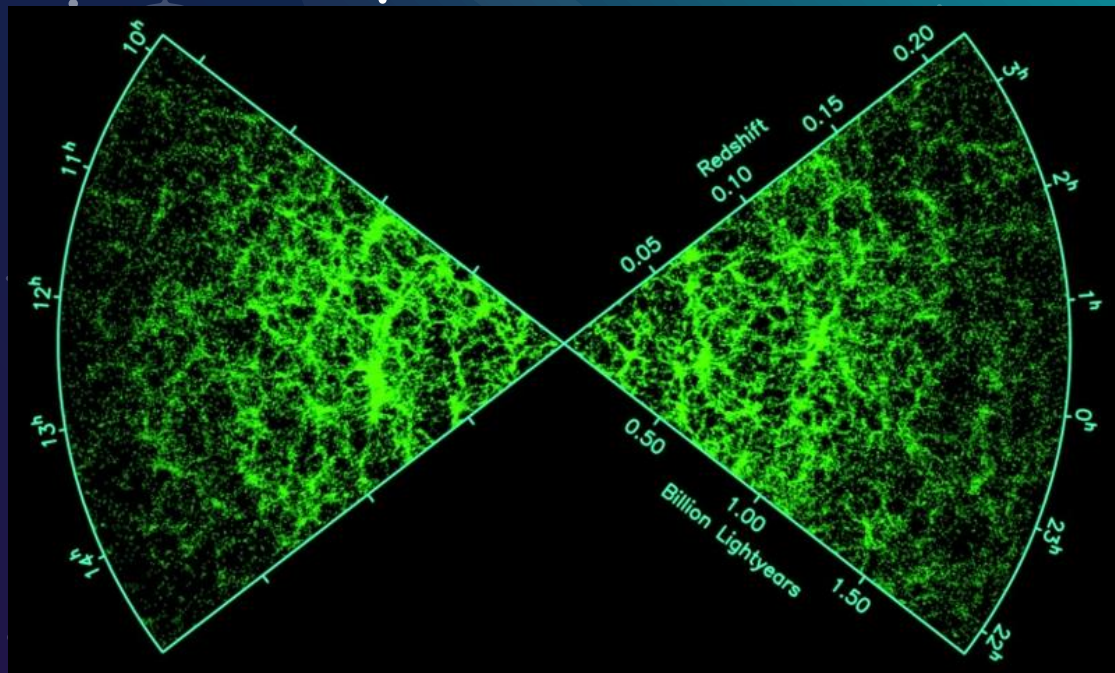
Wikipedia: Pablo Carlos Budassi
Logaritminis visatos vaizdas

Homogeniška

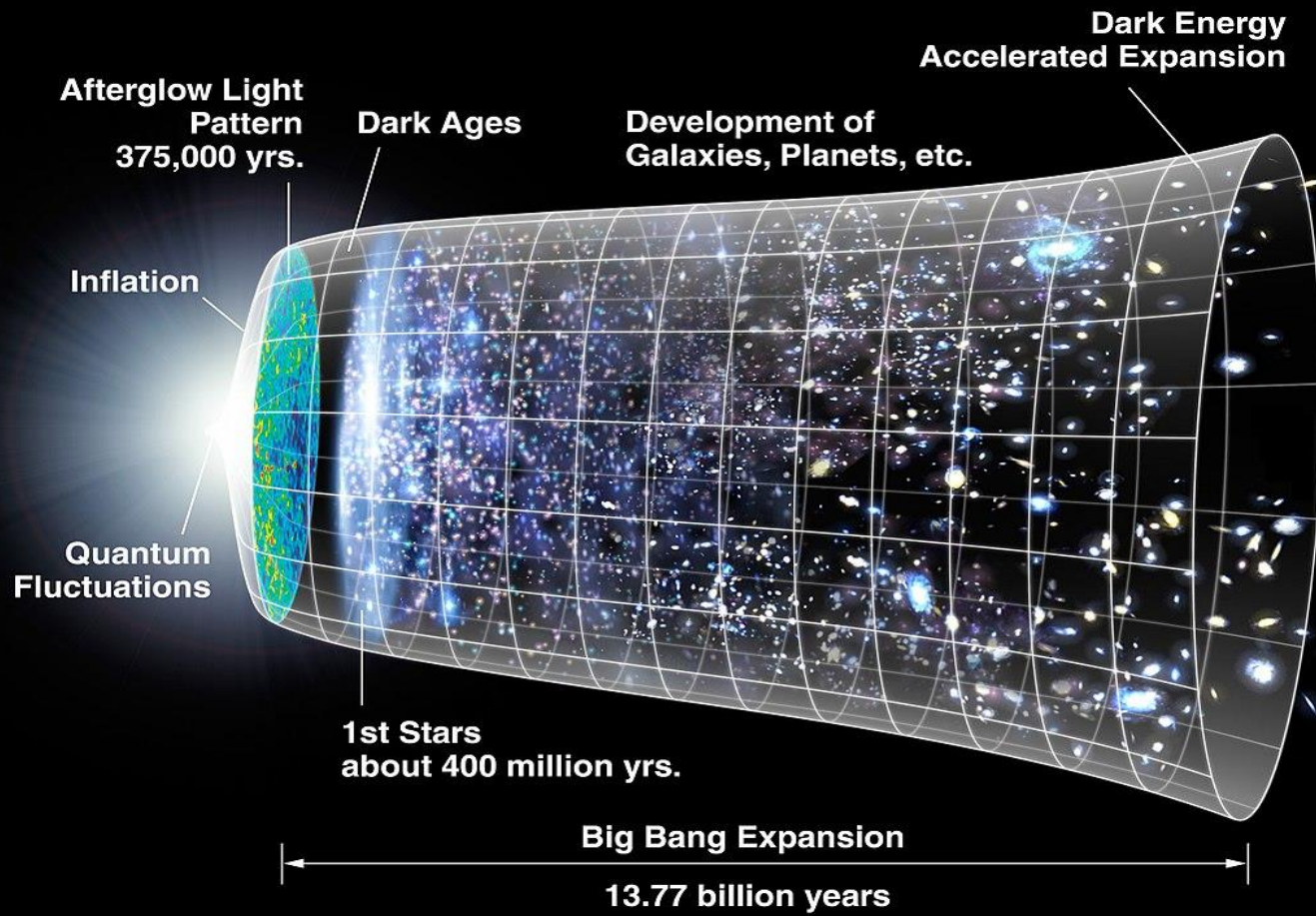
✦ (atrodo taip pat iš bet kurio taško)

Izotropinė

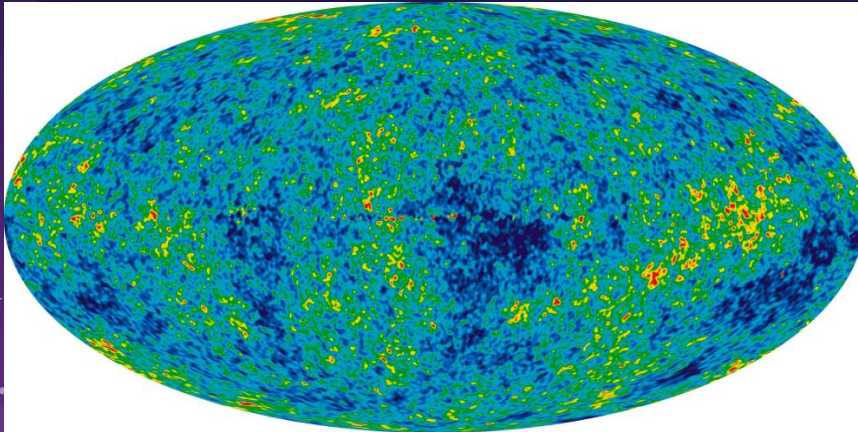
(atrodo taip pat į bet kurią pusę)

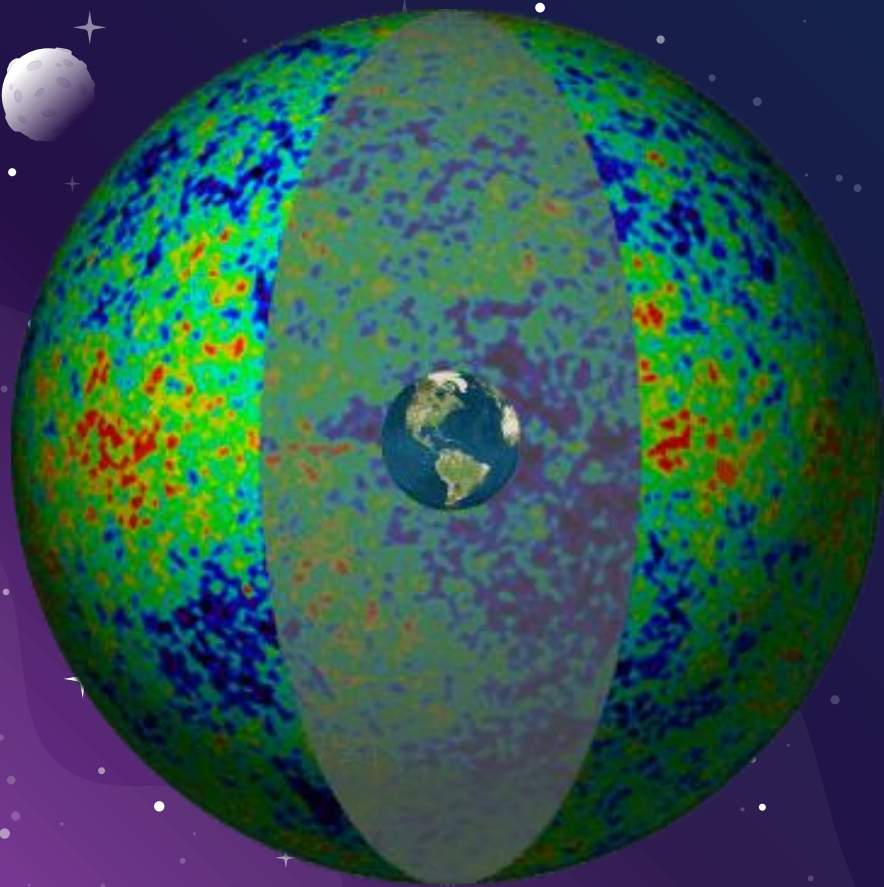


2dF+SDSS apžvalgos duomenys



- ★ 1964 metai
- ★ Arno Penzias ir Robert Wilson
- ★ Atrado visatos „šnypštimą“





Kosminė mikrobangų spinduliuotė

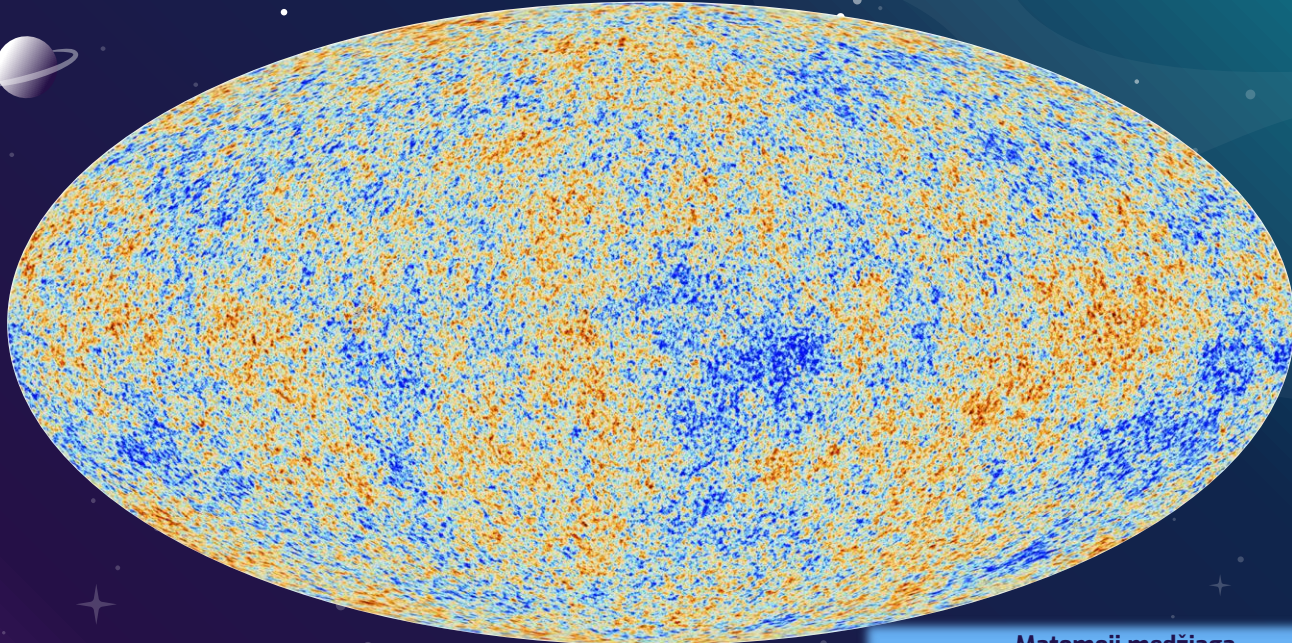
Visatos temperatūra:

2,725 K

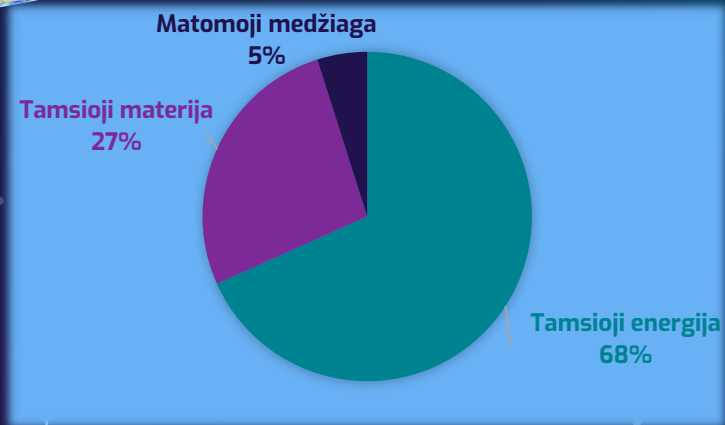
(2,721 – 2,729)

Dažnis 160,23 GHz

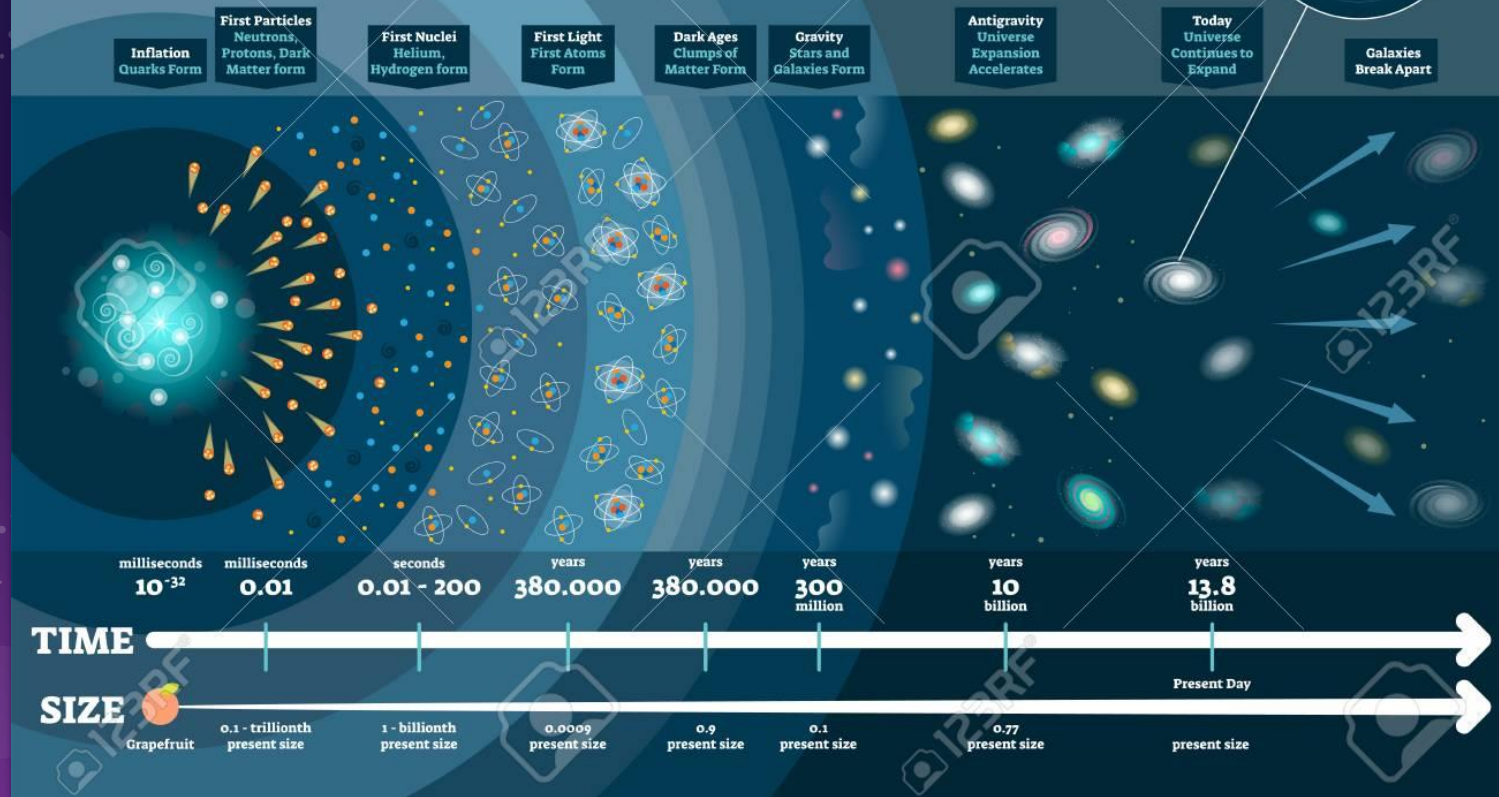
$E = 6.626 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$



Amžius = 13,772 mljrd. m.



BIG BANG THEORY



0 → 10^{-32} s



Niekas nežino kas vyko per pirmąsias sekundės dalis.

Didysis sprogimas be sprogimo



Kvarkų-gliuonų sriuba

$$t \approx 10^{-32} \text{ s.}$$

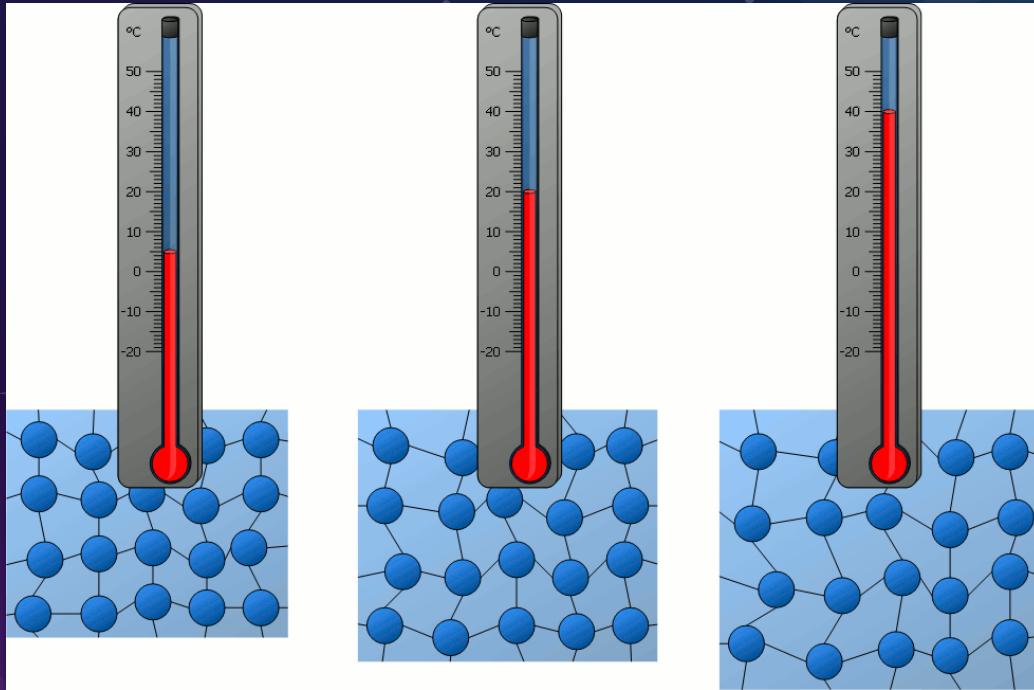
$$T = 10^{27} \text{ K}$$



Standard Model of Elementary Particles					
three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)		
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
QUARKS	u up	c charm	t top	g gluon	H higgs
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
LEPTONS	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

Sukuriama visa medžiaga ✨

Temperatūra



<https://www.tec-science.com/wp-content/uploads/2019/01/en-particle-model-temperature-movement-thermal-expansion.gif>

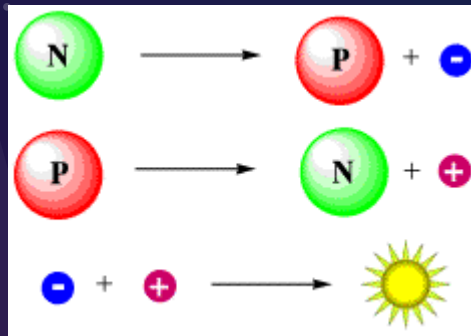
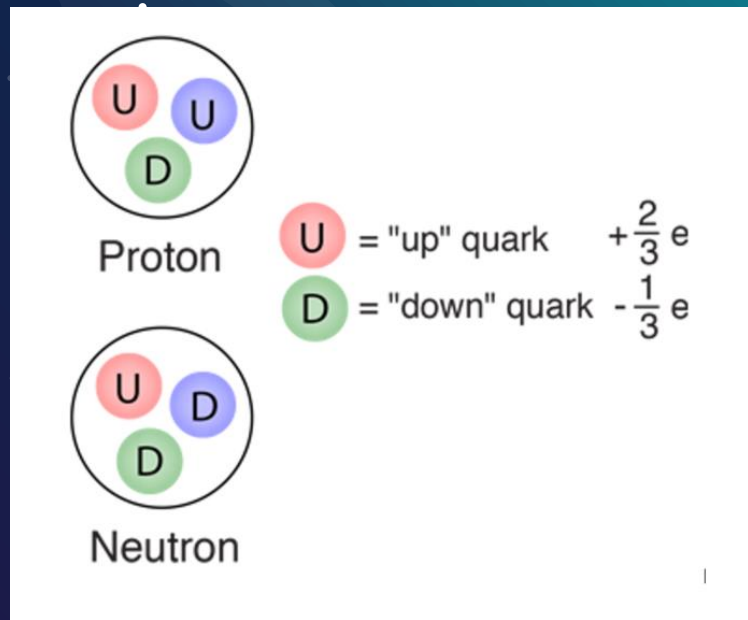
Hadronų era

$$t = 10^{-5} \text{ s.}$$

$$T = 10^{13} \text{ K}$$

Kvarkai jungiasi į protonus

Protonai "pasigavę" laisvą elektroną tampa neutronais.



Neutrono masė = $1.675 \times 10^{-30} \text{ g.}$

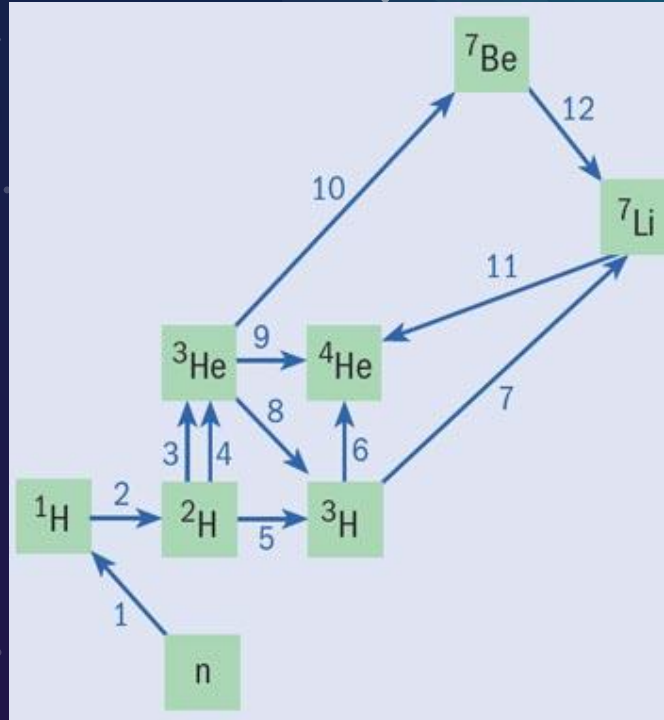
Protono masė = $1.673 \times 10^{-30} \text{ g.}$

Branduolių sintezė

$t = 10^{-5} \text{ s} - 20 \text{ min}$

$T = 10^{10} \text{ K}$

H (75%), He (24%),
Li (1%) ir kiti (0%)



- 1 $n \rightarrow ^1\text{H} + e^- + \bar{\nu}$
- 2 $^1\text{H} + n \rightarrow ^2\text{H} + \gamma$
- 3 $^2\text{H} + ^1\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \gamma$
- 4 $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + n$
- 5 $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{H} + ^1\text{H}$
- 6 $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + n$
- 7 $^3\text{H} + ^4\text{He} \rightarrow ^7\text{Li} + \gamma$
- 8 $^3\text{He} + n \rightarrow ^3\text{H} + ^1\text{H}$
- 9 $^3\text{He} + ^2\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + ^1\text{H}$
- 10 $^3\text{He} + ^4\text{He} \rightarrow ^7\text{Be} + \gamma$
- 11 $^7\text{Li} + ^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + ^4\text{He}$
- 12 $^7\text{Be} + n \rightarrow ^7\text{Li} + ^1\text{H}$

Visi kiti elementai buvo sukurti tik atsiradus pirmosioms
žvaigždėms

Fotonų epocha

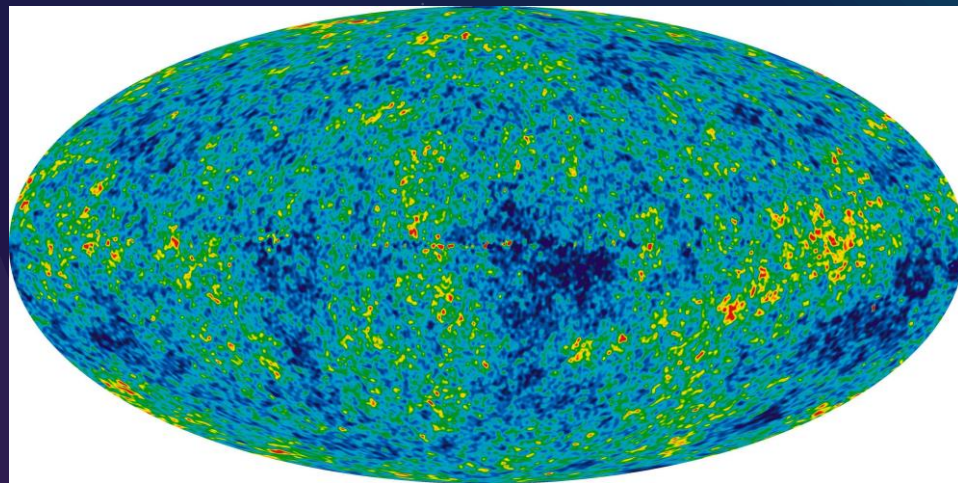
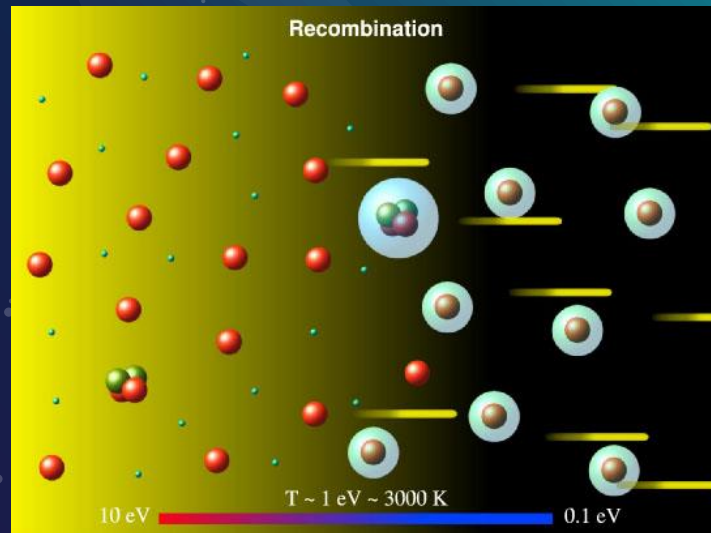
- ★ Pirmaisiai visatos metais energijos (fotonų) tankis buvo didesnis nei medžiagos.
- ★ Besiplečiant visatai, fotonai neteko energijos (ką mes galiausiai matome kosminės mikrobangų spinduliuotės žemėlapyje), tuo tarpu medžiagos energija liko ta pati.
- ★ Maždaug po 70 000 metų nuo visatos pradžios fotonų energija nukrito tiek, kad visatoje ėmė dominuoti medžiaga.

Rekombinacija

$t = 380\,000\text{ m.}$

$T = 3000\text{ K}$

Žemėlapis skirtumai
0.0005 laipsnio



Tamsieji amžiai

- ★ Visatoje šviesa gali sklisti netrukdoma, bet jos tiesiog nėra.
- ★ Nėra šviesos šaltinių (pirmosios žvaigždės dar nespėjo susiformuoti).
- ★ Visata atšąla iki 60 K (-210 °C).
- ★ Vienintelė egzistuojanti “šviesa” yra atomų rekombinacijos metu išspinduliuota energija (dabar žinoma kaip CMB).

Pirmosios žvaigždės

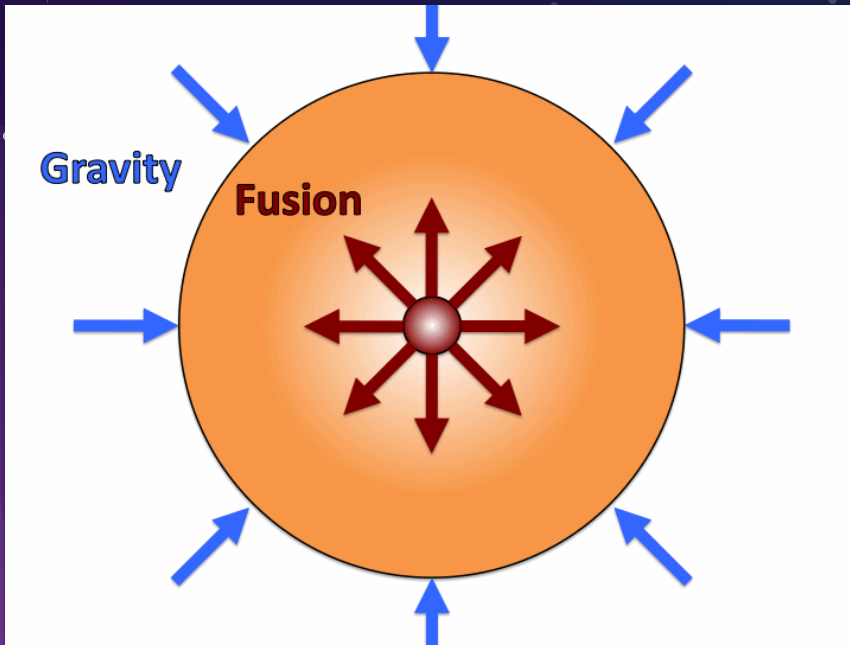
$t \approx \sim 100$ mln. m.

$M > 100 M_{\odot}$

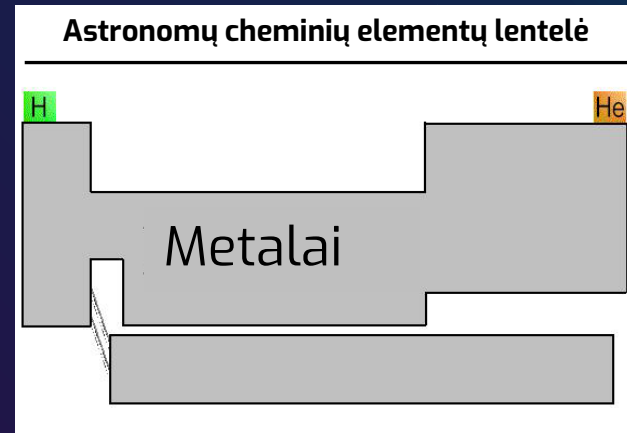
Gyvuodavo vos keletą milijonų metų



Kaip veikia žvaigždės



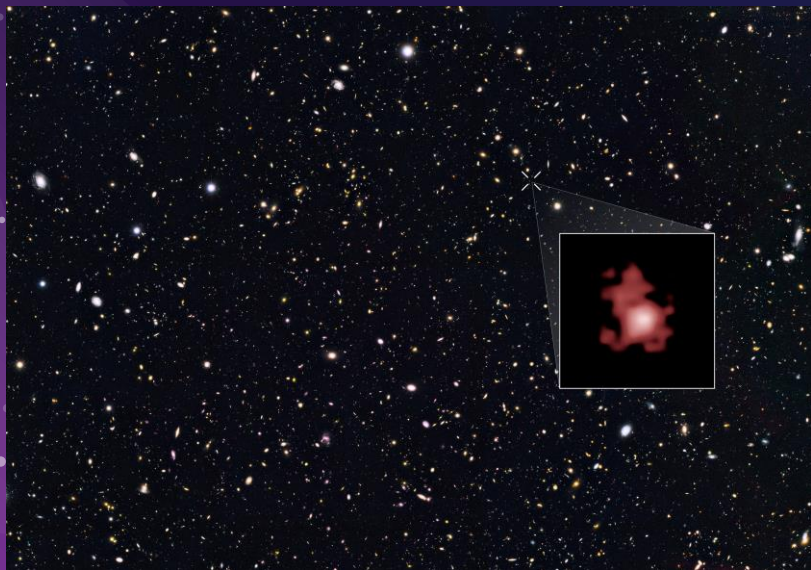
- ★ Populiacija I – 3-5% metalų
- ★ Populiacija II – ~0,1% metalų
- ★ Populiacija III – nėra metalų



Pirmosios galaktikos

• $t \approx 200$ mln. m.

NASA, ESA, P. Oesch (Yale University), G. Brammer (STScI),
P. van Dokkum (Yale University), and G. Illingworth
(University of California, Santa Cruz)



0 million years after the Big Bang

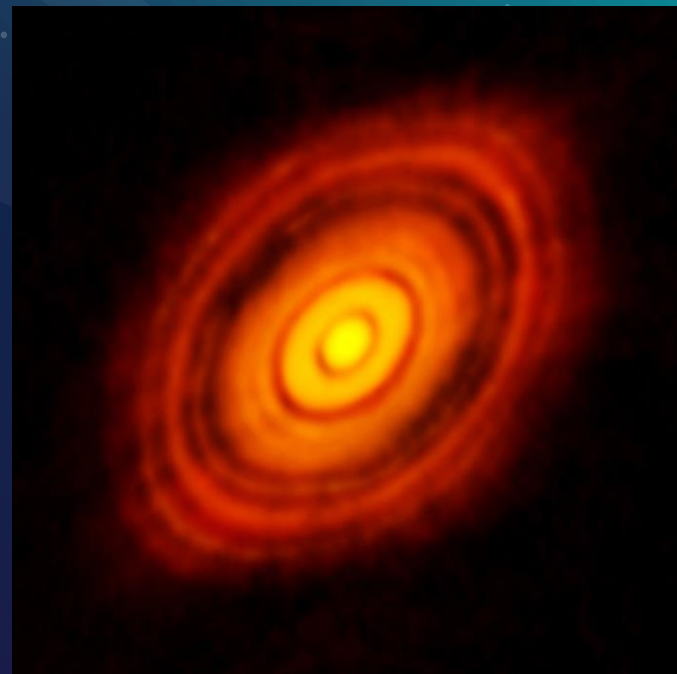
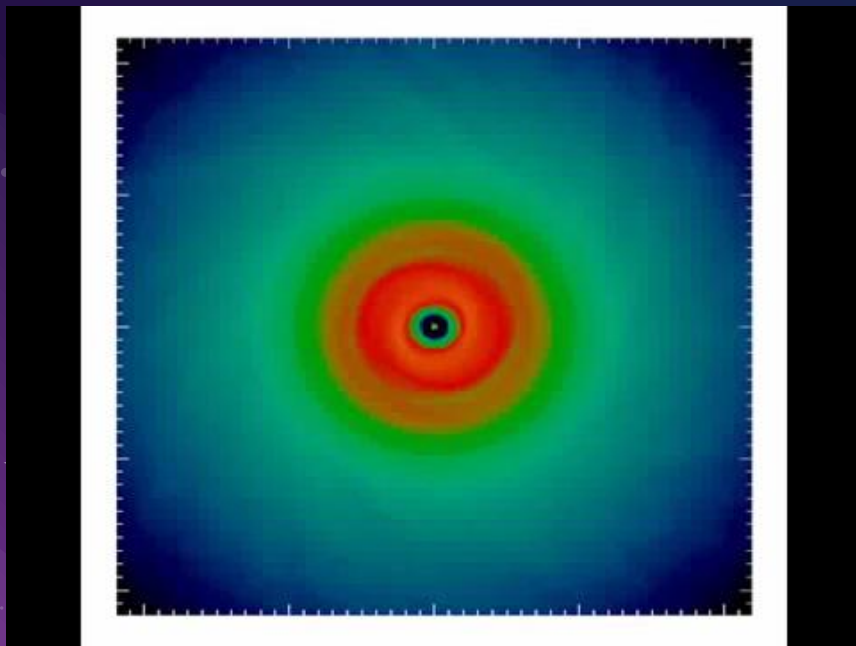
Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

GN-z11

Prieš 13,4 mlrd metų

Saulės sistema

✦ t = 9 mljrd. m.



HL Tau žvaigždė
(ALMA Partnership et al. 2015)

https://www.youtube.com/watch?v=3YmeajE-TT8&ab_channel=djxattanta
Planetų formavimosi simuliacija

Gyvybė

$t = 10$ mljrd. m.



Homo sapiens

t = 13,7 mljrd. m.

Homo sapiens

Jūs esate čia

$t = 13,7$ mljrd m

Per pirmus 500 mln metų visata išsiplečia iki maždaug 1/3 dabartinio dydžio
Atsiranda visa medžiaga
Susikuria pirmosios žvaigždės ir galaktikos

Susikuria Saulės sistema

Pirmosios fosilijos

Homo Sapiens

Per pirmus 500 mln metų visata išsiplečia iki maždaug 1/3 dabartinio dydžio
Atsiranda visa medžiaga
Susikuria pirmosios žvaigždės ir galaktikos

Susikuria Saulės sistema

Pirmosios fosilijos

Homo Sapiens

Kas mūsu laukia?

- ★ Didysis užšalimas (šiluminė mirtis)
 - ★ Visata plīs tol, kol nebeliks medžiagos žvaigždžių formavimuisi.
- ★ Didysis susitraukimas
 - ★ Visatos plėtimasis kažkada sustos, ir visata pradės trauktis kol sugrįš į pradinį tašką
- ★ **Ciklinė visata**
 - ★ Panašu į didįjį susitraukimą, skirtumas tas, kad po susitraukimo vėl gimsta naujos kartos visata.

