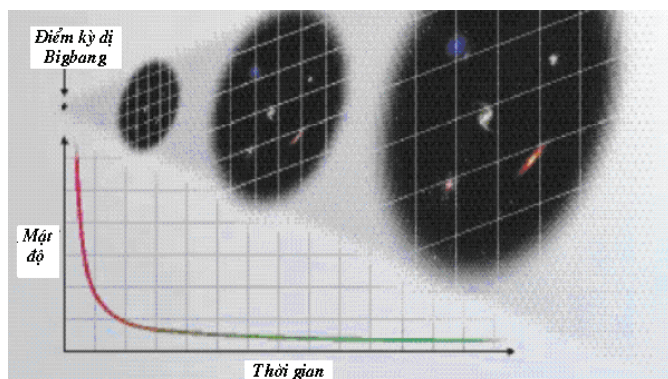


Big Bounce: MỘT GIẢ THUYẾT MỚI VỀ ĐIỂM PHÁT SINH CỦA VŨ TRỤ

Từ trước đến nay người ta vẫn cho rằng vụ nổ lớn (theo Thuyết Big Bang) là cơ chế làm xuất hiện vũ trụ. Song giả thuyết Big Bang phải mặc nhận một điểm kỳ dị với mật độ vật chất vô cùng lớn, đây là điểm yếu của thuyết này, vì ở những điều kiện như vậy thuyết lượng tử phải vào cuộc. Do đó, thế cục sẽ khác đi nhiều: Thay vì Big Bang ta sẽ có Big Bounce (cơ chế nảy bật lớn).

Giả thuyết Big Bang

Theo lý thuyết Einstein, chúng ta phải có vụ nổ lớn để giải thích điểm bắt đầu của vũ trụ (hình 1), song lý thuyết Einstein là một lý thuyết cổ điển, chưa chú ý đến các hiệu ứng lượng tử; các hiệu ứng này ngăn cấm không cho vật chất có một mật độ vô cùng lớn như trong giả thuyết Big Bang. Nói cách khác, chúng ta cần một lý thuyết *hấp dẫn lượng tử* nhằm thống nhất hấp dẫn và lượng tử để nghiên cứu vũ trụ trong những điều kiện tới hạn như vậy.



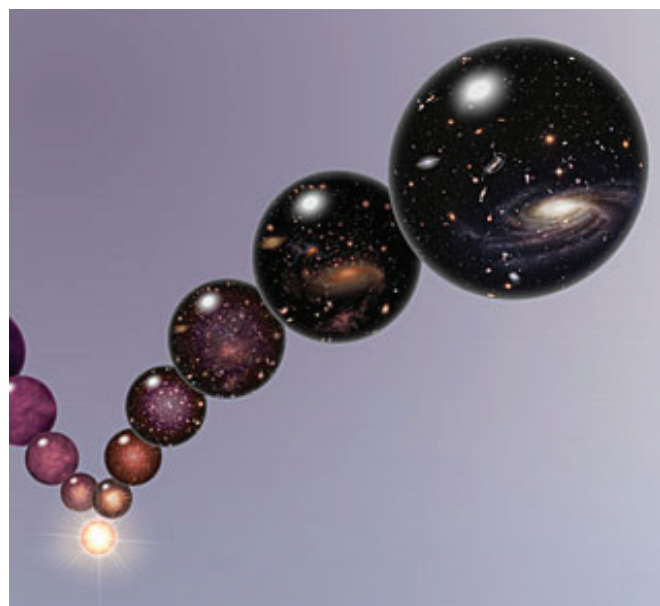
Hình 1. Vì vũ trụ đang giãn nở cho nên nội suy ngược lại theo thời gian thì người ta cho rằng ở điểm nguyên sơ phải có vụ nổ Big Bang, từ đó lý thuyết Big Bang ra đời. Song lý thuyết này mâu thuẫn và không thành công tại chính điểm kỳ dị ban đầu.

Thuyết Hấp dẫn lượng tử vòng

Một trong những lý thuyết hấp dẫn lượng tử có triển vọng là lý thuyết *Hấp dẫn lượng tử vòng* (Loop Quantum Gravity - LQG). Trong LQG, không - thời gian không còn là liên tục, mà được cấu tạo bằng những “nguyên tử”. Đó là những phần tử thể tích không - thời gian nhỏ nhất không phân chia được nữa.

Giả thuyết Big Bounce

Vũ trụ của chúng ta không bắt đầu bằng Big Bang mà bằng một Big Bounce (*Sự nảy bật lớn*): Trước Big Bounce, chúng ta có một vũ trụ đối xứng gương (tức là đối xứng mà chúng ta có được khi đứng trước một cái gương, con người trong gương có quả tim nằm bên phải) với vũ trụ hiện tại. Vũ trụ trước Big Bounce co nén lại đến một kích thước nhỏ, dẫn đến một mật độ cực đại. Quá trình co này được gọi là Big Crunch¹. Quá trình co nén này đã kích lên một quá trình bùng nổ, điều khiển bởi các hiệu ứng lượng tử, và chúng ta có Big Bounce (hình 2).



Hình 2. Sự nảy bật lớn Big Bounce của vũ trụ trông giống như sự nảy bật của một quả bóng đá khi va chạm với một mặt tiếp xúc như mặt đất.

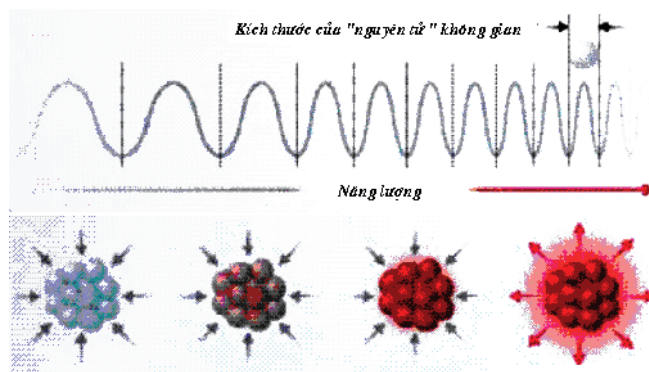
¹Big Crunch (vụ co lớn) là một kịch bản theo đó số phận cuối cùng của vũ trụ là co lại thành một lỗ đen.

Các “nguyên tử” không gian có kích thước rất nhỏ (10^{-36} m). Vì khả năng quan sát chỉ đến 10^{-18} m, cho nên chúng ta có thể nghi ngờ không biết các “nguyên tử” không - thời gian có hiện thực hay không? Song các nhà vật lý hy vọng sẽ khám phá các nguyên tử không thời - gian đó một cách gián tiếp.

Các tác giả tham gia phát triển LQG không sử dụng các phương trình vi phân thông thường mà sử dụng các phương trình sai phân (Difference equations)², các phương trình này phân không - thời gian liên tục (continuum) thành những khoảng cách gián đoạn. Nhiều người tưởng rằng các phương trình sai phân chỉ cho lại các kết quả của các phương trình vi phân ở một dạng khác, song những điều mới lạ đã phát sinh.

Hấp dẫn vốn là lực hút, nếu vật thể có khối lượng quá lớn thì hấp dẫn sẽ thắng và ta sẽ có một lỗ đen với một điểm kỳ dị tại tâm. Theo LQG, bản chất hấp dẫn ở những vùng rất nhỏ sẽ thay đổi: Lực hút của hấp dẫn biến thành lực đẩy (hình 3). Hãy tưởng tượng không gian như một miếng bọt biển, khối lượng và năng lượng như nước. Miếng bọt biển có khả năng hút thấm nước đến một mức độ nào đó, và khi đã dẫm nước đến bão hòa thì miếng bọt biển không còn khả năng hút nước nữa! Tương tự như vậy, không - thời gian lượng tử cũng chỉ có khả năng chứa năng lượng ở một mức nào đó mà thôi. Khi mật độ năng lượng quá lớn thì lực đẩy bắt đầu xuất hiện (khác với lý thuyết cổ điển cho phép không gian chứa dẫm năng lượng vô cùng tận nên gây ra mâu thuẫn). Như vậy, trong LQG không còn điểm kỳ dị với mật độ năng lượng vô cùng lớn. Theo mô hình này ở buổi sơ sinh của vũ trụ, vật chất có mật độ năng lượng rất lớn song hữu hạn. Vì hấp dẫn đã biến thành lực đẩy nên hấp dẫn gây ra quá trình giãn nở của vũ trụ khi Big Bounce xảy ra. Sau đó trong quá trình giãn nở, mật độ trở nên nhỏ hơn thì hấp dẫn chuyển sang lực hút như chúng ta quan sát được hiện nay. Tuy thế quán tính từ lúc Big Bounce vẫn tiếp tục duy trì quá trình giãn nở đến ngày nay.

²Trong các phương trình sai phân, tọa độ lấy những trị số gián đoạn khác với tọa độ liên tục trong phương trình vi phân.



Hình 3. Nếu chúng ta nén năng lượng vào một thể tích không gian thì bước sóng của hạt mang năng lượng đó co lại và kích thước của nó tiến đến kích thước của “nguyên tử” không - thời gian. Lúc này không gian trở nên quá chật đối với năng lượng đó, nếu nén thêm năng lượng thì không gian tìm cách đẩy năng lượng nén thêm ra ngoài: Lực hấp dẫn sẽ từ hút biến thành đẩy.

Chú ý rằng, nếu trong các lý thuyết khác LQG, người ta phải đưa vào các giải pháp không tính trước (ad hoc) như hiện tượng giãn nở lạm phát (inflation)³ để giải thích tình trạng vũ trụ hiện nay thì LQG giải thích được quá trình inflation như quá trình đột sinh lúc hấp dẫn biến thành lực đẩy vào lúc sơ sinh của vũ trụ, như một hệ quả tất yếu của cấu trúc nguyên tử của không - thời gian.

Đối xứng gương của vũ trụ trước và sau Big Bounce

Vì không cần có một điểm kỳ dị để làm điểm bắt đầu của thời gian cho nên lịch sử của vũ trụ có thể kéo dài ngược lại. LQG đã đưa ra kịch bản Big Bounce dựa trên những nguyên lý tổng quát và không cần đến những giả thiết ad hoc. Sử dụng các phương trình sai phân cho LQG, các nhà vật lý đã vẽ lại bức tranh quá khứ. Như vậy trước Big Bounce, hấp dẫn đã làm co vũ trụ lại đến một lúc thì hấp dẫn biến thành lực đẩy tại điểm Big Bounce và làm cho vũ trụ giãn nở trở lại.

Năm 2006, Abhay Ashtekar, Tomasz Pawłowski và Parampreet Singh (Đại học quốc gia Pennsylvania, Mỹ) đã thực hiện các mô phỏng số trên máy tính để biểu diễn vũ trụ trước và sau lúc hấp dẫn chuyển pha. Kết quả là không có điểm kỳ dị, đây là một thắng lợi lớn của LQG. Vũ trụ trước Big Bounce trông giống như vũ trụ ngày nay, song

³Inflation (giãn nở lạm phát): Vũ trụ lúc vừa sơ sinh đã trải qua một quá trình giãn nở rất nhanh theo luật hàm mũ.

■ Nhìn ra thế giới

có đối xứng gương (hình 4 và 5).

Trong khi lý thuyết cổ điển không thành công tại điểm kỳ dị vì chưa có thuyết lượng tử tham gia thì LQG lại vượt qua được khó khăn này tại điểm có những điều kiện tối hạn như vậy.



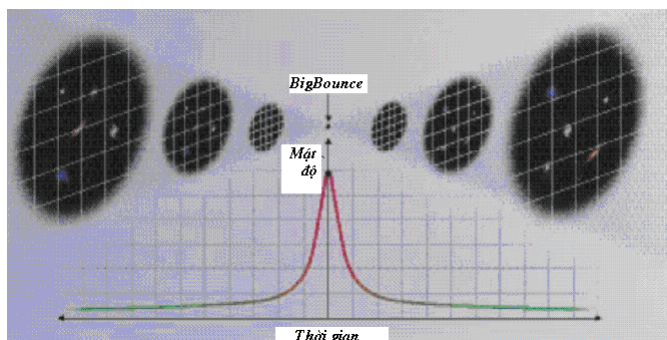
Hình 4. Theo LQG, các phương trình sai phân cho thấy không - thời gian trước điểm Big Bounce là hình ảnh chiếu trong gương của vũ trụ hiện nay. Để hình dung được vấn đề, hãy xét một quả bóng bằng cao su, ta cho quả bóng co lại đến kích thước nhỏ nhất và lộn mặt trong ra ngoài rồi cho nó nở to ra trở lại. Khi đó, ta sẽ thấy mặt trong của nó trước kia (trên hình ta thấy chữ UNIVERSE trên các quả bóng bên cực trái và bên cực phải có đối xứng gương với nhau).

LQG cho phép số “nguyên tử” không - thời gian thay đổi cho nên vũ trụ có nhiều bậc tự do hơn trong quá trình tiến triển. Ví dụ, sự hình thành các sao, các thiên hà mà đáng lý khó xảy ra được vì Định luật tăng entropy. Nhờ tương tác yếu đối với vật chất mà sóng hấp dẫn và neutrino có khả năng đem lại thông tin về những giai đoạn trước Big Bang, nói cách khác mang lại tiếng vọng từ những giai đoạn trước Big Bang.

Những thăng giáng lượng tử của không - thời gian có thể ảnh hưởng đến sự lan truyền các sóng trên những quãng đường dài. Theo LQG thì sóng ánh sáng không thể liên tục được, sóng phải thích nghi với tính chất mạng của không - thời gian, bước sóng càng nhỏ thì hệ quả càng lớn. Vì vậy, ánh sáng với bước sóng khác nhau sẽ chuyển động với vận tốc khác nhau (điều này trái với lý thuyết tương đối, song lại là một cơ sở để tiến hành thử nghiệm một cách gián tiếp sự đúng đắn của LQG). Sự khác nhau về vận tốc có thể nhỏ nhưng khi được tích lũy trên một quãng đường dài (nhiều năm ánh sáng) thì sự khác nhau đó dễ bộc lộ ra. Các bùng nổ gamma⁴ sẽ cho

⁴Bùng nổ tia gamma (Gamma Ray Bursts - GRB) trong vũ trụ là sự xuất hiện trong một thời gian rất ngắn những tia gamma với năng lượng rất lớn. Trong vòng 10 giây, năng lượng này bằng năng lượng mặt trời phát ra trong 10 tỷ năm tồn tại.

nhiều hy vọng để quan sát sự khác nhau trong vận tốc ánh sáng với bước sóng khác nhau.



Hình 5. Vũ trụ trước và sau Big Bounce xảy ra tại điểm thời gian bằng không. Trước và sau điểm đó, vũ trụ đối xứng gương (mirror) qua nhau.

Kết luận

Dựa trên LQG, một lý thuyết hấp dẫn lượng tử xem không - thời gian không phải là một continuum mà có cấu trúc mạng kết thành bởi những “nguyên tử” không - thời gian, *giả thuyết Big Bounce có ưu điểm lớn là tránh được điểm kỳ dị với mật độ vật chất vô cùng lớn* tại điểm phát sinh vũ trụ của giả thuyết Big Bang và vẽ nên một kịch bản hiện thực hơn, đồng thời phác họa một thời kỳ tiền Big Bang đầy bí ẩn cho nhiều nghiên cứu tiếp theo trong tương lai ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Martin Bojowald (2008), “Big Bang or Big Bounce?: New theory on the Universe’s birth”, *Scientific American*, **October**.
2. Lee Smolin (2004), “Atoms of space and time”, *Scientific American*, **January**.
3. Gabriele Veneziano (2004), “The myth of the beginning of time”, *Scientific American*, **May**.
4. Robert R. Caldwell and Marc Kamionkowski (2001), “Echoes from the Big Bang”, *Scientific American*, **January**.
5. William B. Atwood, Peter F. Michelson and Steven Ritz (2007), “Window on the Extreme Universe”, *Scientific American*, **December**.