



Hành khách ngồi trong con tàu (do Anh-xtanh già tưởng), chuyển động với tốc độ 240 000 km/s chạy qua sân ga, thấy độ dài sân ga co ngắn lại. Trong khi đó, quan sát viên đứng ở sân ga lại thấy độ dài con tàu co ngắn lại. Có đúng như vậy không?

1. Hạn chế của cơ học cổ điển

Cơ học cổ điển (còn được gọi là cơ học Niu-ơn, do Niu-ơn xây dựng), đã chiếm một vị trí quan trọng trong sự phát triển của vật lí học cổ điển và được áp dụng rộng rãi trong khoa học kĩ thuật.

Nhưng đến cuối thế kỉ XIX đầu thế kỉ XX, khoa học kĩ thuật phát triển rất mạnh, trong những trường hợp vật chuyển động với tốc độ xấp xỉ bằng tốc độ ánh sáng thì cơ học Niu-ơn không còn đúng nữa. Chẳng hạn,

Theo cơ học cổ điển, thời gian xảy ra một hiện tượng, kích thước và khối lượng của một vật đều có trị số như nhau trong mọi hệ quy chiếu, dù vật đó đứng yên hay chuyển động.

Cần lưu ý rằng, về mặt nội dung, thuyết tương đối do Anh-xtanh xây dựng, là thuyết chung cho tất cả các lĩnh vực vật lí. Nó gồm hai phần : thuyết tương đối hẹp (chỉ nghiên cứu các hệ quy chiếu quán tính), và thuyết tương đối rộng (nghiên cứu các hệ quy chiếu không quán tính và trường hấp dẫn).

thí nghiệm cho thấy tốc độ c của ánh sáng truyền trong chân không luôn có giá trị $c = 300\,000$ km/s (tức là bất biến) không tùy thuộc nguồn sáng đứng yên hay chuyển động. Hơn nữa, tốc độ của các hạt không thể vượt quá trị số $300\,000$ km/s.

Năm 1905, Anh-xtanh đã xây dựng một lí thuyết tổng quát hơn cơ học Niu-ton gọi là *thuyết tương đối hẹp Anh-xtanh* (thường được gọi tắt là *thuyết tương đối*).

2. Các tiên đề Anh-xtanh

Để xây dựng thuyết tương đối (hẹp), Anh-xtanh đã đưa ra hai tiên đề, gọi là hai *tiên đề Anh-xtanh*, phát biểu như sau :

- *Tiên đề I (nguyên lí tương đối) :*

Các định luật vật lí (cơ học, điện từ học...) có cùng một dạng như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

Nói cách khác, hiện tượng vật lí diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính.

- *Tiên đề II (nguyên lí về sự bất biến của tốc độ ánh sáng) :*

Tốc độ ánh sáng trong chân không có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính, không phụ thuộc vào phương truyền và vào tốc độ của nguồn sáng hay máy thu :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \approx 300\,000 \text{ km/s}$$

Đó là giá trị tốc độ lớn nhất của hạt vật chất trong tự nhiên.

3. Hai hệ quả của thuyết tương đối hẹp

Từ thuyết tương đối Anh-xtanh, người ta đã thu được hai hệ quả nói lên tính tương đối của không gian và thời gian :

a) Sự co độ dài

Xét một thanh nằm yên dọc theo trục toạ độ trong hệ quy chiếu quán tính K' ; nó có độ dài l_0 , gọi là *độ dài riêng*. Phép tính chứng tỏ, độ dài l của thanh này đo được trong hệ quy chiếu quán tính K , khi thanh chuyển động với tốc độ v dọc theo trục toạ độ của hệ K , có giá trị bằng :

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < l_0 \quad (50.1)$$

Như vậy, độ dài của thanh đã bị co lại theo phương chuyển động, theo tỉ lệ $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Điều đó chứng tỏ, khái niệm không gian là tương đối, phụ thuộc vào hệ quy chiếu quán tính.

b) Sự chậm lại của đồng hồ chuyển động

Tại một điểm cố định M' của hệ quy chiếu quán tính K' , chuyển động với tốc độ v đối với hệ quy chiếu quán tính K , có một hiện tượng diễn ra trong khoảng thời gian Δt_0 đo theo đồng hồ gắn với hệ K' . Phép tính chứng tỏ, khoảng thời gian xảy ra hiện tượng này, đo theo đồng hồ gắn với hệ K là Δt , được tính theo công thức :

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > \Delta t_0 \quad (50.2)$$

hay là $\Delta t_0 < \Delta t$.

Đồng hồ gắn với vật chuyển động chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên, tức là đồng hồ gắn với hệ K . Như vậy, khái niệm thời gian là tương đối, phụ thuộc vào sự lựa chọn hệ quy chiếu quán tính.

C1 Hãy tính độ co độ dài của một cái thước có độ dài riêng 1 m chuyển động với tốc độ $v = 0,6c$.

Dĩ nhiên sự co độ dài của vật chỉ là một hiện tượng thuần tuý động học, xảy ra đối với người quan sát ở trong hệ quy chiếu mà thanh chuyển động. Không có một nguyên nhân động lực học nào làm thanh co ngắn lại. Vì vậy, không thể hỏi : “Có lực nào tác dụng lên thanh làm độ dài của thanh bị co lại ?”.

C2 Sau một giờ tính theo đồng hồ chuyển động với tốc độ $v = 0,6c$ thì đồng hồ này chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên bao nhiêu giây ?

Công thức (50.2) đã được thực nghiệm xác nhận. Hạt mêzôn π^+ (xem Bài 58) được tạo thành ở thượng tầng khí quyển, có thời gian sống $\Delta t_0 = 2,2 \cdot 10^{-8}$ s, chuyển động với tốc độ $v = 0,99999999c$. Theo cơ học cổ điển, hạt đó chỉ đi được một đoạn $v\Delta t_0 \approx 6,5$ m, nghĩa là không thể đi tới mặt đất. Còn theo thuyết tương đối, đối với hệ K (mặt đất), hạt đó có thời gian sống bằng

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx 7000\Delta t_0.$$

Do đó, hạt đó đã đi được một quãng đường $v\Delta t = 46$ km. Vì vậy, người ta đã có thể phát hiện được hạt này ở mặt đất.

CÂU HỎI

1. Phát biểu hai tiên đề Anh-xtanh.
2. Nêu vắn tắt hai hệ quả của thuyết tương đối hẹp.

BÀI TẬP

1. Khi nguồn sáng chuyển động, tốc độ truyền ánh sáng trong chân không có giá trị
A. nhỏ hơn c .
B. lớn hơn c .
C. lớn hơn hoặc nhỏ hơn c , phụ thuộc vào phương truyền và tốc độ của nguồn.
D. luôn bằng c , không phụ thuộc phương truyền và tốc độ của nguồn.
2. Khi một cái thước chuyển động dọc theo phương chiều dài của nó, độ dài của thước đo trong hệ quán tính K
A. không thay đổi.
B. co lại, tỉ lệ nghịch với tốc độ của thước.
C. dãn ra, phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của thước.
D. co lại theo tỉ lệ $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.
3. Tính độ co độ dài của một cái thước có độ dài riêng bằng 30 cm, chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$.
4. Một đồng hồ chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$. Hỏi sau 30 phút (tính theo đồng hồ đó) thì đồng hồ này chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên bao nhiêu giây ?

Em có biết ?

Trong cơ học cổ điển, ta có công thức cộng vận tốc sau đây cho trường hợp các vận tốc cùng hướng : $u_x = u'_x + v$, với u_x là vận tốc tuyệt đối (đối với hệ quán tính K , xem như đứng yên), u'_x là vận tốc tương đối (đối với hệ quán tính K' chuyển động với vận tốc v đối với K). Trong thuyết tương đối, người ta đã tìm được công thức cộng vận tốc :

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x} \quad (50.3)$$

Công thức này thể hiện tính bất biến của vận tốc ánh sáng trong chân không đối với các hệ quán tính. Thực vậy, nếu $u'_x = c$ thì từ (50.3) ta tìm được $u_x = c$. Khi $v \ll c$, từ (50.3) ta rút ra công thức cộng vận tốc của cơ học cổ điển.