

Chương 6. Thuyết tương đối hẹp của Einstein

1. Phép biến đổi Lorentz

$$x' = \frac{x - V.t}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, y' = y, z' = z, t' = \frac{t - \frac{V.x}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \text{ hoặc } x = \frac{x' + V.t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, y = y', z = z', t = \frac{t' + \frac{V.x'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

2. Sự co ngắn Lorentz

$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} < l_0$, trong đó l là chiều dài của vật trong hệ quy chiếu mà nó chuyển động (hệ quy chiếu K), l_0 là chiều dài của nó trong hệ quy chiếu mà nó đứng yên (hệ K').

3. Sự giãn nở của thời gian

$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} < \Delta t$, trong đó $\Delta t'$ là khoảng thời gian được đo bằng đồng hồ chuyển động, còn Δt là khoảng thời gian được đo bằng đồng hồ đứng yên.

4. Khối lượng của chất điểm chuyển động:

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$, trong đó m là khối lượng của chất điểm chuyển động, m_0 là khối lượng khi chất điểm đứng yên.

5. Hệ thức Einstein:

$$W = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

6. Động năng của một vật chuyển động với vận tốc v :

$$W_d = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right]$$

7. Năng lượng ứng với độ hụt khối: $\Delta W = \Delta m.c^2$

Các bài tập cần giải: 6.1, 6.2, 6.4, 6.5, 6.6, 6.8

Bài 6.1. Vật chuyển động phải có vận tốc bao nhiêu để kích thước của nó theo phương chuyển động giảm đi 2 lần?

$$\text{Ta có: } l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \rightarrow \left(\frac{1}{l_0} \right)^2 = 1 - \frac{V^2}{c^2} \rightarrow v = c \sqrt{1 - \left(\frac{1}{l_0} \right)^2}$$

$$\text{Thay số: } v = c \sqrt{1 - \left(\frac{1}{l_0} \right)^2} = 3.10^8 \cdot \sqrt{1 - 0,5^2} = 2,6.10^8 \text{ (m/s)}$$

Bài 6.4. Hạt meson trong các tia vũ trụ chuyển động với vận tốc bằng 0,95 lần vận tốc ánh sáng. Hỏi khoảng thời gian theo đồng hồ người quan sát đứng trên Trái Đất ứng với khoảng “thời gian sống” một giây của hạt meson là bao nhiêu?

Ta có: $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$, trong đó: $\Delta t' = 1s \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,95^2}} \approx 3,2s$

(chú ý trong sách giải ký hiệu sai, ngược).

Nhắc lại: $\Delta t'$ là khoảng thời gian đo bằng đồng hồ gắn liền với hạt (tức là hệ quy chiếu mà trong đó hạt là đứng yên)

Bài 6.5. Khối lượng của hạt α tăng thêm bao nhiêu nếu tăng vận tốc của nó từ 0 đến 0,9 lần vận tốc ánh sáng.

Ta có: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \rightarrow$

$$m - m_0 = m_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right) = 4,1,67 \cdot 10^{-27} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0,9^2}} - 1 \right) = 8,6 \cdot 10^{-27} \text{ (kg)}$$

Hạt α gồm có 2 proton và 2 neutron liên kết với nhau giống hạt nhân Heli, He^{2+}

Bài 6.6. Khối lượng của electron chuyển động bằng hai lần khối lượng nghỉ của nó. Tìm động năng của electron trên.

$W = mc^2$, $W_0 = m_0c^2$, mặt khác: $m = 2m_0$ nên ta có:

Động năng:

$$W_d = W - W_0 = mc^2 - m_0c^2 = (2m_0 - m_0)c^2 = m_0c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ (J)}$$