

LƯỢC SỬ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

Phải chăng chuyển động là tương đối? Hay có thể chọn một hệ quy chiếu tuyệt đối nào đó để xét một vật có đang chuyển động tuyệt đối hay không? Câu hỏi này đã từng thách thức rất nhiều nhà Vật lý từ sau khi Cơ học Newton ra đời, và nó đã đượ

Phải chăng chuyển động là tương đối? Hay có thể chọn một hệ quy chiếu tuyệt đối nào đó để xét một vật có đang chuyển động tuyệt đối hay không? Câu hỏi này đã từng thách thức rất nhiều nhà Vật lý từ sau khi Cơ học Newton ra đời, và nó đã được giải quyết một cách triệt để bởi một nhà Vật lý, một trong những nhà Khoa học vĩ đại nhất thế kỷ XX, Albert Einstein, thông qua công trình của ông, Thuyết tương đối hẹp và Thuyết tương đối tổng quát.

1. Thuyết tương đối hẹp

Định luật 1 của Newton đã nêu rằng: "Nếu một vật có lực tác động vào bằng 0 thì sẽ đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều mãi mãi". Vậy, nếu biết một vật đó có hợp lực tác dụng bằng 0 thì có thể kết luận nó đang đứng yên hay chuyển động một cách tuyệt đối hay không? Ban đầu, các nhà khoa học dự định sẽ dùng công cụ "ánh sáng" để so sánh. Người ta giả thiết ánh sáng di chuyển trong một môi trường đồng nhất là Éther, và trong môi trường này, vận tốc ánh sáng luôn là một hằng số. Nếu một vật chuyển động cùng hướng với tia sáng sẽ đo được vận tốc của tia sáng nhỏ hơn, còn nếu chuyển động ngược hướng thì đo được vận tốc lớn hơn theo công thức tương đối của Galileo. Nhưng thí nghiệm của Michelson và Morley đã chứng tỏ rằng nếu như có sự hiện diện của Éther thì Trái đất phải có vận tốc bằng 0 so với chất nền này, nghĩa là Trái đất không di chuyển, còn các hành tinh khác chuyển động xung quanh Trái đất (theo như Thuyết địa tâm). Thí nghiệm này đã thất bại (theo mục đích của nó), nhưng nó đã gợi ra ở Einstein những ý tưởng mới.

Ông giải thích rằng thí nghiệm thất bại chẳng vì thật ra chẳng hề có môi trường Éther gì cả. Và để giải quyết bài toán về chuyển động đều, ông đã đề ra hai tiên đề, làm cơ sở hình thành Thuyết tương đối hẹp là:

1. Mọi định luật Vật lý đều xảy ra như nhau đối với mọi hệ quy chiếu quán tính
2. Tốc độ ánh sáng trong chân không là một đại lượng không đổi trong tất cả các hệ quy chiếu quán tính

(Hệ quy chiếu quán tính ở đây được hiểu là hệ quy chiếu gắn với một vật có hợp lực tác dụng bằng 0).

Hai tiên đề này đã khẳng định là không thể bằng một hệ quy chiếu tuyệt đối nào có thể phát hiện được một vật là đang chuyển động đều hay đứng yên một cách tuyệt đối.

Từ đó, Einstein đã xây dựng một công thức tính vận tốc tương đối giữa các hệ quy chiếu khác nhau là $v' = (v + V)/(1 + vV/c^2)$, với công thức này thì công thức tính vận tốc tương đối của Galileo chỉ đúng trong trường hợp các vận tốc v và V là khá nhỏ so với vận tốc ánh sáng c . Cũng với hai tiên đề này, Einstein đã chứng tỏ rằng không gian, thời gian đều mang tính tương đối và ông ghép không gian và thời gian vào nhau để tạo ra không-thời gian 4 chiều. Trong những trường hợp khác nhau, độ dài của không gian và của thời gian có thể khác nhau, nó phụ thuộc vào vận tốc của một vật đối với người quan sát.

2. Thuyết tương đối tổng quát

Sau khi giải quyết xong bài toán về chuyển động đều, một câu hỏi đặt ra cho Einstein là: Nếu đó là một chuyển động có gia tốc thì sao? Nó có thể là chuyển động thẳng nhanh dần hoặc chậm dần (trong trường hợp này xuất hiện lực quán tính), hoặc là chuyển động quay (trường hợp này xuất

hiện một lực là biểu hiện khác của lực quán tính, lực ly tâm). Liệu với một chuyển động mà trên đó người quan sát phát hiện sự có mặt của lực quán tính thì nó sẽ là một chuyển động tuyệt đối? Với các nhà khoa học, lực hấp dẫn và lực quán tính có khá nhiều điểm tương đồng như tác động lên trọng lượng biểu kiến của một vật, một vật có khối lượng càng lớn thì quán tính lẫn lực hấp dẫn cũng càng lớn. Và trên cơ sở đó, Einstein đã mạnh dạn nêu lên nguyên lý tương đương, trong đó phát biểu rằng: "Lực hấp dẫn và lực quán tính thực chất là biểu hiện của cùng một hiện tượng". Với nguyên lý này, Einstein đã cải tiến Tiên đề 1 ở Thuyết tương đối hẹp thành: "Mọi định luật Vật lý đều xảy ra như nhau đối với mọi hệ quy chiếu bất kỳ" và bài toán về chuyển động có gia tốc đã có lời giải: Không thể bằng một hệ quy chiếu tuyệt đối nào đó để kết luận chuyển động là tuyệt đối. Giả sử có một thang máy chuyển động lên phía trên so với Trái đất với gia tốc là a , khi đó, trọng lực biểu kiến sẽ thay đổi. Nếu chọn cả vũ trụ làm hệ quy chiếu thì ta có thể kết luận rằng lực quán tính làm thay đổi trọng lượng biểu kiến đó, nhưng nếu chọn thang máy làm hệ quy chiếu, khi đó, cả vũ trụ đang chuyển động về phía dưới với gia tốc là a thì ta cũng có thể kết luận là do vũ trụ chuyển động nên đã tạo ra lực hấp dẫn, làm thay đổi trọng lượng biểu kiến. Nghĩa là với việc đo được sự thay đổi trọng lượng thì việc chọn hệ quy chiếu khác nhau cũng sẽ cho kết quả khác nhau về chuyển động. Vậy, chuyển động là tương đối.

Và để giải thích về lực hấp dẫn, Einstein cho rằng "hấp dẫn nói chung không phải là lực". Mặt trời không "hấp dẫn" hành tinh. Trái đất không "kéo" quả táo rơi xuống. Đơn giản chỉ là một thực thể vật chất lớn như Mặt trời chẳng hạn, sẽ dẫn đến uốn cong không gian thời gian, ở các miền bao quanh nó. Càng gần Mặt trời, tỉ suất cong càng lớn: nói một cách khác, cấu trúc không gian thời gian bao quanh những thực thể vật chất lớn trở thành phi-Euclide đó vật thể tiếp tục chọn con đường thẳng nhất có thể được, nhưng con đường thẳng trong không - thời gian lại được biểu diễn dưới dạng đường cong khi bị chiếu hình vào không gian. Nhà bác học tưởng tượng của chúng ta, nếu như anh ta biểu diễn quỹ đạo trái đất trên đồ thị bốn chiều của mình thì hẳn là đã hình dung nó dưới dạng đường thẳng. Chúng ta là những thực thể chia tách ra thành không gian ba chiều và thời gian một chiều nên sẽ thấy con đường của nó trong không gian dưới dạng hình elip. Không-thời gian bị uốn cong khi có những khối lượng lớn, ví như mặt trời chẳng hạn. Sự uốn cong đó chính là lực hấp dẫn. Hành tinh khi chuyển động xung quanh mặt trời, nó chuyển động theo hình bầu dục không phải là vì mặt trời hấp dẫn nó, mà là bởi những thuộc tính đặc biệt của trường: trọng trường này hình bầu dục là đường thẳng nhất mà hành tinh có thể chuyển động trong không gian thời gian.

Con đường như vậy được gọi là đường trắc địa. Từ này rất quan trọng trong thuyết tương đối nên cần giải thích chi tiết hơn. Trên mặt phẳng Ocolit, ví như một tờ giấy phẳng, đường thẳng nhất giữa hai điểm là một đường thẳng. Nó cũng là khoảng cách ngắn nhất. Trên mặt cầu đường trắc địa giữa hai điểm là một cung của vòng tròn lớn. Nếu như kéo căng một sợi dây giữa hai điểm đó, nó sẽ chập vào đường trắc địa. Nó cũng là đường thẳng ngắn nhất và khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm.

Và để giải quyết triệt để bài toán về quỹ tích của các vật khi rơi vào hố cong của một vật khác, Einstein đã sáng tạo ra một phương trình:

$$R_{\mu} - 1/2 g_{\mu}R - g_{\mu} = -8\pi G/c^4 T_{\mu}$$

Trong đó:

R_{μ} : tensor Ricci

R: vô hướng Ricci

g_{μ} : tensor mêtric

: hằng số vũ trụ

c : vận tốc ánh sáng trong chân không

G : hằng số hấp dẫn (giống như hằng số hấp dẫn trong định luật hấp dẫn của Newton)

$T_{\mu\nu}$: tensor năng lượng-xung lượng

Việc giải các phương trình (nói đúng hơn là một hệ gồm 10 phương trình phụ thuộc các tham số) sẽ cho ta các kết quả về tensor metric, cho biết con đường mà các vật khác phải đi khi lọt vào hố cong của một vật thể nào đó.

3. Một số kiểm chứng Thuyết tương đối tổng quát

Thí nghiệm nổi tiếng nhất để kiểm chứng việc vật thể làm cong không gian là việc đo độ lệch ánh sáng khi một tia sáng đi qua mép của Mặt trời trong một dịp nhật thực năm 1919. Về việc lệch của tia sáng, trong Cơ học Newton cũng có dự đoán tia sáng sẽ lệch do hiệu ứng của lực hấp dẫn. Nhưng với giả thiết không gian cong, Einstein đã dự đoán độ lệch của nó phải lớn hơn, cụ thể là $1,75''$, trong khi dự đoán của Newton là $0,87''$. Nghĩa là, nếu chỉ có tác động của lực hấp dẫn thì hiệu ứng lệch sẽ không phù hợp với thực tế.

4. Một số dự đoán của Thuyết tương đối tổng quát

Thuyết tương đối tổng quát là thuyết duy nhất có thể cho phép giải thích tại sao cứ mỗi thế kỷ là điểm gần mặt trời của nó đến sớm hơn 43 giây sau khi đã khấu trừ ảnh hưởng của những hành tinh khác.

Thuyết tương đối cũng đã dự đoán về sự hiện diện của các Hố đen vũ trụ.

5. Kết luận

Hiện nay, các nhà Khoa học vẫn đang tìm cách để vận dụng Thuyết tương đối vào tìm hiểu thiên văn và xây dựng các công cụ để kiểm chứng tính đúng đắn của các dự đoán rút ra được từ Thuyết tương đối. Mặc dù chưa phải là một Thuyết cho tất cả, nhưng Thuyết tương đối trong hơn 100 năm qua đã chứng tỏ tính ưu việt của nó trong việc cung cấp cho các nhà Vật lý một công cụ để dự đoán, nghiên cứu về Vũ trụ ở tầm vĩ mô. Và đó là công trình của một nhà Khoa học vĩ đại: Albert Einstein.