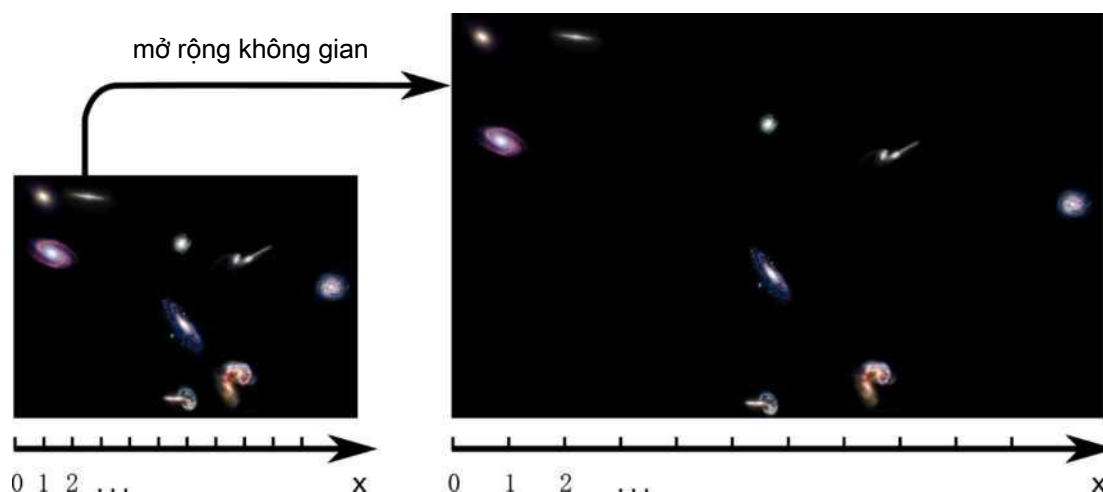


Sự dẫn nở vũ trụ

(Tổng số: 20)

Thực tế nổi bật nhất trong vũ trụ học là vũ trụ của chúng tôi đang mở rộng. Không gian được liên tục tạo ra như là sai lệch thời gian. Việc mở rộng không gian chỉ ra rằng, khi vũ trụ mở rộng, khoảng cách giữa các đối tượng trong vũ trụ của chúng ta cũng được mở rộng. Đó là thuận lợi để sử dụng "comoving" phối hợp hệ thống $\vec{r} = (x, y, z)$ nhân điểm trong vũ trụ mở rộng của chúng tôi, trong đó phối hợp khoảng cách $\Delta r = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ giữa các đối tượng 1 và 2 không thay đổi. (Ở đây chúng ta giả sử không có chuyển động đặc biệt, tức là không có chuyển động bổ sung của các đối tượng khác với chuyển động sau khi mở rộng của vũ trụ.) Tình hình được minh họa trong hình bên dưới (con số có hai chiều không gian, nhưng vũ trụ của chúng ta thực sự có ba không gian chiều).



Các lý thuyết hiện đại về vũ trụ được xây dựng trên thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Tuy nhiên, theo các giả định thích hợp, một sự hiểu biết đơn giản hóa trong khuôn khổ của lý thuyết hấp dẫn của Newton cũng là có thể. Trong những câu hỏi sau đây, chúng ta sẽ làm việc trong khuôn khổ của lực hấp dẫn của Newton.

Để đo khoảng cách vật lý, một "yếu tố quy mô" một $a(t)$ được giới thiệu như là khoảng cách vật lý Δr_p giữa các điểm comoving \vec{r}_1 và \vec{r}_2 là:

Sự mở rộng của vũ trụ ngụ ý rằng $a(t)$ là một hàm ngày càng tăng theo thời gian.

Trên quy mô lớn - quy mô lớn hơn nhiều so với các thiên hà và các cụm của họ - vũ trụ của chúng tôi là khoảng đồng nhất và đẳng hướng. Vì vậy, chúng ta hãy xem xét một mô hình đồ chơi của vũ trụ, trong đó chứa đầy các hạt phân bố đều. Hiện có rất nhiều hạt, như vậy mà chúng ta mô hình chúng như là một chất lỏng liên tục. Hơn nữa, chúng tôi giả định số lượng các hạt là

bảo toàn.

Hiện nay, vũ trụ của chúng chủ yếu là vấn đề phi tương đối, có động năng là không đáng kể so với năng lượng khối lượng của nó. Hãy $\rho_m(t)$ là mật độ năng lượng vật lý (tức là năng lượng đơn vị khối lượng cơ thể, trong đó chủ yếu là năng lượng khối lượng cho vật chất phi tương đối tính và năng hấp dẫn không được tính là một phần của "mật độ năng lượng vật lý") của phi tương đối vấn đề tại thời điểm t . Chúng tôi sử dụng t_0 để biểu thị thời điểm hiện tại.

A	Rút ra các hàm của $p_m(t)$ tại thời điểm t trong điều khoản của $m(t)$, $a(t_0)$ và $\chi(t_0)$.	2 điểm
----------	---	---------------

Bên cạnh vấn đề phi tương đối, đó cũng là một lượng nhỏ phóng xạ trong vũ trụ hiện tại của chúng tôi, được làm từ các hạt không có khối lượng, ví dụ, các photon. Các bước sóng vật chất của các hạt không có khối lượng tăng lên cùng với việc mở rộng vũ trụ như là hàm số $\gamma_p \propto a(t)$. Hãy để cho mật độ năng lượng vật chất của bức xạ được $p_r(t)$.

B	Lấy được mật độ năng lượng vật lý cho p_r bức xạ (t) tại thời điểm t trong điều khoản của $m(t)$, $a(t_0)$ và P_r (để).	2 điểm
----------	--	---------------

Hãy xem xét một khí photon không tương tác trong đó có phân phối cân bằng nhiệt. Trong tình huống này, nhiệt độ của photon phụ thuộc vào thời gian như $T(t) \propto [a(t)]^{-1}$.

C	Tính giá trị bằng số của γ .	2 điểm
----------	-------------------------------------	---------------

Hãy xem xét nhiệt động của một loại không tương tác hạt X. Lưu ý rằng việc mở rộng không gian đủ chậm và nhiệt độ lập như vậy mà dữ liệu ngẫu nhiên của X là một hằng số trong thời gian. Hãy để cho mật độ năng lượng vật chất của X là $\rho_x(t)$, trong đó bao gồm năng lượng và năng lượng nội bộ. Hãy để áp lực vật lý được $p_x(t)$.

D	Rút ra $d\rho_x(t)/dt$ về $a(t)$, $da(t)/dt$, $p_x(t)$, and $\rho_x(t)$.	4 điểm
----------	--	---------------

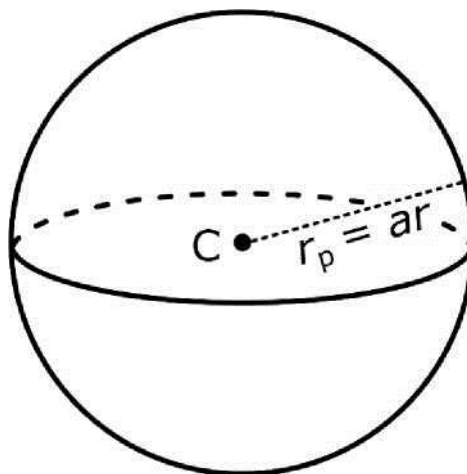
Hãy xem xét một ngôi sao S. Đồng thời t_0 hiện nay, các ngôi sao đang ở khoảng cách vật lý $r_p = a(t_0)r$ xa chúng ta, trong đó r là khoảng cách đồng chuyển động. Ở đây chúng ta bỏ qua những chuyển động đặc biệt, ví dụ giả định rằng cả hai ngôi sao và chúng ta chỉ cần làm theo sự mở rộng của vũ trụ mà không chuyển động bổ sung.

Ngôi sao này phát ra năng lượng dưới dạng ánh sáng ở điện P_e , mà là đẳng hướng ở mọi hướng. Chúng tôi sử dụng một kính thiên văn để quan sát ánh sáng sao của nó. Để đơn giản, giả sử kính thiên văn có thể quan sát tất cả các tần số của ánh sáng với hiệu suất 100%. Hãy để các khu vực của ống kính kính thiên văn được A.

E	Rút ra năng lượng nhận được của các kính thiên văn P_r từ ngôi sao S, như một hàm của r , A, P_e , các yếu tố quy mô $a(t_e)$ của ánh sáng sao phát xạ t_e , và hiện tại (ví dụ tại các quan sát thời gian) yếu tố quy mô một (t_0) .	4 điểm
----------	---	---------------

Nếu không có lực hấp dẫn, tốc độ mở rộng của vũ trụ phải là một hằng số. Trong khuôn khổ của Newton, điều này có thể được hiểu như rằng, không có lực lượng, vấn đề chỉ cần di chuyển ra xa nhau với tốc độ không đổi và do đó $da(t)/dt$ là một hằng số tùy thuộc vào các điều kiện ban đầu.

Bây giờ chúng ta xem xét cách thức hấp dẫn của Newton ảnh hưởng đến các yếu tố quy mô $a(t)$, trong một vũ trụ đầy chất phi tương đối một cách đồng nhất và đẳng hướng.



Như minh họa trong hình trên, chúng ta hãy giả C là trung tâm của vũ trụ của chúng ta (giả định này có thể được loại bỏ trong thuyết tương đối tổng quát của Einstein, đó là vượt ra ngoài phạm vi của câu hỏi này). Chúng tôi cắt vật chất thành vỏ mỏng xung quanh C. Chúng ta hãy tập trung vào một lớp vỏ mỏng (hình cầu trong hình trên) có comoving khoảng cách từ trung tâm là r (nhớ lại rằng khoảng cách đồng chuyển động này là một hằng số trong thời gian).

F	Sử dụng các chuyển động của vỏ để tìm thấy một mối quan hệ giữa $da(t)/dt$, $a(t)$ và mật độ của năng lượng khối lượng $p(t)$. (Trong mối quan hệ cuối cùng, nếu bạn gặp phải một hằng số tùy thuộc vào các điều kiện ban đầu, nó có thể được lưu giữ như là nó được.)	5 điểm
----------	--	---------------

G	Dựa trên mô hình mô tả trong phần (F), là sự mở rộng của vũ trụ (a) tăng tốc hoặc (b) giảm tốc? Chọn lựa (a) hoặc (b).	1 điểm
----------	--	---------------

Để biết thông tin của bạn, vào năm 1998, một loại mới của thành phần năng lượng của vũ trụ được phát hiện. Nó thực sự thay đổi các kết luận trong Phần (G).