

61 THUYẾT BIG BANG

I - MỤC TIÊU

- Hiểu các sự kiện dẫn đến sự ra đời của thuyết Big Bang.
- Nêu được những nội dung chính của thuyết Big Bang.

II - CHUẨN BỊ

Học sinh : Ôn lại kiến thức về hạt sơ cấp và hiệu ứng Đốp-ple (Bài 18).

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Vũ trụ ban đầu như một máy gia tốc hạt khổng lồ

Vũ trụ nguyên thủy chìm đắm trong một biển bức xạ mạnh và các hạt sơ cấp mang năng lượng cao. Bức xạ dưới dạng tia gamma (các photon có năng lượng cao hơn tia X) được tạo ra khi một hạt (ví dụ electron) bị huỷ hoàn toàn với phản hạt của nó (ví dụ positron). Ngược lại, khi nhiệt độ của bức xạ cao hơn nhiệt độ tương ứng với năng lượng của một cặp hạt – phản hạt thì cặp hạt – phản hạt có thể được tạo ra từ bức xạ. Để có một cặp electron – positron được tạo ra, năng lượng tối thiểu cần có là một triệu electron – volt (1 MeV), tương đương nhiệt độ khoảng 10^{10} K. Khi vũ trụ còn nóng hơn 10^{10} K, nó là một hỗn hợp gồm các photon, các hạt và phản hạt. Nhưng vài giây sau Vụ nổ lớn, nhiệt độ của bức xạ không còn đủ cao để sinh ra các hạt và phản hạt nữa. Các cặp hạt - phản hạt tiếp tục bị huỷ. Vũ trụ khi đó gồm chủ yếu là các photon. Tuy nhiên, vì số lượng các hạt hơi lớn hơn số lượng các phản hạt, nên các hạt còn sống sót sau quá trình huỷ này vẫn còn lại để tạo ra vũ trụ ngày nay của chúng ta. Vấn đề "tại sao lại có một bất đối xứng nhẹ trong vũ trụ ban đầu mà kết quả là một sự dồi dào vật chất so với phản vật chất" vẫn còn là một vấn đề chưa được giải quyết. Không một máy gia tốc khổng lồ nào có thể tạo ra các điều kiện vật lý cực điểm như các điều kiện vật lý tồn tại trong vũ trụ ban đầu. Về phương diện này, vũ trụ ban đầu là một phòng thí nghiệm được ưa thích đối với các nhà vật lý nghiên cứu trong lĩnh vực hạt sơ cấp.

Một phút sau Vụ nổ lớn, khi nhiệt độ giảm xuống tới 10^9 K, các phản ứng tổng hợp nhiệt hạch sẽ bắt đầu. Trong kỉ nguyên tổng hợp hạt nhân này, các neutron bắt giữ các proton để tạo ra các hạt nhân của hydro nặng (deuteri), các hạt nhân này đến lượt nó lại bắt giữ các neutron để tạo ra các hạt nhân của triti. Các sản phẩm cuối cùng của quá trình này là các hạt nhân heli.

Bức xạ có một vai trò quan trọng trong động lực học của Vũ trụ nguyên thủy. Đó là vì mật độ năng lượng của bức xạ lớn hơn mật độ năng lượng của vật chất. Ngoài ra, nhiệt độ trong vũ trụ khi đó cao đến mức làm cho vật chất bị ion hoá. Trong chất khí ion hoá này (gọi là plasma) các photon không thể lan truyền một cách tự do mà tương tác với các electron. *Môi trường ion hoá là không trong suốt.*

Khi vũ trụ dần nở, nó trở nên nguội hơn. Ở tuổi vào khoảng 300 000 năm, nhiệt độ xuống tới khoảng 4 000 K. Ở nhiệt độ đó, các electron bắt đầu tái hợp với các ion để tạo ra các nguyên tử trung hoà, đặc biệt là các nguyên tử hydro. Kỉ nguyên tái hợp

này kết thúc khi vũ trụ đã được khoảng một triệu năm tuổi. Vào lúc đó, có quá ít electron tự do còn lại để ngăn cản sự lan truyền của bức xạ đến nỗi vũ trụ trở nên trong suốt và ánh sáng có thể lan truyền tự do trong khắp vũ trụ.

2. Nguồn gốc của bức xạ "nền" vũ trụ

Năm 1965, các nhà thiên văn vô tuyến, khi quan sát bức xạ ở bước sóng 7 cm, đã phát hiện được một bức xạ "nền" đẳng hướng tới từ mọi phương trên bầu trời. Các quan sát trên một dải rộng của phổ vô tuyến, từ các bước sóng mét đến các bước sóng dưới milimét, đã được tiến hành sau đó để nghiên cứu bản chất của bức xạ vũ trụ này. Các kết quả cho thấy các số liệu rất khớp với đường cong biểu diễn công thức Planck về bức xạ của vật đen ở nhiệt độ $2,726 \pm 0,010$ K. Các số liệu này thu được nhờ vệ tinh COBE (Cosmic Background Explorer, Người thăm dò phong vũ trụ) của NASA được phóng vào năm 1989 (được thiết kế riêng cho công trình nghiên cứu này ở các bước sóng milimét và dưới milimét).

Các quan sát bức xạ "nền" vũ trụ cho phép chúng ta đi ngược theo thời gian xa hơn rất nhiều so với các quan sát về bất kì thiên thể nào khác hiện có trong vũ trụ.

3. Một vũ trụ nguyên thủy hơi không đồng nhất

Vấn đề các thiên hà được hình thành như thế nào là một vấn đề quan trọng, song đang còn gây tranh cãi. Người ta tin rằng các thiên hà đã xuất hiện từ các thăng giáng mật độ ở quy mô lớn có trong vũ trụ nguyên thủy. Nếu vũ trụ quả thật là không đồng nhất, thì dấu vết của những sự không đồng nhất này phải thể hiện như là những thăng giáng nhiệt độ trong bức xạ "nền" vũ trụ. Mặc dầu có một số nỗ lực quan sát, nhưng trong thực tế bức xạ "nền" vũ trụ đã thể hiện dường như đồng nhất. Người ta đã phải đợi đến năm 1992 khi các nhà thiên văn quan sát với vệ tinh COBE đã phát hiện được những thăng giáng nhiệt độ rất yếu trong bức xạ "nền" vi ba. Các thăng giáng này chỉ tương ứng với bước sóng vào cỡ 30 μm ($3 \cdot 10^{-5}$ K). Có một bậc độ lớn các thăng giáng về nhiệt độ với các quy mô khác nhau và các thăng giáng về mật độ tương ứng. Các nghiên cứu lí thuyết cho rằng, các thăng giáng này chứa từ 10^5 đến 10^{12} khối lượng Mặt Trời, tương ứng với khối lượng của các đám sao và thiên hà. Các thăng giáng này là mầm mống của các thiên hà và các cấu trúc quy mô lớn khác mà chúng ta quan sát hiện nay.

4. Về hiệu ứng Dop-ple trong Quang học

Hiệu ứng Dop-ple trong Quang học không thể giải thích như hiệu ứng Dop-ple trong Cơ học được, vì nó là một hiện tượng tương đối tính.

Giả sử nguồn gắn với hệ quy chiếu $Oxyz$ phát ra một sóng điện từ phân cực phẳng truyền theo phương Oy có phương trình :

$$E_z = E_0 \sin 2\pi f \left(t - \frac{y}{c} \right)$$

Máy thu gắn với hệ quy chiếu $O'x'y'z'$ chuyển động đều theo phương Oy với vận tốc v . Sóng điện từ mà máy thu nhận được có dạng :

$$E'_z = E_0 \sin 2\pi f' \left(t' - \frac{y'}{c} \right)$$

Theo tiên đề thứ hai của thuyết tương đối (các hiện tượng điện từ phải xảy ra như nhau trong hai hệ quy chiếu quán tính) thì pha của sóng trong hai hệ quy chiếu phải như nhau :

$$2\pi f \left(t - \frac{y}{c} \right) = 2\pi f' \left(t' - \frac{y'}{c} \right)$$

hay
$$f \left(t - \frac{y}{c} \right) = f' \left(t' - \frac{y'}{c} \right)$$

Theo phép biến đổi Lo-ren-xơ :

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} y'}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{và} \quad y = \frac{y' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{với} \quad \beta = \frac{v}{c}$$

$$f \left(\frac{t' + \frac{v}{c^2} y'}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{y' + vt'}{c\sqrt{1 - \beta^2}} \right) = f' \left(t' - \frac{y'}{c} \right)$$

$$f' \left(t' \frac{1 - \beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{y'}{c} \frac{1 - \beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) = f' \left(t' - \frac{y'}{c} \right)$$

$$f' = f \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$$

Ta lại có :

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{và} \quad f' = \frac{c}{\lambda'}$$

Do đó :

$$\lambda' = \lambda \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}$$

Nếu $v \ll c$ thì $\lambda' = \lambda(1 + \beta)$

và : $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda\beta = \lambda \frac{v}{c}$

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. GV đặt vấn đề vào bài như SGK. GV cũng có thể yêu cầu một số HS nêu ý kiến của mình về các câu hỏi đặt ra.

2. GV trình bày sơ lược các thuyết về vũ trụ, sau đó giới thiệu các sự kiện thiên văn quan trọng.

GV có thể đặt câu hỏi : Căn cứ vào kết quả quan sát nào mà người ta lại có thể kết luận các thiên hà lùi ra xa chúng ta ? Để gợi ý, GV yêu cầu HS nhắc lại hiệu ứng Dop-ple đã học (để căn cứ vào đó biết được sự dịch chuyển của nguồn âm) và cho HS biết trong Quang học cũng có hiệu ứng tương tự (tần số ánh sáng phát xạ nhận được bị thay đổi khi nguồn phát ánh sáng lại gần, hoặc ra xa). Từ đó GV hướng dẫn HS trả lời câu hỏi đã đặt ra. Tiếp theo GV yêu cầu HS trả lời **C1**.

C1 Áp dụng công thức $v = Hd$, với $H = 1,7.10^{-2}$ m/s.nas.

$d = 200\ 000$ năm ánh sáng. Rút ra $v = 1,7.10^{-2}.2.10^5$ m/s = 3400 m/s.

3. GV trình bày về bức xạ "nền" vũ trụ. GV có thể giải thích tại sao gọi là bức xạ 3K (bức xạ của vật đen ở nhiệt độ 3 K phát ra). GV có thể yêu cầu HS cho biết theo dự đoán của HS thì bức xạ đó có thể thuộc miền sóng điện từ nào ?

4. GV yêu cầu HS đọc nội dung thuyết Big Bang trong SGK, sau đó tóm tắt nội dung chính của thuyết.

V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

1. Xem mục 2 SGK.
2. Xem mục 3 SGK.

Bài tập

1. C.
2. B.