

Originea și evoluția universului

Julieta Fierro, Susana Deustua, Beatriz García

Uniunea Astronomică Internațională,

Universitatea Autonomă Națională (Mexico DF, Mexico)

Institutul de Știință al Telescopului Spațial, (Baltimore, SUA)

ITeDA și Universitatea Tehnologică Națională, (Mendoza, Argentina)



Universul este totul:

Spațiu

Materie

Energie

Timp



Universul este în continuă evoluție.

Fiecare obiect din Univers se schimbă, la fel cu ideile noastre despre ele.

A trecut mai puțin de un secol de când avem suficiente observații pentru a cuantifica Universul și pentru a încerca o abordare științifică a acestui subiect.



În ultimele decenii am obținut informații despre Univers și astfel îl putem studia. Anterior, afirmațiile erau simple speculații.



Imaginea noastră intuitivă a Universului nu este modelul standard - Big Bang.

De-a lungul istoriei, diferitele culturi au încercat să explice Universul.

De exemplu, babilonienii credeau că Pământul este plat, având unele ridicături și că este plasat pe elefanți, care stau pe o broască țestoasă, înconjurată de un șarpe. Ei explicau producerea cutremurelor de pământ prin rearanjarea elefanților.



Testarea modelului:

Umbra unui elefant pe o broască țestoasă nu seamănă cu umbra Pământului pe Lună.



Numai o sferă are umbra de formă circulară. Demonstrație pe durata unei eclipse de Lună



Progresul în știință

- Reflectând
- Gândind la întrebările pe care le avem despre natură
- Experimentând
- Interpretând rezultatele
- Popularizând noile cunoștințe prin articole de specialitate
- Când alți oameni de știință comentează favorabil ideile lansate de noi, atunci cunoștințele sunt consolidate. Același lucru se întâmplă când învățăm din propriile greșeli.

Modelul standard - Big Bang

- Acesta este cel mai simplu și explică observațiile moderne:
 - Expansiunea
 - Radiația cosmică de fond
 - Abundența chimică
 - Izotropia
- Există și alte modele .

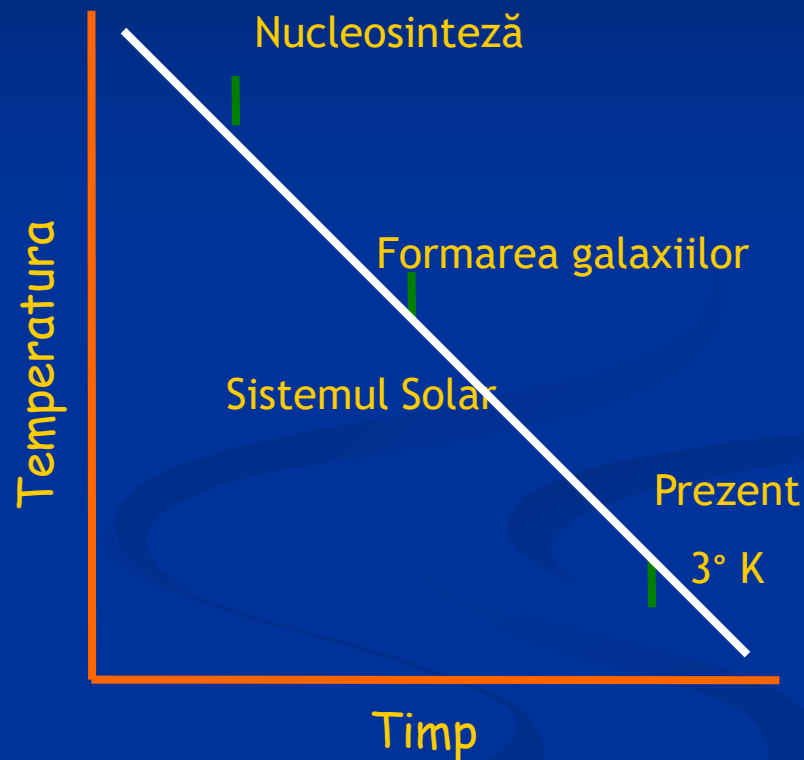


- Știința nu are pretenția de a deține adevărul – acesta este de neatins.



Expansiune a Universului

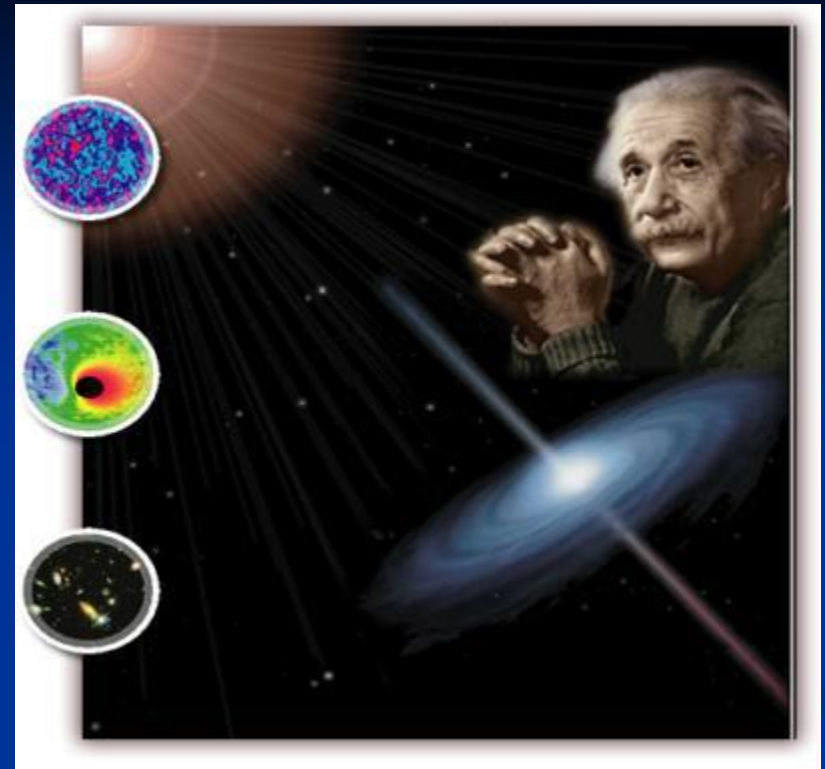
- Universul a fost format în urmă cu 14.000 milioane de ani.
- Totul a început în momentul în care s-a eliberat energia din vid.
- Aceasta s-a extins și s-a răcit în cursul procesului.
- Când se răcește, această energie se transformă în materie.



Fizica studiată pe Pământ și aplicată restului Universului este Astrofizica.

Albert Einstein a descoperit că energia se poate transforma în materie și invers. La începutul formării Universului energia vidului s-a transformat în materie.

În interiorul stelelor energia se transformă în materie și de aceea acestea sunt strălucitoare.



Relația de echivalență
între masă și energie

$$E = mc^2$$

quarci, leptoni
 $p^+ \quad n \quad e^-$



La început materia a fost ionizată

Ulterior materia s-a recombinaat, rezultând atomi.

Atomii au format norii și în interiorul acestora, primele galaxii împreună cu primele stele.

Mai târziu, s-au format planetele telurice (cum este Pământul) și au apărut primele forme de viață.



Evoluția chimică

Protonii, neutronii și electronii s-au format în primul minut al vieții Universului. Aceștia au constituit cei mai simpli atomi, H și He

$$E = mc^2$$

H constituit dintr-un proton p^+

$4H$ se transformă în $He + 2\nu + 2e^+ + 2\gamma$

- Celelalte elemente s-au format în interiorul stelelor ca urmare a reacțiilor termonucleare.
- Atomii grei, cum ar fi uraniul, rezultă în momentul în care stelele explodează și expulzează particule care se ciocnesc, formând elemente noi.
- În mii de milioane de ani după Big Bang, ca urmare a evoluției stelare, s-au format alte elemente diferite de hidrogen și heliu



Fizica si Cosmologia

Putem explica materia din jurul nostru cu ajutorul quarcilor, componenții protonilor, neutronilor și leptonilor (unul dintre cei mai cunoscuți este electronul) și cu interacțiunile dintre ele, cum ar fi electromagnetismul.

Familia			Interacțiunea
leptoni	electroni	neutrino	Forța electromagnetică
quarci	top	bottom	Interacțiuni tari
barioni	protoni	neutroni	Interacțiuni slabe, interacțiuni tari

Simplitatea modelului ne ajută să înțelegem cum era Universul la începuturi, atunci când energia s-a transformat în materie și materia în energie.



Prin observații aflăm:

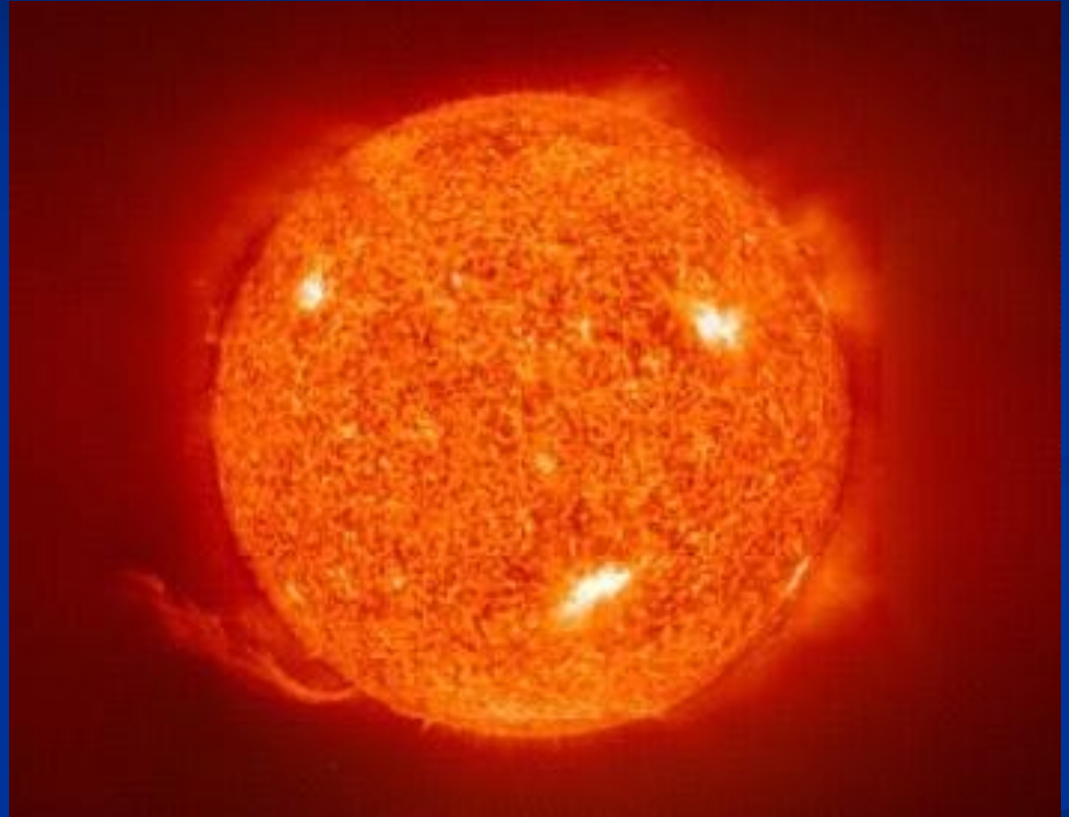
- Proprietățile fizice ale obiectelor cerești
- Dimensiuni și distanțe
- Perioade și vârste
- Viteza de expansiune a universului
- Temperatura radiației de fond
- Compoziția chimică
- Chemical composition
- Structura universului
- De ce noaptea este întunecată
- Existența materiei întunecate și energiei întunecate



Soarele

Cele mai studiate
obiecte sunt totodată
și cele mai
strălucitoare
– cele mai ușor
de studiat.

Soarele și celelalte
stele sunt cele mai
cunoscute obiecte
cerești.



Planetele extrasolare



În afară de stele, în ultimii ani au fost descoperite sute de planete ce orbitează în jurul altor stele, nu pentru că emit lumină, ci pentru că perturbă orbitele stelare și traiectoriile luminii.

Viața



O altă proprietate a Universului o reprezintă viața. Încă nu am descoperit viața în afara Pământului.

Credem că, pentru a se dezvolta, viața are nevoie de apă deoarece apa facilitează schimbul de substanțe și formarea moleculelor complexe



Materia interstelară

Spațiul dintre stele nu este gol, ci este umplut cu materia interstelară. Aceasta este materia din care se formează noile stele.

Stelele s-au născut în interiorul norilor de gaz și praf. Norii sunt comprimați și formează noile stele. Acestea își petrec cea mai mare parte a vieții prin procesele care au loc în miezul lor, procese de transformare a hidrogenului în heliu și energie.



Apoi, mai târziu, se formează carbonul, azotul și oxigenul - elementele din care suntem constituiți și noi.



Ciclul de viață unei stele ca Soarele



Când stelele expulzează combustibilul, ele eliberează în spațiul înconjurător particulele care au fost create în interiorul lor. După fiecare generație stelară, mediul interstelar - în care se nasc noile stele - devine tot mai abundent în elemente chimice grele.

Roiurile

Multe stele sunt grupate în roiuri, care conțin între 100 și 1 000 000 de stele



Roiul deschis
Cutia cu bijuterii



Roiul globular
Omega Centauri

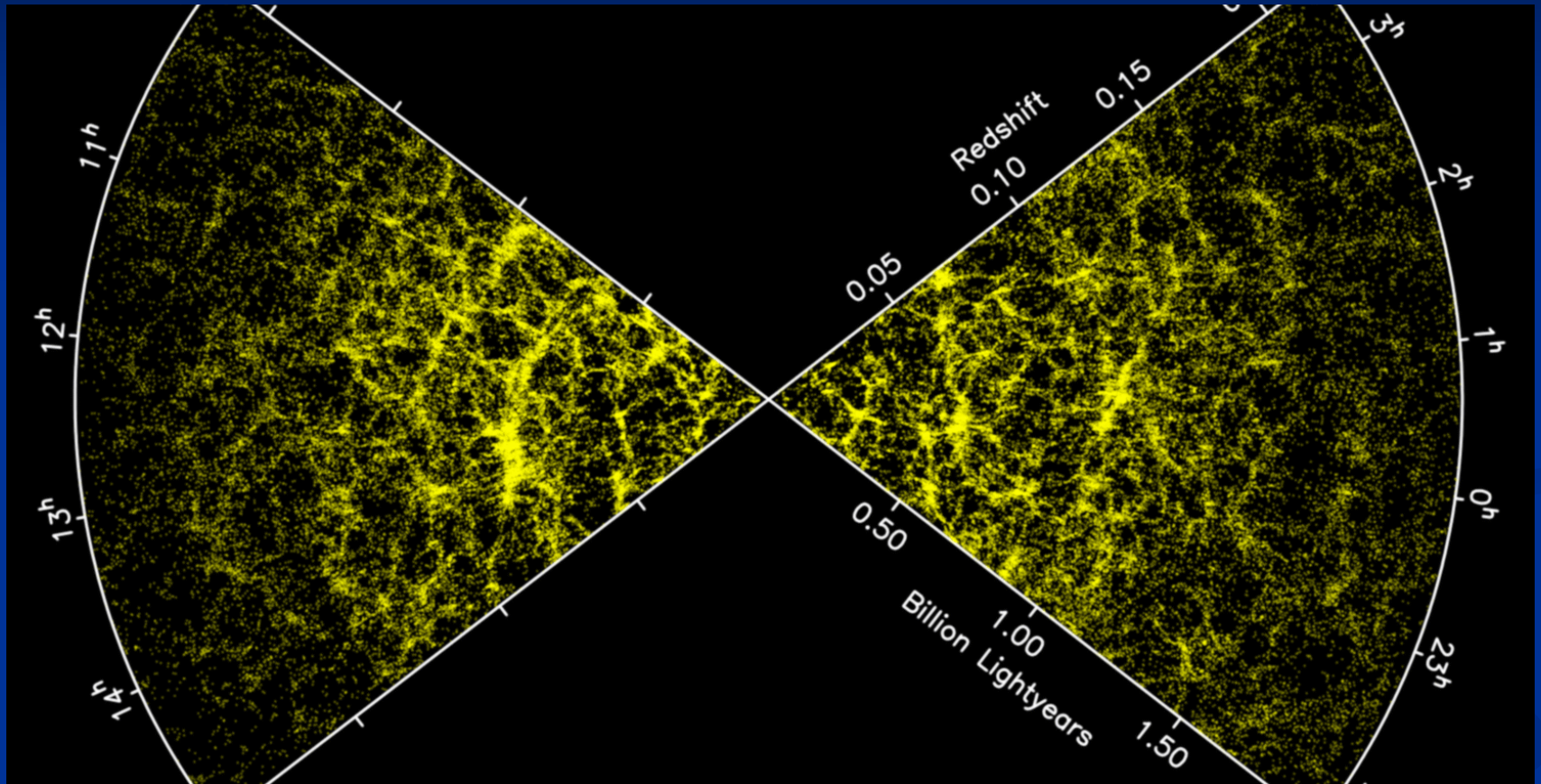
Galaxiile



Galaxiile sunt prin excelență conglomerate (o galaxie spirală ca galaxia noastră are > 100 miliarde de stele), fiecare cu planetele sale, sateliții, cometele sale, gazul, praful și cu cea mai mare parte din așa numita materie întunecată.

Galaxia spirală Whirlpool
Sursa: Telescopul Spațial Hubble

Universul filamentar



Grupurile de galaxii sunt aranjate în ceea ce se numește universul filamentar

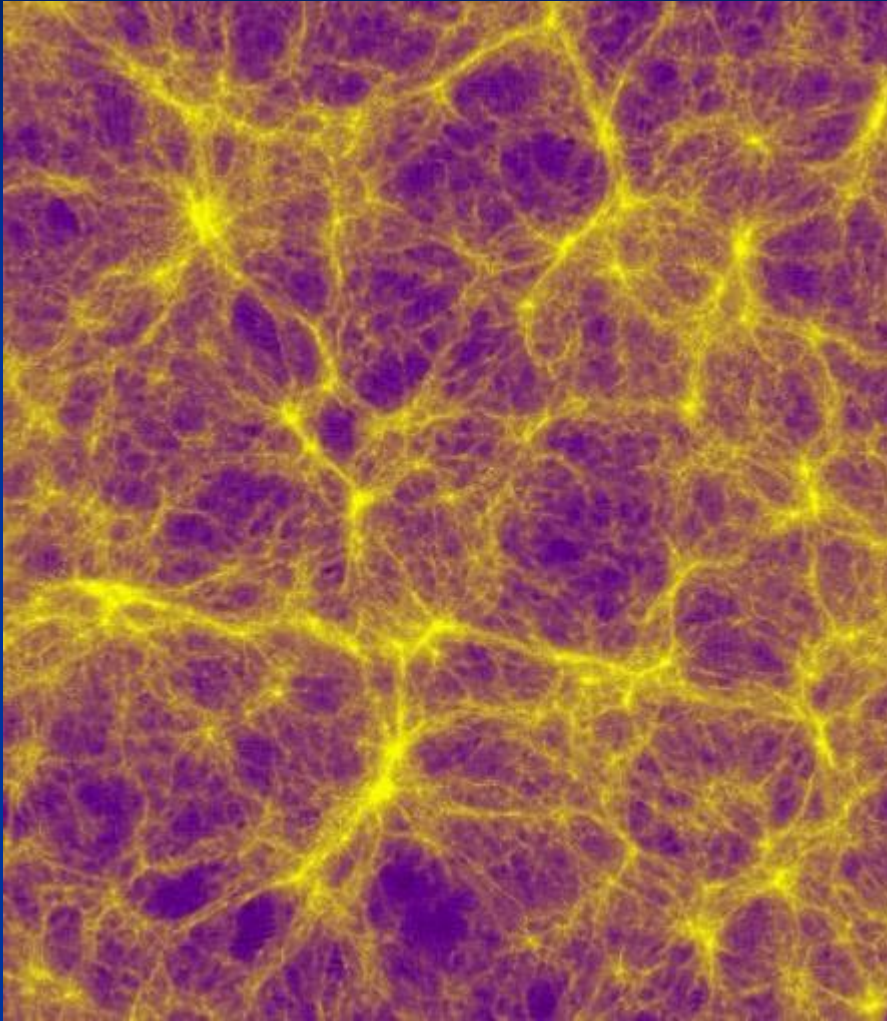


Este ca și cum Universul este o baie cu spumă în care materia înconjoară spațiul lipsit de galaxii, iar pe măsură ce trece timpul, volumul lipsit de materie, crește.



Pe măsură ce universul se dilată spațiul dintre roiuri crește și universul **se "dizolvă"** și mai mult.

Modelul universului filamentar



Sursa: Millenium Project
Institutul Max Planck.

Roiurile și super
roiurile de galaxii
stau pe filamente,
ca pe suprafața
unei bule.

Modelul
corespunde cu
observațiile.



Structura Universului: sinteză

- Stelele se află în interiorul roiurilor.
- Roiurile de stele se află în interiorul galaxiilor.
- Galaxiile formează roiuri de galaxii, formate din câteva sau din mii de galaxii.
- Cele mai mari structuri din Univers sunt filamentele, formate din roiuri și super roiuri de galaxii.

Dimensiuni în cosmos

Putem aproxima dimensiunea unui metru, ca fiind similară cu dimensiunea unui copil și de asemenea o unitate de o mie de ori mai mare, un kilometru...



... distanțe de mii de ori mai mari, mii de kilometri pot fi străbătuți cu avionul în câteva ore.



Pentru a ajunge pe Lună avem nevoie de trei zile, iar de la Soare la Jupiter ne trebuie câțiva ani.

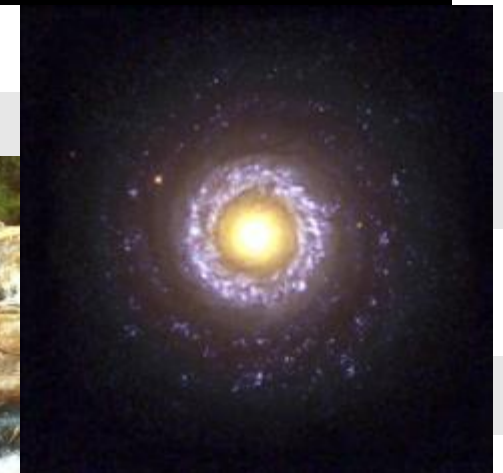
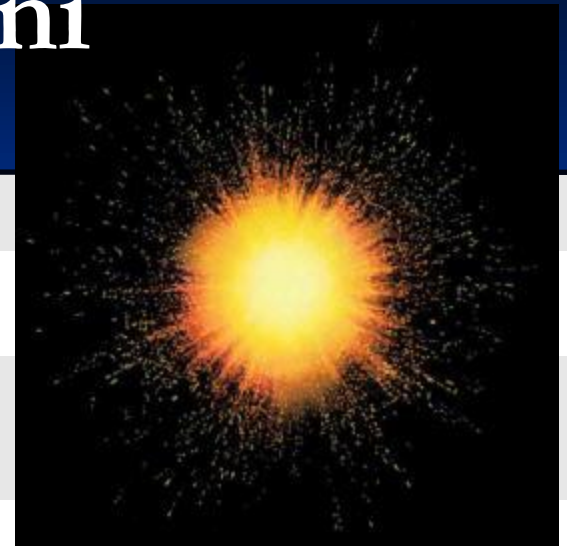


Distanța până la cele mai apropiate stele este de zeci de mii de ori mai mare.



Timpul în Cosmos în ani

Big bang	14 000 000 000
Formarea galaxiei	13 000 000 000
Formarea sistemului solar	4 600 000 000
Apariția vieții pe Pământ	3 800 000 000
Apariția vieții complexe	500 000 000
Apariția dinozaurilor	350 000 000
Extincția din cretacic	65 000 000
Apariția omului modern	120 000



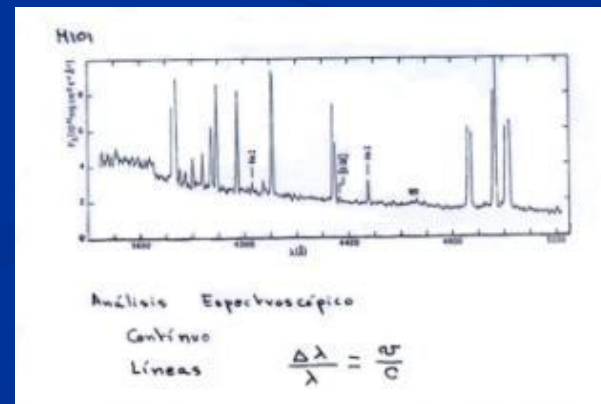
Apariția omului este foarte recentă

Observarea Universului

Dintr-o fotografie puteți determina poziția, aspectul unei stele sau cantitatea de lumină emisă.

Din spectre puteți determina viteza stelelor. Acesta este cunoscut ca efectul Doppler al luminii.

Analizând radiațiile pe care stelele și galaxiile le emit, reflectă sau absorb, aflăm despre natura lor.
(efectul Doppler).

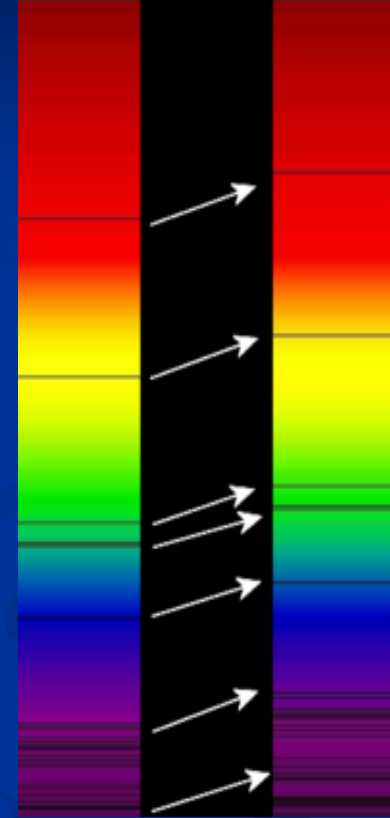


Pilonii modelului standard

Expansiunea Universului

Deplasarea Doppler spre roșu demonstrează expansiunea. (Dacă stelele se apropie de observator lumina este mai albastră, iar dacă se îndepărtează, lumina este mai roșie.)

Grupurile de galaxii se îndepărtează unul de celălalt și, dacă sunt mai departe, se îndepărtează mai rapid

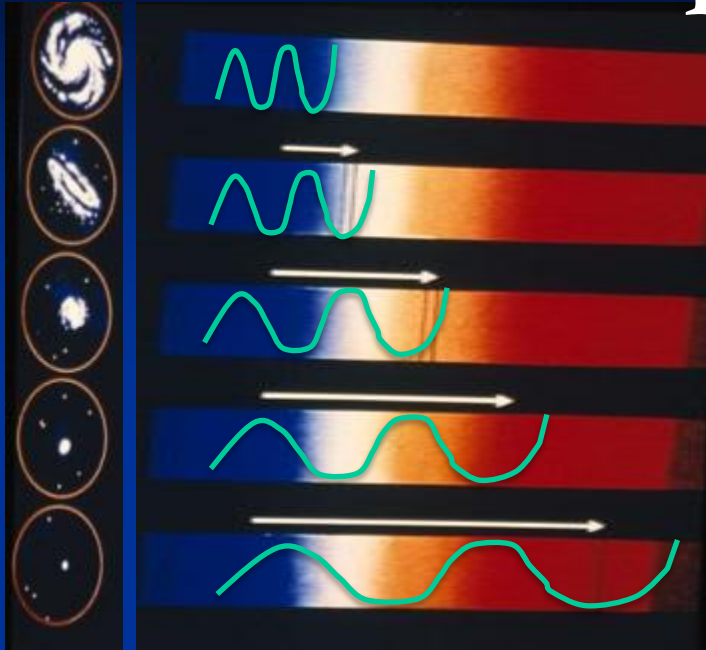


Abundența chimică în Univers.

În primele minute ale vieții cosmosului s-au format numai H și He; expansiunea a oprit producerea lor: radiația a pierdut din energie și nu a mai fost posibil să aibă loc transformarea protonilor și neutronilor. C, N și O au fost create în interiorul stelelor și s-au amestecat cu mediul interstelar când stelele au murit.

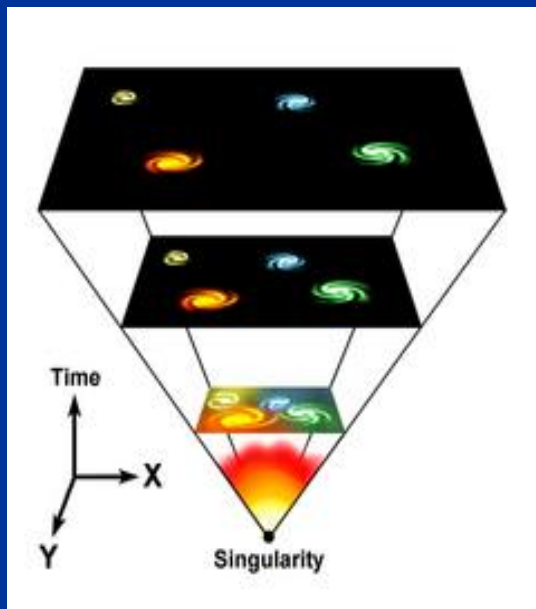


Expansiunea Cosmică



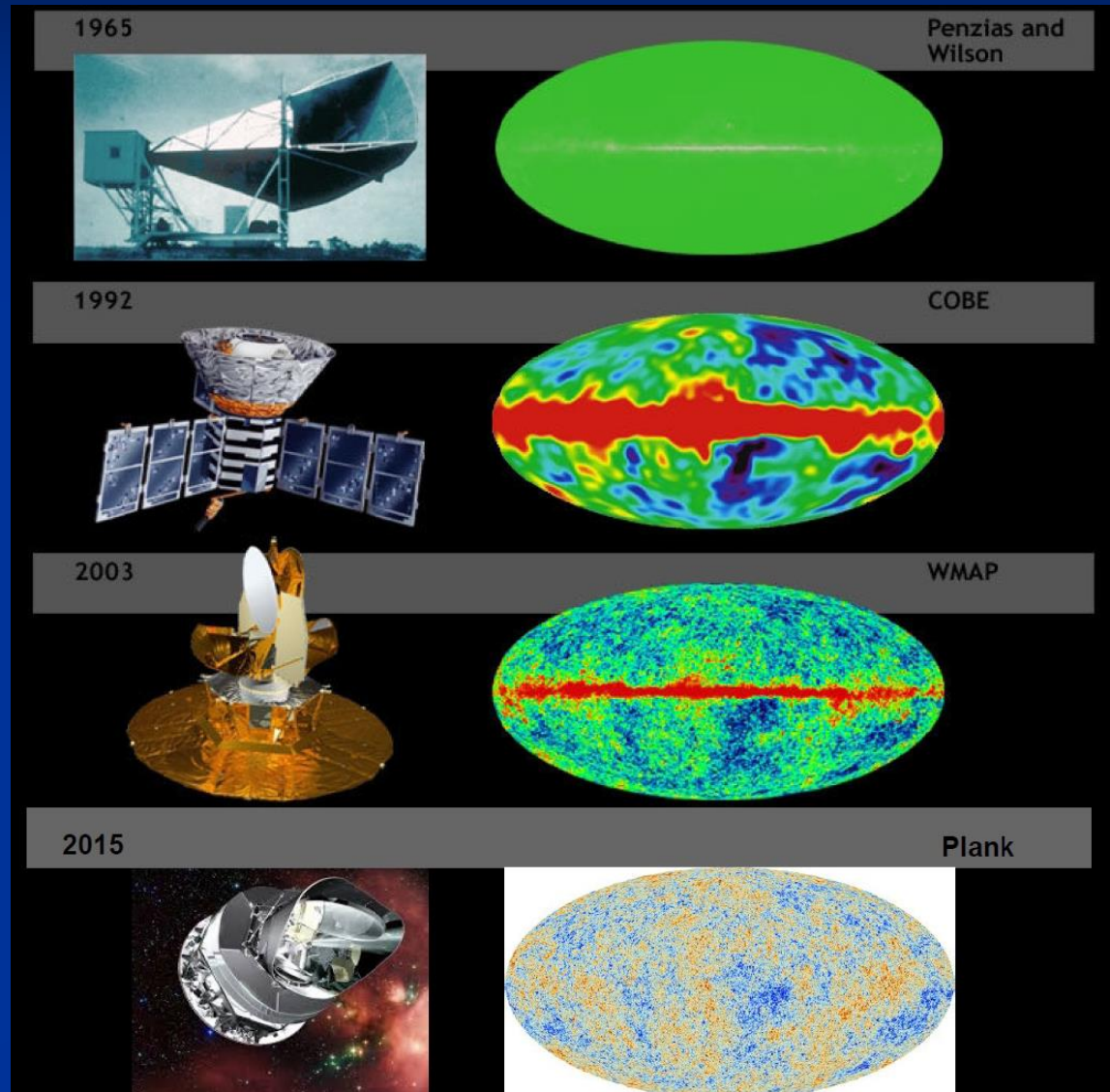
Spațiul se dilată și, de asemenea, radiația fonică se “întinde”. Dacă în trecut erau radiații gama, cu lungimi de undă mici, în prezent le observăm ca unde radio.

Măsurând expansiunea cosmică, putem calcula vârsta Universului, 14 miliarde de ani. Această estimare este mai precisă decât vârsta măsurată pentru cele mai bătrâne stele.



Radiația cosmică de fond în domeniul microundelor (CBM)

Misiunile COBE, WMAP și PLANCK au făcut harta cerului pentru radiația CMB, de fiecare dată cu mai multe detalii, detectând mici fluctuații: amprente ale bucăților de materie, din care galaxiile au început să se formeze.



Există o margine a universului?

O condiție necesară pentru stabilitatea Universului este continua lui expansiune. Altfel, nu ar mai exista așa cum îl vedem noi acum. Expansiunea Universului este unul dintre pilonii modelului standard al teoriei Big Bang.

dar... nu există un centru
al expansiunii



Gravitația domină Universul

?



Universul conține masă, care determină forțe de atracție gravitaționale enorme.

Expansiunea de la Big Bang înapoi compensează forțele gravitaționale.

Dilatarea Universului se accelerează, fără a fi cunoscută sursa de energie care determină.

Viteza de expansiune a universului este în creștere, dar sursa de energie responsabilă pentru această



Când observăm galaxiile îndepărtate, noi le vedem cum erau în trecut. Galaxiile apropiate se văd diferit față de galaxiile îndepărtate.



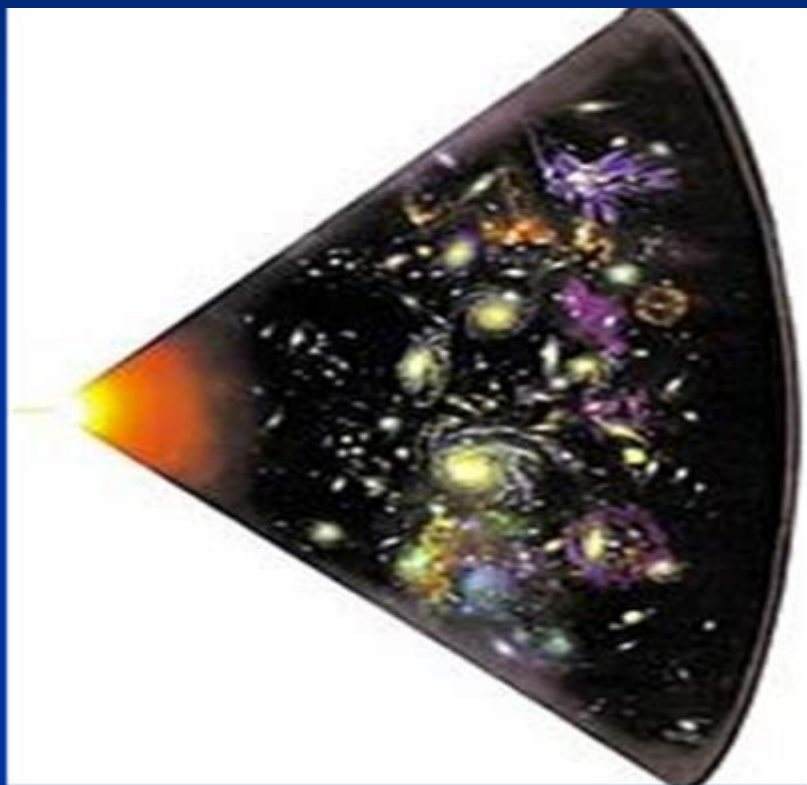
Galaxie spirală apropiată



Galaxiile îndepărtate
Sunt mici și amorfe.



Evoluție



Există o limită dincolo de care nu putem afla informații despre Cosmos.

Nu putem observa stelele a căror lumină are nevoie de mai mult de 14 miliarde de ani pentru a ajunge la noi.

În cazul în care Universul nostru ar fi mic, am avea informații despre o secțiune mică, iar dacă ar fi infinit informația ar fi infimă.



**Partea INVIZIBILĂ a
Universului, 95% materie
întunecată și energie întunecată,
este detectată prin acțiunea ei
asupra obiectelor VIZIBILE**

**Nu cunoaștem din ce este
constituită aceasta.**



Suprafața mării



Este ca și cum am fi biologi marini, care ar vedea doar suprafața mării.

Fundul mării

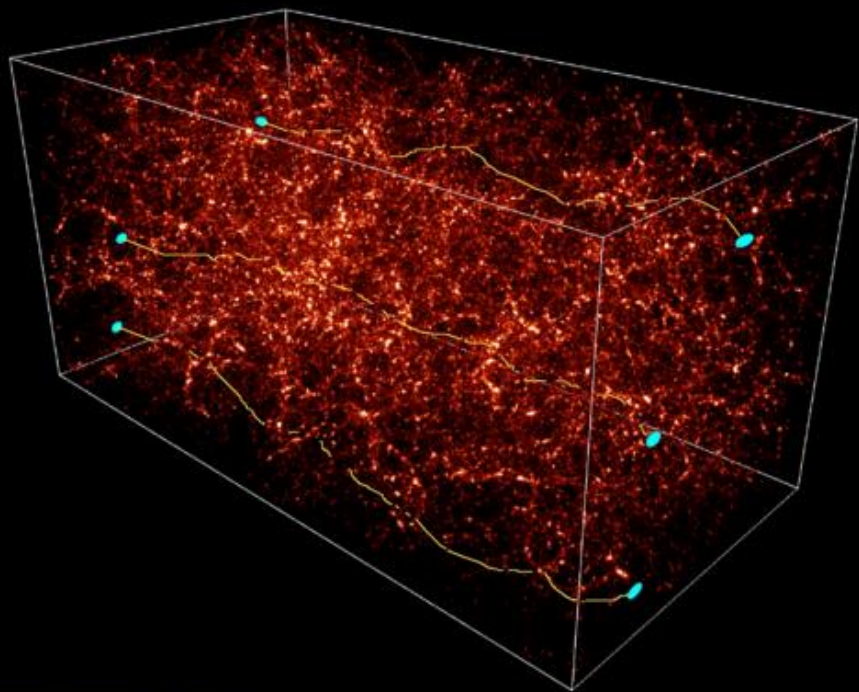


Dacă privim mai de aproape am putea descoperi o mare diversitate

Materia întunecată

Știm că pentru fiecare obiect astronomic detectat sunt alte mii despre care nu avem informații, decât despre masa conținută. Nu știm care este forma și distribuția lor.

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



Se crede că materia întunecată este distribuită filamentar. Formele albastre sunt galaxii îndepărtate. Liniile galbene sunt traiectoriile luminii emise de galaxii. Fără existența materiei întunecate acestea ar fi drepte.

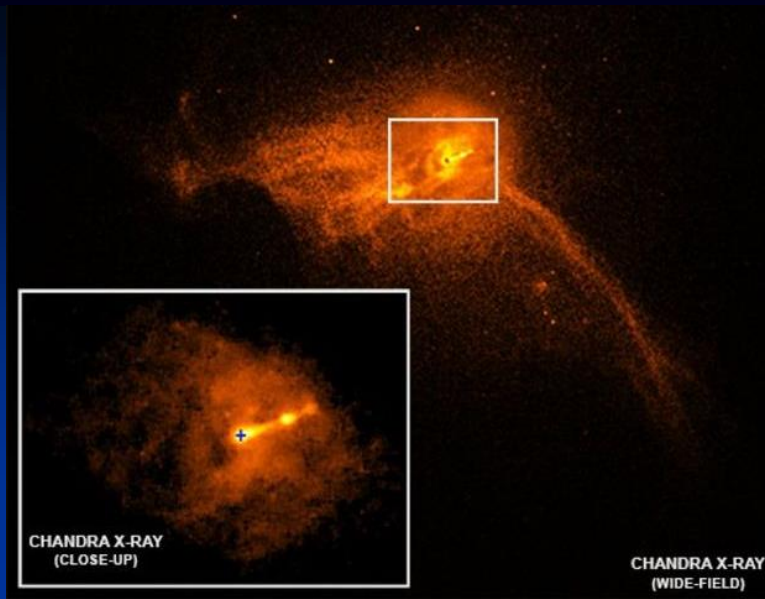


Stelele se deplasează în jurul centrului galactic deoarece masa sa le atrage. Roiurile de galaxii rămân legate datorită forței gravitaționale

Materia întunecată nu este vizibilă dar poate fi detectată cu ajutorul gravitației



Există obiecte care se mișcă în jurul altora, pe care nu putem să le vedem. De exemplu, sunt stele și grupuri de stele care se mișcă în jurul găurilor negre din centrul galaxiilor



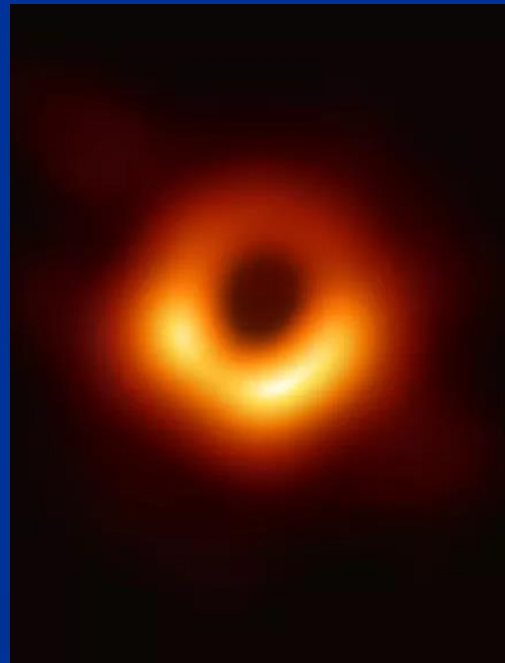
Un consorțiu de mai mult de 200 de oameni de știință și 60 instituții din 18 țări ,de pe 6 continente fac parte din Event Horizon Telescope: 8 radio telescoape pe toată planeta.

Centrul pt. M87, distanța de 53,5 milioane a.l. de la Soare

(credit: NASA/CXC/Villanova University/J. Neilsen)

“Umbra ” și orizontul unei găuri negre supermasive din centrul lui M87; de 6,5 milioane de ori mai mare ca Soarele nostru.

(credit: Event Horizon Telescope)



Prima imagine realizată vreodată a unei găuri negre foarte mari , a fost prezentată la o conferință de presă în 10 aprilie 2019.



Evoluția Universului

Pe o perioadă lungă de timp, expansiunea Universului va continua. Viteza de expansiune crește în timp, expansiunea este accelerată. Energia responsabilă pentru această accelerare este încă necunoscută. O numim energie întunecată.

După trilioane de ani toată materia interstelară va fi consumată și formarea stelelor se va opri.

Protonii se vor dezintegra, iar găurile negre se vor evapora.

Universul nostru va fi imens, populat cu materie exotică și unde radio de energie joasă.



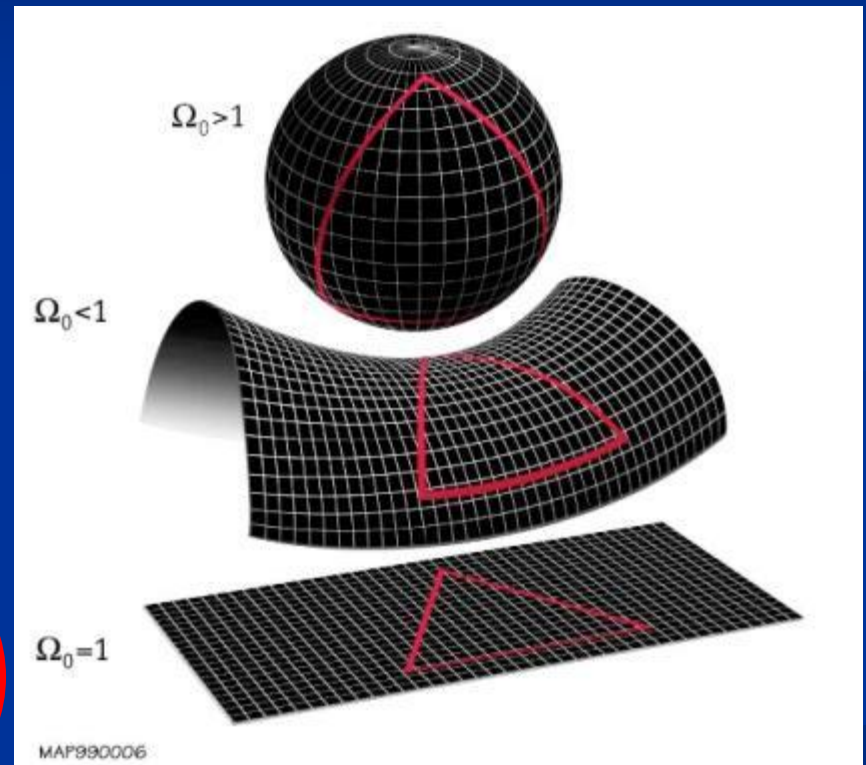
Geometria universului în funcție de constanta cosmologică

Închis $\rightarrow \Omega > 1$

Deschis $\rightarrow \Omega < 1$

Plat $\rightarrow \Omega = 1$

(prezisă de teoria inflaționistă și care coincide cu observațiile)



Evoluția depinde de conținutul Universului

constantă cosmologică

$$\Omega_{\text{total}} = 1.0$$



elemente grele

0.03%



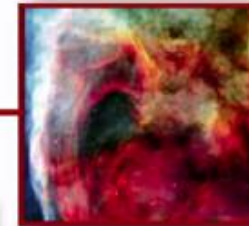
Neutrini

0.47%



Stele

0.5%



Atomi
de H și
He liberi

4%

materie întunecată

25%

Energie întunecată

70%



Un model de succes: Big Bang (predicții-verificari)

- **Expansiunea:**
verificată la începutul secolului XX de E. Hubble
- **Radiația cosmică de fond:**
descoperită în secolul XX de Penzias și Wilson
- **Abundența chimică a elementelor:**
demonstrată în secolul XX
- **Structura la scară mare:**
descoperită la sfârșitul secolului XX



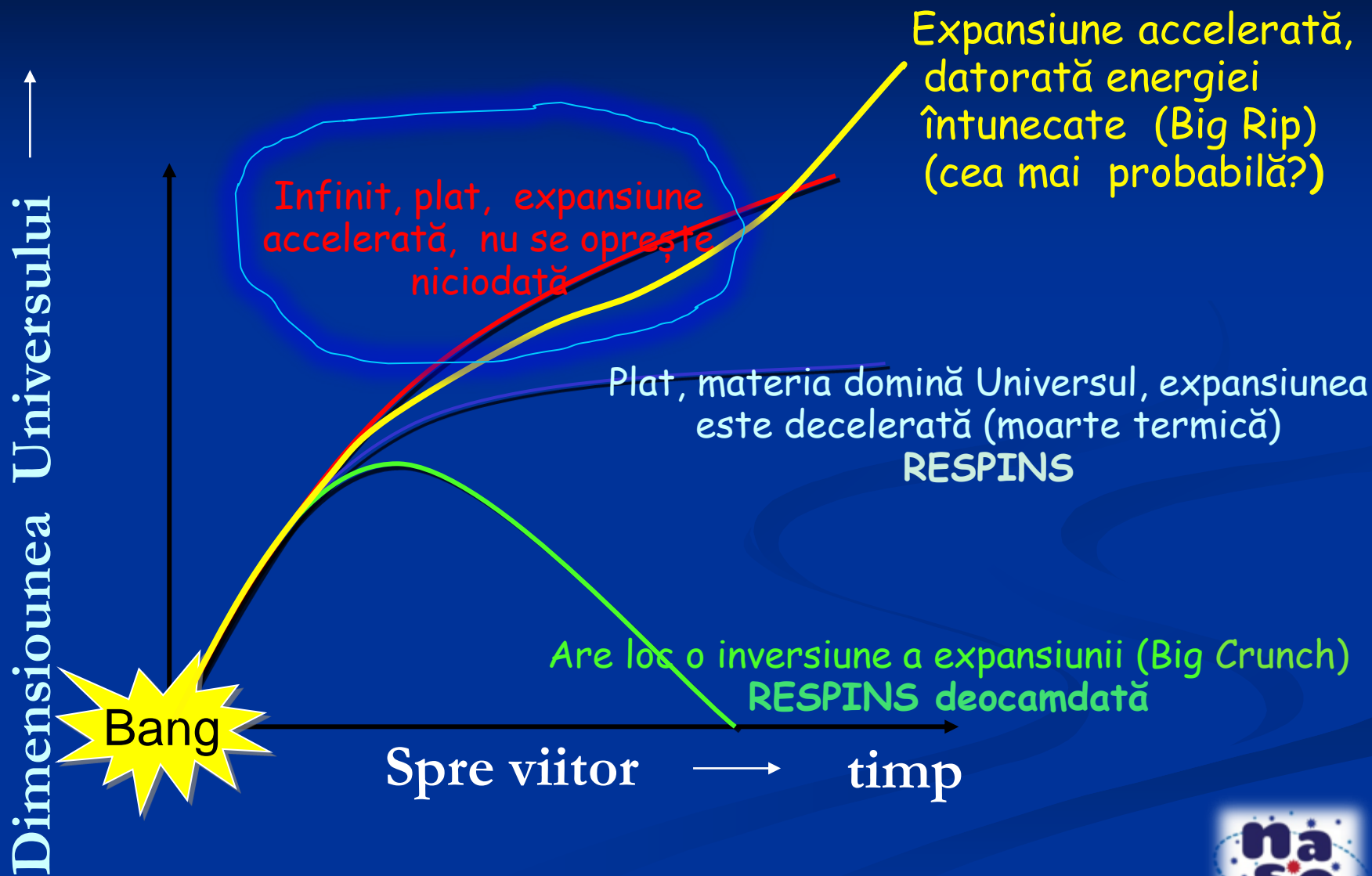
Destinul final al Universului (scenarii posibile)

- Marea implozie (Big Crunch) - inversul expansiunii
- Plat - Moartea termică, expansiunea se oprește
- Infinit - plat, în continuă expansiune
(acesta este scenariul acceptat azi)
- Marea ruptură (Big Rip) - expansiunea accelerată

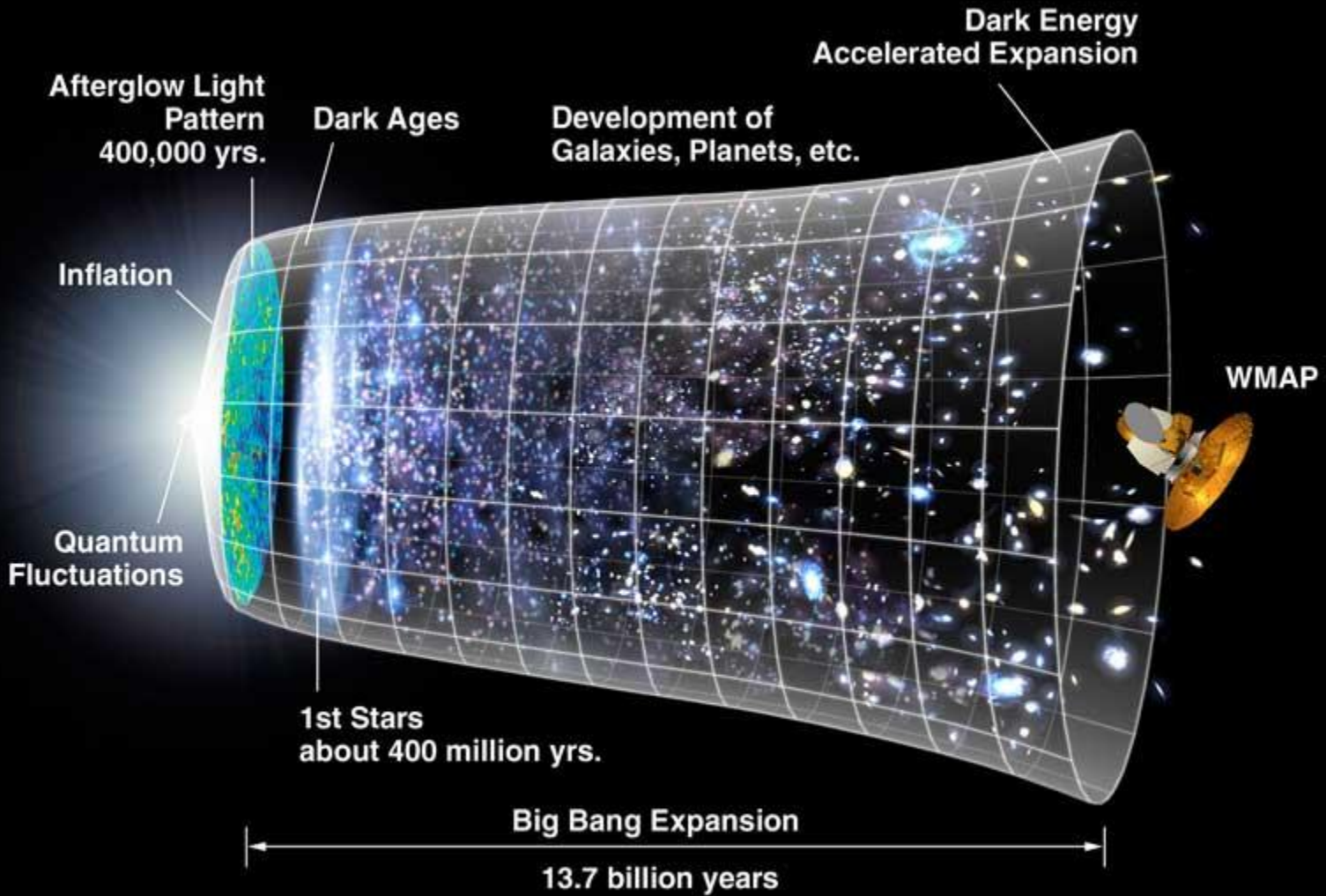
Viitorul depinde de conținutul
Universului, de densitatea critică și de
existența energiei întunecate.



Forma și Destinul Universului

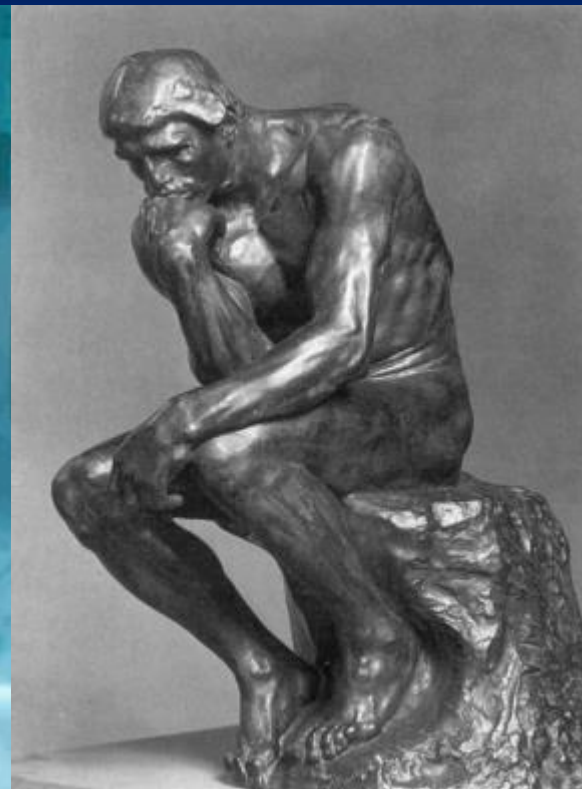


Istoria Universului



Epilog

Trăim într-o
epocă
extraordinară în
care ne putem
gândi la univers,
utilizând legile
fizicii.



Este posibil, ca în timp, ideile noastre să se schimbe,
dar așa este știința

Vă mulțumesc mult
pentru atenție!