

Nguồn gốc và quá trình phát triển của vũ trụ

Julieta Fierro, Susana Deustua, Beatriz García

International Astronomical Union,

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Space Telescope Science Institute, USA

ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina



Vũ trụ là tất cả:

Không gian

Thời gian

Vật chất

Năng lượng



Nó vẫn đang tiến hóa không ngừng.

Mỗi vật thể trong vũ trụ thay đổi cùng với hiểu biết của chúng ta về chúng.

Chưa đây một thế kỷ trước, chúng ta mới quan sát đủ để ước lượng được Vũ trụ và nghiên cứu khoa học về nó.



Chỉ vài thập niên trở lại đây, chúng ta mới có thông tin về Vũ trụ và bắt đầu có thể nghiên cứu về nó. Trước đó tất cả chỉ là suy đoán.



Trực giác của chúng ta nhìn Vũ trụ không phải là mô hình Big Bang.

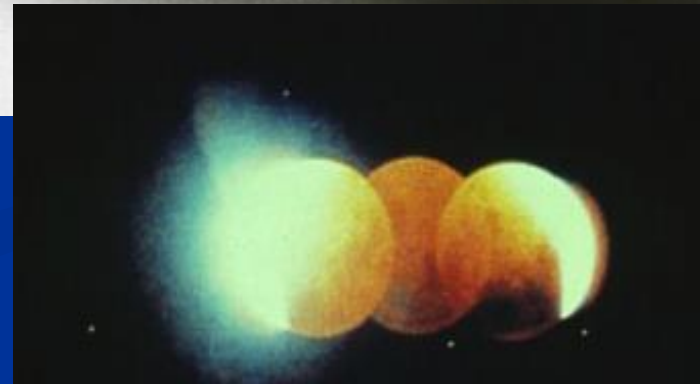
Trong lịch sử, các nền văn hóa đều thử lý giải Vũ trụ. Ví dụ người Babylon tin rằng Trái đất phẳng với một số vùng cao lên, tất cả được các con voi đỡ và chúng lại đứng trên một con rùa bao quanh bởi một con rắn. Điều này giải thích được động đất là do các con voi trở mình.



Thử nghiệm mô hình

Bóng của con voi và con rùa
không thể nào giống bóng
Trái đất đổ lên Mặt trăng

Chỉ có khối cầu mới luôn đổ
bóng hình tròn như trong hiện
tượng nguyệt thực



Các tiến trình của khoa học

- Phản ánh thực tiễn (vào trong tư duy)
- Suy tư về các vấn đề ta gặp trong tự nhiên
- Thử nghiệm
- Suy nghĩ về kết quả
- Công bố tri thức mới qua các bài báo
- Khi những người khác đóng góp cho ý tưởng của mình, tri thức được củng cố, cũng như khi chúng ta nhận ra sai lầm

Mô hình chuẩn về Big Bang

- Mô hình này là đơn giản nhất để có thể giải thích các quan sát sau:
 - Sự giãn nở của vũ trụ
 - Bức xạ nền vũ trụ
 - Tỷ phần nguyên tố hóa học
 - Tính đẳng hướng của vũ trụ
- Cũng có các mô hình khác



- Khoa học không nhằm đạt được chân lý tuyệt đối – đó là thứ không thể đạt được

Sự giãn nở của vũ trụ

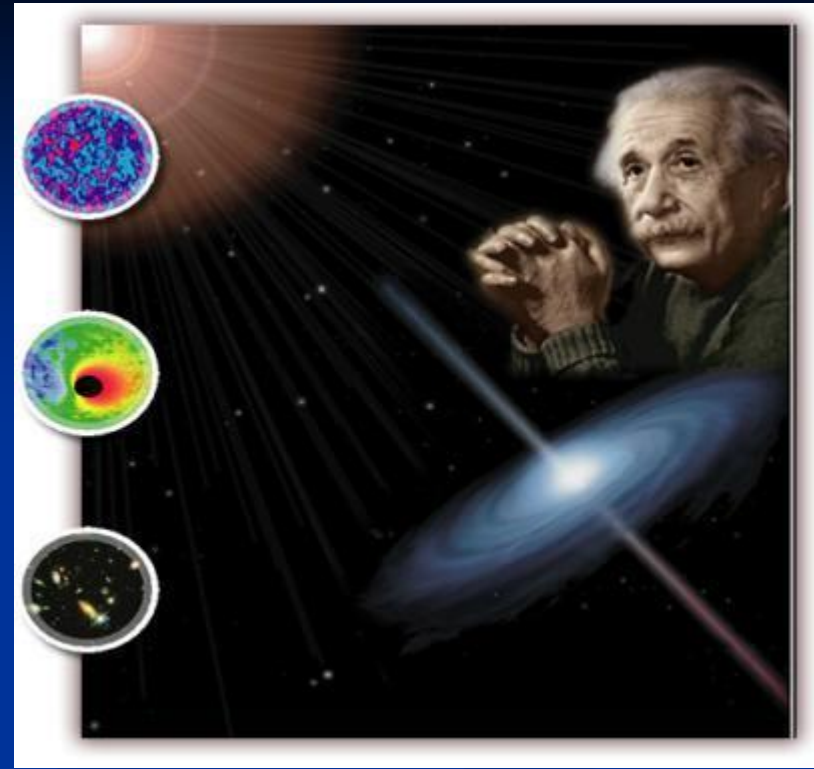
- ❑ Vũ trụ được hình thành từ 14 tỷ năm trước.
- ❑ Mọi thứ bắt đầu khi năng lượng được giải phóng từ hư không.
- ❑ Vũ trụ giãn nở và nguội dần đi.
- ❑ Kết quả là năng lượng đó được chuyển hóa thành vật chất.



Ngành vật lý nghiên cứu trên Trái Đất và áp dụng nó ra toàn vũ trụ gọi là Vật lý thiên văn.

Albert Einstein phát hiện ra rằng năng lượng có thể chuyển hóa thành vật chất và ngược lại. Ngay từ thuở đầu của vũ trụ, năng lượng trong chân không đã chuyển hóa thành vật chất.

Trong các sao, vật chất chuyển thành năng lượng, nên chúng tỏa sáng.



Quy đổi năng lượng và vật chất

$$E = mc^2$$

quark , lepton

p^+ n e^-

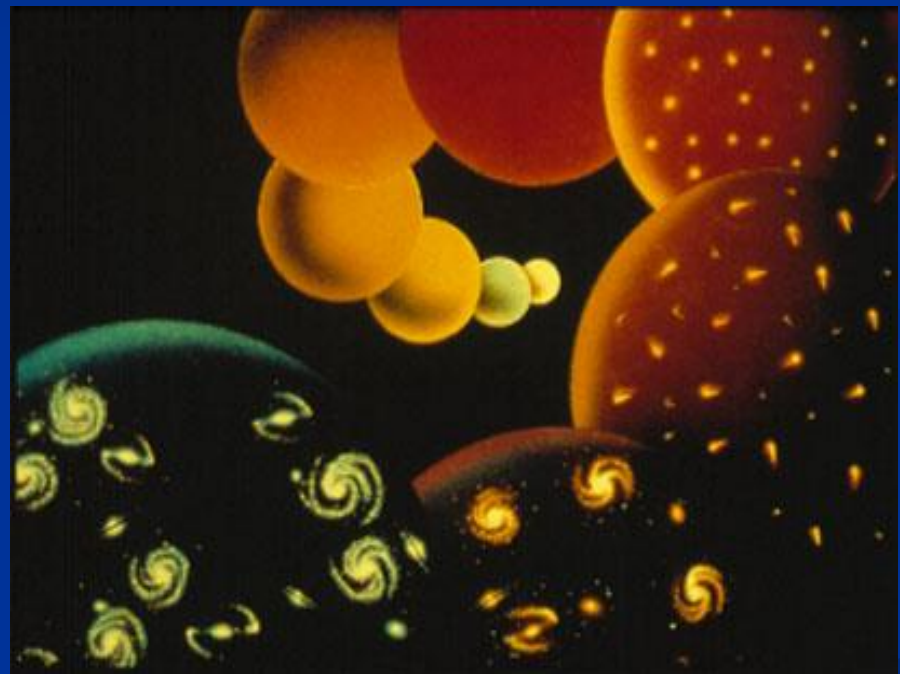


Ban đầu, tất cả vật chất đều ở dạng ion

Sau đó chúng kết hợp
lại thành các nguyên tử
trung hòa về điện.

Các nguyên tử tạo
thành đám mây mà
trong đó, các thiên hà
đầu tiên và các ngôi sao
hình thành.

Sau đó, các hành tinh đá (như Trái Đất)
hình thành và sau đó là sự sống đầu tiên.



Biến đổi hóa học

Proton, neutron và electrons hình thành trong phút đầu tiên của Vũ trụ. Chúng tạo thành các nguyên tử đơn giản nhất là H và He.

$$E = mc^2$$

H hình thành bởi một proton p^+

4 H tạo thành He + 2ν + $2e^+$ + 2γ

- Các nguyên tố khác hình thành trong các sao qua phản ứng nhiệt hạch.
- Các nguyên tử nặng nhất, như uranium, hình thành khi các sao phát nổ và các hạt bắn ra va chạm với nhau tạo thành các nguyên tố mới.
- Hàng tỷ năm sau Big Bang, các nguyên tố khác ngoài hydro và heli hình thành do các sao tiến hóa.



Vật lý và vũ trụ học

Ta có thể giải thích vật chất thông thường được tạo thành từ các hạt quark, tổ hợp lại thành proton, neutron và lepton (bao gồm electron) và chúng tương tác với nhau, ví dụ thông qua lực điện từ.

Họ			Tương tác
lepton	electron	neutrino	Lực điện từ
quarks	up	down	Lực mạnh
baryon	proton	neutron	Lực mạnh, lực yếu

Mô hình đơn giản này cho phép ta hiểu về Vũ trụ thuở sơ khai, khi mà năng lượng chuyển hóa thành vật chất và ngược lại.



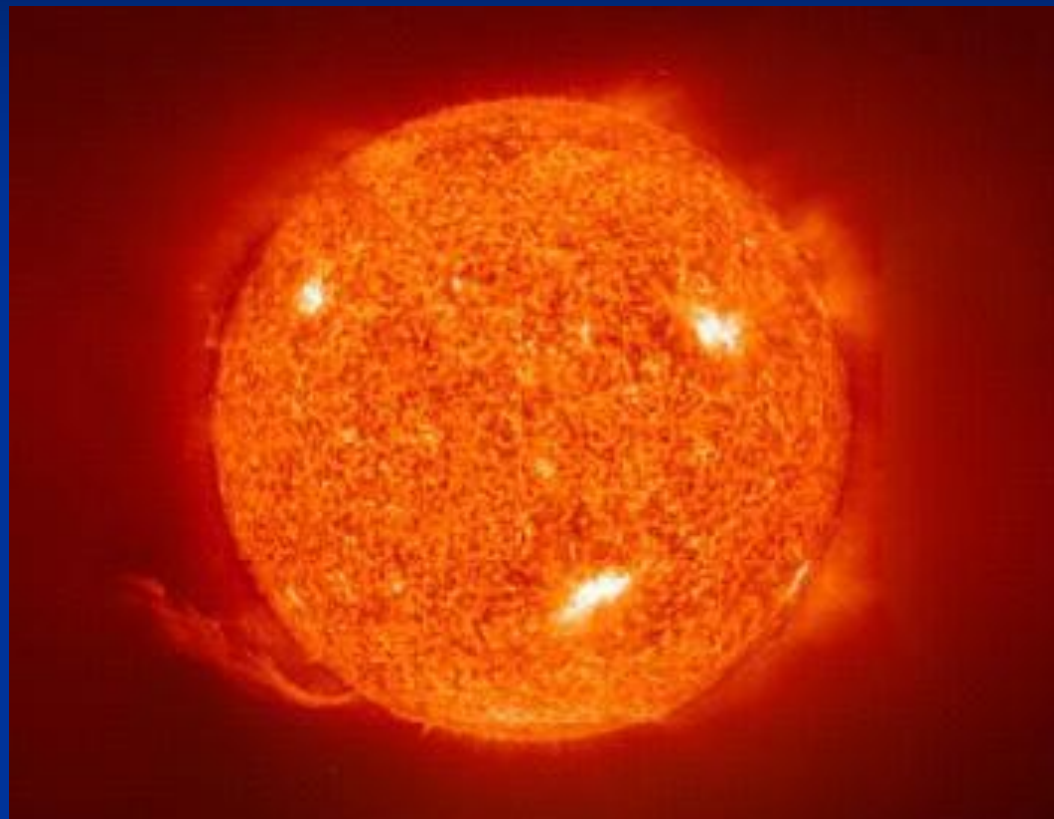
Quan sát cho chúng ta biết:

- Tính chất vật lý của các thiên thể
- Kích thước và khoảng cách
- Thời gian và tuổi thọ
- Tốc độ giãn nở của Vũ trụ
- Nhiệt độ của bức xạ nền
- Thành phần hóa học
- Cấu trúc của Vũ trụ
- Vì sao bầu trời lại tối
- Sự tồn tại của vật chất tối và năng lượng tối

Mặt Trời

Vật thể được nghiên cứu nhiều nhất là vật thể sáng nhất (nên dễ nghiên cứu nhất).

Mặt Trời và các ngôi sao còn lại là các thiên thể được biết đến nhiều nhất.



Ngoại hành tinh



Ngoài các sao, trong vài chục năm trở lại đây, hàng trăm hành tinh đã được tìm ra đang quay quanh một ngôi sao, không do chúng phát sáng mà do chúng làm lệch quỹ đạo của sao cũng như đường truyền ánh sáng.



Sự sống



Một đặc điểm khác của Vũ trụ là sự sống. Chúng ta chưa tìm ra được sự sống ngoài Trái Đất.

Chúng ta tin rằng cần nước để sự sống nảy nở vì nó cho phép trao đổi chất và tạo nên các phân tử phức tạp

Vật chất liên sao

Khoảng không giữa các sao không hề trống rỗng. Nó chứa đầy vật chất liên sao mà từ đó sinh ra các ngôi sao mới.

Các sao sinh ra bên trong các đám mây khí và bụi. Các đám mây bị nén lại để tạo thành sao mới. Chúng trải qua phần lớn cuộc đời để chuyển hóa lõi hydro thành heli và năng lượng.



Sau đó, chúng tạo nên cacbon, nitơ và oxy, là những nguyên tố tạo nên chúng ta.



Vòng đời của một sao kiểu Mặt Trời



Khi một sao cạn kiệt năng lượng, nó phun ra không gian xung quanh các phần tử được chúng tạo ra bên trong. Sau mỗi thế hệ sao, không gian liên sao nơi các sao mới sinh ra lại thêm dồi dào các nguyên tố nặng hơn.

Cụm sao

Nhiều sao tụ lại thành cụm gồm từ 100 đến 100.000 sao



Cụm sao mở Hộp
Trang Sức



Cụm sao cầu
Omega Centauri





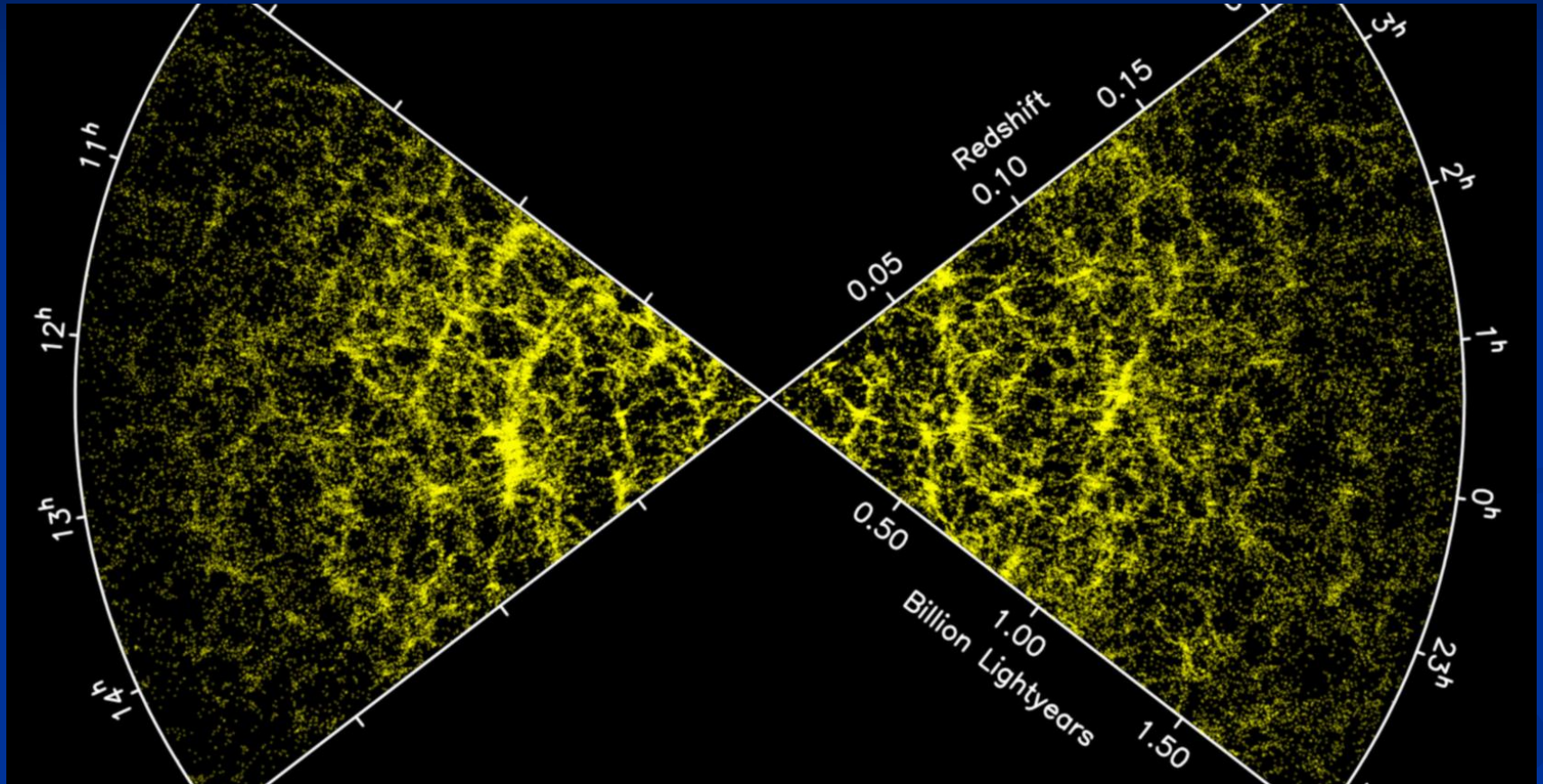
Thiên hà xoắn Xoáy Nước
Source: Hubble Space Telescope

Thiên hà

Quần thể tuyệt vời nhất là các thiên hà. Thiên hà dạng xoắn như thiên hà của chúng ta có hơn 100 tỷ sao, mỗi sao lại có hành tinh, vệ tinh, sao chổi, khí và bụi và phần lớn còn lại là cái gọi là vật chất tối.



Vũ trụ dạng sợi



Các nhóm thiên hà phân bố trong một vũ trụ dạng sợi

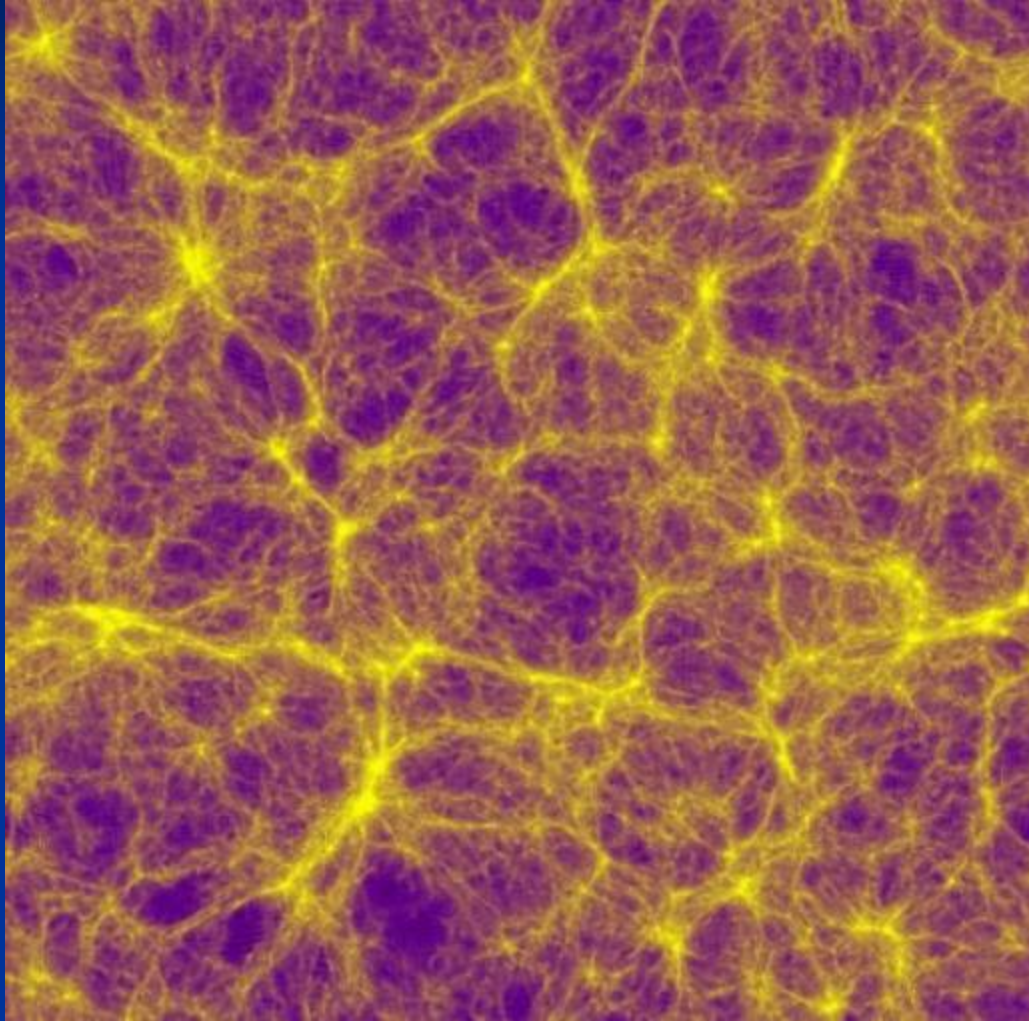


Vũ trụ giống như một bồn tắm đầy bọt với vật chất bao quanh các không gian không có thiên hà, và theo thời gian, khoảng trống đó lớn dần lên...



...vì Vũ trụ giãn nở. Không gian giữa các cụm thiên hà tăng lên và Vũ trụ ngày càng phân tán.

Mô hình vũ trụ dạng sợi



Cụm và siêu cụm
thiên hà nằm
trong các sợi,
giống như nằm
trên mặt bong
bóng. Mô hình
này phù hợp với
quan sát.

Source: Millennium Project Max Planck Institute.



Cấu trúc của vũ trụ

- Sao nằm theo cụm
- Cụm sao nằm trong thiên hà.
- Thiên hà tạo thành cụm gồm từ vài đến vài nghìn cái.
- Cấu trúc lớn nhất của Vũ trụ là các sợi tạo thành từ cụm và siêu cụm thiên hà.



Thang đo trong Vũ trụ

Ta có thể ước lượng độ dài một mét, bằng cỡ một đứa bé, cũng như độ dài kilômét, gấp như thế nghìn lần.



1000 km là quãng đường máy bay bay được trong vài giờ.

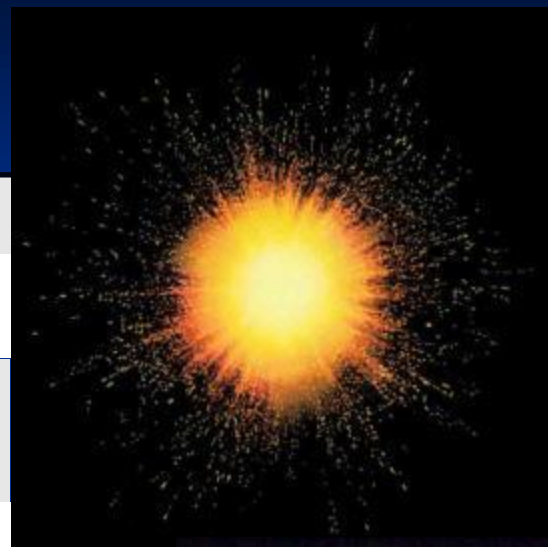
Để tới Mặt Trăng, ta cần 3 ngày, và từ Mặt Trời đi Sao Mộc thì mất nhiều năm.

Khoảng cách đến các sao lân cận gấp như thế hàng nghìn lần.



Quá khứ của Vũ trụ tính bằng năm từ hiện tại

Big Bang	14 000 000 000
Các thiên hà hình thành	13 000 000 000
Hệ Mặt Trời hình thành	4 600 000 000
Sự sống trên Trái Đất xuất hiện	3 800 000 000
Dạng sống phức tạp xuất hiện	500 000 000
Khủng long xuất hiện	350 000 000
Tuyệt chủng ở Kỷ Phấn Trắng	65 000 000
Người hiện đại xuất hiện	120 000



Con người xuất hiện rất muộn gần đây

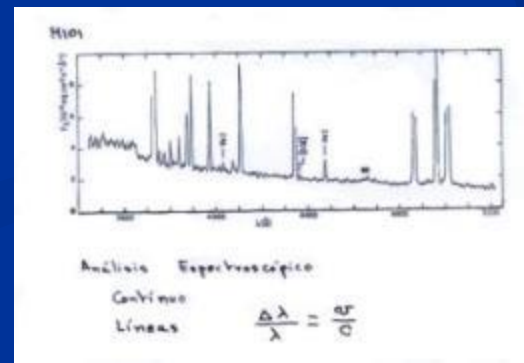
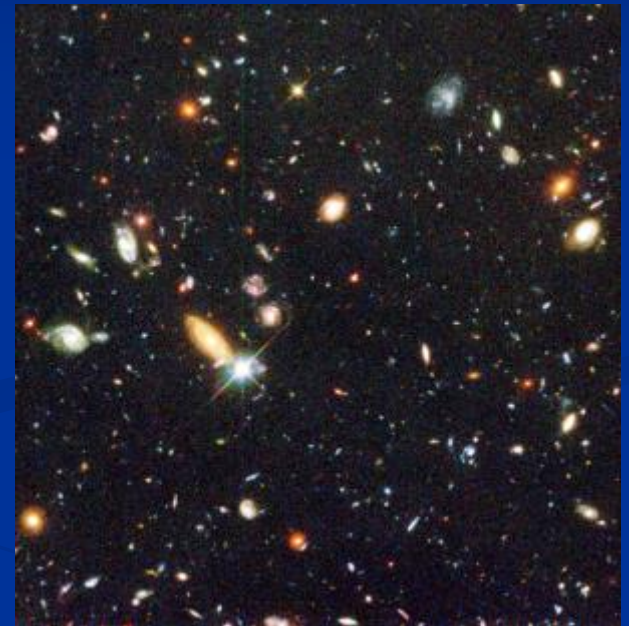


Quan sát vũ trụ

Bạn có thể dùng hình ảnh để xác định vị trí hoặc màu sắc hoặc độ sáng của một ngôi sao.

Quang phổ có thể xác định được tốc độ của sao thông qua hiệu ứng Doppler của ánh sáng.

Phân tích bức xạ mà sao hoặc thiên hà phát ra, phản xạ hay hấp thụ, ta có thể biết được bản chất của chúng.

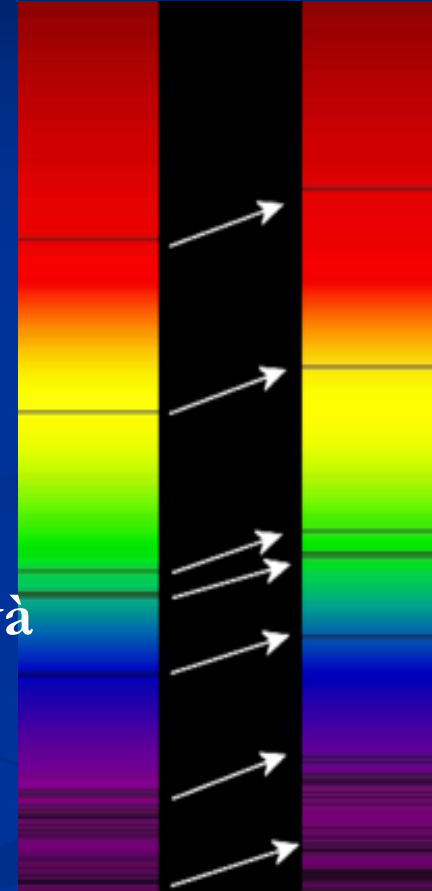


Các trụ cột của Mô Hình Chuẩn

Sự giãn nở của vũ trụ

Hiệu ứng Doppler dịch sang hướng màu đỏ cho biết sự giãn nở (Nếu sao đến gần người quan sát, ánh sáng của nó sẽ dịch sang màu xanh và ngược lại sẽ dịch sang đỏ).

Các nhóm thiên hà di chuyển ra xa nhau và càng xa thì chúng di chuyển càng nhanh.

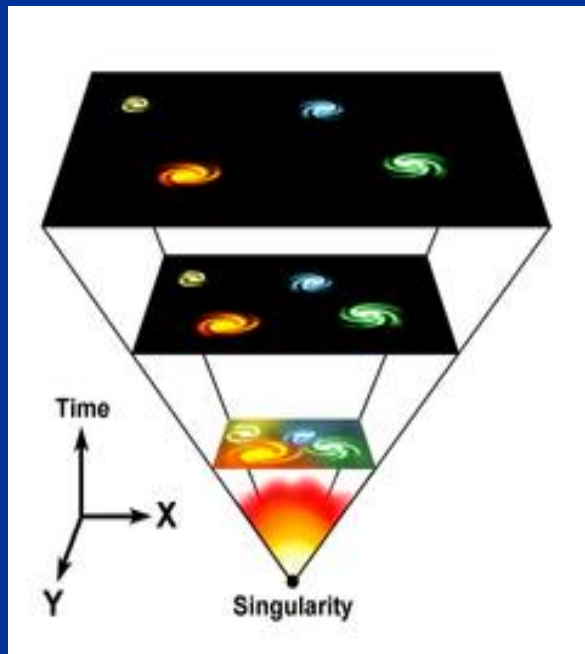
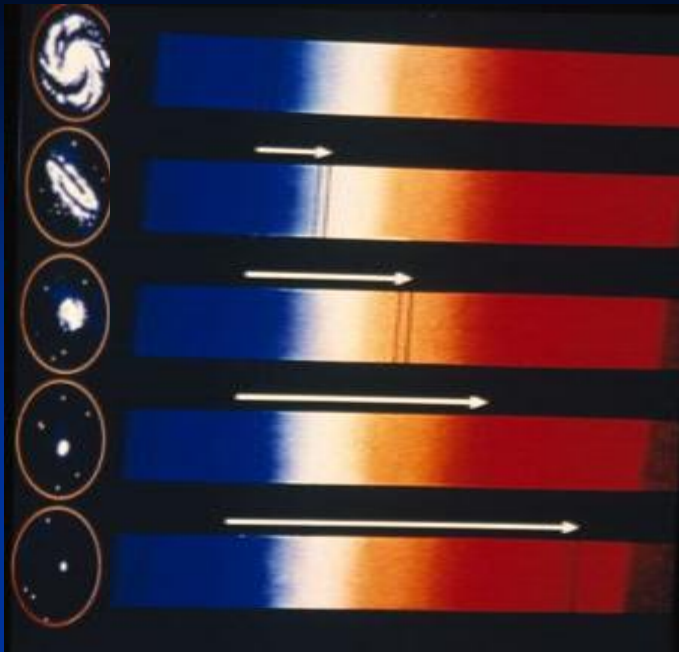


Thành phần hóa học của Vũ trụ

Trong những phút đầu tiên của Vũ trụ, chỉ có H và He hình thành. Sự giãn nở đã ngừng quá trình đó lại: bức xạ mất năng lượng và không thể chuyển hóa thành proton hay neutron được nữa. C, N và O được tạo thành bên trong các sao và được trộn lẫn vào môi trường liên sao khi ngôi sao chết đi.

Giãn nở của Vũ trụ

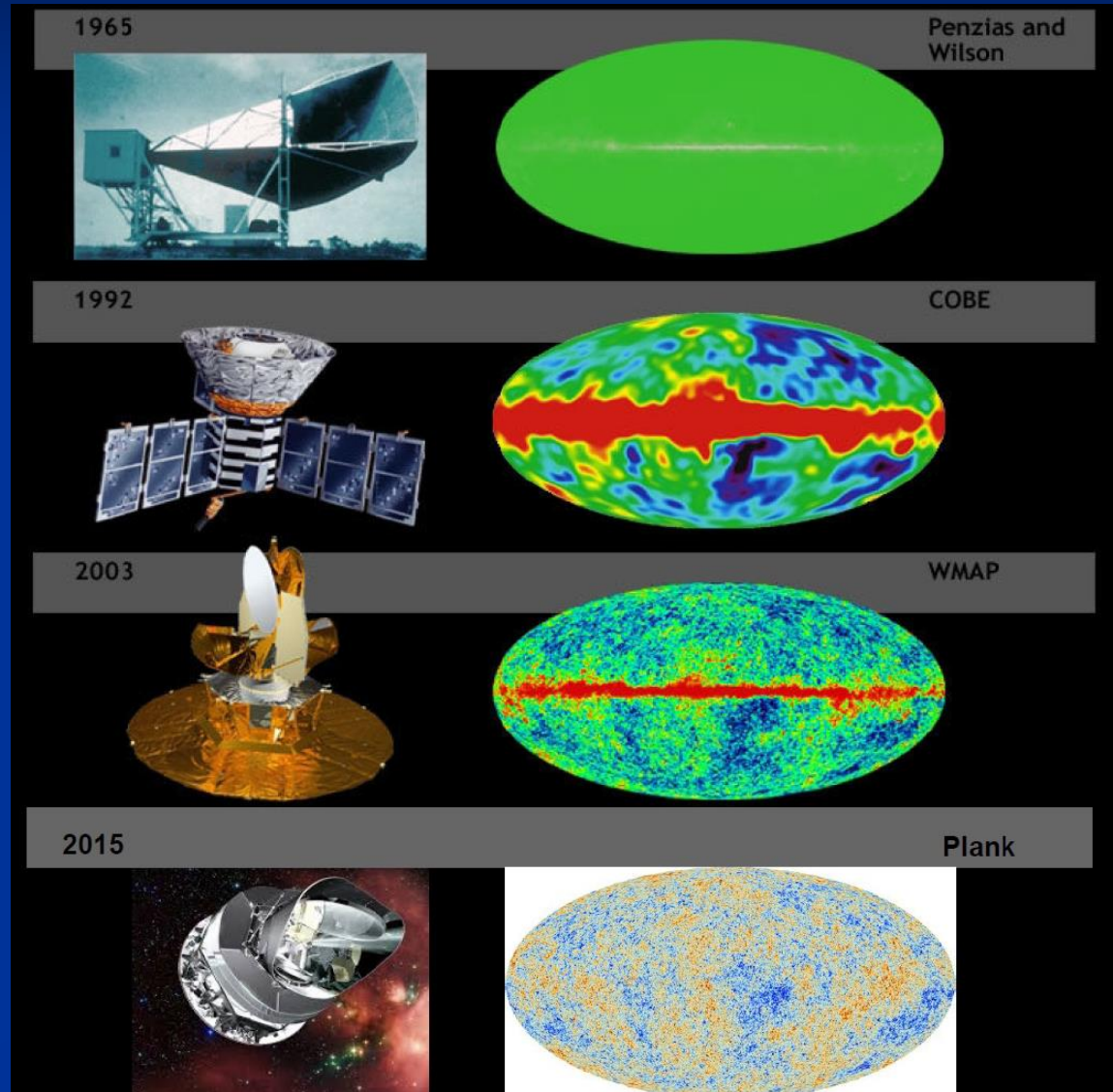
Vũ trụ giãn nở và photon bức xạ bị kéo giãn ra. Những tia gamma bước sóng siêu ngắn trong quá khứ giờ đây đã thành những sóng vô tuyến.



Đo độ giãn nở của Vũ trụ, ta có thể tính được tuổi của nó là 14 tỷ năm. Ước đoán này còn chính xác hơn cả tuổi đo được của các sao già nhất.

Bức xạ vô tuyến nền vũ trụ (CMB)

- Chương trình COBE, WMAP và PLANCK vẽ bản đồ bức xạ CMB trong bầu trời. Mỗi lần nó các chi tiết hơn, nó lại phát hiện các thăng giáng nhỏ: dấu vết các đám vật chất mà từ đó tạo nên các thiên hà.



Vũ trụ có biên không?



Điều kiện cần cho sự ổn định của Vũ trụ là nó tiếp tục giãn nở. Nếu không nó sẽ ngừng tồn tại như ta thấy bây giờ. Sự giãn nở của Vũ trụ là một trong các trụ cột của mô hình chuẩn về Big Bang.

nhưng...không có tâm
từ đó giãn nở ra



Lực hấp dẫn có bao trùm Vũ trụ?



Vũ trụ bao gồm khối lượng, nên nó có lực hấp dẫn khổng lồ hút mọi vật lại với nhau.

Big Bang giãn nở bù trừ với lực hấp dẫn.

Vũ trụ đang tăng tốc giãn nở và nguồn năng lượng đứng đằng sau đó hiện chưa được biết đến.



Khi quan sát các thiên hà ở xa, ta thấy chúng của quá khứ. Các thiên hà ở gần khác các thiên hà ở xa.



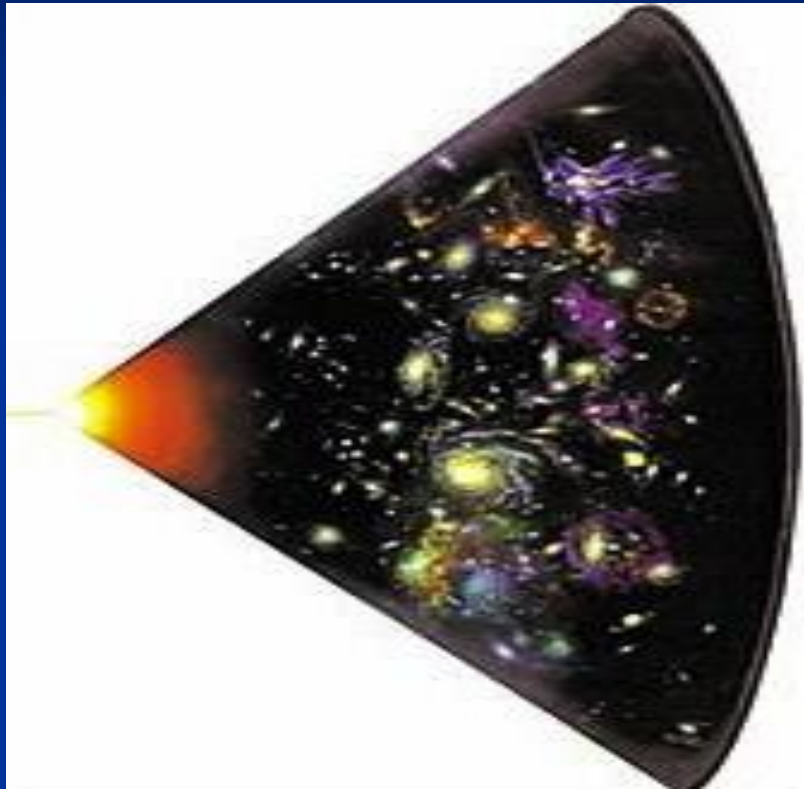
Thiên hà xoắn ốc ở gần



Thiên hà ở xa thì nhỏ
và không định hình



Tiến hóa



Có một giới hạn mà ta không thể biết được thông tin về Vũ trụ đằng sau nó.

Ta không thể quan sát được các sao mà ánh sáng từ chúng tới chúng ta mất hơn 14 tỷ năm.

Nếu Vũ trụ của chúng ta nhỏ, ta chỉ có thông tin về một phần nhỏ của nó. Và nếu nó vô tận thì phần đó sẽ rất bé.

Phần vô hình của Vũ trụ là 95%, gồm vật chất tối và năng lượng tối, được nhận ra nhờ chuyển động của các thiên thể hữu hình.

Chúng ta không biết chúng được làm từ vật liệu gì.



Mặt biển



Giống như ta là nhà sinh vật học biển nhưng chỉ có thể nhìn thấy mặt biển

Đáy biển

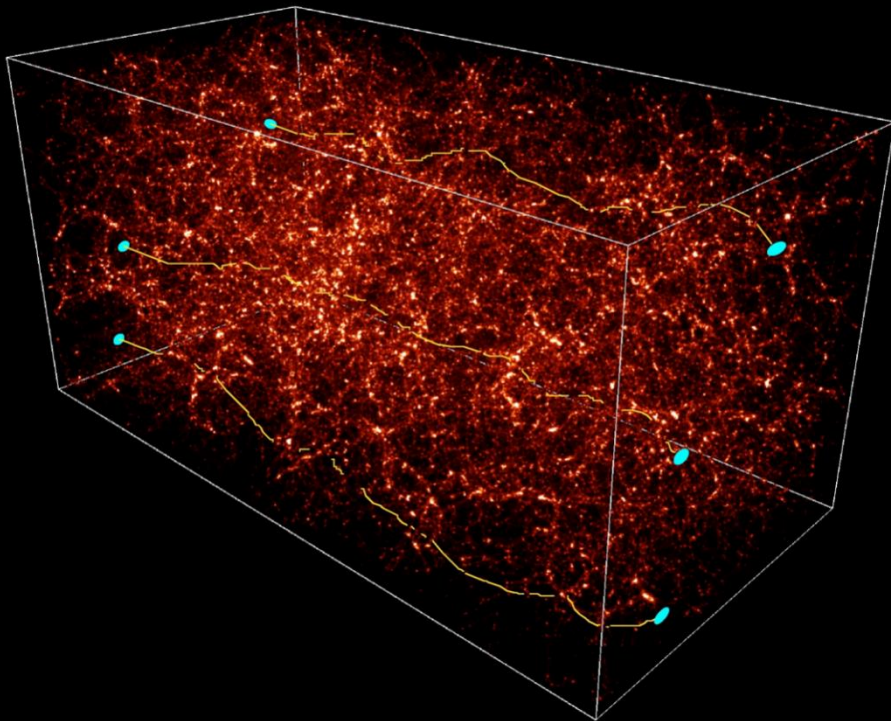


Nếu ta nhìn gần hơn, ta có thể thấy nhiều điều đa dạng hơn

Vật chất tối

Ta biết về nó khi mà với mỗi thiên thể được phát hiện, có hàng nghìn thiên thể khác nữa ta không biết thông tin gì về chúng, ngoài khối lượng chúng có. Ta không biết được hình dáng và phân bố khối lượng của chúng.

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



Người ta cho rằng vật chất tối phân bố theo dạng sợi. Màu xanh là các thiên hà ở xa. Đường màu vàng là đường truyền ánh sáng của chúng. Không có vật chất tối thì chúng sẽ thẳng.

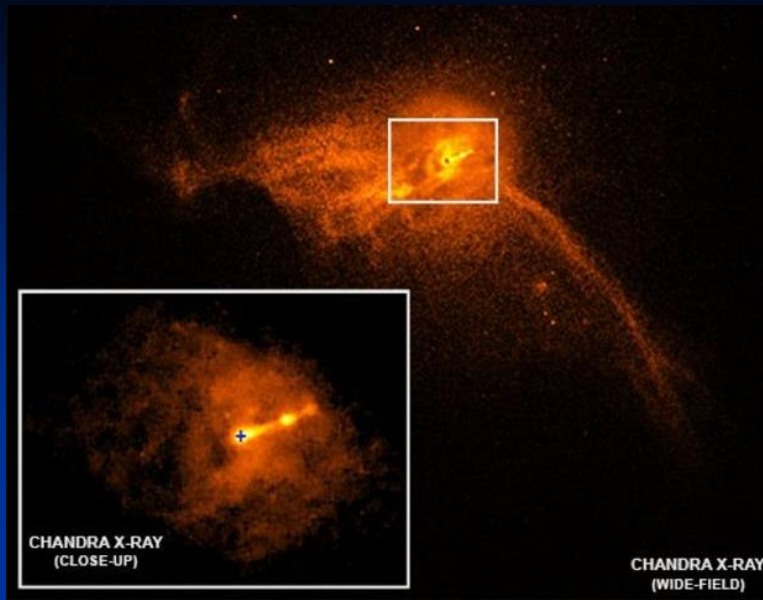


Các sao quay quanh tâm thiên hà vì khối lượng của nó hút chúng. Cụm thiên hà gắn với nhau cũng bởi lực hấp dẫn.

Vật chất tối vô hình nhưng có thể phát hiện được qua lực hấp dẫn.



Có các vật quay quanh vật khác mà ta không thể thấy. Ví dụ như có các sao và các nhóm sao quay quanh lỗ đen ở tâm các thiên hà.



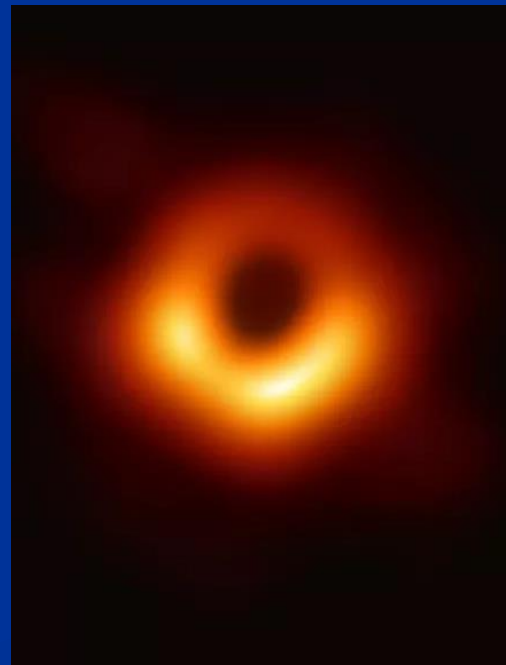
Một hội đồng gồm hơn 200 nhà khoa học và 60 cơ quan nghiên cứu ở 18 quốc gia đã tham gia vào dự án Event Horizon Telescope, gồm 8 kính thiên văn vô tuyến trên Trái Đất

Tâm của M87, cách ta 53,5 triệu năm ánh sáng

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

“Bóng” và chân trời sự kiện của lỗ đen siêu nặng ở tâm của M87 nặng gấp Mặt Trời 6,5 triệu lần

(credit: Event Horizon Telescope)



Bức ảnh đầu tiên của một lỗ đen siêu nặng đã được giới thiệu ở một buổi họp báo ngày 10/04/2019

Tiến hóa của Vũ trụ

Trong thời gian dài tới, Vũ trụ sẽ tiếp tục giãn nở. Tốc độ giãn nở tăng theo thời gian. Năng lượng dư thừa sau việc tăng tốc này hiện chưa được rõ, ta gọi nó là năng lượng tối.

Sau hàng nghìn tỷ năm, mọi vật chất liên sao sẽ bị tiêu tốn hết và không còn sao mới nào hình thành nữa.

Proton sẽ phân rã và lỗ đen sẽ bốc hơi.

Vũ trụ sẽ rất bao la, chứa đầy vật chất xa lạ và sóng vô tuyến năng lượng thấp.

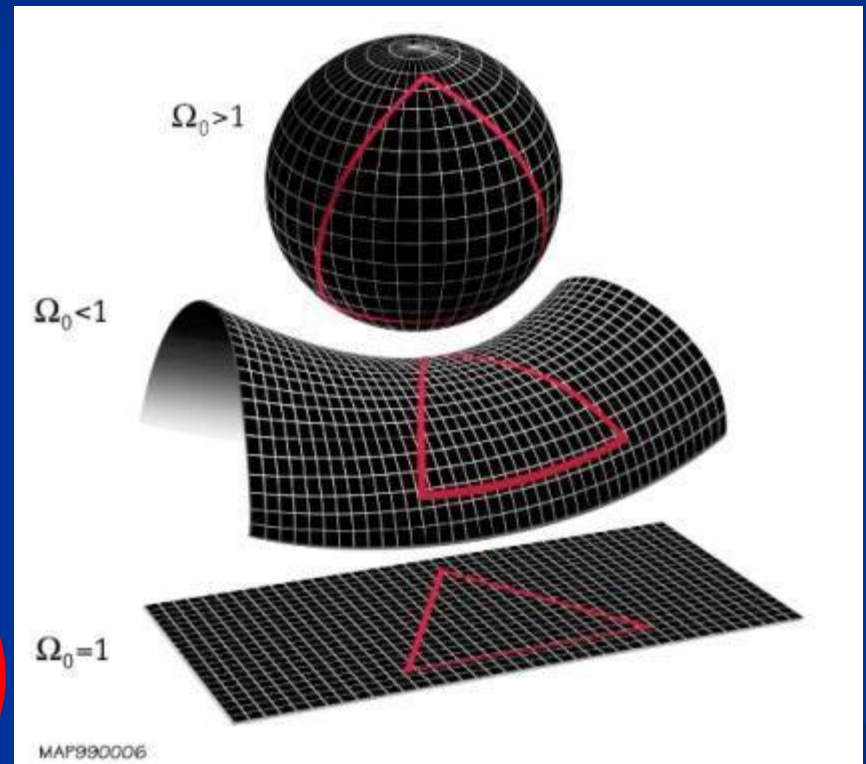


Hình dạng của Vũ trụ phụ thuộc vào hằng số vũ trụ

Đóng $\rightarrow \Omega > 1$

Mở $\rightarrow \Omega < 1$

Phẳng $\rightarrow \Omega = 1$
(được lý thuyết lạm phát dự đoán và phù hợp với quan sát)



Sự tiến hóa phụ thuộc vào việc Vũ trụ chứa gì

Hằng số vũ trụ
 $\Omega_{\text{tổng}} = 1.0$



Nguyên tố nặng
0.03%



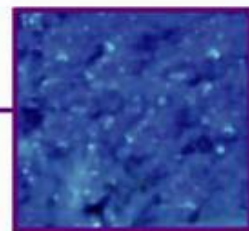
Neutrino
0.47%



Sao
0.5%



**H và He
tự do**
4%



Vật chất tối
25%



Năng lượng tối
70%

Mô hình thành công: Big Bang (dự đoán – kiểm nghiệm)

- **Sự giãn nở:**
chứng minh vào đầu tk XX bởi E. Hubble.
- **Bức xạ nền vũ trụ:**
Phát hiện trong tk XX bởi A. Penzias và R. Wilson.
- **Thành phần nguyên tố:**
chứng minh vào tk XX.
- **Cấu trúc lớn:** phát hiện vào cuối tk XX.



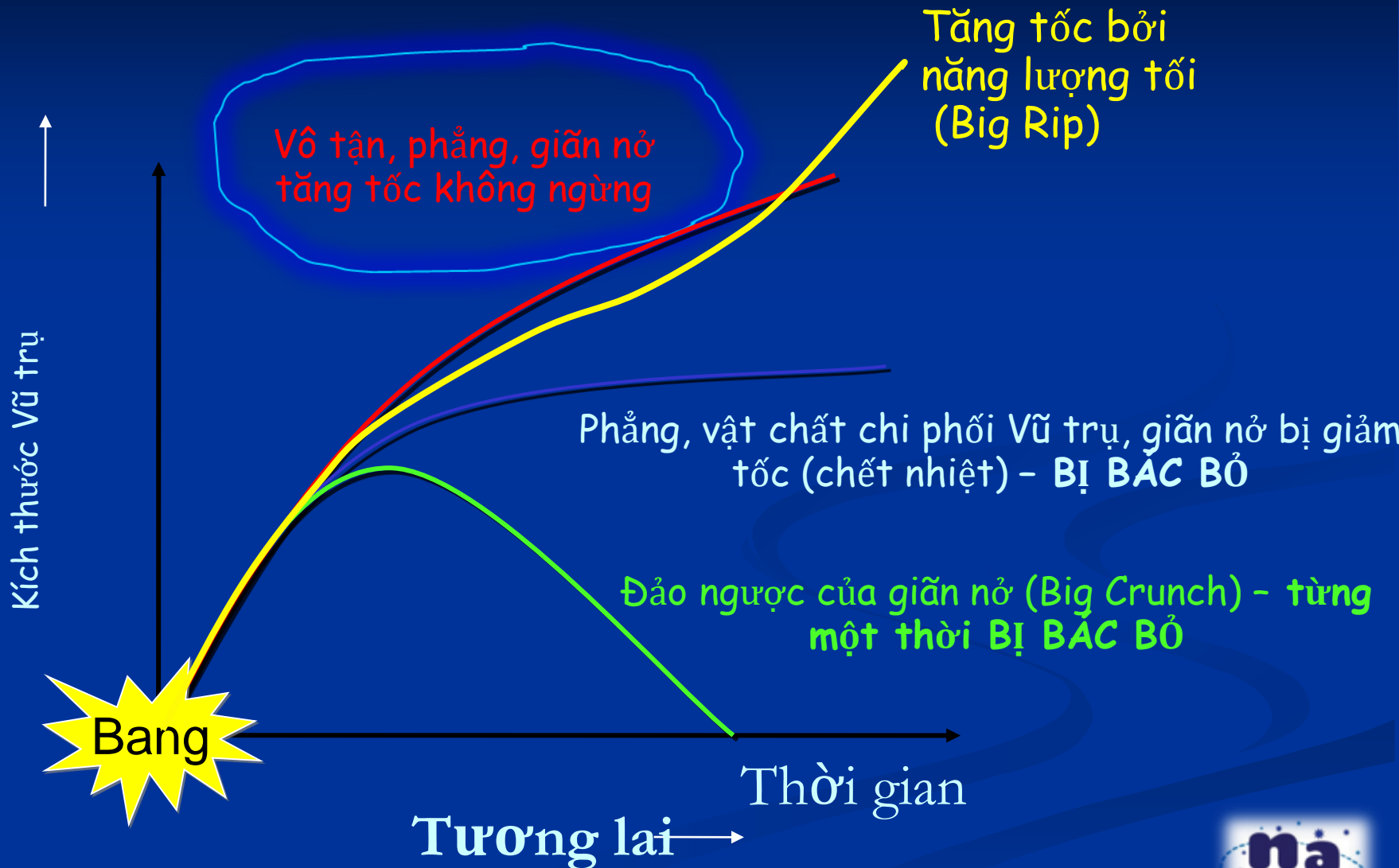
Định mệnh của Vũ trụ (các kịch bản khả dĩ)

- Big Crunch (ngược lại với giãn nở)
- Phẳng, chết nhiệt (giãn nở dừng lại)
- Vô tận, phẳng, giãn nở mãi mãi
(kịch bản được đồng ý rộng rãi)
- Big Rip (giãn nở tăng tốc)

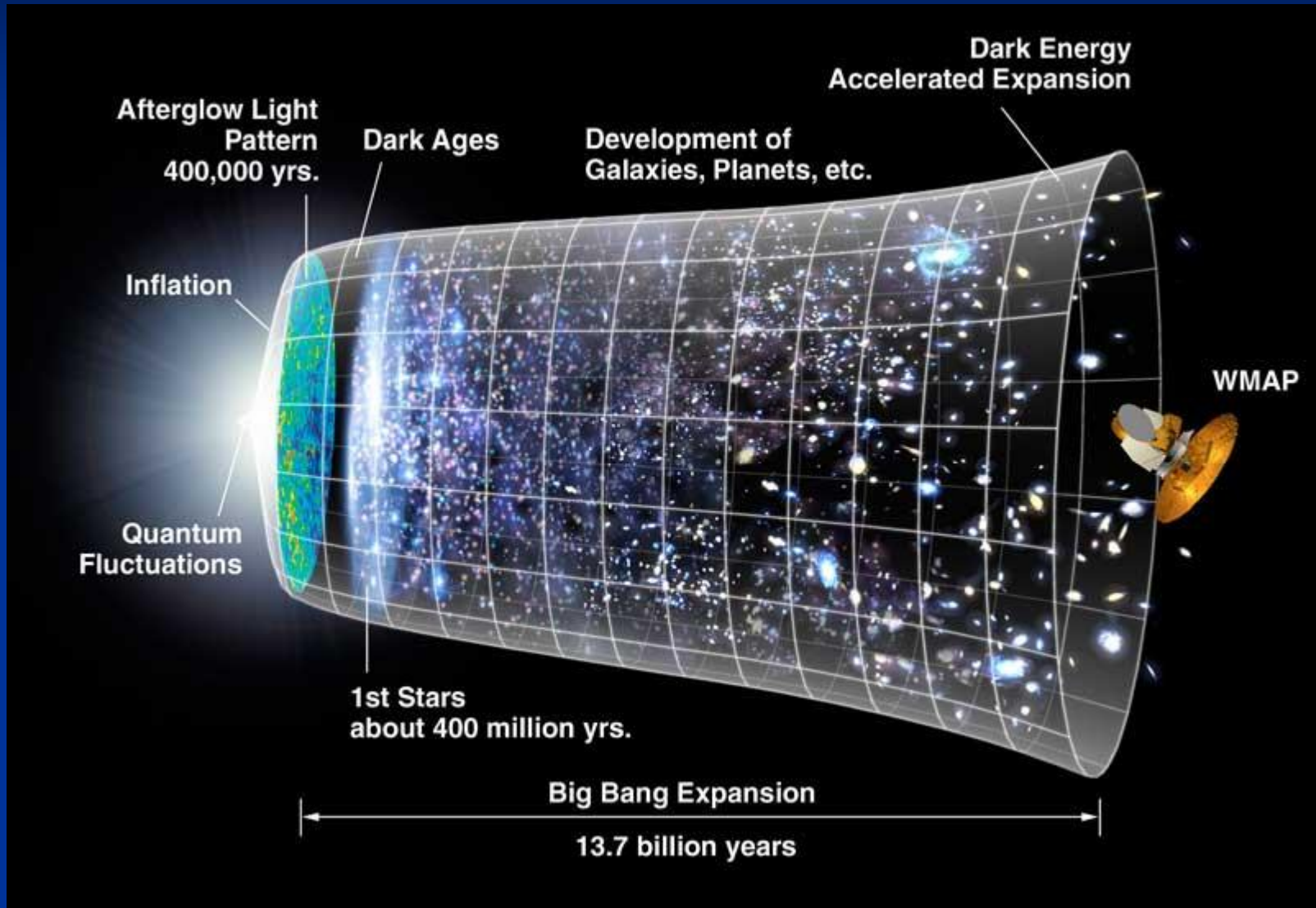
Tương lai phụ thuộc vào thành phần của Vũ trụ, vào mật độ tới hạn và sự tồn tại của vật chất tối.



Hình dạng và mật độ của Vũ trụ

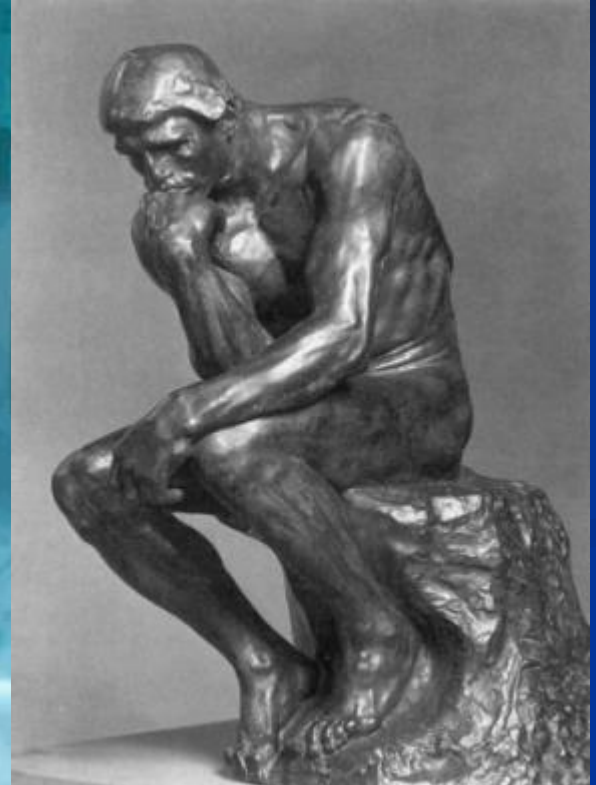


Lịch sử Vũ trụ



Lời kết

Chúng ta đang sống trong một thời kỳ tuyệt vời mà ta có thể suy nghĩ về Vũ trụ bằng các định luật vật lý.



Có thể cái nhìn của chúng ta sẽ thay đổi theo thời gian, nhưng đó là cách khoa học vận hành

Cảm ơn vì đã lắng nghe!