

Thuyết Tương Đối Cho Mọi Người

(Relativity for the million)

Tác giả: Martin Gardner

Dịch giả: Đàm Xuân Tảo

Nhà xuất bản đại học quốc gia Hà Nội, năm 2002.

---o0o---

Nguồn

<http://www.quangduc.com>

Chuyển sang ebook 20 – 8 - 2009

Người thực hiện : Nam Thiên – namthien@gmail.com

[Link Audio Tại Website http://www.phatphaponline.org](http://www.phatphaponline.org)

Mục Lục

Chuyển động phải chăng là tương đối?
Thí nghiệm của Maikenson-Moocly
Thuyết tương đối hẹp - Phần I
Thuyết tương đối hẹp - phần II
Thuyết tương đối tổng quát
Lực hấp dẫn và không gian - thời gian
Cái gì sẽ xảy ra với quả táo?
Phản đề cặp song sinh
Sự khác biệt này là như thế nào trong phản đề?
Các mô hình vũ trụ
Vụ nổ hoặc là trạng thái ổn định?

---o0o---

Cuốn sách 'Thuyết tương đối cho mọi người

Không mấy ai không biết đến tên tuổi của Albert Einstein, nhưng cũng không mấy ai hiểu được tư duy đầy sáng tạo của ông. Có lẽ cái độc đáo có một không hai của ông cũng còn là ở chỗ đó chăng?

Nhân loại chúng ta đã bước qua năm 2001, năm mở đầu của thế kỷ 21, năm đầu tiên của thiên niên kỷ thứ 3. Vào dịp chuyển giao trọng đại giữa hai thiên niên kỷ. Tạp chí Mỹ Time Magazine đã bầu chọn một tên tuổi sáng chói - Albert Einstein - nhà vật lý học lừng danh thế giới, người có công hiến vĩ đại đối với loài người - làm danh nhân tiêu biểu số 1 của loài người trong vòng một trăm năm của thế kỷ 20. Chắc hẳn chúng ta đều chia sẻ hoan hỉ đối với sự bầu chọn đầy tính thuyết phục ấy.

Nhưng cũng đáng suy nghĩ biết bao khi một thiên tài kỳ vĩ như vậy của nhân loại dường như vẫn còn như xa lạ với chúng ta, vì ông ít được giới thiệu với đông đảo công chúng nước ta.

Nhà vật lý học người Mỹ Gardner, tác giả cuốn sách mà chúng ta dịch ra đây cũng từng nói rằng, trên thế giới chỉ có chừng mười mười hai người hiểu được ông, kể cả những nhà vật lý tầm cỡ. Lại nữa, như một chuyện vui về cuộc đối thoại giữa Einstein và vua hề Charles Chaplin kể rằng chính là Chaplin đã thừa nhận mình nổi tiếng vì ai cũng hiểu còn Einstein thừa nhận mình nổi tiếng vì không ai hiểu!

Nhưng may thay trong gần một trăm năm trở lại đây, kể từ khi Einstein công bố phát minh thuyết tương đối hẹp vào năm 1905 và thuyết tương đối tổng quát vào năm 1916, có nhiều nhà khoa học mến mộ ông và tìm cách "diễn nghĩa" tư tưởng của ông với đông đảo bạn đọc, và có những thành công đáng kể như Bectoräng với cuốn ABC về thuyết tương đối và gần đây Martin Gardner với cuốn Thuyết tương đối cho mọi người (Relativity for the million) v. v...

Với tất cả những bức xúc, trăn trở và cơ hội có được, chúng tôi đã mạo muội đề xuất việc dịch sang tiếng Việt cuốn sách của M. Gardner và rất mừng là ngay lập tức ý tưởng này đã được Nhà xuất bản Đại học Quốc gia nhiệt liệt ủng hộ. Nhưng vì trình độ có hạn và thời gian gấp gáp, chắc hẳn bản dịch không tránh khỏi những thiếu sót về nội dung cũng như về thuật ngữ. Vượt lên tất cả là mong có sự đóng góp nhỏ bé nào đó để tư tưởng vĩ đại của Einstein được ngày càng đến gần với mọi người hơn, trong đó có cả bản thân người dịch, đồng thời cũng là để hướng đến năm 2005 kỷ niệm 100 năm ngày ra đời của thuyết tương đối và 50 năm ngày mà Albert Einstein, giống như chàng Atlas huyền thoại để lại trái đất cho nhân loại và bay vào vũ trụ vĩnh hằng trong niềm thương tiếc và biết ơn vô hạn của nhân loại trường sinh.

Xin chân thành cảm ơn Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội và sự chỉ giáo góp ý của đông đảo bạn đọc gần xa.

Đàm Xuân Tảo

---o0o---

Chuyển động phải chăng là tương đối?

Sau ít phút suy nghĩ, hẳn bạn sẽ nghiêng về câu trả lời: "Vâng, tất nhiên". Bạn hãy hình dung một tàu hoả chuyển động lên phía bắc với vận tốc 60 km/giờ. Một người trong con tàu đi ngược lên phía nam với vận tốc 3km/giờ. Anh ta đang chuyển động theo hướng nào và vận tốc là bao nhiêu. Hoàn toàn rõ ràng là không thể trả lời câu hỏi này mà không chỉ ra hệ thống tính toán. So với con tàu anh ta chuyển động về phía nam với vận tốc 3 km/giờ. So với trái đất, anh ta chuyển động về phía bắc với vận tốc 60 trừ 3, tức 57km/giờ.

Có thể nói rằng vận tốc của người so với trái đất (57 km/giờ) là vận tốc thực tuyệt đối được không? Không, bởi vì có cả những hệ thống khác có tỉ lệ còn lớn hơn. Bản thân trái đất đang chuyển động. Nó quay xung quanh trục của nó, đồng thời cũng chuyển động xung quanh mặt trời.

Mặt trời cùng các hành tinh khác chuyển động bên trong thiên hà. Thiên hà quay và chuyển động so với các thiên hà khác. Các thiên hà lại tạo thành các đoạn thiên hà chuyển động đối với nhau, không ai biết được các chuỗi chuyển động này trên thực tế có thể tiếp tục đến bao xa, không có một cách thức rõ ràng xác định chuyển động của một đối tượng nào đó; nói khác đi là không có một hệ thống đọc số cố định theo đó có thể đo được mọi chuyển động. Chuyển động và đứng yên, giống như lớn và nhỏ, nhanh và chậm, trên và dưới, trái và phải, như mọi người đã biết, đều là hoàn toàn tương đối. Không có cách nào đo chuyển động bất kì, ngoài việc so sánh chuyển động của nó với chuyển động của một đối tượng khác.

Thật là không đơn giản chút nào! Còn nếu như có thể giới hạn chỉ vào điều đã nói về tính tương đối của chuyển động thì hẳn đã không cần thiết để Anhxtanh sáng lập ra thuyết tương đối.

Nguyên do rắc rối như sau: có hai phương pháp rất đơn giản phát hiện chuyển động tuyệt đối. Một trong những phương pháp đó là sử dụng bản chất của ánh sáng, còn phương pháp khác là các hiện tượng khác nhau của quán tính xuất hiện khi thay đổi bởi đối tượng chuyển động của đường đạn hoặc vận tốc. Thuyết Tương đối hẹp của Anhxtanh có liên quan đến phương pháp đầu tiên, còn thuyết Tương đối tổng quát thì liên quan đến phương pháp thứ hai. Ở chương này và hai chương tiếp theo sẽ đề cập đến phương

pháp đầu, ngõ hầu làm chìa khoá để hiểu về chuyển động tuyệt đối, tức là phương pháp vận dụng bản chất của ánh sáng.

Ở thế kỷ XIX, trước cả Anhtan, các nhà vật lý đã hình dung ra một không gian chứa đầy một loại chất đặc biệt, không chuyển động và không nhìn thấy, được gọi là ête. Thường người ta gọi nó là ête "mang ánh sáng", ngụ ý rằng nó là vật mang sóng ánh sáng. Ête chất đầy toàn bộ vũ trụ. Nó thấm thấu vào toàn bộ các thực thể vật chất. Nếu như tất cả không khí đều lúc lắc dưới một quả chuông bằng kính đã bị chất đầy ête, làm sao mà ánh sáng có thể đi qua chân không được? Ánh sáng đó là chuyển động bằng sóng. Như vậy, hẳn là có sự xuất hiện các dao động dây. Bản thân ête cả khi tồn tại dao động hiếm khi (nếu không nói rằng không bao giờ) chuyển động so với các đối tượng vật chất, các vật càng chuyển động nhanh hơn qua nó tương tự như chuyển động của các dây bột trong nước. Chuyển động tuyệt đối của ngôi sao, của hành tinh hoặc của một đối tượng khác bất kỳ được đơn giản hoá (các nhà vật lý thời kỳ này tin tưởng như vậy), nếu chuyển động được xem xét với cả biển ête không chuyển động, không nhìn thấy được.

Nhưng, các bạn sẽ hỏi rằng, nếu như ête là một thực thể phi vật chất không thể nhìn thấy được, không thể nghe thấy được, cảm thấy, ngửi hoặc nếm được vị của nó, thì làm sao có thể nghiên cứu chuyển động, chẳng hạn, của trái đất so với nó? Câu trả lời thật đơn giản. Người ta có thể đo được nhờ so sánh chuyển động của trái đất với chuyển động của chùm ánh sáng.

Muốn hiểu điều đó, ta hãy xem xét thời gian đối với bản chất của ánh sáng. Trên thực tế, ánh sáng chỉ là phần nhỏ bé nhìn thấy được của phổ bức xạ điện từ mà thành phần của nó gồm có sóng vô tuyến, sóng cực ngắn, tia hồng ngoại, tia tử ngoại và các tia gamma. Trong cuốn sách này, chúng ta sử dụng từ "ánh sáng" để chỉ một kiểu bất kỳ của bức xạ điện từ, bởi vì từ đó ngắn hơn từ "bức xạ điện từ". ánh sáng là chuyển động mang tính sóng.

Suy nghĩ về sự chuyển động như vậy mà không suy nghĩ đồng thời về ête vật chất dường như đối với các nhà vật lý thời trước là thật phi lý, giống hệt như suy nghĩ về sóng trong nước mà không suy nghĩ về bản chất nước vậy.

Nếu như được bắn ra từ một máy bay phản lực đang chuyển động theo hướng chuyển động của máy bay, thì vận tốc của viên đạn đối với trái đất sẽ lớn hơn vận tốc của viên đạn bắn ra từ khẩu súng trường trên mặt đất, vận tốc của viên đạn đối với trái đất thu được bằng cách cộng vận tốc của máy bay và vận tốc của viên đạn. Trong trường hợp này, vận tốc của chùm sáng

không phụ thuộc vào vật thể mà từ đó ánh sáng được phát ra - thực tế này đã được chứng minh bằng thực nghiệm vào cuối thế kỷ XIX và đầu thế kỷ XX và từ đó với nhiều lần được khẳng định. Lần kiểm tra cuối cùng được tiến hành vào năm 1955 bởi các nhà thiên văn Xô - Việt bằng cách sử dụng ánh sáng từ phía đối lập của mặt trời đang tự quay. Một rìa của Mặt Trời luôn chuyển động về phía chúng ta, còn rìa kia thì về phía đối lập. Đã tìm thấy rằng ánh sáng từ hai rìa đi tới trái đất với một vận tốc như nhau. Các thí nghiệm tương tự được tiến hành cả hàng chục năm trước với ánh sáng của các ngôi sao kép đang chuyển động. Mặc dù có sự chuyển động của nguồn sáng, vận tốc ánh sáng trong khoảng trống luôn như nhau, khoảng 300.000 km/giây.

Thử xem bằng cách nào mà sự kiện này tạo ra phương pháp cho nhà khoa học (chúng ta sẽ gọi họ là nhà quan sát) tính được vận tốc tuyệt đối. Nếu ánh sáng truyền bá qua môi trường ête không chuyển động, không thay đổi với một vận tốc nhất định và nếu vận tốc đó không phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của nguồn sáng, thì vận tốc ánh sáng có thể dùng làm tiêu chuẩn để xác định chuyển động tuyệt đối của người quan sát.

Người quan trắc chuyển dịch cùng hướng với chùm sáng hắt đã phát hiện ra rằng, chùm sáng đi qua anh ta với vận tốc nhỏ hơn c : người quan trắc đang chuyển dịch ngược với chùm sáng hắt phải nhận thấy rằng chùm sáng đến gần anh ta với vận tốc lớn hơn c . Nói khác đi, kết quả đo vận tốc ánh sáng hắt phải thay đổi tùy thuộc vào sự chuyển dịch của người quan trắc so với chùm sáng. Những thay đổi này hắt đã phản ánh sự chuyển dịch tuyệt đối thực sự thông qua môi trường ête.

Khi mô tả hiện tượng này, các nhà vật lý thường sử dụng khái niệm "ngọn gió ête". Để hiểu nội dung của thuật ngữ này, ta hãy nghiên cứu lại con tàu đang chuyển động. Chúng ta thấy rằng vận tốc của người đi trên con tàu là 3km/giờ luôn luôn là như nhau so với con tàu và không phụ thuộc vào việc anh ta đi về phía đầu máy hay về phía cuối con tàu. Điều đó sẽ đúng cả đối với vận tốc của sóng âm thanh bên trong toa tàu đóng kín. Âm thanh là chuyển động mang tính sóng được chuyển tải bởi các phân tử không khí. Bởi vì không khí có bên trong toa tàu, âm thanh ở bên trong toa sẽ truyền bá lên phía bắc cùng với vận tốc (so với toa tàu) như về phía nam.

Tình hình sẽ thay đổi nếu như chúng ta chuyển từ một toa hành khách khép kín sang một sân ga ngoài trời. Không khí trong toa ít bị giam hãm hơn. Nếu như con tàu chuyển động với vận tốc 60km/giờ, do sức cản của gió, vận tốc

của âm thanh theo hướng từ cuối đến đầu toa sẽ nhỏ hơn bình thường. Vận tốc của âm thanh theo hướng ngược lại sẽ lớn hơn bình thường.

Các nhà vật lý của thế kỷ XIX đã tin rằng, môi trường ête cũng giống như không khí đang thổi trên sân ga. Vậy có gì khác đi không? Nếu ête không chuyển động thì bất kỳ một vật thể nào chuyển dịch trong đó đều bắt gặp ngọn gió ête thổi theo hướng ngược lại. Ánh sáng là chuyển động mang tính sóng trong môi trường ête không chuyển động. Ngọn gió ête, đương nhiên có ảnh hưởng đến vận tốc ánh sáng đo được từ một vật thể chuyển động.

Trái đất tồn tại trong không gian bằng cách quay xung quanh mặt trời với vận tốc khoảng 30km/giây. Chuyển động này theo các nhà vật lý, phải tạo ra ngọn gió ête thổi ngược chiều với trái đất trong khoảng trống giữa các nguyên tử với vận tốc 30km/giây. Muốn đo chuyển động tuyệt đối của trái đất (chuyển động đối với môi trường ête không di động), chỉ cần đo vận tốc, mà với vận tốc đó, ánh sáng đi qua một khoảng cách nhất định nào đó trên bề mặt trái đất. Nhờ ngọn gió ête, ánh sáng sẽ chuyển động nhanh hơn theo hướng này so với hướng khác. So sánh vận tốc của ánh sáng phát ra theo các hướng khác nhau là có thể tính toán được hướng tuyệt đối với vận tốc chuyển động của trái đất tại một thời điểm đã biết bất kỳ. Thí nghiệm này được đề xuất lần đầu tiên vào năm 1875, 4 năm trước khi Anhtanh ra đời, bởi nhà vật lý vĩ đại người Scotland tên là J. C Macxoen.

---o0o---

Thí nghiệm của Maikenson-Moocly

Năm 1881, Anbe Abraham Maikenxon, lúc đó là một sĩ quan trẻ của hải quân Hoa Kỳ, đã đích thân làm cuộc thí nghiệm này. Maikenxon sinh ở Đức, bố mẹ ông là người Balan. Cha ông di cư sang Mỹ khi Maikenxon mới được hai tuổi.

Sau khi tốt nghiệp học việc hải quân ở Anapolixơ và phục vụ hai năm trong quân ngũ, Maikenxon bắt đầu dạy vật lý và hoá học tại học viện này. Sau khi nghỉ phép dài, ông sang châu Âu du học. Tại trường Đại học Berlin, trong phòng thí nghiệm của nhà vật lý học người Đức nổi tiếng German Hemhônơ, chàng thanh niên trẻ lần đầu tiên có ý định khám phá ngọn gió ête. Điều ngạc nhiên lớn đối với ông là không dựa vào một phương hướng của địa bàn, ông đã phát hiện ra sự khác biệt trong tốc độ khúc xạ của ánh sáng. Điều đó cũng giống như con cá phát hiện rằng nó có thể bơi theo một

hướng bất kì trong biển mà không kịp nhận ra chuyển động của nước đối với cơ thể của nó, cũng giống như người phi công bay với cái lồng cabin mở của máy bay mà không nhận ra ngọn gió thổi tấp vào mặt.

Nhà vật lý học người Áo nổi tiếng Ernest Makhơ (chúng ta sẽ có dịp nói về ông ở chương 7) khi đó đã có sự phê phán đối với quan niệm về chuyển động tuyệt đối qua môi trường ête.

Sau khi đọc bản báo cáo được công bố của Maikenxon về thí nghiệm, ông đã kết luận ngay rằng cần phải loại bỏ quan niệm về môi trường ête. Song đa số các nhà vật lý đã từ chối đi một bước táo bạo như vậy. Dụng cụ của Maikenxon khá thô sơ, chỉ đủ để có cơ sở cho rằng, cuộc thí nghiệm nếu có được những máy móc nhạy bén hơn chắc chắn sẽ cho kết quả khả quan. Bản thân Maikenxon cũng nghĩ như vậy. Không thấy được sai lầm trong thí nghiệm của mình, ông đã cố gắng lập lại cuộc thí nghiệm.

Maikenxon đã chối bỏ phục vụ trong hải quân và trở thành giáo sư tại trường khoa học thực nghiệm Câyxơ (bây giờ là đại học Câyxơ) ở Clipland, bang Ohio. Gần đó, tại trường Đại học miền Tây, Mooly dạy môn hoá học. Hai ông trở thành đôi bạn tốt của nhau. "Bên ngoài - Becna Jaffe đã viết trong cuốn sách Maikenxon và tốc độ ánh sáng - hai nhà bác học này là hình mẫu tương phản. Maikenxon điển trai, rục rỡ, luôn luôn mày râu nhẵn nhụi. Mooly của đáng tội, cầu thả trong ăn mặc và điển hình là một giáo sư đấng trí, đầu tóc bù xù khó coi".

Năm 1887, trong căn hầm của phòng thí nghiệm Mooly, hai nhà bác học đã tiến hành cuộc thí nghiệm thứ hai chuẩn xác hơn để tìm ra ngọn gió ête chưa bị nắm bắt. Thí nghiệm của họ nổi tiếng với tên gọi là thí nghiệm Maikenxon - Mooly, một bước ngoặt vĩ đại của vật lý học hiện đại.

Máy móc được đặt trên một phiến đá hình vuông có cạnh gần một mét rưỡi và bề dày hơn 30 cm. Phiến đá này đặt trôi nổi trong nước thủy ngân để loại trừ hiện tượng rung và giữ thẳng bằng ngõ hầu cho phép dễ dàng quay nó xung quanh trung tâm. Một hệ thống gương hướng chùm sáng theo hướng nhất định, tám gương phản xạ chùm sáng tới và lui theo hướng sao cho chùm sáng tạo thành tám gương gấp khúc. (Điều này nhằm mục đích kéo dài tối đa đoạn đường đồng thời giữ cho kích thước của dụng cụ vừa đủ để nó có thể quay được dễ dàng). Đồng thời, một hệ thống gương khác dẫn nguồn sáng đến tâm theo đường gấp khúc theo hướng tạo thành vuông góc với chùm sáng đầu tiên.

Giả sử rằng khi thiên đá bị quay sao cho một trong các chùm sáng đi tới đi lui song song với ngọn gió ête, thì chùm sáng sẽ tạo ra tia sáng trong thời gian lớn hơn, chùm sáng khác đi qua cũng khoảng cách như vậy. Ban đầu đường đi ngược lại mới là đúng. Ta hãy xem xét ánh sáng truyền bá theo chiều gió và ngược chiều gió. Phải chăng gió sẽ tăng tốc trên một đường cùng với giảm tốc trên đường khác? Nếu quả là như vậy thì việc tăng tốc và giảm tốc đã được cân bằng và thời gian chi phí cho đoạn đường đi hẳn cũng bằng với khi không có ngọn gió nào nói chung.

Thực vậy, ngọn gió sẽ tăng tốc theo một hướng đúng bằng với giá trị bị giảm đi ở hướng khác, song điều quan trọng nhất là ngọn gió sẽ giảm tốc trong suốt khoảng thời gian. Các tính chất chỉ ra rằng để khắc phục cả đoạn đường ngược ngọn gió phải mất khoảng thời gian lớn hơn là khi vắng ngọn gió. Ngọn gió sẽ hoạt động chậm lại cả đối với chùm sáng truyền bá vuông góc với nó. Điều này cũng dễ dàng được xác nhận.

Dường như là hoạt động chậm lại giảm thiểu trong trường hợp chùm sáng truyền bá song song với ngọn gió. Nếu như trái đất chuyển động qua biển ête không di động thì hẳn phải xuất hiện ngọn gió ête và dụng cụ của Maikenxon - Moocly hẳn phải ghi lại được. Trên thực tế cả hai nhà bác học đều tin rằng, họ có thể không chỉ phát hiện ra ngọn gió, mà còn xác định (quay thiên đá cho đến khi tìm được một vị trí mà tại đó khác biệt thời gian đi qua của ánh sáng theo cả hai hướng là cực đại) vào một thời điểm đã cho bất kỳ hướng chính xác chuyển động của trái đất, qua môi trường ête.

Cần phải thấy rằng dụng cụ của Maikenxon - Moocly đã không đo được vận tốc thực của ánh sáng của từng chùm sáng. Cả hai chùm sáng, sau khi đã hoàn thành số đường gấp khúc đi và đến (khử hồi), đã được thống nhất thành một chùm sáng duy nhất ngõ hầu có thể quan sát trong kính viễn vọng trung bình. Dụng cụ được quay chậm rãi. Một sự thay đổi bất kỳ của vận tốc tương đối của hai chùm sáng hẳn đã gây ra sự di động của bức tranh giao thoa vì các gian sáng tối đan xen lẫn nhau.

Và một lần nữa, Maikenxon lại thất bại và buồn chán. Các nhà vật lý học trên thế giới cũng sững sốt. Mặc dù Maikenxon và Moocly đã đảo dụng cụ, họ vẫn không nhận ra một dấu vết nào của ngọn gió ête! Chưa bao giờ trước đó trong lịch sử khoa học gặp phải một kết cục bi đát như vậy. Maikenxon phải thú nhận một lần nữa rằng thí nghiệm của ông đã không thành công. Ông không hề nghĩ rằng "sự không thành công này khiến cho cuộc thí

nghiệm của ông trở thành một trong những thí nghiệm tầm cỡ nhất, cách mạng nhất trong lịch sử khoa học".

Ít lâu sau, Maikenxon và Moocly đã làm lại cuộc thí nghiệm cùng với dụng cụ hoàn thiện hơn. Các nhà vật lý khác cũng làm như vậy. Các cuộc thí nghiệm chính xác nhất đã được thực hiện vào năm 1960 bởi Saclo Taunxo ở trường đại học Colombia. Bộ dụng cụ của ông có sử dụng maze (đồng hồ nguyên tử, dựa trên những dao động của các phân tử), nhạy cảm đến mức có thể nhận ra ngọn gió ête, kể cả khi trái đất chuyển động với vận tốc chỉ bằng phần nghìn vận tốc thực. Nhưng dấu vết của một ngọn gió như vậy cũng bật vô âm tín.

Các nhà vật lý ban đầu ngạc nhiên về kết quả tiêu cực của thí nghiệm Maikenxon - Moocly đã nghĩ tới một sự giải thích để cứu lý thuyết về ngọn gió ête, tất nhiên nếu như thí nghiệm được tiến hành hàng trăm năm trước đó. Theo nhận xét của G. J. Uitroi trong cuốn sách Sự cấu thành của vũ trụ, việc giải thích rất đơn giản về sự cấu thành của trái đất đã nhanh chóng ăn sâu vào tiềm thức mỗi người. Nhưng điều giải thích đó của thí nghiệm dường như không đúng với sự thật. Lời giải thích tốt nhất là lý thuyết (lâu hơn nhiều so với thí nghiệm Maikenxon - Moocly) khẳng định rằng ête được hấp dẫn bởi trái đất, giống như không khí ở bên trong toa tàu đóng kín. Cả Maikenxon cũng suy nghĩ như vậy. Nhưng những thí nghiệm khác, trong đó có thí nghiệm do chính Maikenxon thực hiện, đã loại bỏ cả lối giải thích đó.

Nhà vật lý học Ailen J.F. Phitxojerai có sự giải thích độc đáo nhất. Ông nói: Có thể là ngọn gió ête đã áp chế vật thể đang chuyển động buộc nó phải co lại theo hướng của chuyển động. Để xác định độ dài của vật thể đang chuyển động phải lấy độ dài của nó trong trạng thái đứng yên nhân với đại lượng được cho bởi công thức: căn bậc 2 của $1 - v^2/c^2$. Trong đó, v bình phương là bình phương vận tốc của vật thể đang chuyển động, còn c bình phương là bình phương vận tốc ánh sáng.

Từ công thức trên có thể thấy rằng giá trị giảm thiểu nhỏ không đáng kể khi vận tốc vật thể nhỏ, tăng lên khi vận tốc tăng và trở thành lớn khi vận tốc của vật thể tiến gần tới vận tốc ánh sáng. Ví như, một con tàu vũ trụ về hình dạng giống như điều xì gà dài, khi chuyển động với vận tốc lớn sẽ có hình dạng điều xì gà ngắn.

Vận tốc ánh sáng là giới hạn không đạt tới được; đối với vật thể chuyển động với vận tốc này, công thức có dạng: căn bậc 2 của $1 - c^2/c^2$, và biểu

thức này bằng 0. Nhân độ dài vật thể với số 0, ta sẽ được đáp số bằng 0. Nói cách khác đi, nếu như có một vật thể bất kỳ có thể đạt tới vận tốc ánh sáng, thì nó sẽ không có một độ dài nào theo hướng chuyển động của bản thân nó!

Nhà vật lý Hendri Lorenxơ, người độc lập cũng đi đến giải thích như vậy về hình dạng toán học của lý thuyết Phitxơjeral (về sau Lorenxơ đã trở thành một trong những người bạn gần gũi nhất của Anhtanh, song thời gian đó hai người vẫn chưa quen nhau). Lý thuyết này cũng nổi tiếng như lý thuyết giảm thiểu của Lorenxơ - Phitxơjeral hay (Phitxơjeral - Lorenxơ).

Dễ dàng hiểu được lý thuyết giảm thiểu đã giải thích sự thất bại của thí nghiệm Maikxơn - Mooly như thế nào. Nếu như phiến đá hình vuông và toàn bộ dụng cụ trên đó giảm thiểu chút ít theo hướng mà ngọn gió ête thổi thì ánh sáng hẳn đã đi một đoạn đường đầy đủ ngắn hơn. Và mặc dù ngọn gió đã tác động chậm lại đối với chuyển động của chùm sáng theo hướng thuận và nghịch con đường ngắn hơn hẳn đã cho phép chùm sáng kết thúc cuộc hành trình đó đúng trong thời gian như vậy, giống như nếu không có gió, không có sự giảm thiểu. Nói khác đi, sự giảm thiểu đúng là để bảo toàn sự không đổi của vận tốc ánh sáng độc lập với hướng đảo dụng cụ của Maikxơn - Mooly.

Bạn có thể hỏi tại sao không thể đo một cách đơn giản độ dài của dụng cụ và xem xét có phải trên thực tế có sự rút ngắn theo hướng chuyển động của trái đất? Nhưng chính là thước dài cũng bị rút ngắn theo cùng một tỷ lệ. Việc đó đã cho ta kết quả hệt như khi không có sự rút ngắn. Trên trái đất đang chuyển động, mọi thứ đều bị rút ngắn. Tình hình như vậy giống như trong thí nghiệm thuần lý của Poăngcarê, trong đó vũ trụ đột nhiên lớn lên hàng nghìn lần, nhưng chỉ trong lý thuyết của Lorenxơ - Phitxơjeral việc đó mới xuất phát theo một hướng duy nhất. Bởi vì mọi thứ đều bị thay đổi nên không có phương pháp phát hiện hướng. Bên trong các giới hạn nhất định (các giới hạn được xác định bởi topo học, tức là khoa học về các thuộc tính được bảo toàn khi làm biến dạng đối tượng) hình dạng cũng tương đối như kích thước. Hiện tượng co rút của dụng cụ cũng như co rút mọi thứ trên trái đất phải chăng chỉ được nhận ra đối với những ai đứng bên ngoài trái đất và không chuyển động cùng với nó.

Nhiều nhà văn khi nói về thuyết tương đối đã xem giải thiết co rút Lorenxơ - Phitxơjeral là giả thuyết ad hoc (thành ngữ Latin có nghĩa là "chỉ để cho trường hợp đã biết"), không kiểm tra được bằng bất cứ thí nghiệm nào khác.

Adolpho Grunbaun cho rằng điều đó không hoàn toàn đúng. Giả thuyết co rút ad hoc chỉ có nghĩa là không có cách nào kiểm tra nó.

Trên nguyên tắc, nó hoàn toàn không ad hoc và điều đó đã được chứng minh vào năm 1932, khi Kennodi và Tordalico bác bỏ bằng thực nghiệm giả thiết này.

Kennodi và Tordalico, hai nhà vật lý học Mỹ đã lập lại thí nghiệm Maikenxon - Moocly. Nhưng thay vì đặt tới hai đường vai bằng nhau, họ lại làm cho độ dài của chúng khác nhau cực lớn. Để phát hiện thời gian hao phí cho ánh sáng đi qua theo hai đường, các ông đã đảo dụng cụ. Phù hợp với lý thuyết rút ngắn chênh lệch thời gian phải thay đổi khi đảo máy. Có thể nhận thấy điều đó (như trong thí nghiệm của Maikenxon - Moocly) theo sự thay đổi của bức tranh giao thoa xuất hiện khi đan xen hai chùm sáng. Nhưng người ta đã không phát hiện ra sự thay đổi như vậy.

Kiểm tra một cách đơn giản nhất lý thuyết rút ngắn có thể thực hiện được khi đo vận tốc chùm sáng truyền bá theo các hướng đối nghịch: dọc theo hướng chuyển động của trái đất và ngược với nó. Rõ ràng rằng rút ngắn đoạn đường không thể nào phát hiện ngọn gió ête, nếu như nó có tồn tại. Trước khi khám phá không lâu hiệu ứng Mocabacơ (sẽ đề cập ở chương 8) nhiều khó khăn kỹ thuật ghê gớm đã ngăn trở thực thi thí nghiệm này. Tháng 2 năm 1962, tại hội nghị của Hội Hoàng gia tại London, giáo sư Mulo của trường đại học Copenhagen đã kể rằng, có thể dễ dàng thực hiện thí nghiệm này khi sử dụng hiệu ứng Mocabacơ. Muốn vậy, nguồn sáng và hấp thụ dao động điện từ được đặt trên các đầu đổi điện của bàn quay. Mulo chỉ ra rằng thí nghiệm như vậy có thể đảo lộn lý thuyết rút ngắn ban đầu; có thể là khi đang in cuốn sách này thí nghiệm đó sẽ được thực thi.

Mặc dù các thí nghiệm đại loại như vậy không thể thực hiện được ở thời Lorenxo, nó tiên liệu khả năng có tính nguyên tắc của chúng và được xem là hoàn toàn phù hợp lý của việc đề xuất rằng những thí nghiệm này, giống như thí nghiệm của Maikenxon sẽ dẫn đến thất bại. Muốn giải thích điều đó, Lorenxo đã có bổ xung quan trọng vào lý thuyết rút ngắn ban đầu. Ông nói rằng các đồng hồ hẳn phải chậm lại dưới tác động của ngọn gió ête, đồng thời như vậy là vận tốc đo được của ánh sáng luôn luôn bằng 300.000 km/giây.

Ta hãy xem xét một thí dụ cụ thể. Giả sử chúng ta có những đồng hồ đủ độ chính xác để làm thí nghiệm về đo đạc vận tốc ánh sáng. Cho ánh sáng đi từ

điểm A đến điểm B chẳng hạn theo hướng chuyển động của trái đất. Đặt cùng lúc hai đồng hồ tại điểm A và sau đó chuyển một cái sang điểm B. Ta thấy rằng thời gian khi chùm sáng rời khỏi điểm A và (theo đồng hồ khác) thời điểm nó đến tại điểm B. Bởi vì ánh sáng chuyển động lúc đó ngược với ngọn gió ête, vận tốc của nó hẳn phải giảm đi một chút, mà thời gian tia gây khúc tăng lên so với trường hợp trái đất đứng yên. Các bạn có thấy điều bất cập trong luận đề này không? Đồng hồ chuyển động từ điểm A sang điểm B, cũng đều là chuyển động ngược gió ête. Điều đó làm chậm đồng hồ tại điểm B, nó sẽ chậm hơn một chút so với đồng hồ tại điểm A. Kết quả vận tốc ánh sáng được là không đổi bằng 300.000 km/giây.

Cũng xảy ra như vậy, (Lorenxơ xác nhận) nếu đo vận tốc ánh sáng truyền bá theo hướng ngược lại, từ điểm B sang A. Hai đồng hồ cũng đặt tại điểm B và sau đó một cái được chuyển sang điểm A. Chùm sáng trong khi truyền bá từ điểm B sang A sẽ chuyển động dọc theo ngọn gió ête. Vận tốc của chùm sáng tăng lên và như vậy thời gian đi qua sẽ giảm đi chút ít so với trường hợp trái đất đứng yên. Song khi chuyển dịch đồng hồ từ điểm B sang A thì ngọn gió ête cũng "bám gót". Việc giảm bớt áp lực của ngọn gió ête cho phép đồng hồ tăng vận tốc, và như vậy vào thời điểm kết thúc thí nghiệm, đồng hồ tại điểm A sẽ chạy nhanh lên so với đồng hồ tại điểm B. Và kết quả là vận tốc ánh sáng vẫn là 300.000 km/giây.

Lý thuyết mới của Lorenxơ không chỉ giải thích kết quả tiêu cực của thí nghiệm Maikenxon - Moocly; từ đó mà rút ra là về nguyên lý không thể bằng thực nghiệm phát hiện ảnh hưởng của ngọn gió ête đối với vận tốc ánh sáng. Các phương trình của ông để đo độ dài và thời gian cho thấy, với bất kỳ phương pháp có thể nào, việc đo vận tốc ánh sáng theo một kết quả tương tự. Rõ ràng rằng các nhà vật lý đã không thoả mãn lý thuyết đó. Nó là lý thuyết ad hoc (hiển nhiên) theo đầy đủ ý nghĩa của từ đó. Những nỗ lực lấp lỗ hổng xuất hiện trong lý thuyết ête dường như vô vọng. Không thể hình dung các giải pháp khẳng định hoặc phủ định nó. Các nhà vật lý khó mà tin rằng sau khi tạo ra ngọn gió làm sao để không thể phát hiện ra ngọn gió ấy. Nhà triết học kiêm toán học người Anh Betorăng Rutxen đã dẫn một bài ca của hiệp sĩ Trắng trong cuốn sách của Lui Kerolol Alixơ ở đất nước huyền thoại.

"Tôi muốn nhuộm mái tóc màu xanh. Xoè chiếc quạt để khỏi ai nhìn thấy".

Lý thuyết mới của Lorenxo, trong đó thay đổi cả thời gian dường như là tức cười, kiểu như kế hoạch của chàng hiệp sĩ nọ vậy. Nhưng mặc dầu dộc mọi nỗ lực, các nhà vật lý đã không thể suy luận điều gì khác hơn.

Trong chương tiếp theo sẽ trình bày rằng, lý thuyết Tương đối hẹp của Anhtanh đã mở lối ra khỏi tình trạng rối rắm đó một cách dũng cảm tuyệt vời.

Năm 1905, khi Anbe Anhtanh công bố bài báo nổi tiếng của mình mà về sau được gọi là thuyết tương đối hẹp, ông mới chỉ là một chàng trai trẻ đã có vợ ở tuổi 26 và đang làm việc với tư cách một chuyên gia phòng sáng chế Thụy Sĩ.

---o0o---

Thuyết tương đối hẹp - Phần I

Con đường của chàng sinh viên vật lý thuộc trường Đại học Bách khoa Duyric không sáng sủa cho lắm. Ông đọc và đọc, suy nghĩ và mơ ước và không hướng suy nghĩ của mình vào các sự kiện không căn bản để giành điểm cao trong các kỳ thi. Một vài lần ông đi dạy vật lý và muốn làm một giáo viên bình thường, song ông buộc phải già từ nghề.

Trong chuyện này có cả những mặt khác. Khi còn là một cậu bé, Anhtanh đã suy nghĩ nhiều về các định luật cơ bản của tự nhiên. Về sau, ông đã nhớ về hai điều tuyệt diệu nhất thời niên thiếu của mình: về cái đĩa bàn mà người cha đã chỉ cho ông hay khi ông mới bốn, năm tuổi và cuốn sách hình học của Ocolit mà ông đã đọc lúc mười hai tuổi. Hai kỷ vật này tượng trưng cho hoạt động của Anhtanh; đĩa bàn là tượng trưng cho hình học vật thể mà cấu trúc của "thế giới rộng lớn" đó ở bên ngoài chúng ta. Chúng ta không bao giờ có thể nhận biết một cách chính xác tuyệt đối. Cuốn sách là tượng trưng cho hình học thuần túy, của cấu trúc được xác định tuyệt đối nhưng không phản ánh hoàn toàn thế giới thực tại. Đến năm 16 tuổi, Anhtanh chủ yếu bằng những nỗ lực cá nhân nắm được những kiến thức cơ bản về toán học, bao gồm cả hình học giải tích, các phép tính vi phân và tích phân.

Khi Anhtanh làm việc tại phòng sáng chế Thụy Sĩ, ông đọc và suy nghĩ về tất cả các vấn đề rối rắm có liên quan đến ánh sáng và chuyển động. Thuyết tương đối hẹp của ông là một thí nghiệm sáng chói, giải thích được nhiều thí nghiệm không giải thích được, trong đó thí nghiệm Maikenxon - Moocly là

hấp dẫn và nổi tiếng nhất. Cần phải nhấn mạnh rằng đã có nhiều thí nghiệm mà kết quả không thoả mãn với lý thuyết về các hiện tượng điện từ. Nếu hai thí nghiệm Maikenson - Moocly không xảy ra thì thuyết tương đối hẹp cũng khó mà hình thành. Sau này, bản thân Anhtanh đã nói về vai trò nhất định của thí nghiệm này trong tư duy sáng tạo của ông. Tất nhiên nếu như Maikenson và Moocly ghi nhận ngọn gió ête thì thuyết tương đối hẹp chắc đã bị bác bỏ ngay từ đầu. Song kết quả âm tính của các thí nghiệm của họ chỉ là một trong nhiều yếu tố mà Anhtanh đưa vào lý thuyết của mình.

Chúng ta thấy rằng Lorenxơ và Phitxơjeral đã mura toan cứu lý thuyết ngọn gió ête như thế nào sau khi đề xuất rằng áp lực của ngọn gió đó là gì đó còn chưa được hiểu biết đang tác động co rút vật thể chuyển động. Anhtanh tiếp nối sau Enest Makhơ đã có đề xuất táo bạo hơn. Nguyên nhân mà Maikenson và Moocly không thể quan trắc được ngọn gió ête, Anhtanh nói, đơn giản chỉ là không có ngọn gió ête nào cả. Ông không nói rằng không có môi trường ête, nếu tồn tại cũng không có ý nghĩa gì khi đo chuyển động đều. (Những năm gần đây nhiều nhà vật lý nổi tiếng đã đề nghị khôi phục lại thuật ngữ ête, dù rằng lẽ đương nhiên không mang ý nghĩa cũ của hệ thống đọc số bất động).

Vật lý cổ điển - vật lý học của Isac Niuton đã chỉ ra rằng, nếu như bạn đứng ở bên trong vật thể chuyển động đều, chẳng hạn như trong toa tàu đóng kín mọi phía sao cho không nhìn thấy một cảnh tượng đi qua, nếu không thực hiện được một thí nghiệm cơ học mà nhờ đó bạn chứng minh được rằng bạn đang chuyển động (Đồng thời, tất nhiên giả thiết rằng chuyển động đều xuất hiện hoàn toàn êm dịu, không có va chạm, chồm nhẩy của toa ngõ hầu báo hiệu sự chuyển động). Nếu như bạn ném quả cầu ngược lên phía trên, nó sẽ rơi thẳng xuống phía dưới. Tất cả đều xảy ra chính xác giống như ném toa tàu đứng yên. người quan sát đứng trên mặt đất bên ngoài toa tàu đang chuyển động, nếu như anh ta có thể nhìn qua thành tàu thì bản thân anh ta đã nhìn thấy đường đi qua của quả cầu là đường cong. Nhưng đối với bạn ở bên trong toa tàu, quả cầu chuyển động theo đường thẳng lên trên và xuống dưới. Điều khả quan là vật thể đã diễn ra như vậy. Trong trường hợp ngược lại thì đã không thể chơi các trò chơi như tennis hoặc bóng đá. Trong bất kỳ trường hợp nào, khi quả bóng bay lên không trung, trái đất hẳn sẽ chuyển động bên dưới nó với vận tốc 30 km/giây.

Thuyết tương đối hẹp là một bước tiến về phía trước so với thuyết cổ điển của Niuton. Nó nói rằng, ngoài việc không thể phát hiện chuyển động của con tàu nhờ vào thí nghiệm cơ học cũng không thể phát hiện chuyển động đó

nhờ vào thí nghiệm với bức xạ điện từ. Thuyết tương đối hẹp có thể diễn đạt ngắn gọn như sau: Không thể đo chuyển động đều bằng một phương pháp tuyệt đối nào đó. Nếu như chúng ta ở trên một con tàu đang chuyển động đều một cách dịu êm, thì để khẳng định rằng chúng ta đang chuyển động, cần phải nhìn qua cửa sổ vào một đối tượng khác nào đó, nhờ vào một cột điện chẳng hạn, thậm chí lúc đó chúng ta cũng không thể nói chắc chắn rằng con tàu đi qua cột điện hay cột điện đi qua con tàu. Tốt hơn cả chúng ta có thể nói rằng con tàu và trái đất ở trong trạng thái chuyển động đều tương đối.

Chúng ta sẽ nhận thấy có sự lặp lại thường xuyên từ "đều". Chuyển động đều là chuyển động theo một đường thẳng với vận tốc không đổi. Chuyển động không đều hoặc chuyển động có gia tốc là chuyển động nhanh dần hoặc chậm dần (khi chuyển động chậm dần, người ta nói nó có gia tốc âm), hoặc chuyển động không theo đường thẳng. Về chuyển động có gia tốc, thuyết tương đối hẹp không thể nói điều gì mới.

Tính tương đối của chuyển động đều dường như khá thông đồng bén giọt, nhưng trên thực tế nó đưa ta sang một thế giới mới lạ lắm, mà ban đầu rất giống với một thế giới vô nghĩa đằng sau chiếc gương của Lui Kerol. Bởi vì nếu không có phương pháp đo chuyển động đều đối với hệ thống đọc số tổng hợp bất động tương tự môi trường ête nên khi đó ánh sáng phải thể hiện là hoàn toàn suy tương trái với bất kỳ thí nghiệm nào.

Chúng ta hãy xem nhà du hành vũ trụ trên con tàu vũ trụ hay dọc theo chùm sáng. Con tàu chuyển động với vận tốc bằng một nửa vận tốc ánh sáng. Nếu nhà du hành vũ trụ tiến hành đo đạc tương ứng, anh ta sẽ phát hiện rằng tia sáng dù sao cũng đi qua nó với vận tốc thông thường 300.000 km/giây. Bạn hãy suy nghĩ về điều này một chút và bạn sẽ thấy ngay rằng nhất thiết phải như vậy, nếu như khái niệm ngọn gió ête bị bác bỏ. Còn nếu như nhà du hành vũ trụ tìm thấy rằng ánh sáng chuyển động so với nó chậm hơn, anh ta hẳn đã phát hiện ra chính ngọn gió ête mà Maikenxon và Mooly không phát hiện ra. Bây giờ nếu như còn tàu vũ trụ bay thẳng theo hướng đến nguồn sáng với vận tốc bằng một nửa vận tốc ánh sáng, thì hẳn anh ta đã tìm thấy rằng tia sáng tiến dần lại nhờ anh ra nhanh hơn một lần rưỡi chứ? Không, tia sáng vẫn chuyển động ngược với anh ta với vận tốc 300.000 km/giây.

Dù anh ta chuyển động như thế nào đối với tia sáng, việc đo đạc luôn luôn cho ta cùng một giá trị đối với vận tốc ánh sáng.

Có thể chúng ta thường nghe rằng thuyết tương đối làm cho mọi thứ trong vật lý học là tương đối, rằng nó phá đi mọi cái tuyệt đối. Không có cái gì có thể rời xa sự thật. Nó làm cho nhiều khái niệm trở thành tương đối mà trước đó người ta xem là tuyệt đối nhưng đồng thời cũng chấp nhận những tuyệt đối mới. Trong vật lý học cổ điển, vận tốc ánh sáng là tương đối đối với ý nghĩa là nó sẽ bị thay đổi tùy thuộc và chuyển động của người quan sát. Trong thuyết tương đối hẹp, vận tốc ánh sáng trở nên tuyệt đối mới với ý nghĩa này. Không quan trọng ở chỗ nguồn sáng hoặc nguồn quan sát chuyển động như thế nào, vận tốc ánh sáng đối với người quan sát không bao giờ thay đổi.

Chúng ta hình dung hai con tàu vũ trụ A và B. Giả sử trong vũ trụ không có gì ngoài hai con tàu. Chúng đều chuyển động ngược chiều nhau với vận tốc không đổi. Có phương pháp nào để các nhà du hành trên con tàu bất kỳ có thể giải quyết xem trường hợp nào trong ba trường hợp sau đây là "thực" và "tuyệt đối"?

1. Con tàu A ở trong trạng thái nằm yên, con tàu B chuyển động.
2. Con tàu B ở trong trạng thái nằm yên, con tàu A chuyển động.
3. Cả hai con tàu đều chuyển động.

Anhxtanh trả lời như sau : Không, không có một phương pháp nào như vậy cả. Nhà du hành trên bất kỳ một con tàu nào đều có thể, nếu anh ta muốn, chọn con tàu A làm hệ thống đọc số cố định. Không có một thí nghiệm nào kể cả các thí nghiệm với ánh sáng hoặc với bất kỳ hiện tượng điện và từ nào khác ngõ hầu chứng minh rằng sự lựa chọn đó là không đúng. Cũng đúng như vậy, nếu anh ta chọn con tàu B làm hệ thống đọc số cố định. Nếu như anh ta xem hai con tàu đều chuyển động, anh ta lựa chọn giàn một hệ thống đọc số bất định bên ngoài hai con tàu này, lựa chọn một điểm mà đối với điều đó, cả hai con tàu đều ở trong trạng thái chuyển động. Không cần đặt câu hỏi sự lựa chọn nào là đúng hoặc không đúng. Nói về chuyển động tuyệt đối của bất kỳ con tàu nào có nghĩa là nói về một cái gì đó không có ý nghĩa thực ra chỉ có một: chuyển động tương đối mà kết quả của nó là con tàu tiến gần với vận tốc không đổi.

Trong cuốn sách như vậy không thể đi sâu vào các chi tiết của thuyết tương đối hẹp và đặc biệt là vào các chi tiết có liên quan đến cơ sở toán học của nó. Chúng ta cần nhớ lại một số kết luận mạnh mẽ nhất được rút ra một cách

logic từ điều mà Anhxtanh gọi là hai "tiền đề cơ bản" của lý thuyết của mình.

1. Không có phương pháp nhằm xác định vật thể nằm ở trạng thái đứng yên hoặc chuyển động đều đối với môi trường ête bất động.
2. Độc lập với chuyển động của nguồn ánh sáng luôn luôn chuyển động qua khoảng không với cùng một vận tốc không đổi.

(Không nên lẫn lộn tiền đề thứ hai như thường thấy là sự không đổi của vận tốc ánh sáng đối với người quan sát chuyển động đều. Điều này rút ra từ các tiền đề).

Tất nhiên các nhà vật lý khác nghiên cứu cả hai tiền đề Lorenxo có ý định dung hoà chúng trong lý thuyết của mình rằng độ dài tuyệt đối và thời gian thay đổi do áp lực của ngọn gió ête. Đa số các nhà vật lý đều cho điều đó là vi phạm nghiêm trọng đến tư duy lành mạnh. Họ ưa xem rằng các tiền đề không phải là trùng lặp và chỉ ít một tiền đề phải là không chính xác. Anhxtanh đã xem xét vấn đề này một cách sâu sắc hơn. Các tiền đề không trùng nhau chỉ trong trường hợp, ông nói, khi chúng ta từ bỏ quan điểm cổ điển rằng độ dài và thời gian là tuyệt đối.

Khi Anhxtanh công bố lý thuyết của mình ông không biết rằng Lorenxo cũng suy nghĩ theo hướng như vậy, nhưng giống như Lorenxo, ông hiểu ra rằng việc đo độ dài và thời gian phải tùy thuộc vào chuyển động tương đối của đối tượng và người quan trắc. Song Lorenxo chỉ đi được nửa đường. Ông bảo lưu khái niệm độ dài và thời gian tuyệt đối đối với các vật thể đứng yên. Ông cho rằng ngọn gió ête làm biến đổi độ dài và thời gian "thực". Anhxtanh đã đi con đường ấy đến tận cùng. Ông nói không có ngọn gió ête nào cả. Khái niệm độ dài và thời gian tuyệt đối không có ý nghĩa gì. Đó là cái chìa khoá thuyết tương đối hẹp của Anhxtanh. Khi ông tiếp cận với nó, pháo đài bất khả xâm phạm bắt đầu được từ từ mở ra.

Để giải thích trực quan thuyết tương đối hẹp, Anhxtanh đã đề xuất một thí nghiệm lý thuyết nổi tiếng của mình. Ta thử hình dung, ông nói, một người quan trắc M đứng gần nền đường sắt. Tại một khoảng cách nào đó theo hướng chuyển động có một điểm B. Cùng trên một khoảng cách đó ngược hướng chuyển động là điểm A. Giả sử rằng đồng thời tại hai điểm A và B loé lên một tia chớp. Người quan sát cho rằng các sự kiện này là đồng thời, bởi vì anh ta nhìn thấy cả hai tia chớp vào cùng một thời điểm. Bởi vì anh ta

đứng ở giữa chúng và vì ánh sáng truyền bá với vận tốc không đổi nên ông kết luận rằng tia chớp loé lên đồng thời tại hai điểm này.

Bây giờ ta giả thiết rằng khi tia chớp léo lên dọc nền đường sắt theo hướng từ A sang B. Một con tàu chuyển động với vận tốc lớn. Vào thời điểm xuất hiện cả hai tia chớp người quan sát bên trong con tàu ta gọi là M' đứng gần nền đường. Bởi vì M' chuyển động theo hướng một tia chớp và ở xa tia khác, anh ta sẽ nhìn thấy tia chớp tại B trước khi thấy tại A. Biết rằng anh ta đang ở trong trạng thái chuyển động anh ta bắt gặp điểm cuối của vận tốc ánh sáng và cũng rút ra kết luận rằng các tia chớp loé lên đồng thời.

Tất cả đều trôi chảy. Nhưng theo như hai tiên đề cơ bản của thuyết tương đối hẹp (được khẳng định bởi hai thí nghiệm của Maikenxon - Moocly) chúng ta có thể có quyền giả thiết rằng con tàu đứng yên trong khi trái đất chạy nhanh ở phía sau theo với các bánh xe lăn của con tàu. Từ điểm ngắm M này người quan sát trên con tàu đi đến kết luận là tia chớp loé tại điểm B trên thực tế đã xảy ra sớm hơn tại điểm A là điểm tiếp nối anh ta quan sát. Anh ta biết rằng đang ở giữa các loé chớp anh ta bắt gặp đầu tiên đã xảy ra trước loé chớp anh ta bắt gặp lần sau. M, người quan sát trên trái đất là tương hợp, thực ra, anh ta nhìn các loé chớp như đồng thời với nhau, nhưng giờ đây anh ta được xem là đang chuyển động, khi anh ta tính đến vận tốc ánh sáng và sự kiện là anh ta chuyển động ngược với loé chớp tại A và cách loé chớp tại B, anh ta đi đến kết luận loé chớp tại B đã xảy ra trước.

Như vậy, chúng ta buộc phải kết luận rằng đối với các vấn đề loé chớp có xảy ra đồng thời không thì không thể trả lời một cách tuyệt đối được. Câu trả lời phụ thuộc vào việc lựa chọn hệ thống tính toán (đọc số). Tất nhiên nếu hai sự kiện xảy ra đồng thời tại cùng một điểm, thì có thể tin tưởng tuyệt đối mà nói rằng chính là đồng thời. Khi hai máy bay đụng nhau trên không, không có hệ thống tính toán mà theo đó thì các máy bay đã tránh nhau không đồng thời. Nhưng khoảng cách giữa các sự kiện càng lớn thì càng khó giải quyết vấn đề hơn về tính đồng thời của chúng. Vấn đề là ở chỗ chúng ta đơn giản là không dám thừa nhận thực chất của vấn đề. Không có thời gian tuyệt đối đối với vũ trụ để chúng ta có thể đo trạng thái đồng thời tuyệt đối. Tính đồng thời tuyệt đối của các sự kiện xảy ra tại các không gian khác nhau là khái niệm không có ý nghĩa gì.

Có thể hiểu thấu đáo quan điểm đó từ thí nghiệm lý thuyết (suy tưởng) trong đó khoảng cách lớn và vận tốc lớn đều được nghiên cứu. Giả sử có ai đó trên hành tinh X, ở một phần khác của thiên hà chúng ta muốn liên lạc với trái

đất. Họ đánh tín hiệu, tín hiệu đó đương nhiên là một sóng điện từ được truyền bá trong không gian với vận tốc ánh sáng. Giả sử trái đất và hành tinh X cách nhau khoảng cách 10 năm ánh sáng. Điều đó có nghĩa là phải mất 10 năm để tín hiệu đến được trái đất. 12 năm trước, khi nhà thiên văn vô tuyến trên trái đất nhận được tín hiệu rằng ông được tặng giải Nobel. Thuyết tương đối hẹp cho phép chúng ta nói một cách thoải mái rằng ông ta đã nhận được giải thưởng này sớm hơn là được tín hiệu từ hành tinh X.

Qua mười phút sau khi nhận được tín hiệu, nhà thiên văn này mất hút, thuyết tương đối hẹp cho phép chúng ta nói, cũng không có hạn chế nào rằng nhà thiên văn đã mất hút sau khi nhận được tín hiệu từ hành tinh X.

Bây giờ giả sử rằng tại một thời điểm nào đó trong khoảng mười năm khi tín hiệu radio (vô tuyến) đang trên đường đến Trái Đất (chẳng hạn là 3 năm trước khi nhận được tín hiệu) nhà thiên văn cùng với kính viễn vọng vô tuyến của mình bị ngã và bị gãy chân. Thuyết tương đối hẹp không cho phép chúng ta nói thoải mái rằng ông ta gãy chân sớm hơn hay muộn hơn sơ với khi nhận được tín hiệu từ hành tinh X.

Chứng minh điều đó như sau: Người quan sát dõi hành tinh X vào thời điểm khi đánh tín hiệu và chuyển động về trái đất với vận tốc nhỏ, nếu đo nó đối với Trái Đất sẽ tìm thấy (theo số đo thời gian) rằng nhà thiên văn bị gãy chân sau khi tín hiệu được gửi đi. Tất nhiên anh ta sẽ tới trái đất qua nhiều thời gian sau khi được tín hiệu, có thể là, qua hàng trăm năm chẳng hạn. Nhưng khi anh ta tính ngày chuyển tín hiệu theo đồng hồ của mình, nó sẽ sớm hơn ngày mà nhà thiên văn bị gãy chân. Một người quan sát khác cũng dõi hành tinh X và thời điểm khi đánh tín hiệu, nhưng lại bay với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng sẽ thấy rằng nhà thiên văn gãy chân trước khi tín hiệu được đánh đi. Thay vì có thể mất hàng trăm năm để vượt qua đoạn đường, anh ta có thể mất chừng mười năm nếu đo thời gian trên trái đất. Nhưng do chậm trễ thời gian trong con tàu vũ trụ chuyển động nhanh, nhà du hành vũ trụ trong con tàu này dường như là đã trải qua đoạn đường cả thảy chỉ là một vài tháng. Trên trái đất người ta nói với anh ta rằng nhà thiên văn mới gãy chân hơn ba năm trước đây thôi. Theo đồng hồ của nhà du hành vũ trụ, tín hiệu mới được chuyển đi vài tháng. Anh ta đi đến kết luận rằng chân mới gãy vài năm trước khi tín hiệu rời khỏi hành tinh X.

Nếu như nhà du hành vũ trụ bay nhanh như vận tốc ánh sáng (đương nhiên, đó chỉ là giả thuyết, trên thực tế thì không thể được), đồng hồ của anh ta hẳn là hoàn toàn dừng lại. Đối với anh ta, dường như là chuyến bay xảy ra trong

nháy mắt và cả hai sự kiện chuyển tín hiệu và nhận tín hiệu đều phải diễn ra đồng thời. Tất cả các sự kiện xảy ra trên trái đất trong vòng mười năm dường như đối với anh ta lúc xảy ra sớm hơn so với tín hiệu được đánh đi. Nhưng theo thuyết tương đối hẹp không có hệ thống đọc số (tính toán) tách rời: không có cơ sở nào để hài lòng với quan điểm của người quan sát này, mà không phải là của người kia. Những tính toán tiến hành bởi nhà du hành vũ trụ bay nhanh cũng hợp lý, cũng "chân thực" như cách tính toán tiến hành bởi nhà du hành vũ trụ bay chậm. Không có thời gian vạn năng, tuyệt đối để có thể băng vào đó mà xác định sai khác giữa chúng với nhau.

Sự phá vỡ khái niệm của tính đồng thời tuyệt đối đó, không nghi ngờ gì nữa, là một quan điểm táo bạo tuyệt diệu của thuyết tương đối hẹp. Niuton tự xem mình là một nhà thông thái, cho rằng có một thời gian toàn năng trôi đi trong toàn bộ vũ trụ. Lorenxo và Poăngcarê cũng như vậy. Chính điều đó đã ngăn thiên tài của Anhtanh cho phép ông hiểu rằng lý thuyết không thể thành tựu một cách toàn diện và logic triệt để mà không chối bỏ dứt khoát quan niệm thời gian vũ trụ toàn năng.

Anhtanh nói chỉ có một thời gian cục bộ. Trên trái đất, chẳng hạn, mỗi vật bay trong không gian với cùng một vận tốc: như vậy các đồng hồ đều chỉ cùng một "thời gian trái đất", thời gian địa phương (cục bộ) kiểu như vậy đối với các đối tượng đang vận động giống như trái đất, được gọi là thời gian đặc thù của đối tượng ấy. Vẫn có những khái niệm tuyệt đối như "trước" và "sau" (hiển nhiên là không có một nhà du hành vũ trụ nào có thể chết trước khi sinh ra) nhưng khi các sự kiện cách rất xa nhau thì có những khoảng thời gian liên tục trong đó không thể nói sự kiện nào xảy ra trước hoặc sau sự kiện nào. Câu trả lời phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát đối với hai sự kiện đó, đương nhiên lời giải thích có được bởi một người quan sát cũng "nhận thức" như lời giải khác của người quan sát khác. Toàn bộ điều đó với một lôgic vững chắc suy ra từ hai tiên đề cơ bản của thuyết tương đối hẹp.

Khi khái niệm tính đồng thời mất ý nghĩa thì mất luôn ý nghĩa cả những khái niệm khác. Thời gian trở thành tương đối bởi vì người quan sát khác nhau trong việc đánh giá thời gian xảy ra giữa hai sự kiện như nhau. Độ dài cũng trở thành tương đối. Độ dài của con tàu đang chuyển động không thể đo được nếu như không biết chính xác các giới hạn trước và sau của nó ở đâu vào cùng một thời điểm. Nếu có ai đó báo cáo rằng vào 1 giờ 00 phút giới hạn sau cách nó 1 km tại thời điểm nào đó giữa 12 giờ 59 phút và 1 giờ 01 phút, thì rõ ràng là không có phương pháp xác định độ dài thực của con tàu

này. Khi thiếu một phương pháp như vậy, độ dài của đối tượng đang chuyển động sẽ phụ thuộc vào việc lựa chọn hệ thống đọc số (tính toán).

Thí dụ, nếu hai con tàu vũ trụ ở trong trạng thái chuyển động tương đối, thì người quan sát tại mỗi con tàu sẽ nhìn thấy con tàu khác co rút lại theo hướng chuyển động của mình. Với vận tốc thông thường, sự co rút đó là cực nhỏ. Trái đất chuyển động xung quanh mặt trời với vận tốc 30 km/giây và đối với người quan sát đứng yên so với mặt trời là cả thảy chỉ vài xăngtimet. Song khi vận tốc tương đối, sự thay đổi trở nên rất lớn. Thật thú vị biết bao khi chính công thức để tính độ co rút của Phitxojerál - Lorenxơ nhằm giải thích thí nghiệm Maikenxon - Moocly, có thể được áp dụng ở đây. Trong thuyết tương đối trước đây người ta gọi là sự co rút Lorenxơ - Phitxojerál, nhưng hẳn là đã dễ hiểu hơn nếu như nó mang một tên khác, bởi Anhxtanh đã cho công thức này một cách giải thích hoàn toàn khác.

Đối với Lorenxơ và Phitxojerál, co rút là sự thay đổi vật chất gây ra bởi áp lực của ngọn gió ête. Đối với Anhxtanh nó có liên quan tới các kết quả đo đạc. Chẳng hạn, nhà du hành vũ trụ trên một con tàu vũ trụ đo độ dài của một con tàu khác. Người quan sát trên mỗi con tàu không phát hiện ra một sự thay đổi nào về độ dài của con tàu riêng biệt hoặc độ dài của các đối tượng bên trong nó. Song khi đo con tàu khác, họ sẽ tìm thấy rằng nó ngắn hơn. Phitxojerál vẫn cho rằng các vật thể chuyển động có "các độ dài đứng yên" tuyệt đối. Khi các vật thể bị co rút, chúng không lớn hơn độ dài "thực" của mình. Anhxtanh sau khi chối bỏ trường ête đã hiểu khái niệm độ dài tuyệt đối là vô nghĩa, chỉ còn lại độ dài có được do kết quả đo đạc, và dường như là nó thay đổi tùy thuộc vào vận tốc tương đối của đối tượng và người quan sát.

Các bạn sẽ hỏi làm sao có thể mỗi con tàu lại ngắn hơn con tàu kia? Không đúng. Lý thuyết không nói rằng mỗi con tàu ngắn hơn con tàu kia. Nó nói rằng nhà du hành vũ trụ trên mỗi con tàu khi đó sẽ tìm thấy rằng con tàu khác ngắn hơn. Đó là những việc hoàn toàn khác nhau. Nếu như hai người theo về hai phía khác nhau của một thấu kính lồi - lõm lớn thì mỗi người sẽ nhìn thấy người khác bé hơn mình; nhưng đó không phải là điều muốn nói, điều muốn nói là dường như mỗi người đều nhỏ hơn người khác.

Ngoài những thay đổi kiểu biểu kiến về độ dài có cả những thay đổi biểu kiến về thời gian. Các nhà du hành vũ trụ trên mỗi con tàu sẽ thấy rằng đồng hồ trên con tàu khác chạy chậm hơn. Thí nghiệm suy tưởng đơn giản chỉ ra rằng điều đó thực tế là như vậy. Bạn hãy hình dung rằng bạn nhìn qua một lỗ

nhỏ của con tàu vào lỗ hổng của con tàu khác. Cả hai con tàu đều bay gần nhau với vận tốc không đổi gần với vận tốc ánh sáng.

Tại thời điểm chúng bay qua nhau trên con tàu phát ra chùm sáng từ trần xuống nền, ở đó nó đổ vào gương và phản xạ lại trần. Bạn sẽ nhìn thấy đường đi của tia sáng đó dưới dạng chữ V. Nếu như ở bạn có đủ dụng cụ chính xác (tất nhiên những dụng cụ như thế bây giờ không còn), bạn hẳn có thể ghi lại thời gian cần cho tia sáng đi qua con đường hình chữ V. Chia độ dài cho thời gian, hẳn bạn sẽ được vận tốc ánh sáng.

Bây giờ, giả sử rằng khi bạn ghi lại thời gian đi qua bởi tia sáng đoạn đường hình chữ V, nhà du hành ở bên trong con tàu khác cũng làm hết như vậy. Từ điểm ngắm (quan sát) con tàu của anh ta là hệ thống đọc số cố định và ánh sáng đơn giản đi về phía dưới và về phía trên dọc theo cùng một đường thẳng, rõ ràng là đồng thời đi qua khoảng cách ngắn hơn là dọc theo đoạn đường hình chữ V mà bạn quan sát. Khi anh ta chia khoảng cách đó cho thời gian mà tia sáng cần để đi về phía dưới và về phía trên, anh ta cũng sẽ được vận tốc ánh sáng. Bởi vì vận tốc ánh sáng là không đổi đối với mọi người, anh ta sẽ thu được cùng một kết quả về độ chính xác là 300.000 km/giây. Nhưng nơi anh ta đoạn đường ánh sáng đi qua ngắn hơn. Làm sao kết quả của anh ta cũng như vậy? Chỉ có một cách giải thích: đồng hồ của anh ta chạy chậm hơn. Đương nhiên, tình hình đó hoàn toàn đối xứng. Nếu như bạn cho ánh sáng đi về phía dưới và về phía trên bên trong con tàu của bạn, thì nhà du hành vũ trụ sẽ nhìn thấy con đường của bạn là hình chữ V. Anh ta sẽ đi đến kết luận rằng đồng hồ của bạn bị chậm.

Có điều là sự thay đổi về độ dài và thời gian được gọi là "biểu kiến" không có nghĩa là không có một độ dài "thực" hoặc thời gian "thực" mà người quan sát khác nhau "tưởng như là" khác nhau. Độ dài và thời gian là những khái niệm tương đối. Chúng không có ý nghĩa ngoài sự liên hệ giữa đối tượng và người quan sát. Vấn đề không phải là có một hệ thống đo đạc "thực", còn hệ thống khác là "giả". Mỗi hệ thống đều thực đối với người quan sát tiến hành đo đạc đối với hệ thống đọc số riêng của anh ta. Không thể xem xét một phép đo này là chính xác hơn phép đo kia. Và tất cả những điều này tuyệt nhiên không phải là ảo giác quang học cần được giải thích bởi nhà tâm lý học. Các đo đạc có thể được ghi lại bằng các dụng cụ. Chúng không đòi hỏi sự có mặt của người quan trắc bằng xương bằng thịt.

Khối lượng cũng là một khái niệm tương đối, song chúng ta phải gác lại vấn đề này, vấn đề khác sang chương tiếp theo.

... Có thể là vũ trụ dường như bị phản chiếu và biến thành một ảo ảnh trong gương, các ngôi sao đều có khối lượng âm, còn thời gian vũ trụ thì lùi lại. Không một hiện tượng nào trong đó qua mặt các công thức của thuyết tương đối hẹp...

---o0o---

Thuyết tương đối hẹp - phần II

Độ dài và thời gian, như đã trình bày ở chương trước, đều là những khái niệm tương đối. Nếu một con tàu vũ trụ khác với một vận tốc không đổi, thì người quan sát trên mỗi con tàu sẽ thấy rằng các nhà du hành vũ trụ trên con tàu kia gầy nhỏ đi và dịch chuyển chậm hơn. Nếu vận tốc tương đối của chúng đủ lớn để chuyển dịch của các đồng nghiệp của họ giống như chuyển dịch của các diễn viên trên màn ảnh chậm dần. Mọi hiện tượng chuyển động có chu kỳ sẽ như chậm dần: chuyển động của con lắc và vật đối trọng trong đồng hồ, nhịp tim, dao động của nguyên tử v.v... Theo lời của A. X. Edington, nhà thiên văn học người Anh nổi tiếng, người đã trở thành một trong những người nổi nghiệp hàng đầu và sáng giá nhất của Anhxtanh. Dường như là thậm chí cả điều xì gà trên con tàu kia cũng bị teo dần đi. Nhà du hành vũ trụ cao hai mét đứng trong con tàu đang chuyển động ngang sẽ được nhìn thấy giống như trước là hai mét rưỡi, nhưng cơ thể của anh ta như mỏng đi theo hướng chuyển động. Còn khi anh ta nằm trải dài theo hướng chuyển động của con tàu, chiều ngang bình thường của cơ thể anh ta được khôi phục, nhưng giờ đây sẽ có tình hình là tầm vóc anh ta ngắn lại theo hướng từ đầu đến chân!

Nếu như hai con tàu vũ trụ trên thực tế có thể chuyển động tương đối với nhau với vận tốc đủ lớn để những thay đổi tương tự thành hiện thực thì mọi khó khăn có thể mang tính kỹ thuật đã không cho phép người quan sát trên mỗi con tàu nhìn thấy những thay đổi đó. Các nhà văn ưa thích giải thích thuyết tương đối bằng những thí dụ có hiệu quả được đơn giản hoá. Những minh họa màu sắc đó không mô tả những thay đổi mà trên thực tế có thể quan sát được hoặc bằng mắt người hoặc bằng máy móc tân tiến hiện nay. Về sự tồn tại của những thay đổi này, các nhà du hành vũ trụ có thể nhận biết về nguyên tắc trên cơ sở đo đạc, nếu như có đủ những dụng cụ đo đạc tốt.

Bổ sung sự thay đổi độ dài và thời gian còn có sự thay đổi tương đối của khối lượng. Khối lượng, nói đại khái, là số đo số lượng vật chất trong cơ thể.

Quả cầu bằng chì hoặc quả cầu bằng gỗ có thể có kích thước như nhau, nhưng quả cầu bằng chì nặng hơn.

Vật chất tập trung trong đó cao hơn.

Có hai phương pháp đo khối lượng vật thể, hoặc là đem cân lên, hoặc là theo cách thức xem lực lớn bao nhiêu để truyền cho vật thể đó một gia tốc nhất định. Phương pháp đầu không tốt lắm, bởi vì kết quả thu được phụ thuộc vào trọng lực tại điểm đã biết.

Quả cầu bằng chì mang lên đỉnh núi cao có trọng lượng nhỏ hơn khi cân nó ở chân núi, mặc dù khối lượng của nó vẫn đúng như vậy. Trên mặt trăng, trọng lượng của nó nhỏ hơn nhiều so với trên Trái Đất. Còn trên Sao Mộc trọng lượng dường như còn lớn hơn.

Phương pháp thứ hai đo khối lượng cho kết quả tương tự độc lập với điều là chúng được tiến hành trên Trái Đất, trên Mặt Trăng hoặc trên Sao Mộc. Song khi sử dụng phương pháp này, ngay lập tức xuất hiện những vấn đề mới lạ. Muốn dùng phương pháp này để xác định khối lượng vật thể đang chuyển động, cần đo lực khả dĩ truyền cho nó một gia tốc nhất định, rõ ràng rằng để lăn một quả đạn pháo cần sức đẩy mạnh hơn là lăn một quả cầu gỗ. Khối lượng đo bằng phương pháp đó gọi là khối lượng quán tính (g) khác với khối lượng trọng trường hoặc trọng lượng. Những đo đạc tương tự không thể thực hiện được nếu không đo thời gian và khoảng cách. Khối lượng quán tính của quả đạn pháo chẳng hạn được biểu thị thông qua đại lượng lực cần thiết để làm tăng vận tốc của nó (khoảng cách trên một đơn vị thời gian) trên một đơn vị thời gian là bao nhiêu đấy. Như chúng ta đã thấy trước đây, việc đo thời gian và khoảng cách thay đổi cùng với sự thay đổi vận tốc tương đối của vật thể và người quan sát, do đó mà thay đổi cả những kết quả đo khối lượng quán tính.

Trong chương 6, chúng ta sẽ trở lại với khái niệm khối lượng trọng trường và cùng với nó là khối lượng quán tính. Còn ở đây chỉ nói về khối lượng quán tính thu được do người quan sát đó. Đối với người quan sát đứng yên so với đối tượng, chẳng hạn đối với các nhà du hành vũ trụ chờ voi trong con tàu vũ trụ, khối lượng quán tính của đối tượng vẫn như vậy độc lập với vận tốc con tàu. Khối lượng con voi đo được bởi những người quan sát như

nhau, được gọi là khối lượng riêng hoặc khối lượng đứng yên của nó. Khối lượng quán tính của bản thân con voi như vậy đo được bởi người quan sát nào đó đang chuyển đổi với con voi đó (chẳng hạn, bởi người quan trắc trên trái đất), được gọi là khối lượng tương đối của con voi. Khối lượng đứng yên của vật thể không bao giờ thay đổi, còn khối lượng tương đối thì thay đổi. Cả hai số đo được là các số đo của khối lượng quán tính. Trong chương này chỉ nói về khối lượng quán tính: khi sử dụng từ "khối lượng", cần hiểu nó theo đúng ý nghĩa này.

Cả ba biến số - độ dài, thời gian, khối lượng đều được gộp vào cùng một biểu thức rút gọn Lorenxơ: căn bậc 2 của $1 - v^2/c^2$.

Độ dài và vận tốc kim đồng hồ thay đổi theo cùng một định luật sao cho công thức cho các đại lượng này vẫn như vậy. Đồng thời khối lượng và độ dài của các khoảng thời gian thay đổi theo các định luật đảo ngược, và điều đó có nghĩa là công thức ở đây cần viết như sau: $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Khối lượng của bất kỳ vật thể đo được bởi người quan trắc đang chuyển động đều đối với vật thể ấy, thu được bằng cách nhân khối lượng đứng yên của vật thể với biểu thức dẫn ra ở trên (ở đây v là vận tốc tương đối của đối tượng; c là vận tốc ánh sáng).

Thí dụ, nếu vận tốc tương đối của hai con tàu vũ trụ bằng 260.000 km/giây, người quan sát trên mỗi con tàu sẽ cho rằng con tàu khác ngắn đi một nửa, đồng hồ trên đó chạy chậm hơn hai lần, thời gian một giờ dài gấp đôi và khối lượng con tàu cũng lớn gấp đôi. Tất nhiên, những nhà du hành vũ trụ này trên con tàu riêng của mình sẽ thấy mọi thứ đều bình thường, nếu như các con tàu này có thể đạt tới vận tốc tương đối bằng với vận tốc ánh sáng người quan trắc trên mỗi con tàu hẳn đã cho rằng con tàu kia đã co rút độ dài của mình đến số không, còn khối lượng là vô cùng và thời gian trên con tàu kia chậm đủ mức dừng lại hoàn toàn!

Nếu như khối lượng quán tính không thay đổi theo cách thức nói trên thì tác động không ngừng của lực như vậy, chẳng hạn như lực của động cơ tên lửa hẳn có thể duy trì được sự tăng tốc của con tàu cho tới khi vận tốc này không vượt quá vận tốc ánh sáng. Nhưng điều đó sẽ không xảy ra, bởi vì tùy mức độ con tàu chuyển động càng nhanh lên (chẳng hạn, từ điểm ngắm của người quan trắc), khối lượng tương đối của nó ngày càng tăng lên theo một tỷ lệ trong đó độ dài của nó giảm đi và thời gian chậm lại. Khi con tàu co rút lại bằng một phần mười độ dài ban đầu, khối lượng tương đối của nó sẽ tăng lên

10 lần. Nó tạo ra phản lực lớn gấp 10 lần đối với động cơ tên lửa: như vậy đòi hỏi một lực lớn gấp mười lần so với trường hợp con tàu đứng yên, nhằm bảo đảm cùng một sự tăng tốc. Không bao giờ có thể đạt tới được vận tốc ánh sáng. Ví thử có đạt được thì người quan sát bên ngoài đã mục kích con tàu co rút độ dài của nó bằng không, khối lượng sẽ lớn vô cùng, còn động cơ tên lửa sẽ hoạt động với lực đẩy cực lớn. Các nhà du hành vũ trụ trong con tàu sẽ không thể nào phát hiện được điều này thay đổi gì, song dường như họ nhìn thấy tất cả trong vũ trụ đang bị bỏ lại phía sau với vận tốc ánh sáng, thời gian vũ trụ bị dừng lại, mỗi vì sao dẹt như một cái đĩa và khối lượng thì lớn vô cùng.

Chỉ những tác giả của các chuyện khoa học - viễn tưởng mới có đủ dũng cảm suy tưởng về đề tài rằng các nhà du hành vũ trụ có thể bắt gặp bằng cách nào đó hiện tượng xuyên thủng rào cản ánh sáng. Có thể là vũ trụ dường như là bị phản chiếu và biến thành một ảo ảnh trong gương, các ngôi sao đều có khối lượng âm, còn thời gian vũ trụ thì lùi lại. Không một hiện tượng nào trong đó qua mặt các công thức của thuyết tương đối hẹp. Nếu vận tốc ánh sáng vượt trội, các công thức này cho các giá trị độ dài, thời gian và khối lượng, như các nhà toán học thường nói, là những "số ảo" - những số có căn bậc hai của -1, ai biết được?

Phải chăng con tàu đi qua rào cản ánh sáng bay thẳng đến vương quốc của nhà phù thủy Gutvin đây!

Dù hiểu ra rằng không cái gì có thể đuổi kịp vận tốc ánh sáng, những sinh viên mới bắt đầu nghiên cứu thuyết tương đối thường đăng trí đề cập đến những vận tốc vượt hơn vận tốc ánh sáng. Để hiểu rõ rằng trong trường hợp này đối với thuyết tương đối tốt hơn cả là nên đưa vào thuật ngữ "hệ thống đọc số quán tính" trước đây các tác giả của các công trình về thuyết tương đối thường gọi nó là "hệ thống quán tính" hay là "hệ thống Galilê". Khi có một vật thể bất kỳ tựa hồ một con tàu vũ trụ chuyển động đều, thì người ta nói rằng vật thể đó và tất cả những đối tượng khác chuyển động cùng với nó theo hướng và vận tốc (ví dụ, các đối tượng bên trong con tàu) liên quan với cùng một hệ thống đọc số quán tính. (Hệ thống đọc số quán tính là hệ thống tọa độ Đêcác mà con tàu vũ trụ đó có liên quan). Ở ngoài sự liên quan với hệ thống đọc số quán tính, thuyết tương đối hẹp không thích dụng nữa và có nhiều khả năng quan sát vận tốc vượt trên vận tốc ánh sáng .

Giả dụ chúng ta xem xét một trường hợp đơn giản như sau. Một con tàu vũ trụ chuyển động với vận tốc bằng $3/4$ vận tốc ánh sáng, bay qua bên trên các

bạn và theo chính hướng đông. Cũng tại thời điểm này một con tàu vũ trụ khác chuyển động cũng với vận tốc đó bay bên trên các bạn, thẳng hướng tây. Trong hệ thống đọc số của các bạn có liên quan đến hệ thống đọc số quán tính của trái đất, hai con tàu này bay sát bên nhau với vận tốc tương đối bằng một lần rưỡi vận tốc ánh sáng. Chúng tiến gần với vận tốc đó và tách xa nhau cũng với vận tốc đó. Không có điều gì trong thuyết tương đối cấm kỵ điều đó. Song thuyết tương đối hẹp đòi hỏi rằng nếu bạn bay trên một con tàu, thì sau khi tính vận tốc tương đối của những con tàu đó, bạn sẽ thấy được trị số nhỏ hơn vận tốc ánh sáng.

Chúng ta vận dụng các khả năng để tránh phải áp dụng công cụ toán học của thuyết tương đối trong cuốn sách này, nhưng theo công thức rút ngắn Lorenxơ, công thức cho dưới đây quá đơn giản miễn phải nêu ra. Nếu x là vận tốc của một con tàu đối với trái đất, còn y là vận tốc của con tàu khác, đối với trái đất, thì vận tốc của các con tàu này đối với nhau, như nó được hình dung từ trái đất, tất nhiên sẽ bằng $x + y$. Nhưng tại vị trí của người quan sát trong con tàu nào đó; chúng ta cần phải cộng vận tốc theo công thức sau đây: $(x + y) / (1 + xy/c^2)$

Trong công thức này c là vận tốc ánh sáng. Dễ dàng thấy rằng khi vận tốc con tàu là nhỏ so với vận tốc ánh sáng, công thức này cho kết quả thu được khi cộng hai vận tốc theo cách thông thường. Nhưng nếu vận tốc của con tàu là rất lớn, công thức này cho một kết quả hoàn toàn khả quan. Ta hãy lấy một trường hợp giới hạn và giả thiết rằng thay vì các con tàu vũ trụ, có hai tia sáng đi qua bên trên chúng ta theo hướng ngược. Người quan sát trên mặt đất sẽ nhìn thấy chúng bay tách nhau với vận tốc $2c$, tức là với vận tốc gấp đôi vận tốc ánh sáng. Nhưng nếu như nó chuyển động cùng với một trong những tia đó, thì sau khi tách vận tốc tương đối phù hợp với công thức đã dẫn ở trên nó sẽ thu được: $(c + c) / (1 + c^2/c^2)$ tất nhiên sẽ đạt tới trị số bằng với c .

Nói khác đi, nó sẽ bắt gặp tia sáng khác chuyển động từ nó với vận tốc ánh sáng.

Giả sử tia sáng đi qua trên đầu chúng ta tại thời điểm con tàu vũ trụ chuyển động theo hướng ngược với vận tốc x .

Trong hệ thống đọc số quán tính của trái đất, con tàu và ánh sáng đi qua sát bên nhau với vận tốc $c + x$. Bạn đọc có thể hài lòng sau khi tính trị số vận

tốc ánh sáng thu được nếu đo nó trong hệ thống đọc số quán tính có liên quan đến con tàu vũ trụ. Tất nhiên kết quả lại thu được là c .

Ngoài phạm vi hoạt động của thuyết tương đối hẹp có liên quan chỉ với hệ thống quán tính, vẫn còn có thể nói về vận tốc ánh sáng như về một giới hạn tuyệt đối nào đó. Song giờ đây cần thể hiện điều đó theo cách khác: không có một phương pháp nào cho phép phát tín hiệu từ một thể vật chất đến một vật thể khác với vận tốc vượt quá vận tốc ánh sáng. Khái niệm "tín hiệu" ở đây được sử dụng theo nghĩa rộng của từ này. Nó bao gồm mọi dạng quan hệ nhân - quả, cho phép truyền thông tin bằng bất kỳ dạng năng lượng nào, ví như năng lượng sóng âm, sóng điện từ, sóng va đập ở dạng thể rắn v.v... Không thể phát thông tin lên Sao Hoả với vận tốc vượt quá vận tốc ánh sáng. Không thể làm được điều là viết một bức thư và gửi vào tên lửa, bởi vì như chúng ta thấy trước đây, vận tốc tương đối của tên lửa luôn luôn nhỏ hơn vận tốc ánh sáng. Nếu thông tin được mã hoá và gửi qua radio hoặc rada, thì nó sẽ đến được với vận tốc ánh sáng. Không có dạng năng lượng nào khác có thể bảo đảm việc chuyển tải nhanh hơn mã này.

Mặc dù các tín hiệu không thể truyền đi với vận tốc vượt qua vận tốc ánh sáng, nhưng có thể quan trắc các dạng chuyển động nhất định có quan hệ với người quan trắc, mà vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng. Bạn thử tưởng tượng một cái kéo khổng lồ mà lưỡi kéo chạm tới hành tinh Hải Vương. Cái kéo bắt đầu khép với vận tốc không đổi. Theo diễn giải, tại điểm các mép kéo cắt nhau, sẽ có sự chuyển động tới đầu mút kéo với vận tốc tăng dần lên. Bạn hãy tưởng tượng bạn đang ngồi tại trục bất động chốt hai lưỡi kéo. So với hệ thống đọc số quán tính của bạn, giao điểm này của hai lưỡi kéo sẽ xa dần bạn với vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng. Tất nhiên ở đây xuất hiện chuyển động không phải của vật thể vật chất mà là của một điểm hình học.

Có thể trong đầu bạn nảy ra một ý nghĩ như sau: giả sử vòng kéo ở tại trái đất, còn giao điểm của hai lưỡi kéo ở tận sao Hải Vương. Nếu như bạn khép nhẹ cái kéo lại, sau đó lại mở ra, lặp lại các động tác đó nhiều lần, thì giao điểm sẽ chuyển dịch về phía trước - phía sau. Bây giờ có phải không thể đánh tín hiệu tới sao Hải Vương chỉ trong nháy mắt được không? Không thể, bởi vì sung lượng dẫn đến chuyển động lưỡi kéo cần được truyền lại từ phân tử này đến phân tử khác, còn vận tốc của quá trình này phải nhỏ hơn vận tốc ánh sáng. Trong thuyết tuyệt đối tổng quát không có vật thể cứng tuyệt đối. Trái lại bạn có thể lấy một trục cũng trải dài từ Trái Đất đến sao Hải Vương và truyền thông tin trong nháy mắt trong khi truyền động một đầu. Không có

phương pháp cho phép sử dụng cái kéo khổng lồ hoặc bất kỳ một dạng nào khác được gọi là các đối tượng vượt quá vận tốc ánh sáng.

Nếu như hướng tia sáng của chiếc đèn chiếu lên màn ảnh có đủ độ lớn và độ xa, thì có thể trong khi quay đèn chiếu, phải làm sao cho vết dấu trên màn ảnh sẽ chuyển động theo với nó nhanh hơn ánh sáng. Ở đây lại không có một đối tượng vật chất nào chuyển động, thực ra đó là chuyển động ảo. Nếu hướng đèn chiếu vào khoảng không và bắt đầu quay nó, thì các phần tia sáng ở xa sẽ toả vào không gian với vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng nhiều. Ở chương 5 sẽ trình bày có thể coi trái đất là hệ thống đọc số không quay. Từ điểm ngắm này, vận tốc quay của các ngôi sao quanh trái đất sẽ lớn hơn vận tốc ánh sáng nhiều. Như một nhà thiên văn học đã nhận xét, ngôi sao cách xa chỉ 10 năm ánh sáng có vận tốc vòng đối với trái đất vượt vận tốc ánh sáng 20 ngàn lần. Với phương pháp hình học này để khắc phục rào cản ánh sáng thậm chí không cần theo dõi các ngôi sao. Bằng cách quay cần đà, cậu bé có thể thông báo cho mặt trời vận tốc vòng (theo hệ thống tọa độ liên quan tới cần đà), một vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng nhiều, tức lớn hơn 300 000 km/giây.

Chương 10 nói rằng theo một thuyết phổ biến về vũ trụ các thiên hà ở xa có thể tách xa trái đất với vận tốc vượt quá vận tốc ánh sáng. Không một thí dụ nào mâu thuẫn với điều khẳng định rằng vận tốc ánh sáng là rào cản khi đánh tín hiệu từ một thể vật chất tới một thể vật chất khác.

Một hệ quả quan trọng của thuyết tương đối hẹp mà chúng ta sơ bộ đề cập, là trong những điều kiện nhất định năng lượng chuyển thành khối lượng, còn trong những điều kiện khác thì khối lượng lại trở thành năng lượng. Trước đây các nhà vật lý học cho rằng số lượng đầy đủ của khối lượng trong vũ trụ không bao giờ thay đổi và rằng số lượng đầy đủ của năng lượng cũng không bao giờ thay đổi. Điều đó được biểu thị bởi các định luật "bảo toàn khối lượng" và "bảo toàn năng lượng". Bây giờ cả hai định luật này đều thống nhất vào một định luật đơn giản là "bảo toàn khối lượng - năng lượng".

Khi các động cơ tên lửa làm tăng tốc con tàu vũ trụ, một phần năng lượng làm tăng khối lượng tuyệt đối của con tàu. Khi năng lượng thông báo cho bình cafe bằng cách khiến nó sôi (đồng thời các phân tử của nó cũng tăng lên) lượng chứa bên trong bình cafe trên thực tế có tăng hơn trước ít nhiều. Khi bình cafe nguội đi, khối lượng của nó giảm đi. Khi vận động hồ chúng ta truyền cho nó một năng lượng. Khi thôi vận, đồng hồ bị mất đi phần khối lượng này. Sự tăng, giảm khối lượng là nhỏ vô cùng, đến nỗi không hề nhận

biết được trong các điều kiện tính toán vật lý thông thường. Nhưng sự biến đổi đó của khối lượng thành năng lượng hoàn toàn không phải nhỏ, xem chuyện nổ bom hạt nhân thì thấy rõ!

Vụ nổ bom chính là sự biến đổi chớp nhoáng một phần khối lượng vật chất của bom thành năng lượng. Năng lượng bức xạ bởi mặt trời cũng có nguồn gốc tương tự. Do trọng lực lớn trên mặt trời, khí Hydro trong đó bị áp lực cực lớn và bị đốt nóng đến một nhiệt độ cao khiến các nguyên tử Hydro tổng hợp lại biến thành Heli. Trong quá trình này một phần của khối lượng biến thành năng lượng. Công thức biểu thị tương quan giữa khối lượng và năng lượng, như được biết hiện nay là: $E = mc^2$ bình phương, trong đó E là năng lượng, m là khối lượng, c bình phương vận tốc ánh sáng. Anhtanh có được công thức này từ thuyết tương đối hẹp. Từ công thức này, rõ ràng rằng với một khối lượng cực nhỏ có thể giải phóng một năng lượng cực lớn. Cuộc sống trên trái đất không thể tồn tại nếu không có năng lượng mặt trời, nên quả là không có gì là quá đáng khi nói cuộc sống phụ thuộc vào công thức này. Cũng có thể cho rằng sự kết thúc cuộc sống trên trái đất cũng liên quan tới công thức này. Sẽ không phải là phóng đại khi nói rằng biết hiệu chỉnh yếu tố kinh hoàng được biểu thị bởi công thức đơn giản đó là một vấn đề quan trọng bậc nhất trong số những vấn đề đặt ra trước loài người ở mọi thời đại.

Song bom chỉ là một trong nhiều sự kiện gây ấn tượng nhất xác nhận thuyết tương đối hẹp.

Các chứng minh bằng thực nghiệm bắt đầu được tích lũy khi bài báo của Anhtanh viết vào năm 1905 vừa ráo mực và bây giờ nó đã trở thành một trong những học thuyết vĩ đại nhất của vật lý học hiện đại. Hằng ngày nó vẫn được khẳng định trong các phòng thí nghiệm của các nhà bác học nguyên tử làm việc với các hạt cơ bản chuyển động với các vận tốc gần với vận tốc ánh sáng. Các hạt cơ bản tương tự chuyển động càng nhanh bao nhiêu, lực càng lớn bấy nhiêu, lực càng lớn bấy nhiêu để có thể làm tăng vận tốc của chúng đến một trị số đã cho; nói khác đi là khối lượng tương đối của chúng càng lớn bấy nhiêu. Chính là do nguyên nhân đó mà các nhà vật lý chế tạo những máy móc ngày càng lớn để gia tốc các hạt cơ bản. Cũng cần cả những trường ngày càng mạnh hơn nhằm khắc phục khối lượng các hạt phát triển tùy thuộc vào điều là vận tốc của chúng trở thành ngày càng gần với vận tốc ánh sáng. Hiện nay các điện tử có thể gia tốc đến vận tốc 0,999999999 vận tốc ánh sáng. Đồng thời mỗi điện tử đều có khối lượng (đối

với hệ thống đọc số quán tính của trái đất) lớn hơn đối tượng đứng yên của chúng khoảng 40 ngàn lần.

Khi một hạt cơ bản nào đó chạm với một phản hạt (tức loại hạt có cấu trúc hệt như vậy, nhưng mang điện tích âm) thì sẽ xuất hiện triệt tiêu hoàn toàn.

Toàn bộ khối lượng của cả hai hạt cơ bản hoàn toàn biến thành năng lượng bức xạ. Trong phòng thí nghiệm quá trình này chỉ diễn ra với những hạt cơ bản đơn lẻ. Nếu đến một lúc nào đó các nhà vật lý tạo ra được phản vật chất (loại chất cấu thành từ các phản hạt), thì họ có thể đạt tới giới hạn trong việc sử dụng năng lượng nguyên tử. Một số lượng không lớn lắm các phản vật chất trên con tàu vũ trụ được duy trì bởi các từ trường trong tình trạng căng lên, có thể thống nhất một chút, bảo đảm cho con tàu lực chuyển động đủ để đưa chúng ta lên tới các vì sao.

Thuyết tương đối hẹp được xác nhận đầy đủ bằng thực nghiệm, khiến giờ đây khó có thể tìm thấy nhà vật lý nào nghi ngờ về tính chính xác của thuyết này.

Chuyển động đều là tương đối. Nhưng trước khi có thể nói rằng bất kỳ chuyển động nào cũng là tương đối, cần phải khắc phục trở ngại cuối cùng: đó là quán tính. Cái gì là trở ngại đây và Anhxtanh đã khắc phục nó như thế nào sẽ được miêu tả ở chương 5.

---o0o---

Thuyết tương đối tổng quát

Tại chương 2 chúng ta đã chỉ ra rằng có hai cách phát hiện chuyển động tuyệt đối: đo chuyển động so với chùm sáng và sử dụng hiện tượng quán tính xuất hiện khi tăng tốc đối tượng. Thí nghiệm Maikenxon - Moocly chỉ ra rằng, cách thứ nhất không hiệu quả. Và lại thuyết tương đối hẹp của Anhxtanh đã giải thích nguyên nhân. Tại chương này chúng ta quay về phương pháp thứ hai: sử dụng hiện tượng quán tính như chìa khoá đối với chuyển động tuyệt đối.

Khi con tàu vũ trụ tăng tốc, nhà du hành bên trong con tàu bị ép rất mạnh vào lưng ghế. Hiện tượng quán tính thường gọi là gây ra bởi gia tốc của tên lửa. Phải chăng hiện tượng đó chứng tỏ rằng tên lửa đang chuyển động? Để chứng minh tính chất tương đối của mọi chuyển động bao gồm cả chuyển

động có gia tốc, cần phải làm sao cho có thể lấy tên lửa làm hệ thống đọc số cố định. Trong trường hợp này trái đất và toàn bộ khoảng không vũ trụ sẽ dường như chuyển động về phía sau ngược với tên lửa. Nhưng sau khi xem xét tình hình tạo ra từ điểm ngắm đó, có thể giải thích được lực tác động vào nhà du hành vũ trụ được không? Lực ép anh ta vào lưng ghế cho thấy không nghi ngờ gì nữa rằng tên lửa đang chuyển động chứ không phải là vũ trụ.

Một chứng tỏ khác là trái đất đang quay. Lực li tâm, hiện tượng quán tính, đi kèm sự quay đều kéo căng xích đạo của trái đất khiến cho trái đất dẹt lại. Nếu như chuyển động bất kỳ là tương đối thì phải chăng không thể chấp nhận Trái Đất làm hệ thống đọc số cố định và coi vũ trụ quay xung quanh nó? Tất nhiên có thể hình dung điều đó, nhưng còn việc xích đạo Trái Đất căng ra? Sự căng này chỉ ra rằng bản thân trái đất đang quay, chứ không phải là vũ trụ. Lại nữa, các nhà thiên văn vẫn chưa thỏa thuận là các lực li tâm căng ra và bây giờ xích đạo trái đất hoặc sức căng xuất hiện trong các thời đại địa chất trước đây khi vật chất của trái đất còn đàn tính, còn bây giờ đã bộc lộ nét điển hình của một trái đất cũng là đặc trưng đang được bảo toàn, thậm chí trái đất sẽ ngừng quay. Song tất cả đều đồng ý rằng lực li tâm đáp ứng với sự căng ra này.

Những suy nghĩ khiến Niuton cho rằng chuyển động không phải là tương đối chính là như vậy. Ông đi đến chứng minh sự kiện rằng khi thùng nước quay xung quanh trục thẳng đứng, lực li tâm làm căng mặt nước và thậm chí có thể làm toé nước qua mép thùng. Không thể hình dung rằng vũ trụ quay có thể ảnh hưởng đến nước, do đó Niuton khẳng định cần thừa nhận rằng sự quay của thùng nước là tuyệt đối.

Trong thời gian 10 năm sau khi công bố thuyết tương đối hẹp, Anhtanh đã suy nghĩ nhiều về sự việc này. Đa số các nhà vật lý không xem nó là nhiệm vụ nói chung. Họ nói tại sao chuyển động đều lại không phải là tương đối (như thuyết tương đối hẹp xác nhận điều đó) còn chuyển động có gia tốc lại là tuyệt đối. Tình hình như vậy đã không làm Anhtanh yên tâm. Ông cảm thấy rằng nếu chuyển động không đều là tương đối thì chuyển động có gia tốc cũng phải là như vậy. Cuối cùng vào năm 1916, 11 năm sau khi sáng tạo thuyết tương đối hẹp, ông đã cho công bố thuyết tương đối tổng quát (rộng). Thuyết tương đối này gọi là tổng quát, bởi vì nó là tổng hợp, mở rộng của thuyết tương đối hẹp. Nó bao gồm cả thuyết tương đối hẹp như một trường hợp riêng biệt.

Thuyết tương đối tổng quát là một thành tựu khoa học lớn lao hơn thuyết tương đối hẹp rất nhiều. Nếu như không phải là Anhtanhl lần đầu tiên xây dựng nên thuyết tương đối hẹp, thì không nghi ngờ gì nữa rằng thuyết này chẳng bao lâu cũng sẽ được các nhà vật lý khác xây dựng. Poăngcarê là một trong những người đã gần như tiến đến sát nút. Trong bài phát biểu nổi tiếng của mình vào năm 1904, Poăngcarê đã tiên đoán về sự xuất hiện của "môn cơ học hoàn toàn mới", trong đó không một vận tốc nào có thể đạt tới vận tốc ánh sáng, giống như không một nhiệt độ nào có thể hạ xuống dưới số không độ tuyệt đối. Ông nói sẽ xác lập được nguyên lý của tính tương đối, theo đó định luật của các hiện tượng vật lý phải như nhau, độc lập với điều mà người quan sát đứng yên hoặc đang chuyển động thẳng đều; chúng ta sẽ không có phương pháp phân biệt chúng ta đang ở trong trạng thái yên tĩnh hay đang chuyển động như vậy". Poăngcarê không nhìn thấy bước quyết định cần phải làm để thực hiện chương trình đó, nhưng ông đã bằng trực giác hiểu được bản chất của thuyết tương đối hẹp. Thời gian đó, Anhtanhl còn chưa nhận thức được tư duy của Poăngcarê, Lorenxơ và những người khác đã gần gũi với tư duy của ông như thế nào. Ít năm sau, ông đã đặc biệt đánh giá cao đóng góp xuất sắc của những nhà khoa học này.

Với thuyết tương đối tổng quát, tình hình hoàn toàn khả quan. Theo cách diễn đạt của Telơ, nó là một "bất ngờ tuyệt diệu"; một sự độc đáo như vậy, một sự phi phàm như vậy đã gây ra trong thế giới khoa học một cái gì đó giống như đã xảy ra trong các sàn nhảy của Mỹ khi vào năm 1962, có sự du nhập một điệu nhảy mới, lạ lẫm. Anhtanhl đã thay đổi các tiết tấu xưa cũ của điệu nhảy thời gian và không gian. Trong một thời gian rất ngắn, mỗi nhà vật lý học hoặc đã nhảy một điệu tuýt mới mà không che dấu nổi thảng thốt đang bủa vây mình hoặc tiếc nuối cái cũ đang ngăn cản việc học tập điệu nhảy mới. Nếu như Anhtanhl không được sinh ra thì không nghi ngờ gì nữa rằng những nhà bác học khác hẳn đã cung cấp cho vật lý học một điệu tuýt như vậy, nhưng có thể phải mất 100 năm hoặc lâu hơn nữa. Trong lịch sử khoa học, ít có những học thuyết đặt nên móng như vậy lại là sự nghiệp của một người.

"Niuton, hay tha lỗi cho tôi". Anhtanhl đã viết vào cuối đời. Ở thời đại của mình, ông đã tìm ra con đường duy nhất là giới hạn của bộ óc vĩ đại nhất và năng lượng sáng tạo có thể có "đối với con người". Đó là báu vật của sự kính trọng của nhà bác học thiên tài trong thời đại chúng ta đối với bậc tiền bối thiên tài của mình.

Cái lõi trung tâm của thuyết tương đối tổng quát của Anhxtanh là cái gọi là nguyên lý tương đương.

Nguyên lý tương đương không phải cái gì khác là sự khẳng định đáng ngạc nhiên rằng trọng lực và quán tính cũng thế cả thôi (Niuton chắc hẳn, phải xem Anhxtanh là người mất trí). Điều đó không giản đơn là hiện tượng giống nhau. Trọng lực và quán tính là hai từ khác nhau đối với cùng một hiện tượng.

Anhxtanh không phải là nhà bác học đầu tiên bị chinh phục bởi sự trùng hợp kỳ lạ giữa các hiện tượng trọng lực và quán tính. Chúng ta cũng hình dung rằng một quả đạn pháo và một quả cầu gỗ nhỏ rơi cùng một độ cao. Giả sử trọng lượng của quả đạn lớn gấp 100 lần quả cầu gỗ. Điều đó có nghĩa là trọng lực tác động vào quả đạn lớn gấp 100 lần lực tác động vào quả cầu gỗ. Dễ dàng hiểu nguyên do mà kẻ thù của Galilê đã không thể tin rằng các quả cầu này đều đạt tới trái đất cùng một lúc. Ngày nay, tất nhiên chúng ta đều biết rằng nếu bỏ qua lực cản của không khí thì các quả cầu sẽ rơi cùng nhau. Để giải thích hiện tượng này Niuton phải giả thiết một điều gì đó rất táo bạo. Ở mức độ trọng lực kéo quả đạn xuống dưới thì quán tính của quả đạn và lực cản đã giữ nó lại. Trên thực tế trọng lực tác động vào quả đạn lớn gấp 100 lần so với tác động vào quả cầu gỗ, song lực quán tính giữ lại quả đạn cũng mạnh hơn đúng 100 lần.

Các nhà vật lý thường diễn đạt điều đó bằng những lời lẽ khác. Trọng lực tác động vào đối tượng luôn luôn tỉ lệ với khối lượng quán tính của đối tượng đó. Nếu đối tượng A nặng gấp đôi đối tượng B, lực quán tính của nó cũng lớn gấp đôi. Cần có lực lớn gấp đôi để tăng tốc đối tượng A đạt tới vận tốc cuối cùng giống như của đối tượng B. Nếu không như vậy, thì các vật trọng lượng khác nhau hẳn sẽ rơi với các gia tốc khác nhau.

Để dễ dàng hình dung ra một thế giới mà ở đó không có tính tỉ lệ giữa các lực này (lực quán tính và lực hấp dẫn). Và trên thực tế vào các thời kỳ từ Aristor đến Galilê, các nhà bác học đã hình dung ra một thế giới đúng như vậy! Chúng ta cảm thấy rất lạ quan trong một thế giới như vậy. Bị thay đổi điều kiện trong thang máy hạ xuống, nhưng lại dường như không cảm nhận là đang ở trong đó. Dù ở đó như thế nào chúng ta đều có hạnh phúc được sống trong một thế giới mà hai lực này tỷ lệ với nhau. Lần đầu tiên Galilê đã chứng minh điều đó. Các thí nghiệm chính xác cực kỳ khẳng định phát minh của Galilê đã được thực hiện khoảng năm 1900 bởi nhà vật lý - nam tước Hung Rolan Phon Etves. Việc kiểm tra toàn diện chính xác nhất cũng đã

được thực hiện mấy năm sau đó bởi một nhóm nhà bác học thuộc trường Đại học Prinxtton. Với độ chính xác mà họ có thể đạt được, khối lượng trọng trường (trọng lượng) luôn luôn tỷ lệ với khối lượng quán tính.

Tất nhiên, Niuton biết về mối quan hệ giữa trọng lực và quán tính: mỗi quan hệ buộc mọi vật đều rơi với gia tốc như nhau, nhưng ông đã không giải thích được. Đối với ông, mỗi quan hệ đã dường như là sự trùng lặp ngẫu nhiên. Do sự trùng hợp như vậy có thể lợi dụng quán tính bằng cách làm cho trường trọng lực (trọng trường) xuất hiện và biến mất. Ở chương đầu tiên đã đề cập đến trường trọng lực nhân tạo có thể tạo ra trong con tàu vũ trụ có dạng hình trụ bằng cách quay con tàu như bánh xe. Lực li tâm sẽ ép vật vào mép ngoài. Khi con tàu quay với vận tốc không đổi xác định có thể có được báo trong con tàu một trường lực quán tính với tác động giống như trường trọng lực của trái đất. Nhà du hành vũ trụ đang dạo chơi sẽ cảm nhận như trên một sàn cong. Các vật thể ném ra sẽ rơi xuống sàn đó. Khói sẽ toả lên trên trần. Mọi hiện tượng sẽ giống hệt như ở trọng trường bình thường. Để minh họa tình hình đó Anhtanh đã đề xuất một thí nghiệm lý thuyết như sau.

Bạn thử tưởng tượng trong vũ trụ có một cái thang máy chuyển dịch lên phía trên với vận tốc tăng không ngừng. Nếu gia tốc không đổi và với độ chính xác bằng gia tốc rơi xuống trái đất của vật thể, thì con người bên trong thang máy sẽ cảm thấy giống như tại trọng trường với độ chính xác bằng ở trái đất. Bằng phương pháp này có thể không chỉ mô hình hoá trọng lực mà còn trung tính hoá nó. Trong thang máy đi xuống, ví dụ như vậy, gia tốc đi xuống triệt tiêu hoàn toàn ảnh hưởng của trọng lực bên trong cabin. Trạng thái với $g = 0$ (vắng lực hấp dẫn) tồn tại bên trong con tàu vũ trụ suốt thời gian nó ở trạng thái rơi tự do, tức khi nó chuyển động chỉ dưới tác động của trọng lực. Trạng thái không trọng lượng mà các nhà du hành vũ trụ Liên Xô và Mỹ cảm nhận được trong các chuyến bay vòng quanh trái đất được giải thích rằng các con tàu của họ ở trong trạng thái rơi tự do trong khi bay vòng quanh trái đất. Toàn bộ thời gian khi động cơ tên lửa của con tàu vũ trụ hoạt động, bên trong con tàu sẽ có trạng thái với $g = 0$.

Sự tương quan nổi tiếng giữa trọng lực và quán tính vẫn chưa giải thích được cho đến khi Anhtanh còn chưa sáng tạo ra thuyết tương đối tổng quát. Cũng giống như trong thuyết tương đối hẹp, ông đã đề xuất một giả thiết đơn giản nhất, táo bạo nhất. Bạn hãy nhớ lại rằng trong thuyết tương đối hẹp, Anhtanh đã nhận định rằng nguyên nhân không thấy được ngọn gió ête là ở chỗ không có một ngọn gió ête nào cả.

Trong thuyết tương đối tổng quát ông đã nói: trọng lực và quán tính cũng như nhau cả thôi bởi vì chúng là một.

Thật là không đúng khi nói rằng bên trong của các thang máy rơi tự do lực hút của trái đất là trung tính. Lực hút (lực hấp dẫn) không hề trung tính, nó bị triệt tiêu thôi. Lực hút trên thực tế bị biến mất. Tương tự như vậy cũng không đúng khi nói rằng lực hấp dẫn trong con tàu vũ trụ đang quay hoặc trong thang máy đang đi lên là mô hình hoá được. Chính trong trường hợp này lực hấp dẫn không mô hình hoá được, nó được tạo ra bởi phương pháp đó có hình dạng toán học khác so với trường trọng lực bao quát các thiên thể lớn như trái đất chẳng hạn, nhưng ít ra đó là trường trọng lực thông thường. Giống như trong thuyết tương đối hẹp, sự mô tả toán học giới tự nhiên trở nên phức tạp trong thuyết tương đối tổng quát, song cuối cùng cũng làm rõ sự phức tạp ấy. Thay vì hai lực khác nhau chỉ còn lại một lực. Thêm nữa, lý thuyết cũng dẫn đến một dự báo mới có thể kiểm tra bằng thực nghiệm.

Nguyên lý tương đương của Anhtan tương đương của lực hấp dẫn và lực quán tính cho phép xem xét mọi chuyển động trong đó có cả chuyển động với gia tốc đều là tương đối, khi thang máy tương đương của Anhtan với gia tốc tăng lên chuyển động trong vũ trụ, bên trong nó có thể quan sát các hiện tượng quán tính. Nhưng về mặt lý thuyết có thể xem thang máy là một hệ thống đọc số cố định. Khi đó toàn bộ vũ trụ cùng với tất cả các thiên hà của nó dường như chuyển động về phía dưới gần với thang máy với vận tốc tăng lên. Chuyển động có gia tốc này của vũ trụ tạo ra một trường trọng lực buộc mọi vật thể trong thang máy ép vào sàn. Có thể nói rằng các hiện tượng này không phải là quán tính mà là trọng lực.

Nhưng trên thực tế chuyện gì sẽ xảy ra. Thang máy chuyển động và chuyển động của nó tạo ra hiện tượng quán tính, hoặc là vũ trụ chuyển động đồng thời tạo ra trọng trường? Đó là một câu hỏi không đúng. Không hề có một chuyển động "thực", tuyệt đối nào, chỉ có sự tồn tại tương đối của thang máy và vũ trụ chuyển động tương đối đó tạo ra trọng trường được mô tả bởi các phương trình trường của thuyết tương đối tổng quát. Trọng trường có thể gọi là trường trọng lực hay trường quán tính tùy thuộc vào việc lực chọn hệ thống đọc số nên dùng hệ thống tính toán là thang máy thì ta có trường trọng lực. Còn nếu lấy vũ trụ làm hệ thống tính toán, thì ta có trường quán tính. Lực quán tính và lực hấp dẫn tất cả chỉ là các từ khác nhau được áp dụng cho cùng một hiện tượng. Đương nhiên coi vũ trụ là đứng yên thì đơn giản hơn và thuận tiện hơn. Trong trường hợp này không ai gọi trường bên trong

thang máy là trường trọng lực. Song thuyết tương đối tổng quát lại nói rằng trường này có thể gọi là trường trọng lực, nếu chọn được hệ thống tính toán thích hợp.

Không một thí nghiệm được thực hiện bên trong thang máy có thể chứng minh "sự giả dối" của quan niệm đó.

Khi nói rằng người quan trắc bên trong thang máy không thể đo trường ép anh ta vào sàn là trường quán tính hay trường trọng lực, thì điều đó không có nghĩa rằng có thể tìm ra sự khác biệt giữa trường này và trường trọng lực bao quanh nhiều vật thể như hành tinh chẳng hạn. Trường trọng lực xung quanh trái đất, ví dụ, có sự đối xứng mặt cầu và một trường như vậy không thể tạo ra chính xác bằng gia tốc của thang máy trong không gian. Nếu như có hai quả táo tách nhau ra một mét, sau đó ném từ một độ cao lớn xuống đất, thì, khi rơi chúng sẽ sát lại gần nhau, bởi vì mỗi quả táo đều rơi theo đường thẳng hướng về tâm trái đất. Song, trong thang máy đang chuyển động mọi vật đều rơi theo đường song song. Sự khác biệt này giữa hai trường có thể thấy được bằng các thí nghiệm bên trong thang máy, nhưng bằng những thí nghiệm này không thể thấy được sự khác biệt giữa lực quán tính và lực hấp dẫn. Trong các thí nghiệm chỉ có thể phân biệt các trường có cấu trúc toán học khác nhau mà thôi.

Tình hình tương tự xuất hiện cả trên trái đất đang quay. Cuộc tranh luận thời cổ đại rằng trái đất quay hay bầu trời quay quanh nó (như Aristot quan niệm) dường như không khác gì cuộc tranh luận về lựa chọn chính hệ thống tính toán (đọc số đơn giản nhất). Tất nhiên tiện nhất là chọn hệ thống tính toán liên quan đến vũ trụ.

Chúng ta nói rằng, đối với vũ trụ, trái đất quay và lực quán tính làm dẹt trái đất kéo căng nó về xích đạo. Không có cái gì ngoài sự bất tiện ngăn cách chúng ta chọn trái đất làm hệ thống tính toán cố định. Trong trường hợp này, chúng ta nói rằng vũ trụ quanh trái đất đồng thời tạo ra trường trọng lực tác động vào quỹ đạo của nó. Và chính là trường đó sẽ lại có cấu trúc khác về mặt toán học, trường trọng lực càng quay xung quanh trái đất (hành tinh) thì nó lại càng đáng được gọi là trường trọng lực. Nếu như chúng ta chọn trái đất làm hệ thống tính toán cố định, chúng ta thậm chí không phải thay đổi ngôn ngữ hàng ngày của chúng ta. Chúng ta nói rằng mặt trời mọc vào buổi sáng và lặn vào buổi chiều, rằng chòm sao Đại Hùng Tinh quay xung quanh sao Bắc cực (sao Bắc Đẩu). Quan điểm đó có "đúng" không? Bầu trời quay hay Trái Đất quay đúng? Câu hỏi đó vô nghĩa. Cũng giống như một cô bán

hàng hỏi khách hàng rằng ăn nhân kem kẹp trong bánh nướng hay ăn bánh nướng kèm nhân kem vậy.

Bạn hãy thử tưởng tượng vũ trụ trang bị bằng một "vòng tay" nào đó đối với vật thể trong đó (trong chương 7 sẽ xem xét vấn đề về sự xuất hiện các vòng tay đó). Tính ngẫu nhiên của các vòng tay này là ở chỗ, chừng nào vật thể vẫn chuyển động trong vũ trụ một cách thẳng đều, vũ trụ không ngăn cản chuyển động của nó. Chỉ khi có ý đồ buộc vật thể chuyển động không đều (có gia tốc) vòng tay (vòng ôm) mới bị co lại. Nếu lấy vũ trụ làm hệ thống tính toán cố định thì vòng ôm được gọi là lực quán tính của vật thể, là trở kháng của nó đối với sự thay đổi của chuyển động. Nếu lấy vật thể làm hệ thống tính toán cố định, vòng ôm được gọi là lực hấp dẫn nhằm làm cho vũ trụ duy trì chuyển động không đều của vật thể đối với nó.

Thuyết tương đối tổng quát được tóm tắt như sau, Niuton đã lí giải rằng nếu người quan trắc ở trong trạng thái chuyển động thẳng đều, thì không có một thí nghiệm cơ học nào có thể phân biệt được trạng thái của nó với trạng thái đứng yên, thuyết tương đối hẹp đã truyền bá kết luận này sang cả những thí nghiệm quang học. Thuyết tương đối tổng quát là sự tiếp nối theo thứ tự của thuyết tương đối hẹp đối với chuyển động không đều. Không một thực nghiệm nào, theo thuyết tương đối tổng quát, dù kiểu gì đi chăng nữa, có thể giúp người quan trắc, dù trong chuyển động nào cũng vậy, đều hoặc là không đều, phân biệt được trạng thái của mình với trạng thái đứng yên.

Thực chất của thuyết tương đối tổng quát đôi khi được khái quát như sau: mọi định luật của tự nhiên đều là không đổi (như nhau) đối với bất kỳ người quan trắc nào. Điều đó có nghĩa là độc lập với người quan trắc chuyển động như thế nào, anh ta có thể mô tả mọi định luật của tự nhiên (mà anh ta quan niệm) bằng những phương trình toán học như nhau. Anh ta có thể là nhà bác học đang làm việc trong một phòng thí nghiệm trên mặt đất, hoặc trên mặt trăng, hoặc trong con tàu vũ trụ lớn đang tăng tốc từ từ trên con đường tới vì sao xa xôi, thuyết tương đối tổng quát cho anh ra hàng loạt phương trình, nhờ đó có thể biểu thị mọi định luật của tự nhiên thể hiện trong bất kỳ thí nghiệm nào được thực hiện. Các phương trình này chính xác độc lập với việc người quan trắc ở trạng thái tĩnh hoặc trong trạng thái chuyển động đều, hay có gia tốc đối với bất kỳ vật thể nào khác.

Ở chương tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét tỉ mỉ hơn lý thuyết hấp dẫn của Anhtan và mối quan hệ của nó với khái niệm quan trọng mới được biết dưới tên gọi không gian - thời gian.

Lực hấp dẫn và không gian - thời gian

Trước khi có thể nói một điều gì đó về thuyết hấp dẫn của Anhxtanh cần có một số nhận xét ngắn về hình học bốn chiều phi Ơcolit. Hecman Mincopxki, nhà toán học người Ba lan đã cho thuyết tương đối một vẻ đẹp thuật ngữ kiểu diễm của không gian thời gian bốn chiều. Nhiều ý tưởng của chương này ở một mức độ như vậy thuộc về Mincopxki cũng giống như thuộc về Anhxtanh.

Ta hãy khảo sát một điểm hình học. Nó không có kích thước. Khi chuyển động dọc theo đường thẳng nó tạo ra đường thẳng mang một số đo. Ta kẻ một đường thẳng dưới một góc vuông với đường thẳng ấy và nó sẽ tạo ra một mặt phẳng mang hai số đo. Nếu chuyển động mặt phẳng dưới một góc vuông và mặt phẳng ấy, nó sẽ tạo ra một không gian ba chiều. Và đó là giới hạn mà chúng ta đạt tới trong tưởng tượng của mình. Nhưng nhà toán học hình dung (không phải với ý nghĩ ông tạo ra trong tưởng tượng một bức tranh nào đó, mà là với ý nghĩa ông ta chế tác một công cụ toán học chuyển động của không gian ba chiều theo hướng vuông góc với cả ba số đo. Điều đó sản sinh ra không gian Ơcolit bốn chiều không nhất thiết phải dừng lại ở con số bốn. Chúng ta có thể chuyển sang các không gian năm, sáu, bảy hoặc nhiều số đo hơn nữa. Tất cả các không gian này đều là Ơcolit. Chúng là sự phát triển của hình học Ơcolit giống như là hình học không gian Ơcalit là sự phát triển của hình học phẳng Ơcolit.

Hình học Ơcolit trên một số định lý mà một trong những định lý đó là định lý nổi tiếng về đường thẳng song song. Định lý được phát biểu như sau: Trên một mặt phẳng qua một điểm đã cho nằm ngoài đường thẳng đã cho, có thể kẻ một đường thẳng và chỉ một đường thẳng song song với đường thẳng đó. Người ta nói rằng mặt Ơcolit trên đó thực hiện tiên đề này là một mặt phẳng. Nó có tỉ suất công bằng và diện tích là vô cùng, Hình học phi Ơcolit là hình học trong đó định lý về các đường thẳng song song được thay bằng định lý khác. Đồng thời có thể có hai trường hợp khác nhau căn bản.

Trường hợp thứ nhất được gọi là hình học eliptic (bầu dục), nói rằng, trên một mặt qua một điểm đã cho nằm ngoài đường đã cho, không thể kẻ một đường song song với nó. Mặt của hình cầu là một mô hình thô thiển, không chính xác của mặt phi Ơcolit kiểu như vậy. Đường "thẳng nhất" trên mặt cầu

là vòng tròn lớn (vòng tròn có đường kính bằng với đường kính hình cầu). Tất cả các vòng tròn lớn đều cắt nhau, do đó không thể có chuyện hai vòng tròn lớn song song. Người ta nói rằng mặt phi Ócolit kiểu này có tỉ suất cong dương. Tỉ suất cong như vậy dẫn đến tình hình là bề mặt bị co lại. Nó có diện tích hữu hạn chứ không phải là vô hạn.

Hình học phi Ócolit kiểu khác được gọi là hình học Hypebolic, là hình học trong đó tiên đề Ócolit về đường thẳng song song được thay bằng tiên đề phát biểu như sau: trên một mặt qua một điểm nằm ngoài đường đó có thể kẻ vô hạn đường, song song với nó. Một mô hình thô sơ của phần bề mặt khi đó chính là bề mặt hình yên ngựa. Người ta nói rằng một mặt như vậy có tỉ suất cong âm. Nó không bị co lại. Tương tự mặt phẳng Ócolit, nó kéo dài đến vô cực theo tất cả các hướng. Cả hình học eliptic, cả hình học hypebolic đều là hình học của những mặt có tỉ suất cong không đổi. Điều đó có nghĩa là tỉ suất cong ở đâu cũng là một, các đối tượng không chịu biến dạng khi chuyển từ điểm này sang điểm khác. Hình học phi Ócolit kiểu tổng quát hơn thường được gọi là hình học Riman. Đó là thứ hình học trong đó tỉ suất cong có thể thay đổi từ điểm này qua điểm khác theo cách thức bất kỳ đã cho.

Hệt như có hình học Ócolit của các không gian 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... số đo có cả hình học phi Ócolit 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... số đo.

Khi sáng tạo thuyết tương đối tổng quát, Anhtanh cho là cần thiết phải sử dụng hình học bốn chiều Riman. Song thay cho số đo không gian thứ tư, Anhtanh đã chọn số đo thứ tư là thời gian. Trong khái niệm số đo thứ tư không có gì là bí mật và huyền bí cả. Đơn giản chỉ có nghĩa là mỗi sự kiện đều có vị trí trong vũ trụ, đều là sự kiện xuất hiện trong thế giới bốn chiều của không gian thời gian.

Điều đó có thể tự làm sáng tỏ sau khi nghiên cứu các sự kiện sau đây. Bạn ngồi ô tô vào lúc hai giờ trưa và rời nhà đến nhà hàng ở 3 km về phía nam và 4 km về phía đông cách nhà bạn. Trên mặt phẳng hai chiều khoảng cách ngắn nhất từ nhà bạn đến nhà hàng là cạnh huyền của hình tam giác vuông có cạnh là 3 và 4 km. Cạnh huyền này có độ dài 5 km. Nhưng bạn cũng phải mất một thời gian nào đó, chẳng hạn là mười phút cho cuộc đi. Khoảng thời gian đó có thể biểu diễn trên đồ thị ba số đo. Một tọa độ trên đồ thị này là khoảng cách về phía nam tính bằng km, tọa độ kia là khoảng cách về phía đông tính bằng km. Còn tọa độ theo hướng thẳng đứng là thời gian tính bằng phút. Trên đồ thị ba số đo của không gian - thời gian "khoảng" (khoảng

không - thời gian) giữa hai sự kiện (cuộc đi của bạn từ nhà đến nhà hàng) được biểu thị dưới dạng đường thẳng.

Đường thẳng này không phải là dạng đồ thị của cuộc đi thực tế. Đơn giản nó là số đo của khoảng không thời gian giữa hai sự kiện. Đồ thị cuộc đi có thể là đường cong phức tạp, bởi vì ô tô của bạn tăng tốc ở lúc đầu chuyển động, địa hình đường sá có thể làm cuộc đi đến nhà hàng không thể thực hiện theo đường thẳng, ở đâu đó trên đường bạn phải dừng lại khi đèn đỏ. Đồ thị hình sóng phức tạp của cuộc đi trên thực tế theo thuyết tương đối được gọi là "đường êm dịu" của cuộc đi. Trong trường hợp vừa khảo sát đó là đường trong không - thời gian ba chiều hoặc (như đôi khi gọi như vậy) là không gian ba chiều Mincopxki.

Bởi vì cuộc đi này trên ô tô xảy ra trên mặt phẳng có hai số đo, dường như có thể thêm một số đo nữa là thời gian và biểu thị nó dưới dạng một đồ thị ba chiều. Khi các sự kiện xảy ra trong không gian ba chiều, không thể vẽ đồ thị trong không gian bốn chiều, song các nhà toán học biết hướng tới các đồ thị như vậy, chỉ không vẽ chúng ra mà thôi. Bạn thử hình dung một nhà bác học bốn chiều là người biết vẽ đồ thị bốn chiều cũng dễ dàng như một nhà bác học bình thường vẽ các đồ thị hai và ba chiều. Ba tọa độ của đồ thị, anh ta vẽ tương đối ứng với ba số đo của không gian chúng ta. Tọa độ thứ tư đó là thời gian. Nếu con tàu vũ trụ rời khỏi trái đất và đáp xuống Sao Hỏa, nhà bác học tưởng tượng của chúng ta sẽ biểu thị đường êm dịu của cuộc đi này dưới dạng đường cong trên đồ thị bốn chiều (sẽ là đường cong, bởi vì con tàu không thể đi qua đoạn đường như vậy mà không tăng tốc). "Khoảng" không - thời gian giữa cất cánh và hạ cánh sẽ được biểu diễn trên đồ thị này bằng một đường thẳng.

Trong thuyết tương đối bất kỳ một vật thể nào cũng đều là cấu trúc bốn chiều, chuyển động dọc đường êm dịu thế giới bốn chiều không gian - thời gian. Nếu như có một vật thể nào đó được coi là đứng yên so với ba tọa độ không gian, nó vẫn phải chuyển động trong thời gian. Đường êm dịu sẽ là đường thẳng song song với trục thời gian của đồ thị. Nếu vật thể chuyển động đều trong không gian, đường êm dịu của nó sẽ là đường thẳng như trước, nhưng giờ đây lại song song với trục thời gian. Nếu vật thể chuyển động không đều, thì đường êm dịu sẽ trở thành đường cong.

Bây giờ chúng ta có thể xem xét hiện tượng co rút Lorenxơ - Phitxojeral của thuyết tương đối hẹp từ quan điểm mới: từ quan điểm của Mincopxki, nói một cách khác là từ quan điểm của nhà bác học bốn chiều của chúng ta. Như

chúng ta đã thấy khi hai còn tàu vũ trụ đi sát bên nhau trong trạng thái chuyển động tương đối, người quan sát trên mỗi con tàu phát hiện ra những thay đổi nào đó hình dạng của con tàu kia, cũng như những thay đổi tốc độ của đồng hồ trên con tàu khác. Điều đó xảy ra do nguyên nhân rằng không gian và thời gian không phải là những đại lượng tuyệt đối không phụ thuộc lẫn nhau. Chúng giống như người ta vẫn thường nói, là hình chiếu của các đối tượng không gian thời gian. Nếu đặt cuốn sách đối diện với nguồn sáng và chiếu bóng nó lên thành hai chiều thì khi xoay cuốn sách, có thể thay đổi bóng của nó. Ở vị trí này, bóng của cuốn sách là một hình chữ nhật rộng, ở vị trí khác lại là hình chữ nhật hẹp. Bản thân cuốn sách không thay đổi hình dạng chỉ có cái bóng hai chiều của nó thay đổi mà thôi. Bằng cách tương tự người quan sát nhìn thẳng cấu trúc bốn chiều, chẳng hạn một con tàu vũ trụ trong những hình chiếu ba chiều khác nhau tùy thuộc vào điều là nó chuyển động như thế nào với con tàu. Trong một số trường hợp hình chiếu choán nhiều không gian hơn và ít thời gian hơn, trong các trường hợp khác thì ngược lại. Những thay đổi anh ta quan sát được trong các sơ đồ không gian và thời gian của con tàu khác, có thể giải thích là sự "đảo" con tàu trong không - thời gian dẫn đến sự thay đổi hình chiếu của nó đối với không gian và thời gian. Chính Mincopxki đã có ý như vậy khi (năm 1908) ông bắt đầu bài giảng nổi tiếng tại đại hội lần thứ 80 của hội các nhà khoa học tự nhiên và vật lý học của Đức. Bài giảng này đã được công bố trong cuốn sách "Nguyên lý tương đối" của Anbe Anhxtanh và những người khác. Không có một cuốn sách phổ biến nào về thuyết tương đối là hoàn hảo mà không có trích dẫn từ bài giảng của Mincopxki:

"Các quan điểm về không gian và thời gian mà tôi muốn trình bày trước các bạn đã được phát triển trên cơ sở của vật lý thực nghiệm và đó là sức mạnh của chúng".

Chúng thật là cơ bản. Từ nay bản thân không gian và bản thân thời gian đều được thể hiện trong các hình dáng đơn giản và chỉ có sự thống nhất nào đó của cả hai mới giữ gìn một thực tế độc lập.

Từ đó hiểu ra rằng cấu trúc không - thời gian, cấu trúc bốn chiều của con tàu vũ trụ vẫn là bền vững và không thay đổi giống như trong vật lý cổ điển. Ở đây có sự khác biệt căn bản giữa lý thuyết co rút đã bị bác bỏ của Lorenxo và lý thuyết co rút của Anhxtan. Đối với Lorenxo sự co rút là co rút thực tế của vật thể ba chiều. Đối với Anhxtanh vật thể thực tế là vật thể bốn chiều không bị thay đổi. Hình chiếu ba chiều của nó và thời gian có thể thay đổi, nhưng con tàu bốn chiều trong không gian thời gian là không thay đổi.

Đó là một minh chứng khác cho thấy tuyệt tương đối đã chấp nhận những tuyệt đối mới. Hình dạng bốn chiều của vật thể rắn là tuyệt đối và không thay đổi. Tương tự như vậy, khoảng cách bốn chiều giữa hai sự kiện trong không gian thời gian là khoảng cách tuyệt đối. Nhưng người quan sát chuyển động với vận tốc lớn trong các trạng thái khác nhau của chuyển động tương đối, có thể bất đồng ý kiến cho rằng hai sự kiện càng ở xa nhau chừng nào trong không gian và chúng càng cách nhau thế nào về thời gian song tất cả những người quan sát đều độc lập với chuyển động của chúng, đều đi đến thống nhất là hai sự kiện đó đều chia tách như vậy trong không gian thời gian.

Trong vật lý học cổ điển, một vật thể nếu không có lực nào tác động vào thì nó sẽ chuyển động trong không gian theo đường thẳng với vận tốc không đổi. Thí dụ, một hành tinh đã chuyển động theo đường thẳng, nếu như không duy trì được lực hấp dẫn với mặt trời. Như vậy, mặt trời sẽ buộc hành tinh chuyển động theo quỹ đạo hình bầu dục (elip).

Trong thuyết tương đối, một vật thể chừng nào chưa có lực tác động vào thì nó cũng chuyển động theo đường thẳng với vận tốc không đổi, song đường thẳng đó phải được xem là một đường trong không gian - thời gian, chứ không phải trong không gian. Tất nhiên điều đó đều đúng cả khi có lực hấp dẫn. Vấn đề là ở chỗ lực hấp dẫn, theo Anhxtanh, 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 Oơclit 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 ba chiều (chính xác hơn là những thực thể chia tách ra thành không gian ba chiều và thời gian một chiều) chúng ta sẽ thấy con đường của nó trong không gian dưới dạng hình bầu dục (elip).

Các tác giả viết về thuyết tương đối thường giải thích điều đó như sau. Ta thử hình dung một cục tẩy phẳng gắn vào một khung hình chữ nhật. Quả cam được đặt lên cục tẩy đó tạo ra một hõm. Quả cầu được đặt gần quả cam

sẽ lăn vào đó. Quả cam không "hấp dẫn" quả cầu. Nó tạo ra trường (hỗm) có cấu trúc khiến quả cầu khi chọn con đường ít bị cản nhất để lăn vào đó. Bằng cách tương tự đại loại như vậy mà không gian 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: trong 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 Ócolit, 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.

Trong hình học Ócolit bốn chiều, nơi mọi số đo đều là số đo không gian, đường trắc địa cũng là đường thẳng nhất và ngắn nhất nối hai điểm. Nhưng trong hình học phi Ócolit không gian thời gian của Anhxtanh thì không phải đơn giản như vậy. Có ba số đo không gian và một số đo thời gian thống nhất theo các phương trình của thuyết tương đối. Các phương trình đó giống như đường trắc địa, mặc dù vẫn là đường thẳng nhất trong không gian - thời gian, có khoảng cách dài nhất, chứ không phải ngắn nhất. Khái niệm này không thể giải thích nên không vận dụng công cụ tính toán phức tạp, song nó cho kết quả kỳ dị như sau - Một vật thể chuyển động dưới tác động chỉ của lực hấp dẫn, luôn luôn chọn con đường đòi hỏi thời gian ngắn nhất, nếu nó được đo theo đồng hồ riêng. Bectoräng Rutxen đã gọi đó là "định luật lười của vũ trụ". Quả táo rơi theo đường thẳng xuống phía dưới, tên lửa chuyển động theo hình parapol, trái đất chuyển động theo hình elip (bầu dục) bởi vì chúng đều "lười" tránh phải chọn con đường khác.

Chính là định luật lười vũ trụ đó buộc vật thể chuyển động trong không gian - thời gian khiến đôi khi chuyển động đó được giải thích bằng lực quán tính, ở trường hợp khác lại bằng lực hấp dẫn. Nếu như bạn buộc sợi dây vào quả táo chuyển động theo đường thẳng. Chúng ta nói rằng quán tính của quả táo cuốn hút sợi dây. Nếu sợi dây bị đứt, quả táo sẽ bay theo đường thẳng. Có cái gì đó tương tự xảy ra khi quả táo rơi từ trên cây xuống. Trước khi nó rơi cành cây không là cho nó chuyển động theo đường thẳng bốn chiều. Quả táo

trên cành cây đứng yên (so với trái đất), nhưng nó vẫn chuyển động trong thời gian, bởi vì nó không ngừng chín. Nếu như không có trường hấp dẫn, diễn tiến đó dọc theo trục thời gian hẳn đã được biểu diễn bằng đường thẳng trên đồ thị bốn chiều. Nhưng lực hút của trái đất làm cong không gian - thời gian xung quanh quả táo. Do đó đường giới hạn của quả táo sẽ trở nên cong, khi quả táo rời cành, nó tiếp tục chuyển động trong không gian thời gian, nhưng (sẽ là quả táo lười) giờ đây lại nấn thẳng đường đi của mình và lực chọn đường trắc địa. Chúng ta thấy đường trắc địa này giống như đường quá táo rơi và ta xem sự rơi là do lực hút. Song nếu muốn, chúng ta có thể nói rằng lực quán tính của quả táo, sau khi nó bất ngờ rời khỏi đường cong của nó sẽ rơi xuống đất.

Giả sử sau khi quả táo rơi một cậu bé đi qua và đá nó đi. Cậu bé kêu đau vì các ngón chân bị thương. Tỉn đồ của Niuton nói rằng quán tính của quả táo đối kháng với cú đá này. Tỉn đồ của Anhtanh có thể cũng nói như vậy, nhưng anh ta cũng có thể nói nếu điều đó là anh ta thích thú hơn, rằng các ngón chân của cậu bé buộc toàn bộ vũ trụ (bao gồm cả các ngón chân) tăng tốc theo hướng ngược lại, mà điều đó dẫn đến việc tạo ra trường hấp dẫn với một lực hút quả táo vào các ngón chân. Tất cả những cái đó là vấn đề công thức hóa. Về mặt toán học tình hình này được mô tả bằng một hệ thống phương trình không thời gian của trường, song vẽ nó có thể nói (nhờ nguyên lý tương đương) bằng ngôn ngữ của một trong hai công thức của Niuton (trọng lực và lực quán tính).

Mặc dù thuyết tương đối thay lực hấp dẫn bằng sự biến đổi hình học của không gian - thời gian, nó vẫn còn để lại nhiều vấn đề quan trọng mà không có câu trả lời. Chẳng hạn độ cong đó là tức thời trong toàn bộ không gian hoặc được truyền bá giống như sóng? Đa số các nhà vật lý đều cho rằng tỉ suất cong chuyển động giống như sóng và chuyển động đó xảy ra với vận tốc ánh sáng. Thậm chí còn có giả thiết là sóng trọng trường bao gồm các hạt không chia tách được có năng lượng hữu hạn và được gọi là các "hạt trọng lực", song cho đến bây giờ không một thực nghiệm nào phát hiện ra cả sóng lẫn hạt trọng lực.

Robe Dic, nhà vật lý của trường đại học Prinxtton cho rằng lực hấp dẫn dần yếu đi và có thể là hiện nay nó giảm đi 13 % so với bốn hoặc năm tỉ năm trước, khi mới hình thành trái đất. Nếu là như vậy thì trái đất hẳn là ngày càng nở ra và bề mặt của nó bị va đập trong quá trình đó. Mặt trời hẳn cũng giãn nở ra. Hai tỉ năm trước đây nó phải nhỏ hơn, quánh đặc hơn và nóng hơn: sự kiện này có thể giải thích các điều kiện nhiệt đới hẳn đã chế ngự trên

phần lớn trái đất vào các thời đại địa chất xa xưa. Những suy tưởng này hiện nay chỉ là dự đoán, song, có thể là sẽ thực hiện được thí nghiệm để kiểm tra lý thuyết của Dic.

Thuyết tương đối cho ta phương pháp mới nghiên cứu và mô tả lực hấp dẫn, nhưng vẫn như trước đây nó đang còn là hiện tượng bí ẩn, ít được hiểu biết. Không ai biết được nó có liên quan và liên quan như thế nào nói chung với điện từ trường. Anhxtanh và những người khác có ý định nghiên cứu "lý thuyết trường thống nhất" ngõ hầu thống nhất lực hấp dẫn và lực điện từ trong một hệ thống các phương trình toán học. Các kết quả dường như là ít khả năng. Có thể là một bạn đọc trẻ tuổi nào đó của những dòng này, nếu như có được thiên tài sáng tạo của Anhxtanh, đến một lúc nào đó sẽ nắm bắt được sự hình thành lý thuyết này thế nào.

Thuyết tương đối tổng quát có thể khẳng định bằng các số liệu thực nghiệm được không? Được, mặc dù không đầy đủ như thuyết tương đối hẹp. Có một sự khẳng định khi nghiên cứu quỹ đạo của Sao Thủy- một hành tinh gần nhất với Mặt Trời. Quỹ đạo Sao Thủy là một hình bầu dục, song bản thân hình bầu dục quay rất chậm. Các phương pháp hấp dẫn của Niuton có thể giải thích điều đó, nếu tính đến ảnh hưởng của các hành tinh khác, nhưng sự quay tiên liệu diễn ra chậm hơn là quan sát được trên thực tế. Các phương trình của Anhxtanh dự báo sự quay của quỹ đạo hình bầu dục của hành tinh cả khi thiếu vắng hành tinh khác; trong trường hợp của Sao Thủy, quỹ đạo dự báo gần với thực tế hơn nhiều so với quỹ đạo do Niuton dự báo. Các quỹ đạo của các hành tinh khác rất gần với hình tròn, do vậy hiệu quả khó quan sát hơn, nhưng vào những năm gần đây đã tiến hành đo độ quay của quỹ đạo Sao Kim và Trái Đất, mới thấy khả năng tương hợp với các phương trình của Anhxtanh.

Dự báo thứ hai do Anhxtanh thực hiện cho rằng, trong quang phổ mặt trời cần quan sát sự xê dịch nhỏ về phía miền đỏ. Theo các phương trình của lý thuyết tổng quát, trường của lực hấp dẫn tác động chậm vào thời gian. Điều đó có nghĩa là bất kỳ một quá trình tiết tấu nào, chẳng hạn như dao động của nguyên tử hoặc tiếng tích tắc của đồng hồ, trên mặt trời sẽ di chuyển với vận tốc nhỏ hơn một chút so với trên trái đất. Đến lượt mình cái đó sẽ dẫn đến sự di động của quang phổ mặt trời về phía sóng dài hơn tạo nên màu đỏ dần lên của quang phổ. Sự di động như vậy đã được quan sát, nhưng đó cũng chưa phải là minh chứng thuyết phục mạnh mẽ bởi vì còn có thể có nhiều cách giải thích khác. Ngôi sao trắng tức sao Lùn rất gần với sao Thiên Lang vẫn được xem là vệ tinh của sao Thiên Lang, có khối lượng đủ để tạo ra sự dịch

chuyển độ lớn hơn 30 lần so với Mặt Trời. Nó cũng đã được quan sát và là minh chứng mạnh mẽ hơn. Song minh chứng mạnh mẽ nhất về tác động của lực hấp dẫn đến thời gian đã có được cách đây không lâu trong phòng thí nghiệm sẽ nói về điều này ở của chương 8.

Lần kiểm tra ấn tượng nhất lý thuyết tổng quát được tiến hành vào năm 1919 trong thời gian nhật thực toàn phần. Anhtan đã lập luận như sau: Nếu cái thang máy trong khoảng không giữa các vì sao đi lên phía trên với vận tốc tăng lên, thì tia sáng đi trong thang máy từ tường này đến tường kia sẽ lệch về phía dưới đồng thời chuyển động theo đường parabol. Điều đó có thể giải thích bởi lực quán tính, nhưng theo thuyết tổng quát có thể xem thang máy là hệ thống tính toán cố định và coi tỉ suất cong của tia sáng như kết quả tác động của lực hấp dẫn. Như vậy, lực hấp dẫn có thể uốn cong các tia sáng. Tỉ suất cong này quá nhỏ đã có thể ghi lại từ một thí nghiệm nào đó được tiến hành trong phòng thí nghiệm, nhưng nó có thể đo được bởi các nhà thiên văn trong thời gian nhật thực toàn phần. Kết quả là ánh sáng mặt trời được lưu giữ bởi mặt trăng, các vì sao nằm rìa mặt trời trở nên nhìn thấy được. Ánh sáng từ các vì sao đó dao động qua phần mạnh nhất của trường hấp dẫn của mặt trời. Bất kỳ di động nào ở các vị trí nhìn thấy được của các vì sao này hẳn đã chỉ ra rằng lực hấp dẫn của mặt trời uốn cong đường đi của ánh sáng. Sự di động càng lớn thì độ uốn cong càng lớn.

Nên nhớ rằng khi bạn đọc về "sự uốn cong" ánh sáng do tác động của lực hấp dẫn hoặc lực quán tính, bạn cần hiểu rằng đó chỉ là phương pháp ba chiều mô tả hiện tượng. Trong không gian đường đi của ánh sáng trên thực tế bị uốn cong. Nhưng trong thế giới bốn chiều của không gian thời gian Minkowski, ánh sáng cũng giống như trong vật lý cổ điển vẫn chuyển động như trước theo đường trắc địa. Nó lựa chọn con đường thẳng nhất có thể được nhà bác học bốn chiều tưởng tượng của chúng ta trên bản đồ không gian thời gian của mình luôn luôn biểu thị đường đi của tia sáng bằng đường thẳng cả trong trường hợp nó đi qua các trường hấp dẫn mạnh.

Edington, nhà thiên văn học người Anh đã dẫn đầu đoàn thám hiểm vào năm 1919 đến châu Phi quan sát nhật thực toàn phần. Mục đích chủ yếu của đoàn là tiến hành đo đạc chính xác vị trí của các vì sao ở gần đĩa mặt trời. Vật lý học của Newton cũng đã dự báo hiện tượng cong của ánh sáng trong trường hấp dẫn, nhưng các phương trình của Anhtan đã cho độ chênh lệch gấp đôi. Như vậy ít nhất có thể có ba kết quả thí nghiệm khác nhau:

1. Những thay đổi về vị trí của các vì sao có thể không xảy ra.

2. Độ chênh có thể gắn với điều mà vật lý Niuton đã dự báo.

3. Độ chênh có thể gắn với điều mà Anhxtanh đã dự báo. Kết quả đầu tiên như bác bỏ các phương trình của Niuton cũng như các phương trình thuyết tương đối tổng quát. Kết quả thứ hai ủng hộ Niuton và chống lại Anhxtanh. Kết quả thứ ba chống lại Niuton và ủng hộ Anhxtanh. Theo một chuyện vui phổ biến thời đó, hai nhà thiên văn của đoàn thám hiểm này đã thảo luận cả ba khả năng.

"Sao - một người nói - nếu chúng ta có được độ chênh lớn gấp đôi dự báo của Anhxtanh thì sao?"

"Lúc đó - người khác nói - Edington sẽ điên mất".

Thật may mắn, độ chênh gắn với dự báo của Anhxtanh. Sự quảng cáo rộng rãi tiến hành quanh chuyến khảo sát của Edington, lần đầu tiên đã kéo sự chú ý của đông đảo công chúng vào thuyết tương đối tổng quát. Ngày nay các nhà thiên văn vẫn hồ nghi với điều khẳng định này. Khó khăn khi tiến hành đo đạc chính xác các vì sao trong thời gian nhật thực còn lớn hơn đề nghị của Edington. Các kết quả thu được trong thời gian nhật thực khác nhau quan sát được sau năm 1919 là tương đối khả quan. Tại hội nghị hội hoàng gia ở London vào tháng hai năm 1962 một nhóm các nhà bác học đã thảo luận vấn đề này. Họ đã đi đến kết luận rằng, bởi vì khó khăn là rất lớn, nên những người quan sát nhật thực không có ý định tiến hành những đo đạc như vậy.

Mặc dù những thí nghiệm (tuy không nhiều lắm) xác nhận thuyết tương đối tổng quát, và một số lớn thí nghiệm vẫn chưa được tiến hành và thậm chí chưa được thảo luận để có thể khẳng định nó tốt hơn, còn những thí nghiệm có thể làm đổ vỡ lý thuyết này. Georgi Gamop, nhà vật lý học nổi tiếng của trường Đại học Colorado đã mô tả một thí nghiệm trong đó có sự tham gia của các phản hạt. Như chúng ta đã nói phản hạt là hạt cơ bản giống như hạt vật chất thông thường nhưng mang điện tích trái dấu. Một số nhà bác học cho rằng phản hạt có thể có khối lượng âm. Nếu quả như vậy thì bất kỳ lực tác động nào vào chúng sẽ làm tăng tốc chúng theo hướng âm. Phản quả tảo cấu tạo từ phản vật chất sẽ biến vào bầu trời thay vì rơi vào mũ của Niuton. Phản hạt có khối lượng âm hay không đang còn chưa xác định, nhưng nếu như có thì thuyết tương đối dường như phải đương đầu với những khó khăn nghiêm trọng.

Để hiểu tại sao lại sẽ xuất hiện những khó khăn chúng ta hãy hình dung một con tàu vũ trụ đang tĩnh toạ so với các vì sao. Ở tâm của một trong những đường cắt của nó lơ lửng một phần quả táo với khối lượng âm. Con tàu bắt đầu chuyển động theo hướng lên trên và gia tốc một g (g là gia tốc mà vật thật rơi xuống đất bằng khoảng $9,8$ m/giây trong 1 giây, có nghĩa là cứ mỗi giây vận tốc tăng $9,8$ m/giây).

---o0o---

Cái gì sẽ xảy ra với quả táo?

Từ điểm ngắm của người quan sát từ ngoài con tàu liên quan với hệ thống quán tính của vũ trụ, quả táo so với các vì sao phải nằm tại chính chỗ mà nó vốn có. Không có một lực nào, tác động vào nó cả. Con tàu không chạm vào quả táo, nói chung nó chỉ có thể ở rất xa. Như vậy nền cắt sẽ chuyển động lên phía trên cho đến khi chưa chạm tới quả táo. (Trong thí nghiệm tương tượng này, chúng ta không khỏi lo lắng rằng sẽ có lúc sàn chạm vào quả táo).

Tình hình sẽ hoàn toàn thay đổi nếu chấp nhận con tàu làm hệ thống tính toán cố định. Bây giờ người quan sát cần giả thiết tồn tại trường hấp dẫn đang tác động bên trong con tàu. Trường đó đẩy quả táo lên trên và vận tốc (so với các vì sao) là hai g . Hai hệ thống tính toán không thể thay thế cho nhau.

Nói một cách khác, khái niệm khối lượng âm không phải dễ dàng thỏa hiệp với thuyết tương đối tổng quát khi tiếp cận của Niuton đối với lực quán tính đang tự do hoạt động. Vật lý học cổ điển đơn giản là chấp nhận quan điểm thứ nhất con tàu đang chuyển động tuyệt đối đối với môi trường ête. Quả táo cũng ở trong trạng thái đứng yên tuyệt đối. Không hề có một trường hấp dẫn nào ngỗ hầu làm rối bức tranh này.

Gamop kết luận rằng phát hiện khối lượng âm và hiệu quả phản trọng lực đi kèm với nó hẳn "đã buộc chúng ta lựa chọn giữa định luật quán tính của Niuton và nguyên lý tương đương của Anhxtanh. Tác giả hy vọng rằng sẽ không phải lựa chọn như vậy nữa".

Nguyên lý tương đương của Anhxtanh phát biểu rằng, trường trọng lực xuất hiện khi vật thể được truyền gia tốc hoặc sự quay tùy thuộc vào lựa chọn hệ

thống tính toán có thể được xem như trường quán tính hoặc như trường trọng lực.

Nguyên lý Makho ^

Điều đó đồng thời xuất hiện vấn đề rất quan trọng có thể dẫn đến những bài toán sâu sắc đang còn chưa được giải quyết.

Những trường lực này là kết quả chuyển động đối với không gian - thời gian tồn tại độc lập với vật chất, hay là chính không - thời gian được tạo ra bởi vật chất? Nói khác đi, có tạo được ra không - thời gian bởi các thiên hà hoặc các vật thể khác của vũ trụ?

Ý kiến của các chuyên gia rất khác nhau. Những kiến giải cũ của thế kỷ 18,19 về sự tồn tại của "không gian" hoặc của "ête", độc lập với vật chất vẫn hiện hữu đến tận ngày nay, nhưng chỉ bây giờ người ta mới tranh luận về cấu trúc không - thời gian (đôi khi còn gọi là trường met) của vũ trụ. Đa số các nhà bác học viết về thuyết tương đối A. Edington, B. Rutxen, A. Uatit v. v... đều cho rằng bản chất của không gian thời gian không phụ thuộc vào các vì sao, mặc dù, tất nhiên, tỉ suất cong cục bộ là do các vì sao tạo ra. Nói một cách đại khái là nếu không tồn tại vật thể nào khác trong vũ trụ, trừ trái đất ra thì đã có thể các tác giả này khẳng định, rằng trái đất quay so với không gian - thời gian (vấn đề là không gian đó có tỉ suất cong như thế nào nói chung, là dương, là âm, hay bằng số không thì không thấy đề cập trong cuộc tranh luận). Một con tàu vũ trụ, đơn độc, một vật thể duy nhất trong vũ trụ đã có thể khởi động các động cơ và tăng tốc. Các nhà du hành vũ trụ trong con tàu khi tăng tốc hẳn cảm nhận được các lực quán tính. Trái đất cô đơn đang quay trong không gian bị dẹt lại theo hướng xích đạo. Hiện tượng dẹt lại xuất hiện dường như là do các hạt vật chất bị các tác động của lực khi chuyển động không theo đường trắc địa trong không gian - thời gian. Các hạt cơ bản, phải chuyển động như thường nói là ngược "chiếc thảm lông" không gian thời gian khác. Thậm chí trên trái đất cô đơn cũng có thể đo lực quán tính được gọi là lực Corialis và xác định hướng quay của trái đất.

Anhxtanh đã thừa nhận tính đúng đắn của quan điểm tương tự, nhưng (ít ra là ở thời trẻ) không tâm đắc lắm. Ông ưa quan điểm lần đầu tiên do nhà triết học giáo chủ người Ieclan là Becoli đề xuất. Becoli đã chứng minh rằng, nếu trái đất là một vật thể duy nhất trong vũ trụ thì nói về khả năng quay của nó là vô nghĩa. Quan điểm tương tự như vậy ở một mức độ nào đó cũng được chia sẻ bởi nhà triết học người Đức thế kỷ 18 Lepnit và nhà vật lý học thiên

chúa giáo người Hà Lan là Huyghen, song ông đã bị lãng quên khi E. Makhor (nhà vật lý người Áo thế kỷ 19) chịu làm sống lại nó bằng cách đề xuất một lý thuyết khoa học mô phỏng sự thật. Makhor đã tán dương nhiều trong thuyết tương đối, và Anhxtanh đã viết về ảnh hưởng to lớn của Makhor đến các tư tưởng ban đầu của ông.

Thật đáng buồn phải ghi nhận rằng Makhor về già, khi tư tưởng của ông đã được phản ánh trong lý thuyết của Anhxtanh đã từ chối thừa nhận tính đúng đắn của thuyết tương đối.

Từ quan điểm của Makhor, vũ trụ mất đi các vì sao sẽ không có cấu trúc không thời gian để trái đất có thể quay đối với nó. Để tồn tại các trường trọng lực (hoặc trường quán tính) có khả năng làm dẹt hành tinh hoặc dâng chất lỏng vào thành của một cái thùng đang quay, cần sự tồn tại của các vì sao tạo ra cấu trúc không gian - thời gian. Không có cấu trúc như vậy, không gian thời gian không thể có các đường trắc địa, thậm chí chúng ta không thể nói rằng chùm sáng truyền bá trong không gian hoàn toàn rỗng, sẽ đi theo đường trắc địa, bởi vì khi thiếu vắng cấu trúc không - thời gian chùm sáng không thể ưa một đường đạn đạo nào khác. Như thể hiện của A. D'Abro (trong cuốn sách tuyệt vời "Cách mạng của tư tưởng khoa học") chùm sáng hẳn đã không biết đến bằng con đường nào. Thậm chí sự tồn tại một thể hình cầu, giống như trái đất cũng không thể có được. Các phần tử của trái đất tập hợp lại bởi lực hấp dẫn, còn lực hấp dẫn lại làm chuyển động các hạt theo đường trắc địa. Không có cấu trúc không gian - thời gian, không có đường trắc địa trái đất (theo lời của D'Abro) hẳn ta không biết rằng nó chấp nhận hình dạng nào. Về quan điểm này, Edington đã có lần nói một cách hài hước rằng: Trong một vũ trụ hoàn toàn trống không (nếu Makhor đúng) thì trường trọng lực của Anhxtanh phải triệt tiêu!"

D'Abro mô tả thí nghiệm tương đương giúp hiểu về quan điểm của Makhor. Ta hình dung một nhà du hành vũ trụ sống ở trong không gian. Cứ để anh ta là một vật thể duy nhất trong vũ trụ. Trong tay anh ta có một viên gạch. Chúng ta biết rằng viên gạch phải là không trọng lượng (không có khối lượng trọng trường). Khối lượng quán tính nơi anh ta sẽ ra sao? Nếu nhà du hành định ném viên gạch vào không gian có xuất hiện lực cản chuyển động của tay anh ta không? Theo quan điểm của Makhor, không có chuyện đó. Thiếu những vì sao tạo ra trường met không gian thời gian sẽ không có gì làm mốc cho viên gạch tăng tốc. Tất nhiên, có nhà du hành vũ trụ, nhưng khối lượng của anh ta nhỏ đến nỗi bất kỳ hiệu ứng nào liên quan đến anh ta đều có thể bỏ qua.

Đối với quan điểm này của Makho, Anhtanh sử dụng thuật ngữ "nguyên lý Makho". Ban đầu Anhtanh hi vọng rằng quan điểm này có thể đưa vào thuyết tương đối. Và trên thực tế ông đã lập ra mô hình vũ trụ (sẽ nói tới ở chương 9), trong đó cấu trúc không - thời gian của vũ trụ chỉ tồn tại chừng nào có sự tồn tại của các vì sao và các thể vật chất khác tạo ra nó. "Trong thuyết tương đối tiếp tục, Anhtanh viết vào năm 1917, khi công bố mô tả toán học đầu tiên của mô hình này - không thể là một lực quán tính nào đối với "không gian" mà chỉ là quán tính của khối lượng đối với nhau. Như vậy, nếu tôi đẩy một khối lượng nào đó đủ xa với tất cả các khối lượng khác của vũ trụ, lực quán tính của nó sẽ tụt xuống số không!

Về sau đã tìm ra sự bất cập nghiêm trọng trong mô hình vũ trụ của Anhtanh và ông đã buộc phải từ bỏ nguyên lý của Makho, song nguyên lý này tiếp tục có ảnh hưởng mạnh mẽ đến cả những nhà vũ trụ học hiện đại. Điều đó xảy ra là bởi vì tính tương đối của chuyển động trong đó đã tiến đến giới hạn. Quan điểm đối lập cho rằng sự tồn tại của thực tế không - thời gian thậm chí khi thiếu vắng các vì sao, trên thực tế rất gần với lý thuyết cũ về ête. Thay vì trạng thái bất động, đông cứng không nhìn thấy có tên gọi là ête là dự báo về một cấu trúc bất động, không nhìn thấy của không gian thời gian. Nếu chấp nhận giả thuyết đó thì gia tốc và sự quay sẽ có tính chất tuyệt đối đáng ngờ. Và trên thực tế những người tuyên truyền cho quan điểm này dám quả quyết nói về sự quay và gia tốc như về những cái "tuyệt đối". Song nếu hiện tượng quán tính là tương đối, nhưng không phải là so với cấu trúc đó, mà chỉ là so với cấu trúc được tạo ra bởi các vì sao, thì tính tương đối xuất hiện dưới dạng thuần túy nhất.

Denit Xkiema, nhà vũ trụ học người Anh đi theo con đường của Makho đã tạo ra một lý thuyết độc đáo.

Nó được trình bày khá hấp dẫn trong cuốn sách phổ biến "Sự thống nhất của vũ trụ". Theo Xkiema, hiện tượng quán tính xuất hiện khi quay và tăng tốc là kết quả của chuyển động so với toàn bộ vật chất trong vũ trụ. Nếu là như vậy thì việc đo quán tính cho ta phương pháp đánh giá số lượng đầy đủ của vật chất trong vũ trụ. Các phương trình của Xkiema chỉ ra rằng ảnh hưởng của các vì sao gần nhất đến quán tính là cực kỳ nhỏ - Tất cả các vì sao trong thiên hà chúng ta, theo tính toán của ông chỉ tạo ra một phần mười triệu lực quán tính trên trái đất. Phần chính của lực này được tạo ra bởi các thiên hà xa xôi. Xkiema đánh giá rằng 80 % lực quán tính là kết quả của chuyển động đối với các ngân hà càng xa chừng nào thường càng không nhìn thấy rõ bằng kính viễn vọng của chúng ta .

Thời Makhor, người ta không rõ rằng ngoài thiên hà của chúng ta còn tồn tại cả những thiên hà khác, thậm chí cũng không biết được rằng thiên hà của chúng ta quay, ngày nay các nhà thiên văn học biết rằng các lực li tâm xuất hiện khi quay, làm dẹt thiên hà chúng ta rất mạnh. Từ quan điểm của Makhor, hiện tượng dẹt đó có thể xảy ra chỉ trong trường hợp, nếu bên ngoài thiên hà của chúng ta tồn tại những khối lượng lớn vật chất. Mặc Makhor nói và các hiện tượng quán tính khi quay thiên hà chúng ta. Xkiema chỉ ra rằng ông có thể dự đoán về sự tồn tại của cả những thiên hà khác trong vòng 50 năm trước khi phát ra chúng.

Sự kỳ lạ của quan điểm Xkiema trở nên trực quan hơn với minh họa sau đây. Một lần tôi đã mua một cái hộp hình vuông có nắp kính, bên trong có bốn quả cầu thép. Mỗi quả cầu đều được đặt trong một máng chạy từ tâm hình vuông đến một trong các góc của nó. Bài toán là làm sao để chọc đồng thời cả bốn quả cầu vào các góc. Phương pháp duy nhất là đặt hộp đó lên bàn và cho nó quay. Lực li tâm giúp giải quyết vấn đề. Nếu Xkiema đúng thì đã không thể phán đoán bằng phương pháp tương tự mà không nhớ đến có hàng trăm tỉ thiên hà ở cách rất xa chúng ta.

Phải chăng thuyết tương đối phát triển theo hướng do Makhor và Xkiema chỉ ra hoặc bảo lưu cấu trúc không gian - thời gian không phụ thuộc vào các vì sao? Về điều đó không ai có thể trả lời được. Nếu phát triển thành công lý thuyết trường, trong đó các hạt cơ bản của vật chất có thể hiểu như là trường không - thời gian, thì bản thân các vì sao sẽ trở thành chỉ một trong những thể hiện của trường đó. Thay vì các vì sao tạo ra cấu trúc, chính cấu trúc sẽ tạo ra các vì sao. Song, hiện nay mọi cái đó chỉ là dự báo.

---o0o---

Phản đề cặp song sinh

Phản ứng của các nhà bác học và triết học toàn thế giới là như thế nào đối với thế giới mới, kỳ lạ của thuyết tương đối? Rất khác nhau. Đa số các nhà vật lý và thiên văn chau mày vì sự vi phạm đến "tư duy lành mạnh" và bởi các trở ngại toán học của thuyết tương đối tổng quát đều giữ yên lặng một cách lịch lãm. Nhưng các nhà bác học và triết học có khả năng hiểu được thuyết tương đối, đã chào đón nó với một sự phấn chấn khác thường. Chúng ta còn nhớ Edington đã nhanh chóng ý thức được tầm quan trọng của những thành tựu của Anhxtanh như thế nào. Moris Slic, Bectoran Rutxen, Rudol

Kernep, Erno Kairo, Alfet Uritet, Gan Raykhenbac và nhiều nhà triết học nổi tiếng khác là những người lạc quan đã viết về lý thuyết này và cố gắng làm sáng tỏ các hệ quả của nó. Cuốn sách của Rutxen "Nhập đề thuyết tương đối" đã lần đầu tiên được công bố vào năm 1925, nhưng cho đến nay nó vẫn là một diễn giải phổ biến hay nhất về thuyết tương đối. Nhiều nhà khoa học dường như không có khả năng thoát ra khỏi phong cách tư duy cũ, kiểu Niuton. Đa phần họ giống các nhà khoa học thời Galilê không thể nào buộc mình thừa nhận rằng Arixtot cũng có thể phạm sai lầm. Chính Maitanxan do kiến thức toán học hạn chế đã không thừa nhận thuyết tương đối mặc dù cuộc thí nghiệm vĩ đại của ông đã mở đường cho thuyết tương đối hẹp. Sau đó, vào năm 1935, khi tôi còn là sinh viên trường đại học Chicago, giáo sư Viliam Macmilan, nhà khoa học nổi tiếng đã giảng cho chúng tôi một giáo trình về thiên văn học. Ông đã nói công khai rằng thuyết tương đối là một ngộ nhận đáng buồn "Chúng tôi, thế hệ hiện đại đã quá sức chịu đựng để chờ đợi một cái gì đó", Macmilan viết như vậy vào năm 1927. "Trong 40 năm từ sau cuộc thí nghiệm của Maikenxon phát hiện sự chuyển động mong đợi của trái đất đối với môi trường ête, chúng ta đã từ chối tất cả những gì mà trước kia người ta đã dạy chúng tôi (để) tạo dựng một tiên đề vô lý nhất trong tất cả những điều mà tôi có thể nghĩ ra và tạo dựng một nền cơ học không Niuton phù hợp với tiên đề đó. Thành tích đạt được là món quà tuyệt vời của tính năng động trí tuệ của chúng tôi và của sự thông minh của chúng tôi, nhưng không có niềm tin cho tư duy lành mạnh của chúng tôi". Nhiều phản bác đa dạng nhất đã xuất hiện để chống lại thuyết tương đối. Một trong những phản bác sớm nhất và dai dẳng nhất chĩa vào phản đề lần đầu tiên được đích thân Anhxtanh đưa ra trong bài báo của ông về thuyết tương đối hẹp (từ "phản đề" dùng để chỉ một cái gì đó ngược với cái đã được thừa nhận nhưng về mặt logic thì không mâu thuẫn).

Phản đề này được chú ý nhiều trong các ấn phẩm khoa học hiện đại, bởi vì sự phát triển các chuyến bay vũ trụ cùng với việc thiết kế các máy móc chính xác thần kỳ để đo thời gian có thể nhanh chóng cho phép kiểm tra phản đề đó bằng phương pháp trực tiếp. Phản đề này thường được trình bày như một thí nghiệm bằng tư duy với sự tham gia của cặp song sinh. Họ kiểm tra đồng hồ. Một người song sinh trên con tàu vũ trụ thực hiện chuyến bay dài trong vũ trụ. Khi anh ta trở về, cặp song sinh đối chiếu đồng hồ. Theo thuyết tương đối hẹp đồng hồ của nhà du hành chỉ thời gian ít hơn.

Nói khác đi, thời gian trên con tàu vũ trụ chuyển động chậm hơn trên trái đất. Đến khi đường bay vũ trụ bị giới hạn bởi hệ mặt trời và thực hiện với vận tốc tương đối nhỏ, sự khác biệt về thời gian đó sẽ nhỏ không đáng kể.

Nhưng trên khoảng cách lớn và với vận tốc gần với vận tốc ánh sáng, "sự co rút thời gian" (đôi khi người ta gọi hiện tượng đó như vậy) sẽ tăng lên. Không có gì nghi ngờ rằng cùng với thời gian sẽ phát minh ra phương pháp ngõ hầu con tàu vũ trụ với gia tốc chậm lại, có thể đạt tới vận tốc chỉ nhỏ hơn vận tốc ánh sáng một chút. Điều đó cho phép có thể tham quan các vì sao khác trong thiên hà chúng ta, thậm chí cả những thiên hà khác nữa. Như vậy phản đề cặp song sinh lớn hơn chuyện các hộp chứa quả cầu một khi chuyến du hành vũ trụ trở nên bình thường.

Ta giả sử rằng nhà du hành vũ trụ là một người song sinh vượt qua khoảng cách hàng nghìn năm ánh sáng và trở về khoảng cách này nhỏ hơn so với kích thước của thiên hà, chúng ta liệu có tin được rằng nhà du hành vũ trụ không chết khá lâu trước khi kết thúc chuyến đi.

Liệu có cần những chuyến đi như trong nhiều tác phẩm khoa học viễn tưởng hàng đoàn nam nữ với các thế hệ thay nhau sống chết trong khi con tàu đang thực hiện chuyến bay dài giữa các vì sao?

Câu trả lời phụ thuộc vào vận tốc của con tàu. Nếu cuộc hành trình xảy ra với vận tốc gần với vận tốc ánh sáng, thì thời gian bên trong con tàu sẽ trôi chậm đi rất nhiều. Theo thời gian trái đất, cuộc hành trình mất ví dụ, hơn 2000 năm. Theo quan điểm của nhà du hành vũ trụ trong con tàu nếu anh ta chuyển động rất nhanh, cuộc hành trình có thể kéo dài chỉ vài chục năm thôi.

Đối với những bạn đọc ưa những thí dụ bằng số, chúng ta dẫn ra kết quả tính toán gần đây của Etvin Macmilan, nhà vật lý trường đại học Caliphonia ở Becoli. Một nhà du hành vũ trụ nào đó khởi hành từ trái đất đến với đám tinh vân tiên nữ. Điều đó chỉ ít cũng phải mất hai triệu năm ánh sáng. Nửa đoạn đầu nhà du hành vũ trụ đi với gia tốc không đổi 2g, sau đó chậm dần đều cho đến khi tới được đám tinh vân. (Đây là phương pháp thuận lợi tạo ra trường hấp dẫn không đổi bên trong con tàu trong suốt thời gian dài của cuộc hành trình không có sự quay). Đường trở về cũng theo phương pháp như vậy. Theo đồng hồ riêng của nhà du hành vũ trụ thời gian cho chuyến du hành mất 29 năm. Theo đồng hồ trái đất phải mất gần 3 triệu năm!

Bạn nhận thấy ngay rằng các khả năng hấp dẫn đa dạng nhất đang xuất hiện. Một nhà khoa học có tuổi và cô nhân viên phòng thí nghiệm trẻ của anh ta say đắm nhau. Họ cảm thấy sự chênh lệch tuổi tác không cho phép họ cưới nhau. Do đó anh chàng làm một cuộc du hành vũ trụ dài dài với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng. Anh ta trở về ở độ tuổi 41. Cùng lúc cô bạn gái trên

trái đất đã trở thành phụ nữ 33 tuổi. Hẳn là cô ta không thể chờ đợi sự trở về của người yêu mình sau 15 năm và đã đi lấy một người khác. Nhà bác học không thể chịu đựng được thực tế đó và lại làm một chuyến du hành tiếp theo càng để làm sáng tỏ một cách thú vị quan hệ của các thế hệ nối tiếp đối với lý thuyết anh ta tạo ra, được khẳng định hay bị bác bỏ. Anh ta trở về trái đất ở tuổi 42. Cô bạn gái lâu năm đã chết và còn tồi tệ hơn ở chỗ không còn dấu vết gì từ các lý thuyết mà anh yêu quý biết chừng nào. Đau khổ anh lại lên đường đi xa hơn nữa và trở về ở độ tuổi 45 thì chỉ còn gặp một thế giới đã trải qua mấy nghìn năm. Có thể cũng giống như nhà du hành trong tiểu thuyết của Wells "Máy thời gian", anh ta đã phát hiện ra rằng loài người đã sinh sôi. Và giờ đây anh ta "ngồi phải cọc". Máy thời gian của Wells có thể chuyển động theo hai hướng, còn ở nhà bác học cô đơn của chúng ta sẽ không có cách trở ngược lại giai đoạn đã từng quen thuộc với anh ta của lịch sử loài người.

Nếu những chuyến du hành như vậy theo thời gian có thể thực thi được, thì sẽ xuất hiện những vấn đề đạo đức rất rắc rối. Sẽ có chuyện, chẳng hạn một phụ nữ lấy đứa cháu nhiều nhiều đời của chính mình làm chồng được không?

Xin bạn cứ bàn luận: loại du hành này theo thời gian rồi như canh hẹ (của khoa học viễn tưởng) ví như, khả năng rơi vào quá khứ và giết chính bố mẹ mình trước khi được sinh ra hoặc mất hút vào tương lai và bắn chính mình bằng một viên đạn vào trán. Ta hãy xem tình hình của cô Ket từ bài thơ vui nổi tiếng sau đây:

Một cô gái trẻ mang tên Ket

Di chuyển nhanh hơn cả ánh tà

Nhưng luôn luôn không về đến chốn

Bước nhanh chân thì gặp lại hôm qua!

Trở lại hôm qua này hẳn là phải gặp lại người kẹp đôi của mình. Nếu không thì (ngược lại) hẳn là không có ngày hôm qua trên thực tế. Nhưng hôm qua không thể là hai nàng Ket, bởi vì, khi xuất hành theo thời gian, nàng Ket không nhớ gì về cuộc gặp của mình với người kẹp đôi kia đã xảy ra vào hôm qua. Như vậy, trước các bạn là một mâu thuẫn logic. Kiểu hành trình như vậy theo thời gian là không thể được đứng về mặt logic, nếu không giả thiết

về sự tồn tại của thế giới đồng nhất với đường đi của chúng ta nhưng lại chuyển động theo đường khác về thời gian (vào ngày trước đó). Và tình hình thậm chí là rất rối rắm!

Bạn cũng cần thấy rằng dạng thức Anhxtanh về hành trình theo thời gian không ghi nhận nhà du hành một khả năng bất tử thực sự nào đó hoặc chỉ là sống lâu. Từ quan điểm của nhà du hành tuổi già sẽ đến gần với anh ta khi vận tốc luôn luôn là bình thường. Và chỉ có "thời gian riêng" của trái đất dường như đối với nhà du hành là được mang với vận tốc chóng mặt.

Anri Becxon, nhà triết học nổi tiếng người Pháp là một trong những nhà tư tưởng nổi tiếng nhất có luận chiến với Anhxtanh do phản đề cặp song sinh. Ông đã viết nhiều về phản đề này, trắc ẩn những điều mà ông xem là phi lý (về mặt logic). Đáng tiếc rằng những điều ông viết ra chỉ chứng tỏ ông là một nhà triết học lớn mà lại thiếu kiến thức về toán học. Một số năm sau sự phản bác lại diễn ra lần nữa. Dobe Ding, nhà vật lý học người Anh "lớn tiếng nhất" cự tuyệt niềm tin vào phản đề. Nhiều năm sau đó ông lại viết những bài báo sắc sảo về phản đề này và qui lỗi các chuyên gia về thuyết tương đối nào là đàn độn, nào là hoạt đầu. Sự phân tích trên bề mặt của chúng ta dẫn ra tất nhiên không làm sáng tỏ đầy đủ cuộc luận chiến diễn tiến, mà những người tham gia nhanh chóng đi sâu vào các phương trình phức tạp, nhưng lại không làm sáng tỏ những nguyên nhân tổng quát dẫn đến sự thừa nhận như quán triết bởi các chuyên gia rằng phản đề cặp song sinh sẽ thực hiện được đúng như Anhxtanh đã viết về nó.

Sự phản bác của Ding là mạnh mẽ nhất trong số những phản bác được đề xướng nhằm chống lại phản đề cặp song sinh. Theo thuyết tương đối tổng quát không tồn tại bất kỳ một chuyển động tuyệt đối nào, không có hệ thống tính toán "được lựa chọn". Luôn luôn có thể lựa chọn vật thể trong chuyển động làm hệ thống tính toán bất động, mà không phá vỡ đồng thời bất kỳ quy luật nào của tự nhiên. Khi chấp nhận trái đất làm hệ thống tính toán, thì nhà du hành tương đối thực hiện chuyến đi dài, trở về và phát hiện ra rằng đã trở nên trẻ hơn người anh em láng giềng. Vậy điều gì sẽ xảy ra nếu nổi hệ thống tính toán với con tàu vũ trụ? Ngày nay chúng ta cần phải cho rằng trái đất đã hoàn thành chuyến đi dài đã quay trở lại. Trong trường hợp này người láng giềng sẽ là người của cặp song sinh đã ở trên con tàu vũ trụ. Khi trái đất quay trở lại có phải người anh em ở trên đó trở nên trẻ hơn? Nếu xảy ra như vậy thì tại vị trí được tạo ra cho phản đề nhường chỗ cho tư duy lành mạnh là có mâu thuẫn rõ ràng về mặt logic. Rõ ràng mỗi người của cặp so sinh không thể trẻ hơn người khác.

Ding muốn từ đó rút ra kết luận: hoặc là cần giả thiết rằng khi kết thúc cuộc hành trình tuổi tác của cặp song sinh sẽ đúng như nhau, hoặc nguyên lý tương đối cần loại bỏ.

Không thực hiện bất kỳ tính toán nào dễ dàng hiểu rằng ngoài hai sự lựa chọn còn có những lựa chọn khác. Đúng là bất kỳ sự chuyển động nào là tương đối, nhưng trong trường hợp này có một sự khác biệt rất quan trọng giữa chuyển động tương đối của nhà du hành vũ trụ và chuyển động tương đối của người láng giềng. Người láng giềng không chuyển động đối với vũ trụ .

---o0o---

Sự khác biệt này là như thế nào trong phản đề?

Ta giả thiết rằng nhà du hành tương đối khởi hành thăm viếng hành tinh ở đâu đó trong thiên hà. Hành trình của anh ta diễn ra với vận tốc không đổi. Đồng hồ của người láng giềng liên quan với hệ thống đọc số quán tính của trái đất và số chỉ của nó trùng với số chỉ của tất cả các đồng hồ còn lại trên trái đất bởi vì chúng đều không chuyển động so với nhau. Đồng hồ của nhà du hành vũ trụ liên quan với hệ thống đọc số quán tính khác với con tàu. Nếu như con tàu được duy trì cùng một hướng, thì hẳn là không xuất hiện một phản đề nào đó chỗ không có một phương pháp nào số chỉ của hai đồng hồ. Nhưng ở hành tinh X con tàu dừng lại và quay trở về. Đồng thời hệ thống đọc số quán tính bị thay đổi, thay cho hệ thống đọc số chuyển động dời trái đất xuất hiện hệ thống chuyển động về phía trái đất. Với sự thay đổi như vậy sẽ xuất hiện nếu gia tốc khi quay là rất lớn, thì nhà du hành vũ trụ (chứ không phải người anh em sinh đôi của anh ta trên trái đất) sẽ chết. Các lực quán tính này xuất hiện, tất nhiên là do nhà du hành vũ trụ tăng tốc so với vũ trụ. Chúng không xuất hiện trên trái đất là bởi vì trái đất không trải qua sự tăng tốc như vậy.

Từ một quan điểm, có thể nói rằng lực quán tính tạo ra bởi gia tốc "gây ra" sự chậm trễ đồng hồ của nhà du hành vũ trụ: từ quan điểm khác, sự xuất hiện gia tốc đơn giản chỉ là phát hiện sự thay đổi hệ thống đọc số. Do sự thay đổi như vậy, đường êm dịu của con tàu vũ trụ, đường đi của nó trên đồ thị trong không gian thời gian bốn chiều Mincopxki cũng thay đổi sao cho "thời gian riêng" đầy đủ của hành trình với sự trở về dường như nhỏ hơn thời gian riêng đầy đủ dọc đường êm dịu của người song sinh láng giềng. Khi thay đổi

hệ thống đọc số có sự tham gia của gia tốc, nhưng chỉ các phương trình của thuyết tương đối hẹp mới tham gia tính toán.

Sự phản bác của Ding vẫn được bảo lưu, bởi vì chính những tính toán ấy có thể được hoàn thành cả với giả thiết rằng hệ thống đọc số cố định có liên quan với con tàu, chứ không phải với trái đất. Bây giờ trái đất lên đường, sau đó nó quay trở lại đồng thời thay đổi hệ thống đọc số quán tính. Tại sao không làm những tính toán như vậy và trên cơ sở những phương trình như vậy không chỉ ra được rằng thời gian trên trái đất đã bị chậm lại? Cả những tính toán đó mà đúng sẽ không có một sự kiện quan trọng khác thường lệ: khi trái đất chuyển động cả vũ trụ cùng chuyển động với nó. Khi trái đất quay, cả vũ trụ cũng sẽ quay theo gia tốc của trái đất, tạo nên trường trọng lực mạnh. Như đã chỉ rõ lực hấp dẫn làm đồng hồ chậm lại. Đồng hồ trên mặt trời, ví dụ như vậy, đánh tích tắc ít hơn đồng hồ như vậy trên trái đất, còn ở trên trái đất lại đánh ít hơn trên mặt trăng. Sau khi thực hiện tất cả các phép tính dường như là trường trọng lực tạo ra bởi gia tốc của vũ trụ, làm chậm đồng hồ trong con tàu vũ trụ so với đồng hồ trên trái đất với độ chính xác hết như chúng ta bị chậm lại trong trường hợp trước. Trường trọng lực, tất nhiên không ảnh hưởng đến đồng hồ trên trái đất, trái đất không chuyển động đối với vũ trụ như vậy, trên đó cũng không xuất hiện trường trọng lực bổ sung.

Chú ý xem xét trường hợp trong đó xuất hiện sự khác biệt đúng như vậy về thời gian, mặc dù không có gia tốc nào cả. Con tàu vũ trụ A bay qua gần trái đất với vận tốc không đổi hướng về phía hành tinh X. Tại thời điểm đi qua của con tàu gần trái đất đồng hồ trên đó dừng lại ở số không. Con tàu A tiếp tục hành trình của mình đến hành tinh X và đi qua gần con tàu vũ trụ B đang chuyển động với vận tốc không đổi theo hướng ngược. Tại thời điểm gần nhất con tàu A bằng radio báo cho con tàu B thời gian (đo được theo đồng hồ của mình đi qua từ điểm bay qua của nó gần trái đất. Trên con tàu B người ta ghi nhớ những thông tin này và tiếp tục chuyển động về phía trái đất với vận tốc không đổi. Khi đi qua gần trái đất, họ báo về trái đất những số liệu về thời gian đã mất A cho cuộc hành trình từ trái đất đến hành tinh X, cũng như thời gian đã mất B (và đo được theo đồng hồ) cho cuộc hành trình từ hành tinh X đến trái đất. Tổng hai khoảng thời gian đó sẽ nhỏ hơn thời gian (đo được theo đồng hồ trái đất) trôi qua từ thời điểm đi qua A gần trái đất đến thời điểm đi qua B.

Sự khác biệt này về thời gian có thể tính toán theo các phương trình của thuyết tương đối hẹp. Ở đây không có một gia tốc nào. Tất nhiên, trong

trường hợp này không có cả phản đề cặp song sinh, bởi vì không có nhà du hành vũ trụ bay đi và quay trở lại. Cũng có thể giả thiết rằng người song sinh xuất phát trên con tàu A, sau đó chuyển sang con tàu B và quay trở lại: nhưng không thể làm điều đó mà không tính đổi từ một hệ thống đọc số quán tính sang hệ thống khác. Muốn làm một sự chuyển đổi như vậy, anh ta cần phải tác động xít xao vào các lực quán tính mạnh. Những lực này gây ra bởi sự thay đổi hệ thống đọc số. Nếu muốn chúng ta có thể nói rằng lực quán tính đã làm chậm đồng hồ của người song sinh. Song nếu xem xét toàn bộ câu chuyện từ quan điểm của người song sinh đang du hành sau khi nói anh ta với hệ thống đọc số cố định thì trong kiến giải có cả vũ trụ đang chuyển động tạo ra trường trọng lực (khởi nguồn rối rắm chủ yếu khi xem xét phản đề người song sinh là ở chỗ tình hình có thể mô tả từ các quan điểm khác nhau). Tùy thuộc vào quan điểm được chấp nhận các phương trình của thuyết tương đối luôn luôn cho cùng một sai khác về thời gian. Sự sai khác này có thể thu được khi áp dụng chỉ một thuyết tương đối hẹp. Và nói chung để tranh luận phản đề cặp song sinh chúng ta tìm đến thuyết tương đối tổng quát chỉ để bác bỏ sự phản đối của Ding. Thường là không thể xác định khả năng nào là "đúng". Người song sinh du hành bay đến và trở về hoặc điều đó người láng giềng làm cùng với vũ trụ. Có hai sự kiện là: chuyển động tương đối của cặp song sinh. Song có hai phương pháp khác nhau kể về chuyện này. Một quan điểm là sự thay đổi hệ thống đọc số quán tính của nhà du hành vũ trụ tạo ra lực quán tính sẽ dẫn đến sự khác biệt về tuổi tác. Một quan điểm khác là tác động của lực hấp dẫn vượt hơn hiệu quả liên quan đến sự thay đổi hệ thống quán tính bởi trái đất. Bất kỳ quan điểm gì người láng giềng và vũ trụ đều cố định đối với nhau, mặc dù là tính tương đối của chuyển động được bảo toàn nghiêm khắc. Sự khác biệt về tuổi tác theo phản đề được giải thích độc lập với điều là người song sinh nào được coi là đứng yên. Không nhất thiết phải bác bỏ thuyết tương đối.

Và bây giờ có thể đặt một câu hỏi thú vị. Rằng nếu vũ trụ không có gì ngoài hai con tàu vũ trụ A và B thì sao? Chẳng hạn con tàu A sử dụng động cơ tên lửa của mình tăng tốc, hoàn thành chuyến đi dài và trở về. Sẽ có chuyện các đồng hồ đồng thời gian trên hai con tàu tự hoạt động như trước không?

Câu trả lời sẽ tùy thuộc ở chỗ quan điểm của ai về lực quán tính mà bạn kiên trì Edington hay Dennit Xkiema? Quan điểm của Edington là có. Con tàu A tăng tốc so với hệ phổ không - thời gian của vũ trụ, con tàu B là không. Hành vi của họ không cân xứng và dẫn đến sự khác biệt bình thường về tuổi tác. Quan điểm của Xkiema là không. Có ý định nói về gia tốc chỉ so với các thể vật chất khác. Trong trường hợp này các vật thể duy nhất là hai con tàu

vũ trụ. Tình hình hoàn toàn cân xứng. Và trên thực tế, trong trường hợp này không thể nói về hệ thống đọc số quán tính bởi vì không có quán tính (ngoài quán tính cực kỳ yếu tạo ra bởi sự có mặt của hai con tàu).

Khó mà nói trước rằng chuyện gì xảy ra trong vũ trụ mà không có quán tính, nếu như con tàu tương đối khởi động các động cơ tên lửa của nó! Với tính thận trọng của người Anh Xkiema đã biểu đạt rằng: "Cuộc sống hẳn là hoàn toàn khác trong một vũ trụ như vậy!"

Bởi vì hiện tượng chậm của đồng hồ của người song sinh du hành có thể được xem xét như một hiện tượng trọng lực, bất kỳ thí nghiệm nào chỉ ra sự chậm trễ thời gian dưới tác động của trọng lực đều là sự khẳng định gián tiếp phản đề cặp song sinh. Những năm gần đây đã có được một số khẳng định như vậy nhờ phương pháp thí nghiệm nổi tiếng dựa trên cơ sở hiệu ứng Mocbaơ. Nhà vật lý học người Đức trẻ tuổi Rudol Mocbaơ vào năm 1958 đã phát minh ra phương pháp chế tạo "đồng hồ hạt nhân", với độ chính xác cực kỳ để đo thời gian. Bạn hãy hình dung chiếc đồng hồ đánh tích tắc 5 lần trong một giây, còn những đồng hồ khác đánh tích tắc sao cho cứ sau một triệu triệu tích tắc nó chỉ chậm một phần trăm tíc tắc. Hiệu ứng Mocbaơ có khả năng phát hiện ngay rằng chiếc đồng hồ thứ hai chạy chậm hơn chiếc thứ nhất! Các thí nghiệm có áp dụng hiệu ứng Mocbaơ đã chỉ ra rằng thời gian ở móng tòa nhà (nơi trọng lực lớn hơn) trôi chậm hơn một chút so với trên mái nhà. Theo nhận xét của Gamop: "Một cô đánh máy chữ làm việc tại tầng một của tòa nhà Empir Star Building (tòa nhà ở New York có 102 tầng - N.D.) già đi chậm hơn cô chị em gái song sinh làm việc ở tầng mái". Tất nhiên sự khác biệt về tuổi tác này là rất nhỏ, nhưng là có thật và có thể đo được. Nhà vật lý học người Anh sử dụng hiệu ứng Mocbaơ, đã phát hiện ra rằng đồng hồ hạt nhân bố trí tại mép một cái đĩa quay nhanh đường kính cả thảy 15 cm làm chậm vòng quay của mình chút ít.

Đồng hồ đang quay có thể xem như người song sinh thay đổi không ngừng hệ thống đọc số quán tính của mình (hoặc như người song sinh bị trường trọng lực tác động vào, nếu coi các đĩa là đứng yên, còn vũ trụ thì quay). Thí nghiệm này là sự kiểm tra trực tiếp phản đề cặp song sinh: Thí nghiệm trực tiếp nhất sẽ được thực hiện khi nào đồng hồ hạt nhân được đặt trên vệ tinh nhân tạo sẽ quay với vận tốc lớn quanh trái đất. Sau đó vệ tinh trở lại và các số chỉ của đồng hồ được so sánh với các đồng hồ khác còn ở lại trên trái đất. Tất nhiên khi nhà du hành vũ trụ càng nhanh chóng tiến gần sẽ có thể tiến hành kiểm tra chính xác nhất sau khi giữ chắc được đồng hồ hạt nhân bên mình đi vào cuộc hành trình vũ trụ xa xôi. Không một nhà vật lý nào, ngoài

giáo sư Ding nghi ngờ rằng số chỉ đồng hồ của nhà du hành vũ trụ sau khi trở về trái đất sẽ không trùng chút ít với các số chỉ của đồng hồ hạt nhân để trên trái đất.

Và chúng ta cần luôn luôn sẵn sàng đến với những bất ngờ. Các bạn hãy nhớ đến thí nghiệm của Maikenxon và Moocly!

---o0o---

Các mô hình vũ trụ

Ngày nay không một nhà vật lý nào còn tranh cãi về thuyết tương đối hẹp, và chỉ còn ít người còn tranh cãi về những cơ sở của thuyết tương đối tổng quát. Thực ra, thuyết tương đối tổng quát đang còn nhiều vấn đề quan trọng vẫn chưa được giải quyết. Không nghi ngờ gì về điều những quan sát và thí nghiệm ủng hộ thuyết này đang còn ít và không phải lúc nào cũng thuyết phục. Nhưng thậm chí dấu không có được sự khẳng định nào nói chung, thuyết tương đối tổng quát vẫn dường như đây hấp dẫn phi thường do những đơn giản hóa được đưa vào vật lý học.

Đơn giản hóa ư? Có thể đã có sự lạm dụng từ này đối với một lý thuyết trong đó toán học phát triển được áp dụng đến nỗi có ai đó đã có lần nói rằng dường như trên thế giới có không quá 12 người có thể hiểu được nó (hiển nhiên con số đó bị rút bớt thậm chí vào thời kỳ ý kiến như vậy đã có được sự thừa nhận). Công cụ toán học của thuyết tương đối thực sự phức tạp, song sự phức tạp này cân bằng bởi sự đơn giản phi thường của bức tranh chung. Ví dụ, các kiến giải về lực hấp dẫn và lực quán tính đối với cùng một hiện tượng vừa đủ để làm cho thuyết tương đối tổng quát có chiều hướng hiệu quả nhất khi hình thành quan điểm về thế giới.

Anhxtanh đã phát biểu tư tưởng này vào năm 1921 khi giảng về thuyết tương đối tại trường Đại học Prinxtơn: "Khả năng giải thích sự bằng nhau bằng con số giữa lực quán tính và trọng lực bằng sự thống nhất bản chất của chúng tạo cho thuyết tương đối tổng quát, theo biện luận của tôi, nhưng ưu việt trước các quan điểm của cơ học cổ điển, do vậy mà các khó khăn gặp phải ở đây có thể xem là không lớn lắm ..."

Cái mà thuyết tương đối có chính là cái mà các nhà toán học ưa gọi là "vẻ kiêu diễm". Đó cũng chính là một tác phẩm nghệ thuật. Có lần Lorenxơ đã

từng tuyên bố: "Mỗi người hâm mộ cái đẹp đều muốn rằng cái đẹp phải là cái chính xác".

Trong chương này những quan điểm được xác lập cứng rắn của thuyết tương đối sẽ được đặt sang một bên, và bạn đọc được đắm mình vào trong lĩnh vực tranh luận gay gắt, nơi các quan điểm không hơn gì những giả thiết mà phải thừa nhận hoặc bác bỏ trên cơ sở những luận chứng khoa học. Vậy vũ trụ nói chung là gì? Chúng ta đều biết rằng trái đất là hành tinh thứ ba tính từ mặt trời trong hệ thái dương gồm chín hành tinh và mặt trời là một trong hàng trăm tỷ ngôi sao tạo thành thiên hà chúng ta. Chúng ta không biết rằng trong lĩnh vực không gian mà chúng ta có thể thám sát bằng những viễn vọng kính cực mạnh, đã loại ra những thiên hà khác mà số lượng của chúng cũng phải tính đến hàng tỷ. Có tiếp tục điều đó đến vô cùng được chăng? Số lượng thiên hà cũng là vô cùng? Hoặc giả không gian dù sao cũng phải có giới hạn chứ? (Có thể là chúng ta nên nói "không gian của chúng ta", bởi vì nếu không gian của chúng ta có giới hạn thì ai có thể nói rằng không tồn tại những không gian có giới hạn khác?)

Các nhà thiên văn học đang cố gắng để trả lời các câu hỏi đó. Họ đang xây dựng các mô hình vũ trụ - những bức tranh tưởng tượng về thế giới nếu xem nó (thế giới) như một thể thống nhất. Đầu thế kỷ 19 nhiều nhà thiên văn học cho rằng vũ trụ là vô hạn có vô số mặt trời. Không gian được xem là không gian Ơclit. Các đường thẳng kéo dài đến vô cùng theo mọi hướng. Nếu có một con tàu vũ trụ khởi hành theo một hướng bất kỳ và chuyển động theo đường thẳng, thì cuộc hành trình của nó hẳn phải kéo dài không giới hạn và không bao giờ đến được đích (giới hạn). Quan điểm này xuất hiện từ người Hy Lạp cổ. Họ ưa nói rằng nếu một người lính ném cán giáo xa mãi trong không gian thì anh ta không thể nào đạt tới điểm dừng, còn nếu có điểm dừng như vậy trong tưởng tượng thì người lính có thể đến được đấy và ném giáo xa hơn nữa!

Đã có sự chống đối lại quan điểm này. Nhà thiên văn học người Đức Henric Olbe đã nhận định vào năm 1826 rằng nếu số mặt trời là vô cùng và những mặt trời này được phân bố trong không gian một cách ngẫu nhiên, thì đường thẳng kẻ từ trái đất theo một hướng bất kỳ cuối cùng phải đi qua một ngôi sao bất kỳ. Điều đó có nghĩa là toàn bộ bầu trời đêm phải là một mặt dây đặc ra ánh sáng mờ ảo. Chúng ta biết rằng điều đó không phải như vậy. Cần suy nghĩ cách giải thích nào đó về bầu trời đêm mờ tối để giải thích cái mà ngày nay người ta gọi là phản đề Olbe. Đa số các nhà thiên văn cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20 cho rằng số mặt trời là hạn chế. Thiên hà của chúng ta, họ khẳng

định, chứa toàn bộ mặt trời hiện hữu. Thế còn ngoài thiên hà thì sao? Chẳng có gì cả! (Và chỉ vào giữa những năm 20 của thế kỷ này đã xuất hiện một chứng minh không thể bác bỏ là có hàng triệu thiên hà trải dài cách chúng ta). Những nhà thiên văn khác cho rằng ánh sáng từ các vì sao xa xăm, có thể được thể hiện bằng những dải bụi tinh vân (tinh đoàn).

Các giải thích sắc sảo nhất thuộc về nhà toán học người Thụy điển V. K. Saclof. Ông nói các thiên hà tập hợp thành tinh đoàn, các tinh đoàn thành siêu tinh đoàn - siêu tinh đoàn thành siêu - siêu tinh đoàn và cứ như vậy cho đến vô cùng. Ở mỗi cấp độ tập hợp khoảng cách giữa các tinh đoàn phát triển nhanh hơn là kích thước tính toán. Nếu điều đó đúng thì khi tiếp tục vạch đường thẳng càng xa khỏi thiên hà chúng ta xác suất nó gặp thiên hà khác càng nhỏ. Đồng thời chế độ tập hợp tinh đoàn đó là vô cùng, bởi vì giống như trước kia có thể nói rằng vũ trụ chứa một số vô tận các vì sao. Trong các giải thích mà Saclof dành cho phản đề Olbe không hề có một sai lầm nào ngoại trừ có cách giải thích đơn giản hơn sau đây.

Mô hình đầu tiên của vũ trụ xây dựng, trên cơ sở lý thuyết thuyết tương đối được đề xuất bởi chính Anhxtanh trong bài báo công bố vào năm 1917. Đó là một mô hình điểm lệt và tuyệt đẹp mặc dù về sau Anhxtanh buộc phải khước từ nó. Ở trên đã giải thích rằng các trường trọng lực là những đường cong cấu trúc không gian - thời gian được tạo thành do hiện diện của những khối vật chất lớn. Bên trong mỗi thiên hà, theo đó có nhiều đường cong xoắn tương tự của không gian thời gian. Thế còn các miền lớn của không gian rộng giữa các thiên hà thì sao? Có một quan điểm như sau. Khoảng cách từ các thiên hà càng lớn thì không gian càng trở nên phẳng hơn (Ơcolit hơn).

Nếu như vũ trụ là tự do khỏi bất kỳ vật chất nào thì không gian đã hoàn toàn là phẳng: song một số người lại cho rằng trong trường hợp đó nói chung là vô nghĩa khi nói rằng nó có một cấu trúc nào đó. Và cho dù trong trường hợp nào đi nữa vũ trụ của không gian - thời gian cũng được trải ra không hạn chế theo tất cả các hướng.

Anhxtanh đã làm một luận giá. Ông nói chúng ta giả thiết rằng khối lượng vật chất trong vũ trụ là đủ lớn để bảo đảm cho tỉ suất cong tổng quát là dương. Không gian khi đó co hẹp lại theo tất cả các hướng.

Không thể hiểu hoàn toàn điều đó nếu không đi sâu vào hình học bốn chiều phi Ơcolit, nhưng có thể nắm bắt tư duy đó dễ dàng nhờ mô hình hai chiều. Ta thử tưởng tượng một đất nước phẳng ở đó chỉ có các thực thể hai số đo.

Họ xem đất nước của mình là một mặt phẳng Ocolit. Thật vậy, mặt trời của đất nước phẳng là nguyên nhân xuất hiện trên mặt phẳng đó các mô cao khác nhau, nhưng đó chỉ là những mô mang tính địa phương không có ảnh hưởng gì đến độ phẳng chung. Song có một khả năng khác mà các nhà thiên văn của đất nước này có thể mừng tưng ra. Có thể là mỗi mô cao ở địa phương tạo ra một tỉ suất cong nhỏ của toàn mặt phẳng bằng cách là tác động tổng cộng của tất cả các mặt trời sẽ dẫn đến sự biến dạng của mặt phẳng đó thành một cái gì đó giống như bề mặt của hình cầu lõm chỏm. Bề mặt tương tự càng trở nên vô hạn khiến bạn có thể chuyển động theo bất kỳ hướng nào mãi mãi và không bao giờ đạt tới giới hạn. Người chiến sĩ của đất nước bằng phẳng không thể tìm thấy một chỗ nào xa hơn mãi để anh ta có thể ném mũi dao phẳng của mình. Song bề mặt của đất nước là vô tận. Nhà du hành hoàn thành chuyến đi theo đường thẳng khá lâu, cuối cùng lại trở về chính nơi mình xuất phát.

Các nhà toán học nói rằng bề mặt tương tự là "eo". Tất nhiên là nó không có giới hạn. Giống như không gian Ocolit vô tận, tâm của nó ở mọi nơi, không có chu vi. Dân cư của đất nước này dễ dàng tin tưởng các "eo" đó có thuộc tính địa hình như vậy. Một phạm trù đã được nhắc tới: chuyển động xung quanh hình cầu theo mọi hướng. Phương pháp kiểm tra khác là tô màu bề mặt này. Nếu như cư dân của đất nước này xuất phát từ một chỗ nào đấy bắt đầu vẽ các ống tròn ngày càng lớn, cuối cùng nó vẫn ở bên trong vạt trên mặt đối diện của hình cầu. Song hình cầu này lớn và dần chiếm cứ một phần của nó, họ sẽ không có khả năng tiến hành những thử nghiệm địa hình tương tự.

Anhxtanh giả thiết rằng không gian của chúng ta là một mặt ba chiều của một hình cầu biến tướng (hình cầu bốn chiều). Thời gian trong mô hình không bị cong: đó là một tọa độ thẳng chạy về phía sau vào một quá khứ xa xôi vô cùng và trải ra xa đến vô cùng về phía trước không - thời gian bốn chiều, nó sẽ giống như một cấu trúc không - thời gian bốn chiều, nó sẽ giống hình trụ biến tướng nhiều hơn, so với hình cầu biến tướng. Do nguyên nhân đó, mô hình như vậy được gọi là mô hình "vũ trụ hình trụ". Tại bất kỳ thời điểm nào chúng ta sẽ nhìn thấy không gian giống như một mặt cắt ngang ba chiều của một hình trụ biến tướng. Mỗi mặt cắt ngang đều là mặt của hình cầu biến tướng.

Thiên hà của chúng ta chỉ chiếm một phần nhỏ của bề mặt này đến nỗi không thể thực hiện được thí nghiệm về topo ngõ hầu chứng minh được tính chất co hẹp của nó. Nhưng về nguyên tắc, khả năng chứng minh tính chất co

hẹp ấy vẫn tồn tại. Đặt một kính viễn vọng đủ mạnh theo một hướng nào đó có thể lấy tiêu cự trên một thiên hà nhất định, sau đó quay kính viễn vọng theo hướng ngược lại sẽ nhìn thấy phía trên cùng của thiên hà đó. Nếu như tồn tại những con tàu vũ trụ có vận tốc gần với vận tốc ánh sáng thì chúng có thể vẽ một vòng tròn quanh vũ trụ, trong khi chuyển động với hướng bất kỳ theo đường thẳng nhất có thể có được. Không thể "tô điểm" vũ trụ theo ngữ nghĩa của từ đó, nhưng có thể vẽ thực chất đúng như vậy khi biên soạn bản đồ hình cầu của vũ trụ với các kích thước ngày càng lớn. Nếu nhà bản đồ học được điều đó đã lâu thì anh ta có thể phát hiện ra rằng anh ta như ở bên trong các hình cầu mà anh ta vẽ bản đồ của nó.

Hình cầu đó sẽ trở nên ngày càng nhỏ đi tùy theo anh ta bám sát vị trí của mình, giống như các vòng tròn bị nhỏ đi khi cư dân của đất nước bằng phẳng vẫn ở bên trong của vạt đất.

Trong một số quan hệ mô hình phi Ơcơlit của Anxxtanh đơn giản hơn mô hình cổ điển, theo đó không gian không bị uốn cong. Nó đơn giản hơn theo đúng ý nghĩa như có thể nói rằng vòng tròn đơn giản hơn đường thẳng. Đường thẳng trải dài về vô cực theo hai phía, mà vô cực trong toán học thì lại là cái rất phức tạp. Cái tiện lợi của vòng tròn là ở chỗ nó có giới hạn. Nó không có đầu cuối, không ai phải lo lắng về điều là sẽ xảy ra chuyện gì với đường tròn tại vô cực. Trong cái vũ trụ cân trọng của Anxxtanh không ai phải quan tâm về tất cả các đầu cuối tự do khi ở vô cực, quan tâm về điều là trong vũ trụ học người ta thích gọi ra "các điều kiện hữu hạn". Trong các vũ trụ trên của Anxxtanh không tồn tại vấn đề giới hạn bởi vì nó không có giới hạn.

Những mô hình vũ trụ khác hoàn toàn phù hợp với thuyết tương đối tổng quát đã được thảo luận vào những năm 20. Một số trong đó có tính chất thậm chí lạ lẫm hơn vũ trụ hình trụ của Anxxtanh. Nhà thiên văn học người Hà lan Villin de Xitơ đã chế ra mô hình co hẹp có giới hạn, trong đó thời gian bị uốn cong giống như không gian. Càng nhìn qua không gian của de Xitơ xa bao nhiêu, đồng hồ dường như càng chạy chậm bấy nhiêu. Nếu nhìn đủ xa có thể nhìn thấy những miền mà thời gian hoàn toàn dừng lại, "giống như tuần trà của gã điên Sliapotkin" - Edington viết - nó luôn luôn là sáu giờ chiều".

Không nhất thiết phải nghĩ rằng đang tồn tại một giới hạn nào đó - Bectorang Rutxen giải thích trong cuốn "Nhập môn thuyết tương đối". "Con người đang sống tại một nước mà người quan sát của chúng ta coi là đất

nước của lotofago (xứ sở của kinh thánh và lễ hội), sống đúng chế độ kiêng cử giống như chính người quan sát và dường như bản thân anh ta đông cứng lại trong bất động vĩnh cửu. Trên thực tế bạn không bao giờ nhận biết về xứ sở của các lotofago này, bởi vì cần phải có một thời gian lớn vô cùng để ánh sáng từ đó đi đến với bạn. Bạn có thể nhận biết về những nơi ở không xa chỗ đó nhưng chính nó lại luôn luôn là chân trời". Tất nhiên, nếu bạn thường về miền này trên một con tàu vũ trụ, dùng kính viễn vọng quan sát thường xuyên, bạn hẳn nhìn thấy rằng tiếp theo mức độ đến gần đường đi của thời gian ở đó cũng dần dần giảm tốc. Khi bạn đến nơi, mọi thứ sẽ chuyển động với vận tốc bình thường. Trái đất của các lotofago giờ đây sẽ ở mép của chân trời mới.

Bạn có chú ý rằng khi máy bay bay thấp trên đầu, bay lên cao độ cao âm thanh động cơ có giảm đi liền một chút không? Người ta gọi đó là hiệu ứng Dopple theo tên gọi của nhà vật lý học người Áo theo đạo thiên chúa tên là Johan Dopple, người phát hiện ra hiệu ứng này vào giữa thế kỷ 19. Nó càng dễ giải thích, khi máy bay tiến lại gần, thì sóng âm thanh từ động cơ làm dao động màng trong nhiều hơn là khi máy bay không chuyển động. Điều đó làm tăng độ cao của âm thanh. Khi máy bay đi xa tần suất dao động âm thanh mà tai bạn cảm nhận được càng ít đi. Âm thanh trở nên thấp.

Chính là sự tuyệt đối như vậy xuất hiện trong trường hợp khi nguồn ánh sáng chuyển động nhanh về phía các bạn hoặc tách khỏi các bạn. Đồng thời cái không đổi phải là vận tốc ánh sáng (luôn luôn là không đổi), chứ không phải là độ dài sóng của nó. Nếu như bạn và nguồn sóng chuyển động ngược chiều nhau, thì hiệu ứng Dopple làm ngắn chiều dài của sóng ánh sáng, đồng thời di động màu về phía đầu tím của quang phổ. Nếu như bạn và nguồn sáng xa nhau thì hiệu ứng Dopple cho một sự di động tương tự về phía quang phổ màu đỏ.

Gamop ở một trong những bài giảng đã kể lịch sử (không nghi ngờ gì nữa mà là một giai thoại) với hiệu ứng Dopple, một hiệu ứng quá tốt để khỏi phải dẫn nó ra đây. Điều đó xảy ra, dường như, bởi một nhà vật lý học nổi tiếng người Mỹ từ trường đại học Giôn Hôpkin, Robe Vut, người kiên trì ở Bantimo về sự chuyển dần sang ánh sáng màu đỏ. Trước trọng tài, Vut trên cơ sở hiệu ứng Dopple đã giải thích rõ ràng rằng do vận tốc lớn của chuyển động mà xuất hiện sự chuyển dịch màu đỏ sang màu tím của quang phổ, do đó mà anh ta đã cảm thụ như màu xanh. Trọng tài nghiêng về biện luận của Vut nhưng lại bất ngờ có một sinh viên của Vut mà cách đây không lâu Vut đã đánh trượt. Anh ta tính nhanh ra vận tốc cần phải có để ánh lửa đèn chiếu

từ màu đỏ thành màu xanh. Trọng tài từ chối việc quy lỗi ban đầu và phạt Vut vì vượt quá tốc độ.

Dôple nghĩ rằng hiệu ứng phát hiện giải thích màu thấy được của các vì sao xa xăm: các ngôi sao màu đỏ phải chuyển động từ phía trái đất, các ngôi sao màu xanh da trời thì về phía trái đất. Như đã thấy vấn đề không phải như vậy (những màu này được giải thích bởi những nguyên nhân khác). Vào những năm 20 của thế kỷ, chúng ta đã phát hiện ra rằng, ánh sáng từ các thiên hà ở xa có sự dịch chuyển rõ ràng sang phía đỏ mà sự di chuyển này không thể giải thích đủ sức thuyết phục khác hơn là cho rằng các thiên hà này chuyển động từ phía trái đất. Hơn nữa sự di chuyển đó tăng lên trung bình tỷ lệ với khoảng cách từ thiên hà đến trái đất. Nếu như đến thiên hà A xa hơn hai lần so với đến thiên hà B, từ sự di chuyển từ A lớn hơn chúng hai lần của sự di chuyển màu đỏ từ B: Theo khẳng định của nhà thiên văn học người Anh Fret Hoy sự di chuyển màu đỏ đối với tính toán trong chòm sao quả tạ (Hydia) chứng minh rằng tinh đoàn đó đi xa trái đất với vận tốc lớn bằng khoảng 61000 km/giây.

Người ta đã tìm cách giải thích khác nhau không phải bằng hiệu ứng Dôple, mà bằng phương pháp khác nào đó. Theo lý thuyết "mệt mỏi ánh sáng" thì ánh sáng càng đi xa, tần số dao động của nó càng nhỏ (Đó là một dẫn dụ tuyệt vời của giả thuyết ad hoc, tức của giả thuyết chỉ liên quan với hiện tượng thường xuyên đó, bởi vì không có một minh chứng khác có lợi cho nó). Có cách giải thích khác cho rằng ánh sáng đi qua lớp bụi vũ trụ sẽ dẫn đến xuất hiện sự di chuyển. Trong mô hình của de Xitơ sự di chuyển đó thấy được rất rõ từ tỉ suất cong của thời gian. Nhưng sự giải thích đơn giản nhất phù hợp tốt nhất với thực tế đã biết khác là ở chỗ, sự di chuyển màu đỏ trên thực tế minh chứng về sự chuyển động có thực của các thiên hà. Xuất phát từ tiền đề đó mà chẳng bao lâu đã phát triển một seri mới các mô hình "vũ trụ mở rộng".

Song sự mở rộng này không có nghĩa là chính các thiên hà tự mở rộng (dãn nở) hoặc là (như bây giờ người ta cho rằng như vậy) khoảng cách giữa các thiên hà trong các tính toán tăng lên. Như mọi người đều biết, sự mở rộng này kéo theo sự tăng lên của khoảng cách giữa các tính toán. Các bạn hãy hình dung một đồng bột lớn trong đó bao gồm hàng trăm hạt Izumin. Mỗi hạt Izumin là một tinh đoàn. Nếu đồng bột đó đưa vào lò, nó sẽ dãn nở đều theo mọi hướng, nhưng kích cỡ của Izumin vẫn như cũ. Khoảng cách giữa các Izumin tăng lên. Không một Izumin nào được gọi là trung tâm của sự

dẫn nở. Từ quan điểm về hạt Izumin riêng lẻ bất kỳ các hạt Izumin càng lớn vận tốc biểu kiến về sự tách xa của nó càng lớn.

Mô hình vũ trụ của Anhxtanh là tĩnh. Điều đó được giải thích rằng ông đã phát triển mô hình này trước khi các nhà thiên văn học phát hiện ra sự dẫn nở (mở rộng) của vũ trụ. Để đề phòng sự cuốn hút của vũ trụ từ các lực từ trước và sự diệt vong của nó, Anhxtanh buộc phải giả thiết cho mô hình của mình rằng còn một lực nữa (ông đưa vào mô hình của mình với tên gọi là lực thường xuyên của vũ trụ) mà vai trò của nó là đẩy và giữ các vì sao ở một khoảng cách nhất định với nhau. Những tính toán sau này được thực hiện đã chỉ ra rằng mô hình của Anhxtanh là không ổn định tựa như đồng tiền đứng nghiêng. Một tác động rất nhỏ sẽ làm nó đổ về bên phải hoặc bên trái, mà đổ về bên phải thì ứng với vũ trụ giãn nở, mà đổ về bên trái thì ứng với vũ trụ co rút. Sự phát hiện ra di động màu đỏ đã chỉ ra rằng vũ trụ trong bất kỳ trường hợp nào đều không bị co rút, các nhà vũ trụ học thiên về các mô hình vũ trụ dẫn nở.

Người ta đã xây dựng các mô hình toàn năng về vũ trụ dẫn nở. Như nhà bác học Liên xô (cũ) Alecxăngđơr Phonitman và giáo sĩ người Bỉ tên là Gioocgiơ Lemét đã xây dựng nên hai mô hình nổi tiếng nhất. Có mô hình không gian được xem là co rút (tỉ suất cong là dương), mô hình khác lại xem là không co rút (tỉ suất cong là âm), ở mô hình thứ ba vấn đề về sự co rút không gian lại đề ngỏ. Một trong những mô hình được Edington đề nghị và đã được mô tả trong cuốn sách khá hấp dẫn có tên là "Vũ trụ giãn nở". Mô hình của ông về thực hành rất giống với mô hình của Anhxtanh, nó bị co rút, giống như quả cầu bốn chiều lớn và dẫn nở đều theo cả ba số đo về không gian. Song, hiện nay các nhà thiên văn không tin rằng không gian bị co rút. Như mọi người đều biết mật độ vật chất trong không gian không đủ để tỉ suất cong là dương. Các nhà thiên văn ưa quan niệm vũ trụ là không bị co rút hoặc vũ trụ vô cùng với tỉ suất cong tổng quát là số âm giống như bề mặt của yên ngựa.

Bạn đọc không nên nghĩ rằng nếu bề mặt hình cầu có tỉ suất cong là dương, thì bên trong bề mặt này sẽ có tỉ suất cong là âm. Tỉ suất cong của mặt hình cầu là dương không phụ thuộc vào điều là nhìn nó từ phía nào, từ ngoài vào hay từ trong ra ngoài - tỉ suất cong âm của bề mặt yên ngựa là do tại một điểm bất kỳ của nó bề mặt này có tỉ suất cong khác nhau. Nó là lõm nếu bạn kẻ trên đó bằng tay từ phần sau sang phần trước, và lồi nếu bạn kẻ tay từ mép này sang mép khác. Tỉ suất cong này được biểu thị bằng số dương, tỉ suất cong khác lại biểu thị bằng số âm. Để có được tỉ suất cong của mặt này

tại điểm đã biết hai số này cần được nhân lên. Nếu tại mọi điểm số đó là âm, như cần phải có khi bề mặt tại điểm bất kỳ bị cong theo kiểu khác thì người ta nói rằng bề mặt đó có tỉ suất cong là âm. Bề mặt khoan tròn (hình cái trống) là một thí dụ nổi tiếng khác của bề mặt có tỉ suất cong âm. Tất nhiên các bề mặt tương tự là những mô hình thô sơ của không gian ba chiều có tỉ suất cong âm.

Có thể là với sự xuất hiện của các kính thiên văn công suất lớn hơn người ta sẽ phải giải quyết vấn đề xem là tỉ suất cong nào của vũ trụ là dương, là âm hoặc bằng không. Kính viễn vọng cho phép nhìn thấy các thiên hà chỉ là trong một dụng cụ khối mặt cầu nhất định. Nếu các thiên hà được phân bố một cách ngẫu nhiên và nếu không gian là Ocolit (tỉ suất cong bằng không) thì số thiên hà bên trong mặt cầu tương tự phải luôn luôn tỉ lệ với lập phương bán kính của mặt cầu này. Nói cách khác, nếu xây dựng một kính thiên văn có thể nhìn xa gấp đôi so với bất kỳ kính thiên văn nào trước đó thì số thiên hà nhìn thấy được phải tăng lên từ năm đến 8. Nếu bước nhảy đó là nhỏ hơn thì điều đó có nghĩa là tỉ suất cong của vũ trụ là số dương, nếu lớn hơn thì là số âm.

Có thể nghĩ rằng cần phải là ngược lại, nhưng chúng ta hãy xem xét trường hợp của mặt hai số đo với tỉ suất cong là dương và âm. Giả sử từ một tấm cao su phẳng ta cắt một vòng tròn. Trên đó dán các Izumin cách nhau nửa cm một. Để cho tấm cao su đó có hình dạng mặt cầu, cần ép nó lại và các Izumin càng xích lại gần nhau hơn. Nói khác đi, nếu trên bề mặt hình cầu các Izumin cách nhau nửa cm một thì cần số Izumin ít hơn. Còn nếu trải tấm cao su lên mặt yên ngựa thì các Izumin dẫn ra trên khoảng cách lớn, tức là muốn trên bề mặt yên ngựa giữ khoảng cách giữa các Izumin nửa cm thì phải có nhiều Izumin hơn. Hơi có vấn đề đạo đức ở chỗ này khi nói vui rằng nếu bạn muốn mua một chai bia, bắt buộc bạn phải nói với người bán hàng rằng bạn muốn mua một chai bia có không gian cong là âm, chứ không phải là dương!

Với sự xuất hiện của mô hình đó ngay lập tức vấn đề phản đề Olbe về ánh sáng của bầu trời đêm đã được làm sáng tỏ. Mô hình tĩnh của Anhxtanh ít hỗ trợ về mặt này. Thực vậy, nó chỉ chứa đựng một số hữu hạn số lượng mặt trời, nhưng do độ dẹt của không gian trong mô hình ánh sáng của các mặt trời này buộc phải lan tỏa mãi mãi toàn vũ trụ bằng cách uốn cong đường đi của mình phù hợp với tỉ suất cong cục bộ của không gian thời gian. Kết quả là bầu trời đêm tỏa sáng giống như trong trường hợp có vô số mặt trời nếu

không giả thiết rằng vũ trụ đang còn quá trẻ, nhiều ánh sáng chỉ có thể thực hiện một số hữu hạn các vòng xoáy.

Khái niệm vũ trụ giãn nở gạt bỏ rất đơn giản vấn đề này. Nếu các thiên hà xa xôi rời xa trái đất với vận tốc tỉ lệ với khoảng cách đến chúng thì số lượng đầy đủ ánh sáng đến được trái đất phải giảm thiểu. Nếu một thiên hà ở đủ xa vận tốc của nó có thể vượt quá vận tốc ánh sáng khi ánh sáng cách nó nói chung không bao giờ đạt tới chỗ chúng ta. Ngày nay nhiều nhà thiên văn cho rằng nếu như vũ trụ giãn nở, thì hẳn đã không có sự khác biệt thực sự nào giữa ngày và đêm.

Hiện tượng vận tốc của các thiên hà xa xôi đối với trái đất có thể vượt quá vận tốc ánh sáng dường như là phá vỡ nguyên lý: không một vật thể vật chất nào có thể chuyển động nhanh hơn vận tốc ánh sáng. Nhưng như chúng ta đã thấy ở chương 4 nguyên lý này có hiệu lực chỉ trong các điều kiện phù hợp với các yêu cầu của thuyết tương đối hẹp. Trong thuyết tương đối tổng quát cần diễn đạt lại như sau: không một tín hiệu nào có thể truyền đi nhanh hơn ánh sáng. Song vẫn đang có vấn đề quan trọng còn tranh cãi như sau: trên thực tế có thể có các thiên hà xa xôi khắc phục được rào cản ánh sáng và sau khi trở thành không nhìn thấy được, vẫn luôn luôn biến mất do tường ngăn của con người, thậm chí nếu như con người có bố trí được một kính viễn vọng cực mạnh mà ta có thể hình dung ra. Một số chuyên gia cho rằng vận tốc ánh sáng trên thực tế là giới hạn và chính bản thân các thiên hà xa xôi nhất cũng dễ bị xui đi hơn mà không bao giờ hoàn toàn nhìn thấy được (tất nhiên trong điều kiện con người phải bố trí những máy móc đủ nhạy cảm để quan sát chúng).

Những thiên hà già nua, như ai đó đã có lần nhận xét, không bao giờ bị chết đi. Đơn giản là chúng dần dần biến mất. Song dễ hiểu là không một thiên hà nào biến đi với ý nghĩa là vật chất của vũ trụ bị biến mất. Đơn giản là nó đạt được vận tốc không thể phát hiện bằng kính viễn vọng trên trái đất. Thiên hà biến mất tiếp tục nhìn thấy được từ các thiên hà khác ở gần với nó. Đối với mỗi thiên hà tồn tại một "đường chân trời quang học" kiểu như một ranh giới hình cầu mà kính viễn vọng không thể xuyên thủng. Các đường chân trời hình cầu này đối với hai thiên hà bất kỳ không trùng nhau. Các nhà thiên văn tính rằng các điểm mà sau đó thiên hà bắt đầu biến đi từ trường ngắm của chúng ta nằm ở khoảng xa gấp đôi so với miền đạt được của bất kỳ kính viễn vọng quang học hiện đại nào. Nếu như giả thiết đó là đúng thì bây giờ đã nhìn thấy một phần tám của tất cả các thiên hà mà một thời điểm nào đó có thể quan sát được.

Nếu vũ trụ dẫn nở (không quan trọng là không gian phải phẳng không dẹt hoặc là dẹt) thì xuất hiện vấn đề hóc búa là như vậy. Vậy thì vũ trụ trước kia giống cái gì? Có hai cách thức khác nhau trả lời câu hỏi này, hai mô hình vũ trụ hiện đại. Cả hai mô hình đều được đề cập ở chương sau.

---o0o---

Vụ nổ hoặc là trạng thái ổn định?

Bạn thử hình dung một bức tranh vũ trụ từ từ dẫn nở, sau đó làm ngược lại như xảy ra trên màn ảnh. Rõ ràng là trong "quá khứ phủ đầy bóng tối và không cùng của thời gian" như có lần Sexpia đã nói, đã từng có lúc số lượng vật chất tập trung vào một khối vật nhỏ. Có thể là toàn bộ quá trình dẫn nở đã bắt đầu nhiều tỉ năm trước đây với một vụ nổ lớn đầu tiên. Đó là quan điểm vụ nổ lớn đầu tiên được Lemet đề xuất và ngày nay đã có được người bảo vệ nhiệt thành nhất mà đại biểu là Gamop.

Gamop trong cuốn sách "sự tạo thành vũ trụ" đã bảo vệ thuyết phục học thuyết của mình. Lemet cho rằng vụ nổ xảy ra chừng năm tỉ năm trước đây, say mê đánh giá độ tuổi của vũ trụ vẫn thiên về phía tăng dần lên. Hiện nay người ta cho rằng độ tuổi từ 20 đến 25 tỉ năm là gần đúng nhất. Như vậy, theo Gamop đã có thời kỳ toàn bộ vật chất trong vũ trụ tập trung trong một quả cầu đơn nhất khá đậm đặc của một khối vật chất gọi là Item (là tên gọi cổ Hy Lạp của khối vật chất nguyên thủy). Vậy thì nó từ đâu mà ra? Gamop cho rằng nó được tạo thành do kết cấu của sự dồn nén từ trước của vũ trụ. Về giai đoạn dồn nén này, đương nhiên chúng ta không thể nhận biết được điều gì. Giống như mô hình của Lemet, mô hình Gamop bắt đầu từ một vụ nổ được gọi là "thời điểm tạo thành", nhưng không phải với ý nghĩa rằng tôi không có gì tạo ra một cái gì đó mà là với ý nghĩa tạo ra một dạng từ một cái gì đó không có hình dạng trước đó.

Ngay trước vụ nổ nhiệt độ và áp suất của Item là rất cao. Sau đó xảy ra vụ nổ kì lạ không thể tưởng tượng nổi. Trong cuốn sách của mình, Gamop đã phân tích chi tiết mọi cái có thể xảy ra sau đó. Cuối cùng từ bụi và khí dẫn nở mà tạo thành các ngôi sao. Sự dẫn nở của tương đối ngày nay là sự tiếp tục của vận động tổng hợp vật chất bởi vụ nổ ban đầu. Gamop cho rằng sự vận động đó không bao giờ ngừng.

Hiện nay, cạnh tranh với lý thuyết vụ nổ của Gamop chủ yếu là lý thuyết vũ trụ ổn định được đề xuất vào năm 1948 bởi ba nhà bác học của trường Đại học Cambrit là Hecman Bundi, Tomat Hon và Fut Hoy. Bảo vệ thuyết phục nhất lý thuyết này là cuốn sách phổ biến của Hoy "Bản chất của vũ trụ". Giống như trong lý thuyết của Gamop, trong lý thuyết trạng thái ổn định, người ta chấp nhận sự giãn nở của vũ trụ và không gian được xem là mở và vô cùng, chứ không phải là đóng kín như mô hình của Edington. Khác với lý thuyết của Gamop, lý thuyết này không bắt đầu từ vụ nổ, trong đó, nói chúng là không có điểm khởi đầu. Không phải ngẫu nhiên mà đầu đề cuốn sách của Hoy khác với đầu đề cuốn sách của Gamop chỉ là sự thay đổi một từ. Vũ trụ của Hoy không có thời điểm tạo thành để như chúng ta thấy càng nhanh chóng có được vô số các kiến tạo nhỏ. Hoy đã xây dựng công thức đó như sau. "Mỗi đám mây thiên hà, mỗi ngôi sao, mỗi nguyên tử đều có bắt đầu, nhưng không phải là vũ trụ nói chung. Vũ trụ là một cái gì đó lớn hơn các bộ phận của nó, mặc dù kết luận này có thể tỏ ra là bất ngờ".

Vũ trụ ổn định luôn luôn ở trong trạng thái chuyển động từ tốn. Nếu như chúng ta có thể kể lại hàng trăm nghìn tỉ năm trước đây, chúng ta hẳn đã thấy được những kiểu dáng của các thiên hà đang phát triển trong bất kỳ bộ phận nào của vũ trụ, chứa đựng chính những kiểu dáng của các vì sao đang già đi, mà một số trong đó có cùng kiểu dáng của các hành tinh quay xung quanh các vì sao đó. Và trên một số hành tinh ấy, có thể là tồn tại những dạng tương tự của sự sống. Có thể là tồn tại vô số hành tinh trên đó vào chính thời khắc này (độc lập với điều nó có ý nghĩa gì) những thực thể có trí tuệ phóng các nhà du hành vũ trụ đầu tiên của mình vào vũ trụ. Vũ trụ là đơn nhất (theo nghĩa khái quát nhất của từ đó) trong không gian vô tận và thời gian vô tận. Sự giãn nở của nó không phải là hậu quả của vụ nổ. Đó là do một lực đẩy nào đó mà bản chất của nó đang còn được tranh luận sôi nổi. Lực này giống như hằng số vũ trụ còn lại của Anhxtanh. Nó đẩy các thiên hà ra cho đến khi chúng còn chưa biến mất khỏi "trường ngắm" khi vượt qua rào cản ánh sáng. Hiển nhiên, sự biến mất này xảy ra từ điểm ngắm của người quan sát trong thiên hà chúng ta. Khi người quan sát từ trái đất nhìn thấy thiên hà X và láng giềng của nó rời xa nhau, người quan sát từ thiên hà X nhìn thấy cũng như vậy từ thiên hà chúng ta.

Một vấn đề quan trọng đặt ra. Nếu tương đối luôn luôn giãn nở và sẽ tiếp tục giãn nở, thì tại sao nó lại đậm đặc hơn? Rõ ràng là không có cách khác giải thích trạng thái ổn định, ngoài cách giả thiết rằng vật chất mới được tạo thành liên tục, có thể là dưới dạng hydro - một nguyên tố đơn giản nhất trong các nguyên tố. Theo Hoy, nêu như trong một thùng không gian (hầu

như không thể viết về quan điểm của Hoy mà không tán đồng sử dụng cách hình dung đó) cứ mỗi nguyên tử hydro được tạo ra trong khoảng 10 triệu năm, thì hẳn là sẽ duy trì được vũ trụ trong trạng thái ổn định. Đương nhiên, vận tốc mà với vận tốc vật chất được tạo thành cần phải vừa vận sao cho cân bằng được quá trình giảm thiểu mật độ. Vậy thì các nguyên tử hydro lấy từ đâu ra? Không ai dám trả lời vấn đề này. Đó chính là điểm khởi đầu lý thuyết của Hoy. Nếu như kiên trì lòng tin vào việc thành tạo từ không có gì, thì đó là điểm mà trong lý thuyết trạng thái ổn định đã xảy ra, và đáng tin hơn là sự sáng tạo diễn tiến không ngừng.

Cả hai lý thuyết đang tranh chấp - lý thuyết vụ nổ và lý thuyết trạng thái ổn định - đều có thể phù hợp với tất cả các sự kiện đã biết về vũ trụ (chính xác hơn là với những điều mà ở thời điểm này người ta xem là đã biết), cũng như với tất cả các nguyên lý của thuyết tương đối. Hiện nay cả hai lý thuyết đều được chấp nhận như nhau. Hằng năm những quan sát mới nào đó khẳng định lý thuyết vụ nổ và tạo ra sự nghi ngờ đối với lý thuyết trạng thái ổn định, song chúng đều được cân bằng bởi các kết quả quan trắc mới, khẳng định lý thuyết trạng thái ổn định và tạo ra sự nghi ngờ đối với lý thuyết vụ nổ lớn. Nếu các bạn đọc sách báo của người bảo vệ lý thuyết nào đó bạn sẽ thấy rằng tác giả viết sao cho mọi số liệu thiên về bên này hoặc bên kia. Bạn hãy cảnh giác. Khi các chuyên gia bất đồng ý kiến bạn hãy tỉnh táo để khỏi thiên về ý kiến của ai nếu như bạn chưa thực sự cảm nhận về tính thuyết phục của nó. Gamôp công khai viết về cảm tình của mình đối với lý thuyết vụ nổ. Cũng như vậy, Hoy công khai ủng hộ lý thuyết trạng thái ổn định (tôi được biết rằng hiện nay các nhà tâm lý học vẫn chưa giải thích hai hiện tượng trên cơ sở tâm thần của những người bảo vệ chúng, song có thể tin rằng cuối cùng sẽ dẫn tới điều đó). Nếu như không có thiện cảm thì về mặt lý trí còn phải chờ đợi cho đến khi các nhà thiên văn học đưa những cứ liệu đầy đủ để có thể quyết định ngã theo lý thuyết nào.

Còn có nhiều mô hình vũ trụ khác nữa. Một số được đề xuất một cách nghiêm túc, số khác thì như thể trò đùa. Có mô hình trong đó không gian xoắn lại giống hình phễu.

Nếu như bạn đi vòng quanh một vũ trụ như vậy một lượt, bạn sẽ lại ở chỗ bắt đầu cuộc hành trình, có điều tất cả sẽ đảo ngược như ở trong gương. Đương nhiên bạn có thể đi vòng quanh nó một lần nữa và trở về chỗ cũ. Có cả mô hình vũ trụ hình trụ trong đó các vụ nổ luân phiên thời kỳ giãn nở và thời kỳ dãn nén. Chu kì đó được lặp lại không chết như kiểu phục sinh vĩnh hằng của các nhà triết học và tôn giáo phương đông (cũng xin nói rằng Etga

Po trong tác phẩm về vũ trụ khác lạ của mình dưới tiêu đề "Orêka" (tìm ra rồi!), mà ông đã đánh giá cao, đã bảo vệ mô hình vũ trụ hình trụ hiện nay đang ở giai đoạn dồn nén). Cụm đoạn nhất trong số các mô hình, như đã biết, là mô hình "tương đối động học" được đề xuất bởi nhà thiên văn học thuộc trường đại học Oxphit là Eđua Min. Trong đó chấp nhận cả hai dạng thời gian rất khác nhau. Ở một thuật ngữ (khái niệm) thời gian tuổi và kích thước vũ trụ là vô tận và nó hoàn toàn không dẫn nở. Ở thuật ngữ thời gian khác nó lại có kích thước hữu hạn và dẫn nở ngày từ lúc thành tạo. Dạng thời gian nào được chọn làm chủ yếu là vấn đề thuận tiện mà thôi.

Nhà toán học người Anh là Etmun Uytơ đã có lần đề nghị (dưới hình thức tếu) một lý thuyết vũ trụ co thắt, trong đó vũ trụ hữu hạn không chỉ bị co lại, mà vật chất không ngừng đi về nơi mà từ đó nó đến theo lý thuyết của Hoy. Thế giới cuối cùng sẽ hoàn toàn biết mất, nhưng không kèm theo vụ nổ, mà là tiếng thở hắt ra cuối cùng. "Lý thuyết này có ưu điểm - Uytơ viết - nó cho một bức tranh rất đơn giản về sự chấm hết của vũ trụ". Tất nhiên một lý thuyết như vậy cần được giải thích tại sao chúng ta quan sát thấy không phải là sự xê dịch màu tím, mà là màu đỏ trong quang phổ của các thiên hà, nhưng làm điều đó thì dễ dàng. Muốn vậy cần phải vay mượn ở de Xitơ một trong những phương pháp và giả thiết rằng thời gian tăng tốc đường đi của nó (một trong những nhà vật lý nhận xét vui rằng điều đó chỉ có thể giải thích là tại sao chúng ta trở nên già đi, vì dường như một năm trôi đi nhanh như một tháng - Trên thực tế nó trôi nhanh như tháng) ánh sáng đến với trái đất từ thiên hà xa xăm lúc đó chính là ánh sáng của thiên hà đã hàng tỉ năm trước đó, khi các dao động điện từ xảy ra chậm dần đi. Điều đó có thể dẫn đến sự di động màu đỏ đủ lớn để vượt qua sự xê dịch Doppl sang miền trên của quang phổ. Đương nhiên, thiên hà càng ở xa, nó càng già hơn và đỏ hơn.

Thực tế có thể xây dựng công thức mô hình vũ trụ co thắt chỉ ra rằng các phương trình thuyết tương đối mềm dẻo biết nhường nào. Chúng có thể phù hợp với nhiều mô hình vũ trụ khác nhau, mỗi mô hình đó có thể giải thích mọi điều quan sát được hiện nay. Thật là thú vị nhận thấy rằng nhà triết học người Anh Frenxit Bacon vào năm 1620 trong tác phẩm của mình "Novum Organum" (Tổ chức mới) đã viết : "Về bầu trời có thể kiến tạo nhiều giả thuyết khác nhau, song những giả thuyết phải phù hợp với các hiện tượng". Vũ trụ học hiện đại không thay đổi về mặt này, cho dù số lượng hiện tượng được quan sát là rất lớn; như vậy, có cơ sở để giả thuyết rằng các mô hình hiện đại càng tiến dần tới chân lý hơn là các mô hình cũ. Tất nhiên, các mô hình vũ trụ phải trải qua hàng trăm năm dựa trên cơ sở những số liệu thiên

vẫn còn chưa được tới hiện nay có thể hoàn toàn không thích hợp với bất kỳ mô hình nào của chúng ta mà giờ đây đang được nghiên cứu nghiêm túc.

Có câu chuyện vui nho nhỏ của nhà văn Ieclan lãnh chúa Danxen (trong cuốn sách của ông nhan đề "Con người ăn thịt phượng hoàng" trong đó Atlas, kể lại cho Danxen chuyện xảy ra rằng vào một ngày khi nhờ có khoa học những người chết thối tin vào mô hình vũ trụ cổ Hylạp, Atlas nói rằng nhiệm vụ của chàng khá là đần độn và phiến toái. Chàng bị lạnh, bởi vì phải đeo trên cổ cực nam của trái đất, còn hai tay chàng luôn luôn bị ướt bởi hai đại dương. Nhưng chàng tiếp tục thực hiện nhiệm vụ của mình cho đến khi loài người vẫn tin vào chàng.

Sau đó, Atlas buồn bã nói thế giới bắt đầu trở nên "quá thông thái". Atlas quyết định rằng mình không còn cần thiết nữa, chàng đã để lại thế giới và ra đi.

"Nhưng, Atlas nói, đây về suy nghĩ, trăn trở. Song tôi đã ngạc nhiên sâu sắc; ngạc nhiên về điều đã xảy ra khi tôi đã làm điều đó.

"Vậy điều gì đã xảy ra?" "Tuông như không có gì. Đơn giản là không có gì cả".

Trong cuốn sách này tôi có ý định kể một câu chuyện về điều đã xảy ra do kết quả của sự kiện gần với chúng ta hơn khi thượng đế Niuton của chuyển động tuyệt đối, sau đó Anhtanh đã để lại trái đất cho chúng ta và ra đi. Với trái đất không có gì đặc biệt xảy ra cả, chỉ ít là đang như vậy. Nó tiếp tục quay xung quanh trục của nó, căng ta theo xích đạo và quay xung quanh mặt trời. Nhưng trong vật lý học dù sao cũng có cái gì đó đã xảy ra. Khả năng lý giải của vật lý học, khả năng dự đoán của nó và hơn thế nữa khả năng thay đổi bộ mặt trái đất về phía tốt hoặc xấu đã lớn hơn nhiều so với bất kỳ thời gian nào trước đây.

---o0o---

Hết