

Visuma izcelsme un evolūcija

Džuljeta Fjerro, Suzana Deustua, Beatrise Garsija

*Starptautiskā Astronomijas savienība,
Meksikas Nacionālā autonomā universitāte, Meksika
Kosmosa teleskopa zinātnes institūts, ASV
ITeDA un Universidad Tecnológica Nacional, Argentīna*



Visums ir kopums:

Kosmoss

Matērija

Enerģija

Laiks



Tas atrodas nepārtrauktā attīstībā.

Katrs Visuma objekts mainās, kā arī mūsu priekšstati par tiem.

Ir pagājis mazāk nekā gadsimts, kopš mums ir pietiekami daudz novērojumu, lai kvantitatīvi aprakstītu Visumu un veiku zinātniskus pētījumus.



Pēdējās desmitgadēs mums ir daudz informācijas par Visumu, un mēs varam to izpētīt. Iepriekš bija tikai apsvērumi.



Mūsu intuitīvā Visuma izpratne neatbilst Lielā Sprādziena standarta modelim.

Vēsturiskās kultūras mēģināja izskaidrot Visumu. Piemēram, babilonieši domāja, ka Zeme ir plakana, ar noteiktiem pacēlumiem, un to atbalsta ziloņi, kas savukārt atrodas uz bruņurupuča, kuru ieskauj viena čūska. Viņi skaidroja zemestrīces ar ziloņu pārvietošanos.



Modeļa pārbaude:

Ziloņa un bruņurupuča ēna nekad neizskatās kā Zemes ēna uz Mēness.

Tikai lodei vienmēr ir aplūveida ēna. To parāda Mēness aptumsums.



Zinātnes sasniegumi

- Pārdomas.
- Domājam par jautājumiem, kas ir saistīti ar dabu.
- Eksperimenti.
- Domājam par rezultātiem.
- Jaunu zināšanu izplatīšana ar rakstu palīdzību.
- Kad citi domātāji labvēlīgi komentē mūsu idejas, zināšanas tiek nostiprinātas. Arī tad, kad mācāmies no savām kļūdām.

Lielā Sprādziena standarta modelis

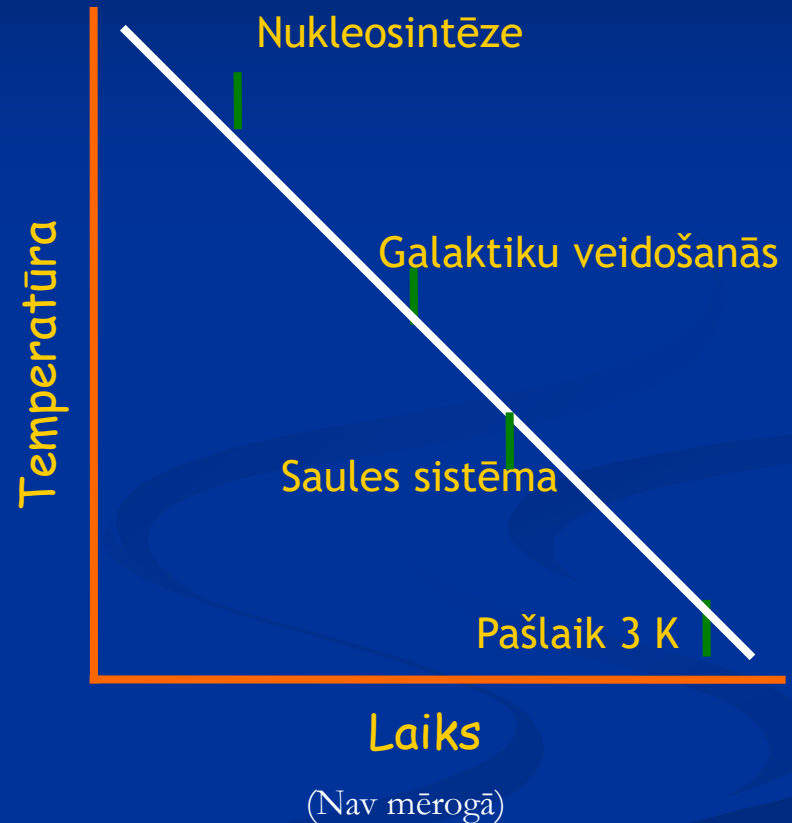
- Tas ir visvienkāršākais un izskaidro novērojumus :
 - Visuma izplešanos.
 - Kosmisko fona starojumu.
 - Ķīmisko vielu pārpilnību.
 - Izotropiju (vienādību visos virzienos).
- Ir arī citi modeļi



- Zinātne nepretendē uz patiesību – tā ir nesasniedzama.

Visuma izplešanās

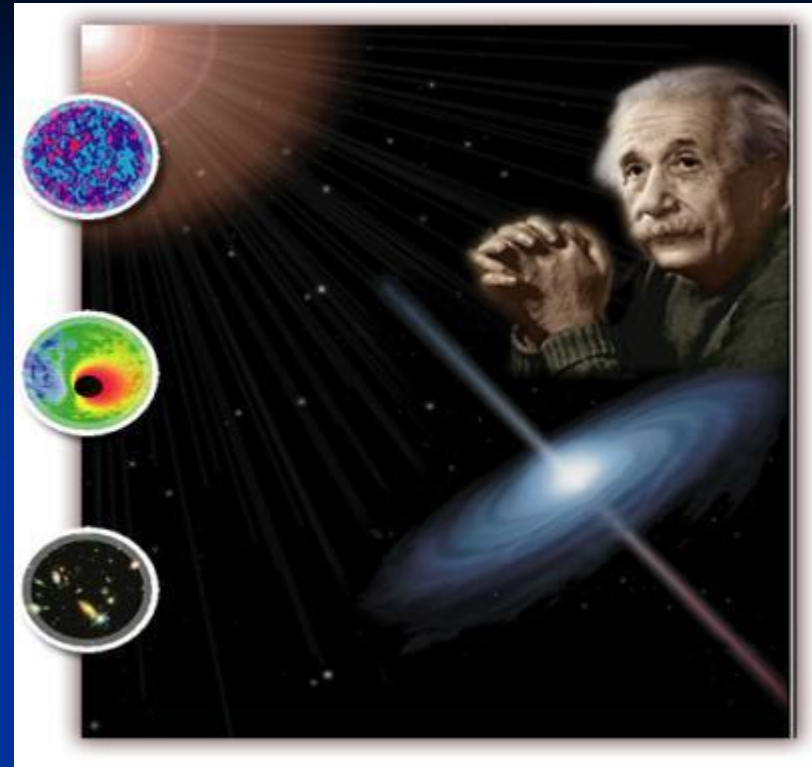
- ❑ Visums izveidojās pirms 14 000 miljoniem gadu.
- ❑ Viss sākās, kad no vakuuma atbrīvojās enerģija.
- ❑ Šajā procesā Visums paplašinājās un atdzisa.
- ❑ Enerģija pārveidojās matērijā.



Zemes procesus aprakstošo fiziku, ko izmanto pārējā Visumā, sauc par astrofiziku.

Alberts Einšteins atklāja, ka enerģiju var pārvērst matērijā un otrādi. Visuma sākumā vakuuma enerģija pārvērtās matērijā.

Zvaigžņu iekšienē enerģija pārvēršas matērijā, tāpēc tās spīd.



Ekvivalence starp matēriju un enerģiju

$$E = mc^2$$

kvarki, leptoni

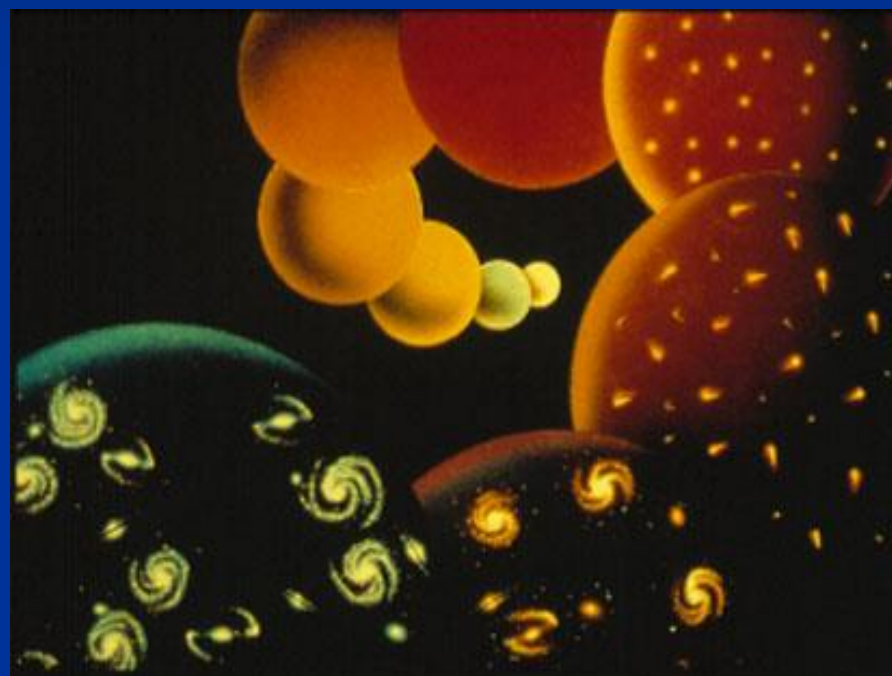
p^+ n e^-



Sākumā visa viela bija jonizēta

Vēlāk tā rekombinēja,
veidojot neitrālus
atomus.

Atomi veidoja mākoņus,
kuros tapa pirmās
galaktikas un pirmās
zvaigznes.



Vēlāk izveidojās iežu planētas (piemēram,
Zeme) un parādījās pirmā dzīvība.

Ķīmiskā evolūcija

Protoni, neitroni un elektroni radās Visuma pirmajās minūtēs. Tie veidoja vienkāršākos atomus: H un He.

$$E = mc^2$$

H - veido protoni p^+

4 H - pārvēršas par He + 2 ν + 2 e^+ + 2 γ

- Pārējie elementi veidojās zvaigžņu iekšienē kodoltermiskās reakcijās.
- Smagākie atomi, piemēram, urāns, rodas, kad zvaigznes eksplodē un izsviež daļiņas, kas saduras, veidojot jaunus elementus.
- Pagāja daudzi miljoni gadu pēc Lielā Sprādziena, līdz zvaigžņu evolūcijas procesā izveidojās citi elementi, neskaitot ūdeņradi un hēliju.



Fizika un kosmoloģija

Mēs varam izskaidrot ikdienā sastopamo matēriju ar kvarkiem – protonu un neitronu sastāvdaļām, un leptoniem (viens no vispazīstamākajiem ir elektrons), un to mijiedarbību, piemēram, elektromagnētismu .

Saime			Mijiedarbība
leptons	elektrons	neitrīno	Elektromagnētiskais spēks
kvarki	augšējais	apakšējais	Stiprā mijiedarbība
barions	protons	neitrons	Vājā mijiedarbība, stiprā mijiedarbība

Šī modeļa vienkāršība palīdz saprast, kāds bija agrīnais Visums, kur enerģija pārveidojās matērijā un matērija enerģijā.



No novērojumiem mēs uzzinām:

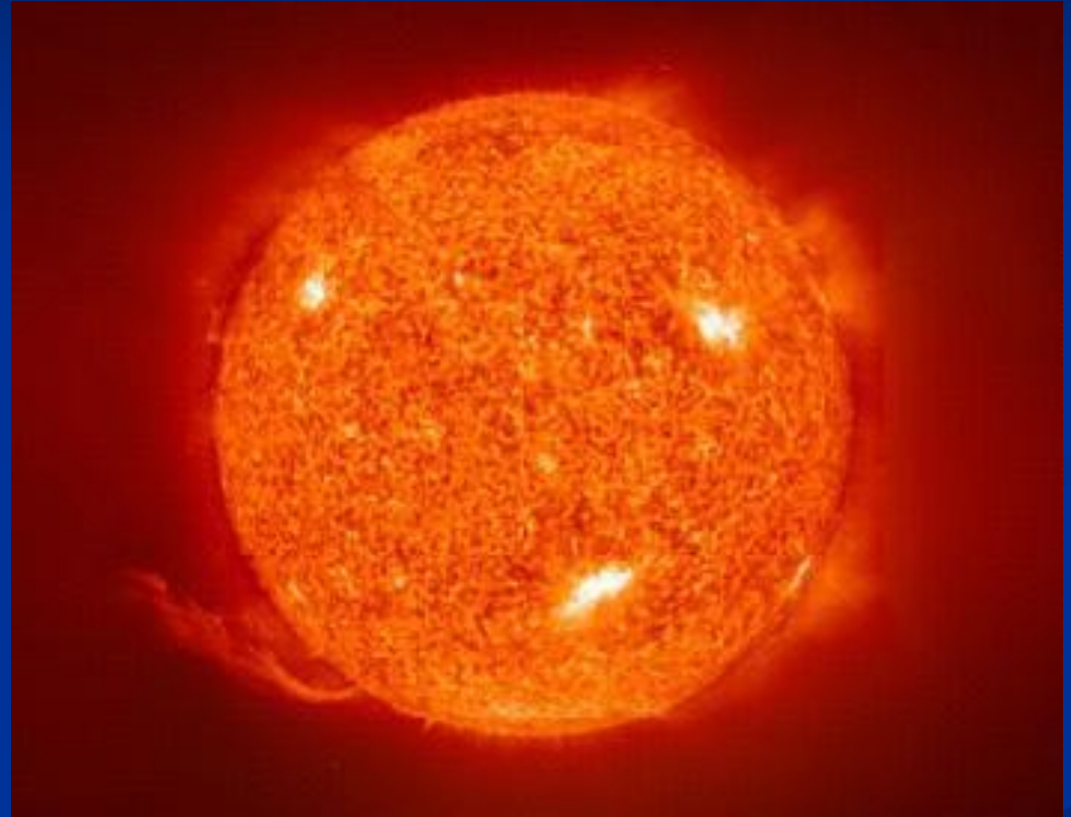
- Debess objektu fizikālās īpašības.
- Izmērus un attālumus.
- Laiku un vecumu.
- Visuma izplešanās ātrumu.
- Fona starojuma temperatūru.
- Ķīmisko sastāvu.
- Visuma uzbūvi.
- Kāpēc nakts debesis ir tumšas.
- Tumšās matērijas un tumšās enerģijas esamību.



Saule

Visvairāk pētītie objekti ir arī spožākie – tos ir visvieglāk izpētīt.

Saule un pārējās zvaigznes ir vispazīstamākie objekti.



Eksoplanētas



Līdztekus zvaigznēm pēdējos gados ap citām zvaigznēm ir atklātas simtiem planētu, nevis tāpēc, ka tās izstaro gaismu, bet gan tāpēc, ka tās maina zvaigžņu orbītas un gaismas līknes.

Dzīvība



Vēl viena Visuma īpašība ir dzīvība. Mēs vēl neesam atklājuši dzīvību ārpus Zemes.

Mēs uzskatām, ka tās uzplaukšanai ir nepieciešams ūdens, jo tas veicina vielu apmaiņu un kompleksu molekulu veidošanos.

.



Starpzvaigžņu vide

Telpa starp zvaigznēm nav tukša, to aizpilda starpzvaigžņu viela. Tas ir materiāls, no kura veidojas jaunās zvaigznes.

Zvaigznes dzimst gāzes un putekļu mākoņos. Mākoņi saspiežas, veidojot jaunas zvaigznes. Lielāko dzīves daļu zvaigznes pavada, savā kodolā ūdeņradi pārveidojot hēlijā un enerģijā.

Vēlāk veidojas ogleklis, slāpeklis un skābeklis – elementi, no kuriem mēs sastāvam.



Saulei līdzīgas zvaigznes dzīves cikls



Kad zvaigznes iztērē degvielu, tās izsviež apkārtējā telpā zvaigznēs izveidotās daļiņas. Pēc katras zvaigžņu paaudzes starpzvaigžņu vidē, kur dzimst jaunas zvaigznes, ir arvien vairāk smagāku ķīmisko elementu.

Zvaigžņu kopas

Daudzas zvaigznes ir apvienojušās kopās, kurās ir no 100 līdz 1 000 000 zvaigžņu.



Jewel Box, vaļējā
zvaigžņu kopa



Centaura Omega,
lodveida zvaigžņu
kopa





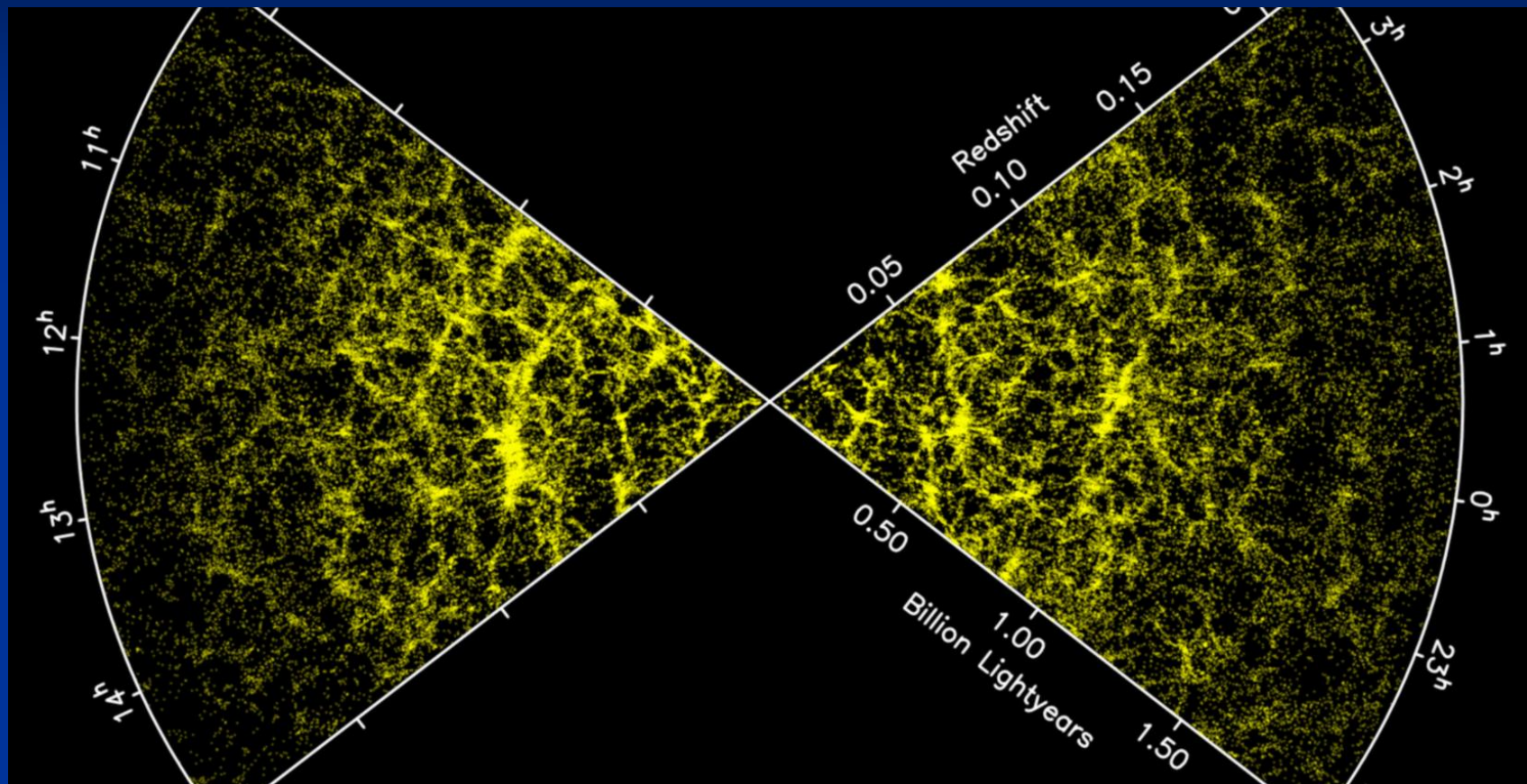
Spirālveida galaktika «Atvars»
Avots: Habla kosmiskais teleskops

Galaktikas

Īpaši zvaigžņu sakopojumi ir galaktikas, piemēram, mūsu spirālveida galaktika, kurā ir vairāk nekā 100 miljardi zvaigžņu, daudzām ir savas planētas, pavadoņi un komētas, gāze un putekļi. Vēl ir liels daudzums tā sauktās tumšās matērijas.



Šķiedrainais Visums



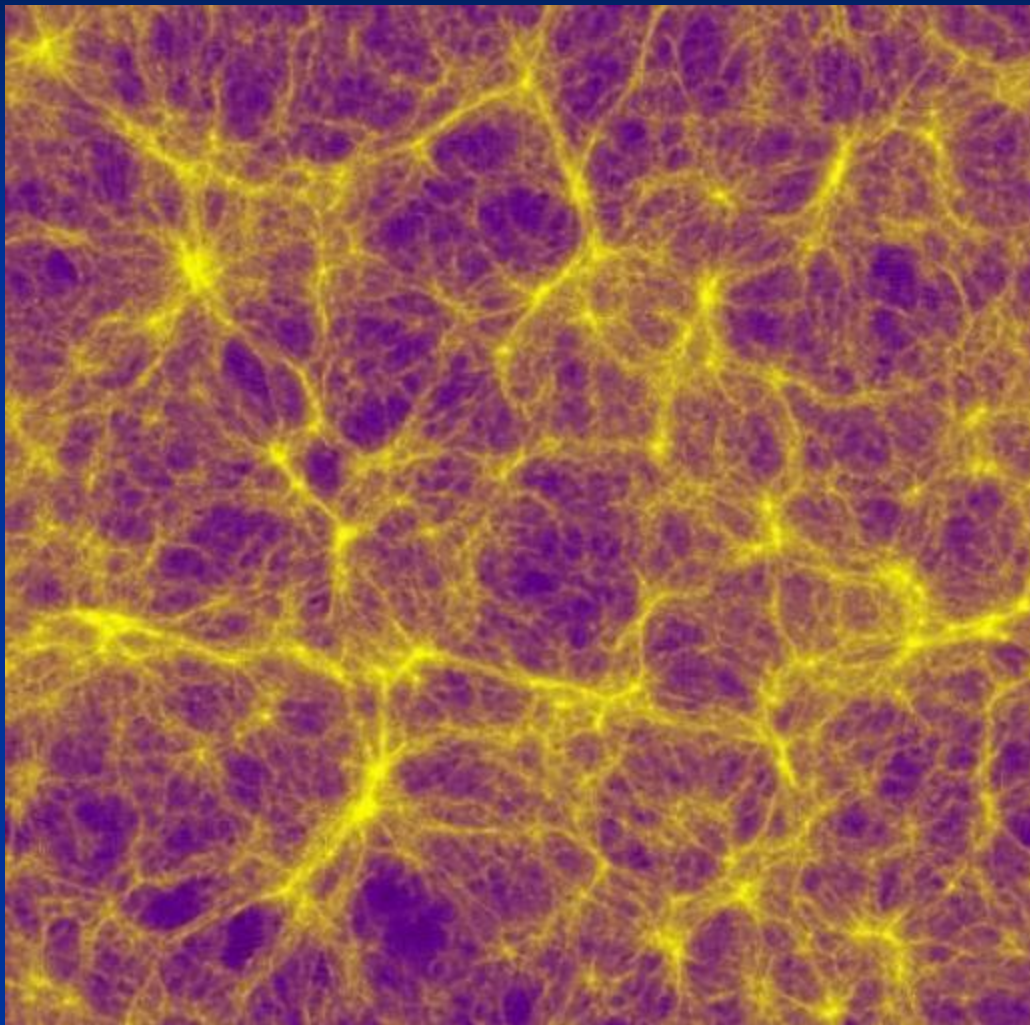
Galaktiku grupas ir sakārtotas tā sauktajās Visuma šķiedrās jeb tīklā

Visums ir līdzīgs burbuļvannai, kur galaktiku matērija ieskauj tukšas telpas apgabalus, un, laikam ritot, tukšo burbuļu apjoms pieaug.



Visumam paplašinoties, telpa starp galaktiku kopām palielinās un Visums arvien vairāk izklīst.

Šķiedrainā Visuma modelis



Galaktiku kopas un superkopas atrodas šķiedrās, piemēram, uz burbuļu virsmas. Modelis sakrīt ar novērojumiem.

Avots: Millenium Project Max Planck Institute.



Visuma uzbūves hierarhija

- Zvaigznes atrodas zvaigžņu kopās.
- Zvaigžņu kopas ietilpst galaktikās.
- Galaktikas veido kopas, kas sastāv no dažām galaktikām vai tūkstošiem galaktiku.
- Lielākās struktūras Visumā ir šķiedras, ko veido galaktiku kopas un superkopas.



Izmēri kosmosā

Mēs pazīstam viena metra izmēru, kas ir aptuveni vienāds ar bērna augumu, un arī tūkstoš reižu lielāku vienību, vienu kilometru ...

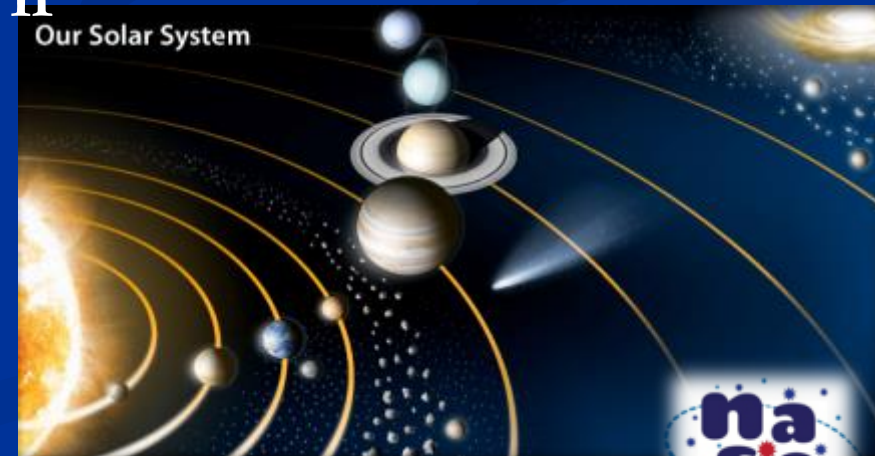


... tūkstoš reižu lielāku attālumu, tūkstoti kilometru, ko ar lidmašīnu var veikt pāris stundās.



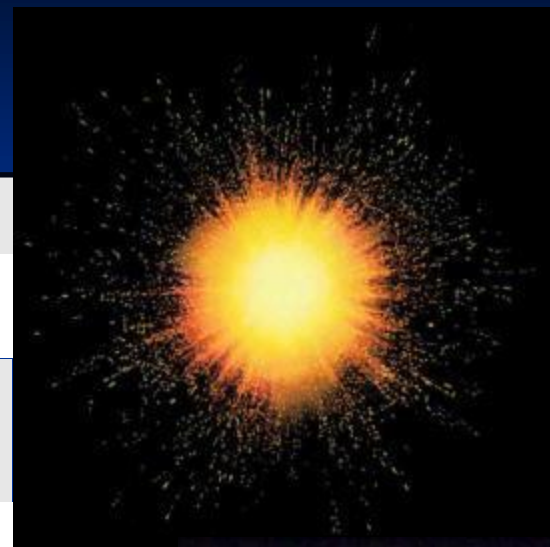
Lai nokļūtu uz Mēnesi, mums ir vajadzīgas trīs dienas, bet no Saules līdz Jupiteram jāceļo vairākus gadus.

Attālums līdz tuvākajām zvaigznēm ir vēl tūkstoš reižu lielāks.



Laiks kosmosā, gados

Liels Sprādziens	14 000 000 000
Galaktikas veidošanās	13 000 000 000
Saules sistēmas veidošanās	4 600 000 000
Dzīvības parādīšanās uz Zemes	3 800 000 000
Sarežģītas dzīvības parādīšanās	500 000 000
Dinozauru rašanās	350 000 000
Izmiršana krīta periodā	65 000 000
Mūsdienu cilvēka rašanās	120 000



Mūsdienu cilvēki parādījās pavisam nesen

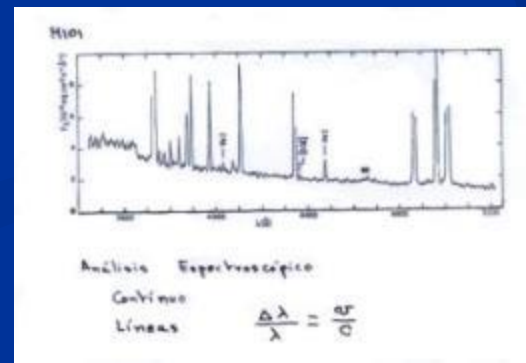
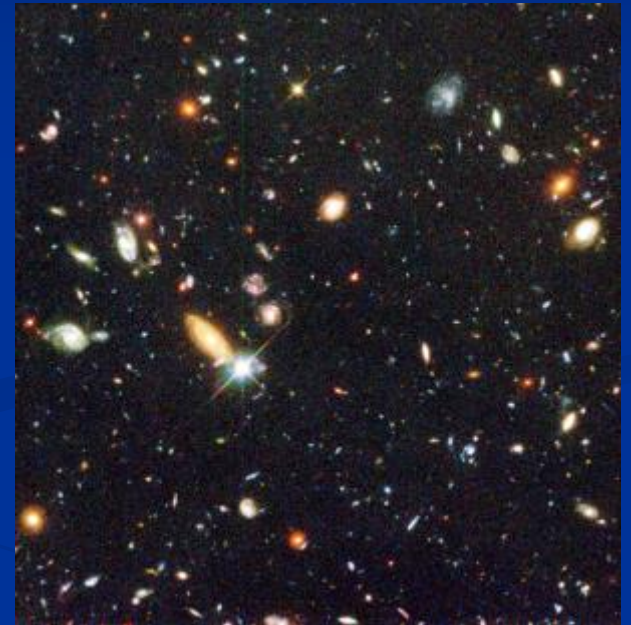


Novērojot Visumu

Varat uzņemt attēlu, lai noteiktu zvaigznes atrašanās vietu vai izskatu, vai izstarotās gaismas daudzumu.

No spektra var noteikt zvaigžņu ātrumu. Tas ir zināms kā gaismas Doplera efekts.

Analizējot starojumu, ko izstaro, atstaro vai absorbē zvaigznes un galaktikas, mēs uzzinām par to īpašībām.



Standarta modeļa pamati

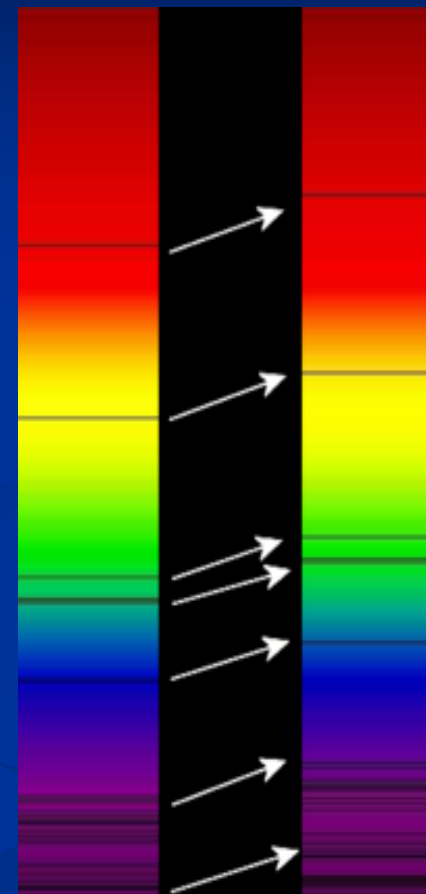
Visuma izplešanās

Doplera sarkanā nobīde norāda uz izplešanos (ja zvaigznes tuvojas novērotājam, gaisma ir zilāka, un, ja tās attālinās, tās ir sarkanākas).

Galaktiku grupas attālinās viena no otras, un, ja tās atrodas tālāk, tās attālinās ātrāk.

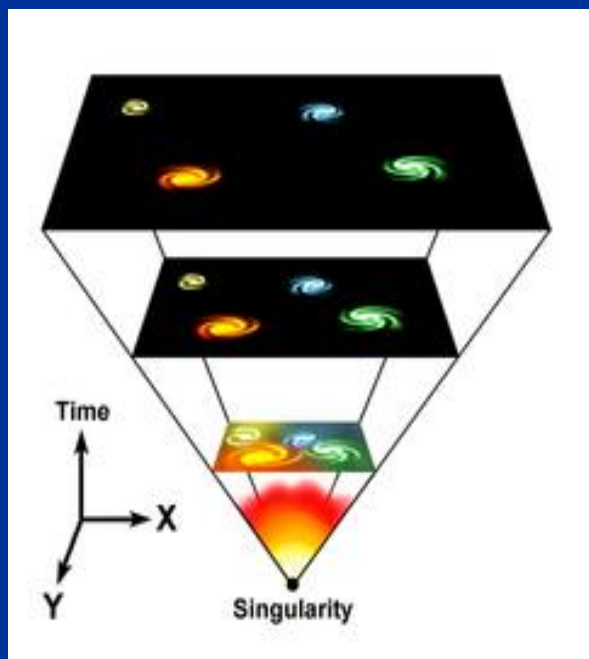
Ķīmisko vielu pārpilnība Visumā

Pirmajās kosmosa pastāvēšanas minūtēs veidojās tikai H un He; izplešanās apturēja šo elementu rašanos: starojums zaudēja enerģiju un vairs nespēja pārveidoties protonos un neitronos. C, N un O izveidojās zvaigžņu iekšienē un sajaucās ar starpzvaigžņu vidi, kad zvaigznes gāja bojā.



Kosmiskā izplešanās

Telpa izplešas, kā arī izstiepjas starojuma fotoni. Kas agrāk bija maza viļņu garuma gamma stari, šodien novērojami kā radioviļņi.

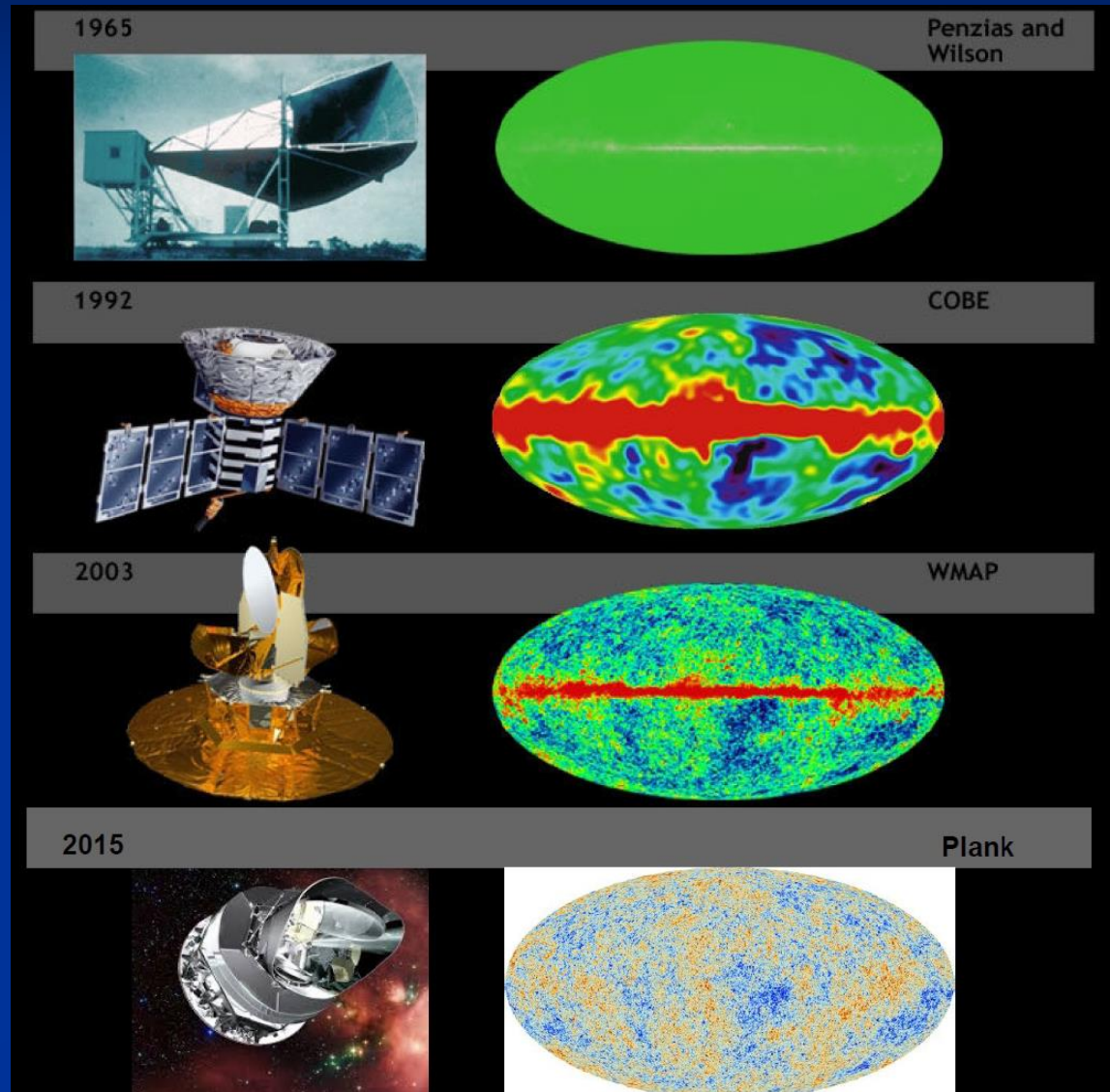


Mērot kosmisko izplešanos, mēs varam aprēķināt Visuma vecumu, 14 miljardi gadu. Šis aprēķins ir precīzāks nekā no vecākajām zvaigznēm izmērītais vecums (kas ir lielāks).



Kosmiskais mikroviļņu fona starojums

COBE, WMAP un PLANCK misijas izveidoja mikroviļņu fona starojuma debess karti, katru reizi sniedzot arvien sīkāku informāciju un atklājot nelielas izmaiņas: matērijas elementu «nospiedumus», no kuriem sāka veidoties galaktikas.



Vai pastāv Visuma mala?



Nepieciešams Visuma stabilitātes nosacījums ir tā nepārtraukta izplešanās. Pretējā gadījumā tas pārstatu pastāvēt tāds, kādu mēs to redzam tagad. Visuma paplašināšanās ir viens no Lielā Sprādziena standarta modeļa balstiem.

bet... nav izplešanās
centra



Vai Visumā dominē gravitācija?



Visums satur masu,
tāpēc tam ir milzīgs
gravitācijas spēks.
Gravitācija pievelk.

Lielā Sprādziena
radītā izplešanās
kompensē gravitāciju.

Visums paātrinās, un enerģijas avots, kas ir atbildīgs
par šo paātrinājumu, nav zināms.



Vērojot tālas galaktikas, mēs redzam, kādas tās bija pagātnē. Tuvumā esošās galaktikas atšķiras no tālajām galaktikām.



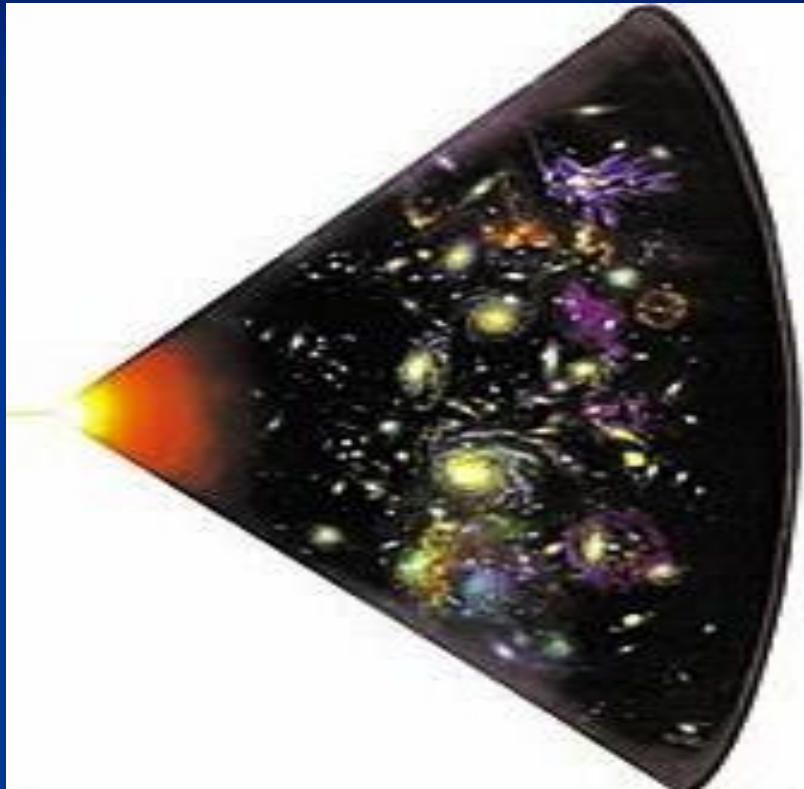
Netālu esoša spirālveida galaktika



Tālas galaktikas ir mazas un amorfas



Evolūcija



Ir robeža, aiz kuras mums nav informācijas par kosmosu.

Mēs nevaram novērot zvaigznes, kuru gaismai ir vajadzīgi vairāk nekā 14 miljardi gadu, lai sasniegtu mūs.

Ja mūsu Visums būtu mazs, mums būtu informācija tikai par tā nelielu daļu, un, ja tas būtu bezgalīgs, tad tikai par niecīgu daļu.

NEREDZAMĀ Visuma daļa,
95%, ko veido tumšā matērija
un tumšā enerģija, ir atklāta,
pētot tās iedarbību uz
REDZAMAJIEM objektiem.

Mēs nezinām, no kādām vielām tā
sastāv.



Jūras virsma



It kā mēs būtu jūras biologi, bet varam redzēt tikai jūras virsmu.

Jūras gultne

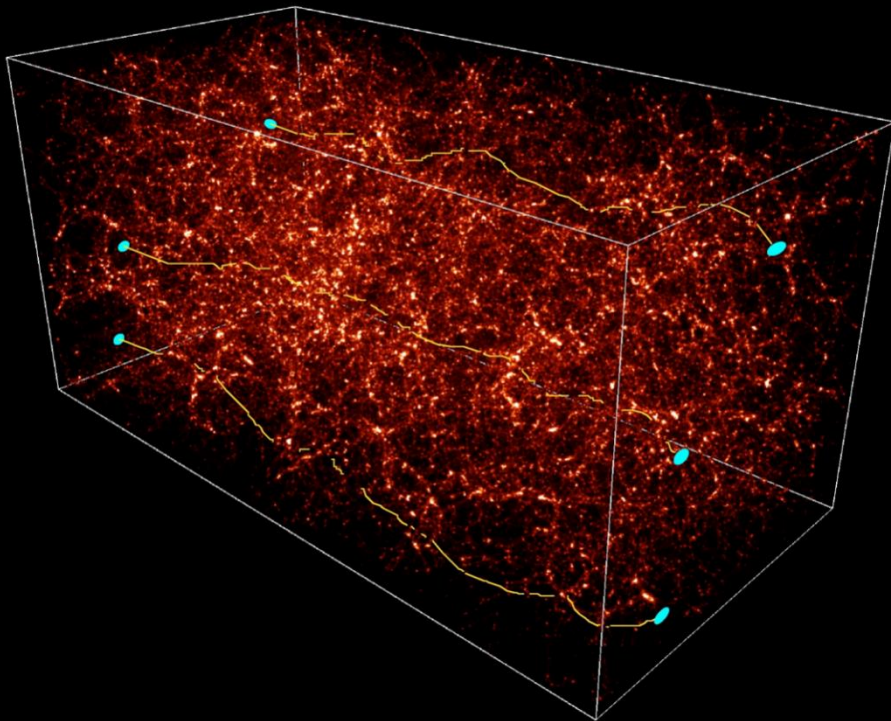


Ja paskatītos tuvāk, mēs varētu atklāt lielu dažādību.

Tumšā matērija

Mēs zinām, ka uz katru atklāto astronomisko objektu ir vēl tūkstoši citu, par kuriem mums nav informācijas, ir zināma tikai masa, ko tie satur. Mēs nezinām to formu un izplatību.

DEFLECTION OF LIGHT RAYS CROSSING THE UNIVERSE, EMITTED BY DISTANT GALAXIES



Tiek uzskatīts, ka tumšā matērija veido pavedienus. Zilie ovāli ir tālas galaktikas. Dzeltenās līnijas ir galaktiku izstarotās gaismas ceļi. Bez tumšās matērijas tie būtu taisni.



Zvaigznes pārvietojas ap galaktikas centru, jo tās masa tās pievelk. Gravitācijas spēka dēļ galaktiku kopu izmēri ir ierobežoti.

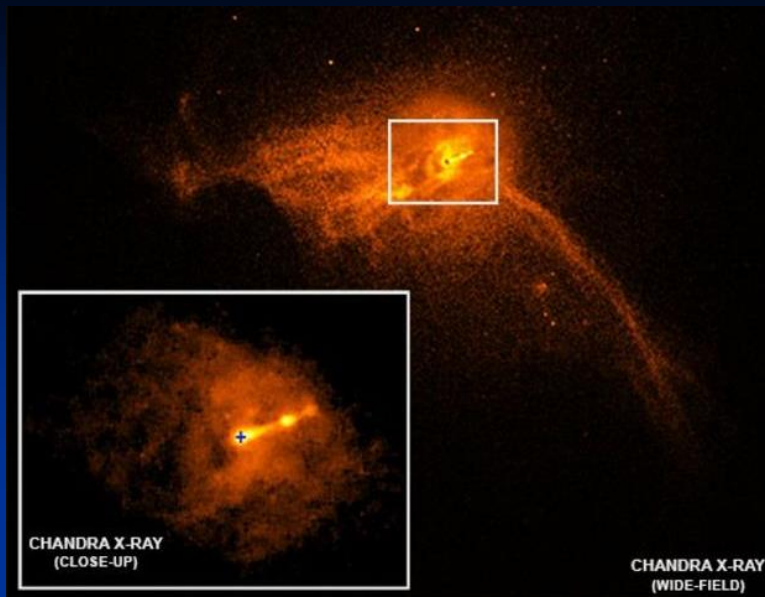


Tumšā matērija nav redzama, bet to var noteikt ar gravitācijas palīdzību.



Ir objekti, kas pārvietojas apkārt citiem, neredzamiem objektiem. Piemēram, ir zvaigznes un zvaigžņu grupas, kas pārvietojas ap melnajiem caurumiem galaktiku centros.





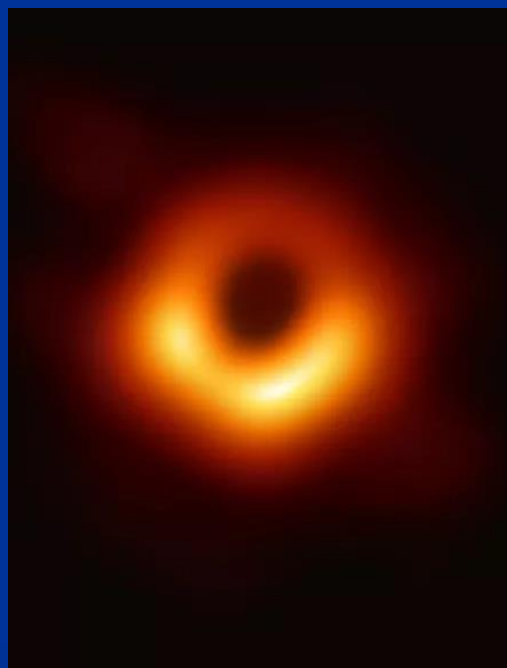
Vairāk nekā 200 zinātnieku konsorcijs un 60 institūcijas 18 valstīs 6 kontinentos ir daļa no Notikumu horizonta teleskopa: 8 radioteleskopi uz visas planētas.

Galaktikas M87 centrs, 53,5 miljoni ly no Saules.

(Avots: NASA/CXC/Villanovas Universitāte/J. Neilsens)

“Ēna” un supermasīvā melnā cauruma notikumu horizonts M87 centrā, kas ir 6,5 miljardus reižu masīvāks par mūsu Sauli.

(Avots: Event Horizon Telescope)



Supermasīva melnā cauruma pirmais jebkad uzņemtais attēls tika prezentēts preses konferencē 2019. gadā.

Visuma evolūcija

Ilgā laika posmā Visums turpinās izplesties. Izplešanās ātrums ar laiku pieaug, izplešanās paātrinās. Par šo paātrinājumu atbildīgā enerģija joprojām nav zināma. Mēs to saucam par tumšo enerģiju.

Pēc ~ triljoniem gadu visa starpzvaigžņu viela tiks izlietota un zvaigžņu veidošanās apstāsies.

Protoni sadalīsies (varbūt), un melnie caurumi iztvaikos.

Visums būs milzīgs, to piepildīs eksotiska matērija un zemas enerģijas radioviļņi.

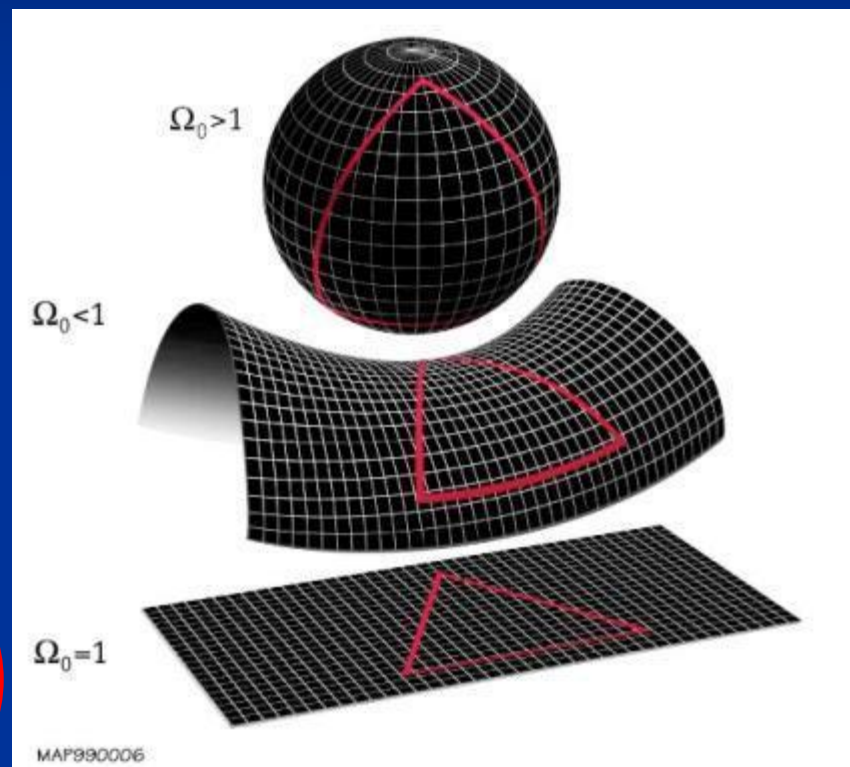


Visuma ģeometrija atkarīga no kosmoloģiskās konstantes

Slēgts $\rightarrow \Omega > 1$

Valējs $\rightarrow \Omega < 1$

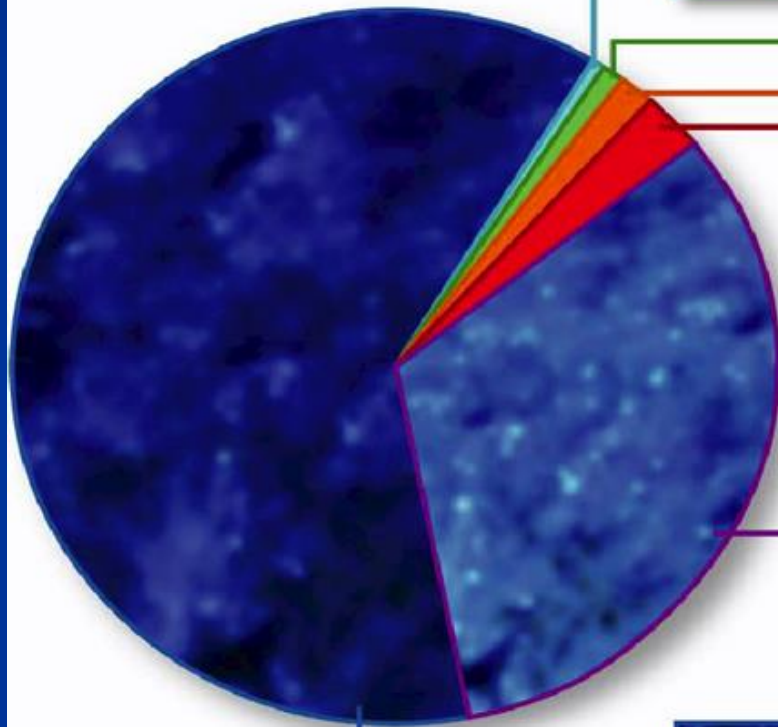
Plakans $\rightarrow \Omega = 1$
(prognozē inflācijas
teorija un sakritība ar
novērojumiem)



Evolūcija ir atkarīga no Visuma satura

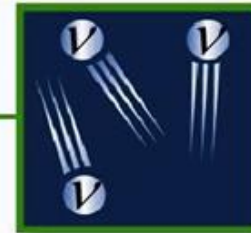
Kosmoloģiskā konstante

$$\Omega_{\text{kopā}} = 1,0$$



Smagie elementi

0.03%



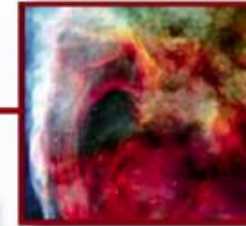
Neitrīno

0.47%



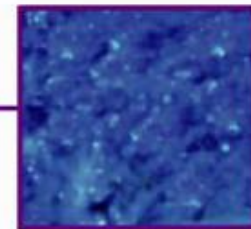
Zvaigznes

0.5%



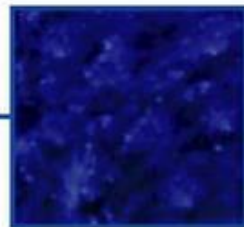
**Brīvs H
un He**

4%



Tumšā matērija

25%



Dark Energy

70%

Veiksmīgs modelis: Lielais Sprādziens (prognoze - pārbaude)

- **Izplešanās:**

20. gadsimta sākumā konstatēja E. Habls.

- **Fona kosmiskais starojums:**

atklāts 20. gadsimtā. A. Penziass un R. Vilsons.

- **Ķīmisko elementu pārpilnība:**

nodemonstrēta 20. gadsimtā.

- **Liela mēroga struktūra:** atklāta 20. gadsimta beigās.



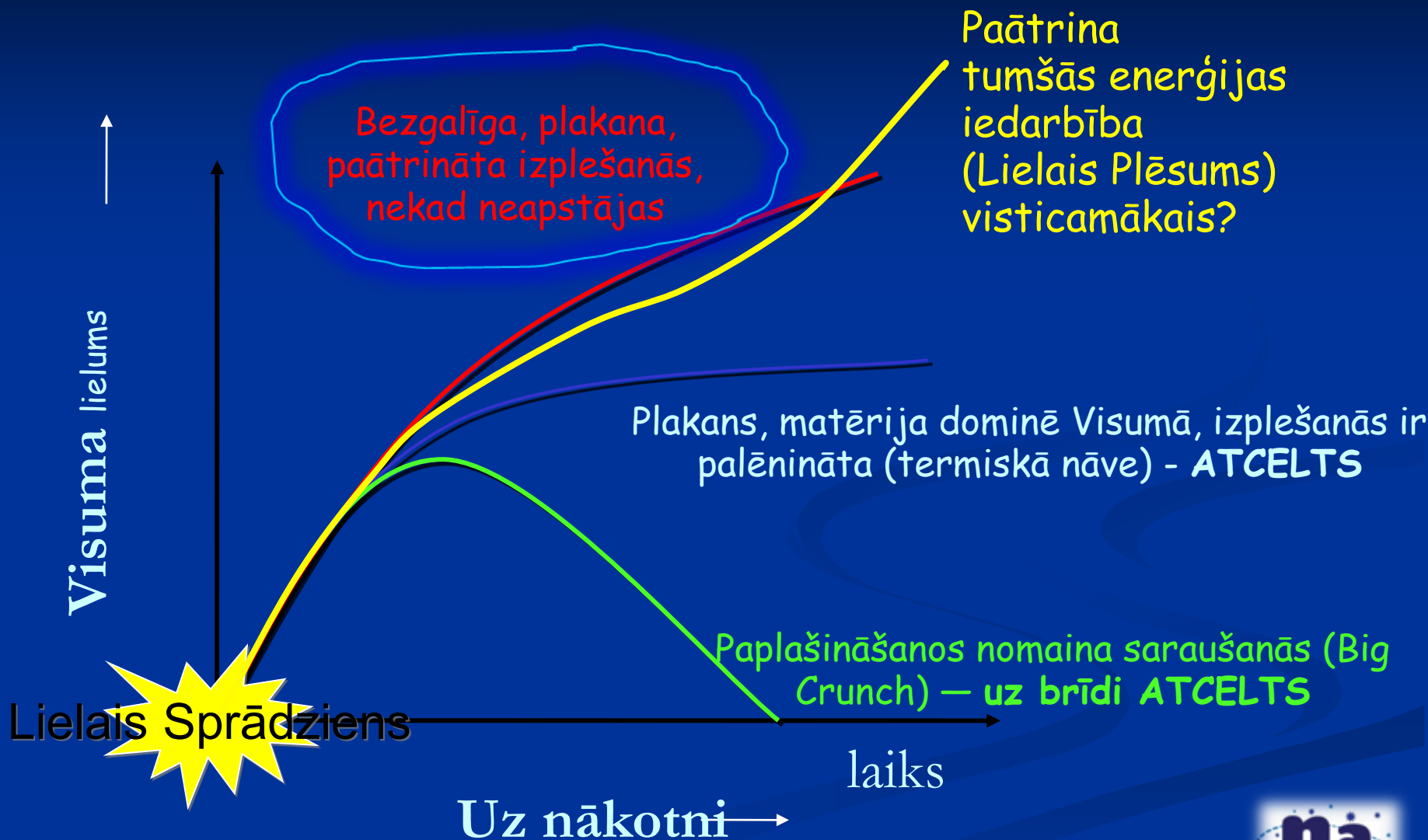
Visuma galīgais liktenis (iespējamie scenāriji)

- **Liels Krakšķis (Big Crunch):** paplašināšanos nomaina saraušanās.
- **Plakana Visuma «termiskā nāve»** (izplešanās apstājas).
- **Bezgalīga, plakana Visuma pastāvīga paplašināšanās** (šis ir tagad pieņemtais scenārijs).
- **Liels Plēsums (Big Rip):** paātrināta izplešanās.

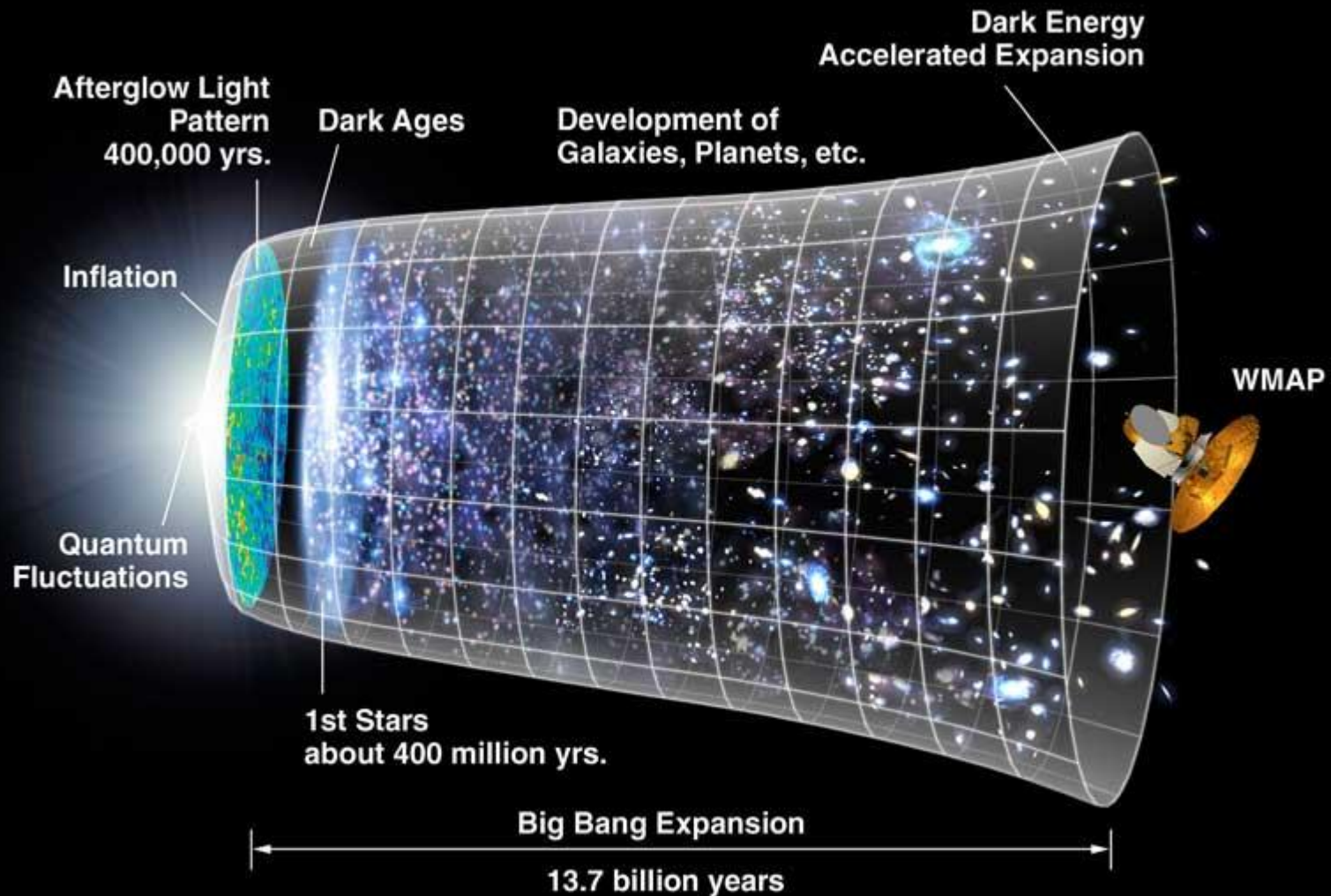
Nākotne ir atkarīga no Visuma satura,
no kritiskā blīvuma un no tumšās
enerģijas esamības.



Visuma forma un liktenis

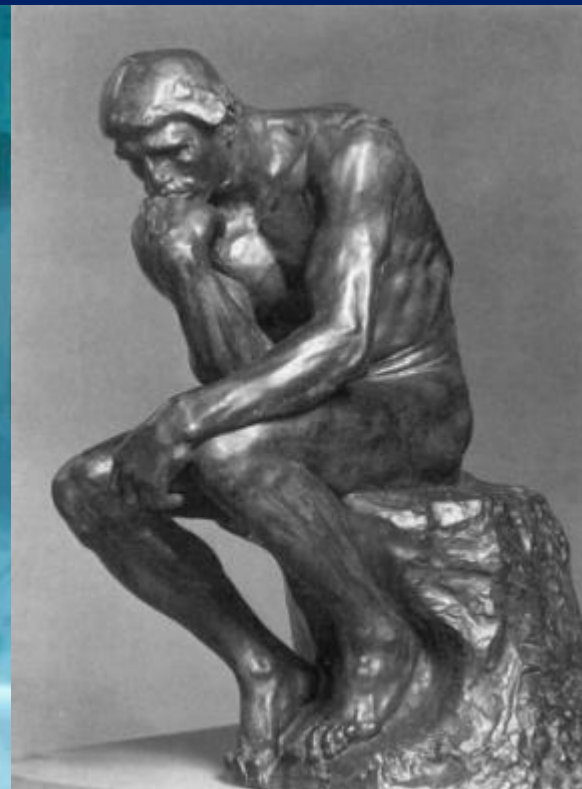


Visuma vēsture



Epilogs

Mēs dzīvojam neparastā laikmetā, kurā mēs varam domāt par Visumu, izmantojot fizikas likumus.



Iespējams, ka ar laiku mūsu priekšstati mainīsies, bet tāda ir zinātnes daba.

Liels paldies par
Jūsu uzmanību!