

SÓNG HẤP DẪN LẠM PHÁT: TÍN HIỆU QUAN TRỌNG VỀ SỰ THỐNG NHẤT HẤP DẪN VÀ LƯỢNG TỬ



S. Lawrence M. Krauss

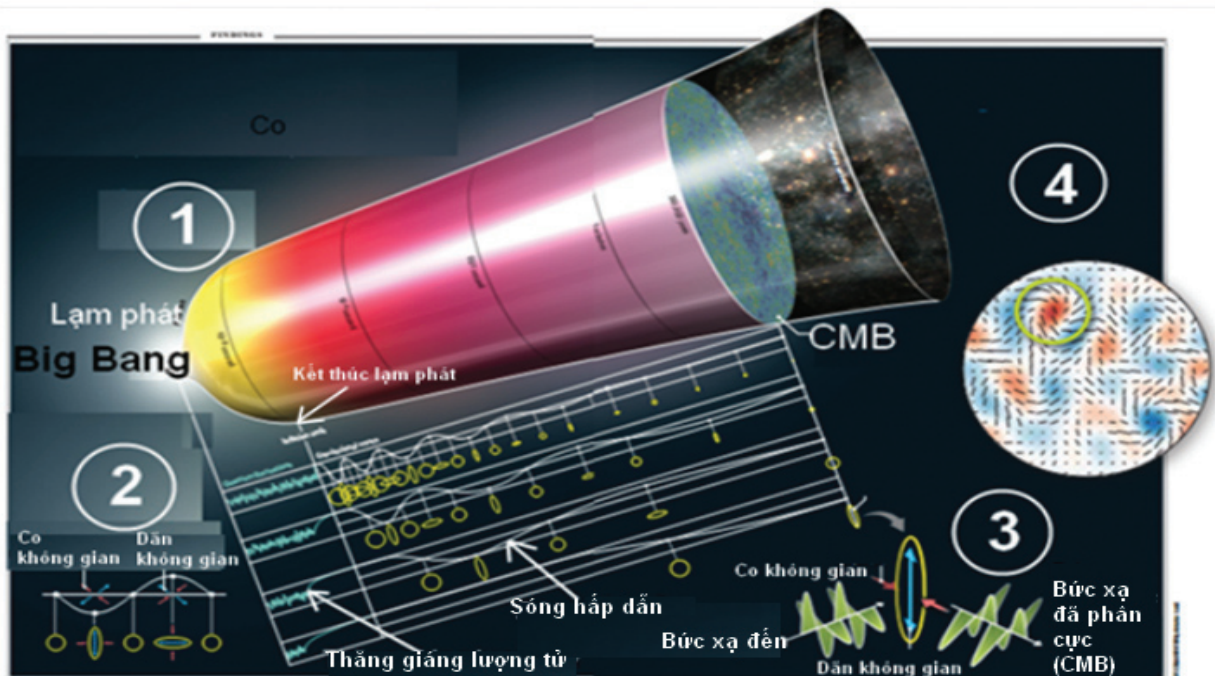
Nếu tìm được sóng hấp dẫn lạm phát (Inflationary gravitational wave) thì điều này sẽ làm sáng tỏ mối quan hệ giữa lượng tử - hấp dẫn và sự tồn tại của đa vũ trụ gồm nhiều vũ trụ song song với vũ trụ của chúng ta. Xin giới thiệu cùng bạn đọc bài viết của Giáo sư S. Lawrence M. Krauss - nhà vật lý lý thuyết vũ trụ học (Đại học Quốc gia Arizona, Hoa Kỳ) về vấn đề này, vừa được công bố trên Scientific American số tháng 10.2014.

Bicep2 và Planck

Nhóm Bicep2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization) đã tiến hành thí nghiệm tại Nam cực với kỳ vọng tìm sóng hấp dẫn (SHD) nguyên thủy, ngày 17.3.2014 đã thông báo về việc tìm thấy những tín hiệu đầu tiên của SHD từ lạm phát vũ trụ. Song các dữ liệu do vệ tinh Planck (dự án của ESA - European Space Agency) cung cấp đã gây nên nghi vấn liệu tín hiệu ghi đo bởi Bicep2 có thực sự thuộc về bức xạ phông vũ trụ (Cosmic Microwave Background - CMB), hay đó là thuộc bụi thiên hà nằm trên phông (Galactic Dust Foreground) - tức là thuộc về những giai đoạn sau này trong lịch sử vũ trụ. Rất có thể bụi thiên hà đã tạo nên tất cả hoặc phần lớn tín hiệu phân cực của Bicep2. Tuy nhiên, cũng có một số nhà khoa học cho rằng, phổ quan sát do Bicep2 ghi được dường như thích hợp cho SHD lạm phát hơn là cho bụi thiên hà.

Tỷ số r = tín hiệu SHD/tín hiệu thăng giáng nhiệt độ (thường được gọi là tỷ số tensor trên vô hướng) theo Bicep2 là vào khoảng 0,2, còn theo Planck thì $= 0,13$. Như vậy, theo Planck, tín hiệu SHD không lớn lắm như Bicep2 đã diễn dịch. Hiện nay, đã hình thành sự hợp tác giữa hai nhóm Bicep2 và Planck mạnh mẽ từ tháng 7.2014 nhằm làm sáng tỏ vấn đề tín hiệu của Bicep2 thuộc SHD phông (background) hay thuộc bụi thiên hà nằm trên phông (foreground). Vấn đề tìm ra SHD từ lạm phát là một vấn đề lớn có liên quan đến sự thống nhất giữa lượng tử và hấp dẫn.

Một đối tượng quan trọng trong việc tìm SHD là CMB. CMB là những photon đã lệch về phía đỏ (redshifted photon) xuất hiện từ giai đoạn khi vũ trụ trở nên trong suốt đối với bức xạ. Người ta nghiên cứu sự phân cực ánh sáng trong CMB để tìm dấu vết SHD. Tuy nhiên, ngoài SHD cũng tồn tại nhiều hiện tượng khác có thể gây nên những hiệu ứng tương tự. Ví dụ, quỹ đạo của các photon của CMB có thể bị làm cong khi đi gần các cụm thiên hà có khối lượng lớn vì không thời gian quanh các thiên hà đó đã bị biến dạng bởi hấp dẫn. Đó là quá trình được gọi là thấu kính hấp dẫn, quá trình này cũng gây nên phân cực. Ngoài ra, bụi của ngân hà cũng phát ra những ánh sáng phân cực mà chúng ta khó phân biệt được với bức xạ của CMB. Hiện nay, vệ tinh Planck đã phát hiện rằng, bụi thiên hà có thể nhiều hơn dự đoán ban đầu của các nhà thiên văn học.



Hình 1: Big Bang, lạm phát, thăng giáng lượng tử, SHD và phân cực của CMB

Bốn điểm chính trong quá trình tìm SHD

Thời kỳ lạm phát gây ra 2 loại nhiễu loạn quan trọng: vô hướng (mật độ) và tensor (SHD). Nhiễu loạn vô hướng được cảm ứng bởi các bất đồng nhất năng lượng mật độ. Những nhiễu loạn này quan trọng vì đó sẽ là mầm của các cấu trúc vũ trụ trong tương lai. Những nhiễu loạn tensor ứng với SHD. Chúng ta có hy vọng tìm thấy SHD từ lạm phát trong CMB vốn là ánh sáng lâu đời nhất của vũ trụ khi nó được 380.000 tuổi sau Big Bang. Ta sẽ lần lượt đi qua 4 điểm chính sau (xem 4 cụm trên hình 1).

1. Lạm phát

Năm 1980, Alan Guth đưa ra Lý thuyết lạm phát, theo đó sau Big Bang vũ trụ trải qua một thời đoạn giãn nở rất nhanh và kích thước vũ trụ tăng lên 25 bậc. Quá trình lạm phát có thể được kích lên bởi một trường ẩn chứa năng lượng lớn. Năm 2008, các tác giả F.L. Bezrukov, M. Shaposhnikov đã chứng minh rằng, trường đó có thể là trường vô hướng inflaton Higgs.

2. Sóng hấp dẫn

Đã gần 100 năm sau khi Einstein tiên đoán sự tồn tại của SHD, đến nay SHD vẫn chưa được tìm ra. SHD có thể phát sinh từ những tai biến trong vũ trụ như sự va chạm của lỗ đen hay những biến cố khác trong vũ trụ. Song tồn tại một nguồn SHD rất

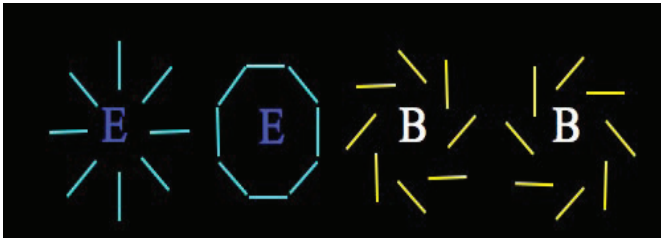
quan trọng: đó là những thăng giáng trường lượng tử vào những thời điểm sau Big Bang. Khi còn non trẻ trước lúc lạm phát, vũ trụ bị nén trong một thể tích nhỏ kích cỡ một nguyên tử. Giai đoạn này phải được mô tả bằng lý thuyết lượng tử và lý thuyết tương đối vì lúc bấy giờ vật chất vừa có mật độ lớn vừa có năng lượng cao. Theo các lý thuyết này thì sự xuất hiện các thăng giáng lượng tử của trường hấp dẫn là điều hiển nhiên. Trong quá trình giãn nở của vũ trụ vì lạm phát, những thăng giáng lượng tử ban đầu có độ dài sóng ngắn bị kéo giãn ra thành SHD cổ điển.

3. Phân cực

Nếu SHD đi qua một vùng nào đó thì khoảng cách giữa các thiên thể trong vùng đó sẽ thay đổi. Sự làm biến dạng (distortion) không thời gian sẽ gây nên hệ quả là CMB sau tán xạ lên các electron sẽ có biên độ lớn hơn ở một chiều này so với biên độ theo chiều thẳng góc kia, nói cách khác, ánh sáng CMB bị phân cực. Sự ghi đo SHD là điều khó khăn, song CMB có thể giúp chúng ta tìm tín hiệu SHD trong CMB nhờ điều vừa đề cập. CMB phát sinh lúc vũ trụ đã trở nên tương đối lạnh, proton bắt lấy electron thành các nguyên tử trung tính vũ trụ trở nên trong và photon lan truyền được trong vũ trụ. CMB là ánh sáng lâu đời nhất trong vũ trụ. Ta có hy vọng tìm thấy tín hiệu SHD trong CMB.

4. Hai kiểu phân cực E và B

Người ta phân biệt hai kiểu phân cực E và B (E-mode and B-mode) như ở hình 2. Chữ E ứng với kiểu điện trường, chữ B ứng với kiểu từ trường. Nhìn một bản đồ phân cực ta sẽ thấy những đoạn thẳng trên bầu trời. Phân cực kiểu B tạo nên những đoạn thẳng xoáy (curl), còn phân cực kiểu E chỉ tạo nên những đoạn thẳng không xoáy (grad).



Hình 2: bản đồ phân cực kiểu E và B. Chỉ SHD mới cho ta phân cực kiểu B

Các thăng giáng nhiệt độ và mật độ (nhiều loạn vô hướng) chỉ tạo nên các phân cực kiểu E. Chỉ có SHD mới tạo nên phân cực kiểu B (thấu kính hấp dẫn - gravitational lensing - cũng có thể tạo nên kiểu phân cực B và các nhà thực nghiệm có phương pháp để tách riêng hiện tượng này). Những điểm màu đỏ là những chỗ không gian bị co lại, cho nên các photon bị nén lại và bức xạ ở đấy nóng hơn, còn ở những điểm màu xanh thì bức xạ lạnh hơn (hình 1). Tác giả S. Lawrence M. Krauss cho rằng, SHD được sinh từ những thăng giáng lượng tử và nếu đúng như vậy thì hấp dẫn và lượng tử là liên kết thống nhất với nhau. Nếu chúng ta tìm ra SHD vốn là một đối tượng cổ điển (không là lượng tử) thì chúng ta phải hiểu rằng nguồn gốc của chúng lại là những thăng giáng lượng tử. Như vậy, nguồn gốc của SHD vốn là đối tượng cổ điển lại là hệ quả của những quá trình lượng tử. Frank Wilczek (Viện Công nghệ Massachusetts - Hoa Kỳ) đã cùng S. Lawrence M. Krauss chứng minh rằng, SHD từ lạm phát có thể biến mất nếu hằng số Planck triệt tiêu. Vậy nếu kết quả của Bicep2 là đúng thì hấp dẫn phải được mô tả bởi lý thuyết lượng tử.

Đa vũ trụ

Câu chuyện SHD từ lạm phát còn có thể dẫn đến một vấn đề siêu hình trong vật lý. Nguồn gốc lạm phát có thể là một trường ẩn chứa một năng lượng lớn thoát ra trong một chuyển pha. Như thế, trường điều khiển lạm phát sẽ phải tiếp tục gây lạm phát vũ trụ đến vô cùng, điều này dẫn đến vật chất và

bức xạ sẽ loãng dần vì dẫn nổ để lại không gì khác ngoài một không gian trống rỗng. Vậy phải nhận định vấn đề này như thế nào?

Andrei Linde (Đại học Stanford - Hoa Kỳ) đưa ra giả thuyết dẫn đến khái niệm đa vũ trụ: có thể một vùng bao gồm vũ trụ chúng ta quan sát được sẽ thôi dẫn nổ nhưng những vùng khác lạm phát vẫn tiếp tục đó là những mầm vũ trụ tại những vị trí khác. Và như thế hình thành một đa vũ trụ. Trong bức tranh lạm phát vĩnh cửu đó, ta có nhiều vũ trụ không liên thông với nhau và với những định luật vật lý khác nhau. Giả thuyết này cũng gắn liền với nguyên lý vị nhân (anthropic principle).

Kết luận

Vấn đề truy tìm SHD lạm phát là một trong những vấn đề chìa khóa của vật lý và thiên văn học hiện đại gắn liền với việc thống nhất hấp dẫn và lượng tử, một bài toán lớn mà các nhà vật lý đeo đuổi trong nhiều thập kỷ để thực hiện ước mơ tìm ra TOE (Theory of Everything - Lý thuyết của tất cả) ✍

CC. biên dịch

Tài liệu tham khảo

1. Grand unification, gravitational waves, and the cosmic microwave background anisotropy. Lawrence M. Krauss and Martin White in Physical Review Letters, Vol. 69, No. 6, pages 869-872; August 10, 1992.
2. Signature of gravity waves in the polarization of the microwave background. Uroš Seljak and Matias Zaldarriagain in Physical Review Letters, Vol. 78, No. 11, pages 2054-2057; March 17, 1997.
3. Statistics of cosmic microwave background polarization. Marc Kamionkowski, Arthur Kosowsky and Albert Stebbins in Physical Review D, Vol. 55, No. 12, pages 7368-7388; June 15, 1997.
4. Primordial gravitational waves and cosmology. Lawrence M. Krauss et al. in Science, Vol. 328, pages 989-992; May 21, 2010.
5. A universe from nothing: Why there is something rather than nothing. Lawrence M. Krauss. Free Press, 2012.
6. Detection of B-Mode Polarization at Degree Angular Scales by BICEP2. P.A.R. Ade et al. (BICEP2 Collaboration) in Physical Review Letters, Vol. 112, No. 24, Article No. 241101; June 19, 2014.