

51 HỆ THỨC ANH-XTANH GIỮA KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG

I - MỤC TIÊU

- Nêu được hệ quả của thuyết tương đối về tính tương đối của khối lượng và về mối quan hệ giữa năng lượng và khối lượng.
- Viết được hệ thức Anh-xtanh giữa khối lượng và năng lượng và giải được các bài tập vận dụng hệ thức này.

II - CHUẨN BỊ

Học sinh

Ôn lại định luật II Niu-ton dưới dạng độ biến thiên động lượng.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. SGK đã nêu lên khái niệm *khối lượng tương đối tính* m còn m_0 là khối lượng nghỉ (khối lượng thông thường, bất biến). m tăng khi vận tốc của vật tăng. Trên thực tế, thông thường ta chỉ dùng khái niệm quen thuộc m_0 (thường kí hiệu là m) vì hai lí do sau đây :

– Khối lượng tương đối tính là khái niệm mới khá phức tạp, nó không cần thiết để giải thích các vấn đề về năng lượng hạt nhân.

– Thực tế không đo được m mà chỉ đo được m_0 , hoặc động lượng tương đối tính. Vì vậy một số nhà bác học cho rằng m không có ý nghĩa vật lí, chỉ dùng để tính toán được thuận tiện.

2. Để thiết lập hệ thức Anh-xtanh giữa năng lượng và khối lượng, ta áp dụng định luật bảo toàn năng lượng $dE = dA$, với dA là công của ngoại lực. Ta có :

$$dA = \vec{F} \cdot \vec{ds} = F ds$$

Do đó, theo (51.3) SGK ta có :

$$dE = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) ds$$

$$dE = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \frac{dv}{dt} + \frac{m_0 v^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}} \frac{dv}{dt} \right) ds$$

với $\frac{dv}{dt} ds = dv \frac{ds}{dt} = v dv$.

Mặt khác, từ (51.2) SGK ta có : $dm = \frac{m_0 v dv}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}}$.

So sánh hai biểu thức vừa tìm được của dE và dm ta rút ra $dE = c^2 dm$ hay $E = mc^2 + C$.

Từ điều kiện $m = 0$ thì $E = 0$, ta có : $E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$.

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Khối lượng tương đối tính

Trước hết, GV yêu cầu HS nhắc lại khái niệm động lượng trong Cơ học (cùng với ý nghĩa của nó) và nhắc lại định luật II Niu-ton dưới dạng độ biến thiên động lượng : $\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v})$.

GV gợi ý HS viết lại $\vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$, hay $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$, với $\vec{p} = m\vec{v}$.

Sau đó, GV trình bày động lượng trong thuyết tương đối. Từ đó rút ra công thức (51.2) SGK và yêu cầu HS nắm được khái niệm khối lượng tương đối tính và khái niệm khối lượng nghỉ. GV yêu cầu HS làm một bài toán nhỏ, tính m với $v = 800 \text{ km/h}$ (vận tốc trung bình của máy bay phản lực chở khách) để thấy rõ là thông thường, ta có $m = m_0$. GV yêu cầu HS trả lời **C2**.

C1 $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0,6 \Rightarrow m = \frac{m_0}{0,6} = 100 \text{ kg}$

và so sánh để trả lời **C2**.

$$\mathbf{C2} \quad E_0 = m_0 c^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ J.}$$

$$W = \mathcal{P}t = 6,05 \cdot 10^{16} \text{ J} \Rightarrow E_0 = 1,5W$$

2. Hệ thức giữa năng lượng và khối lượng

GV trình bày hệ thức giữa năng lượng và khối lượng và nhấn mạnh ý nghĩa của hệ thức này. GV yêu cầu HS tính ΔE ứng với $\Delta m = 1 \text{ kg}$, $\Delta E = 9 \cdot 10^{16} \text{ J}$, năng lượng này bằng toàn bộ điện năng do nhà máy thủy điện Hoà Bình sản ra trong gần 1,5 năm. GV hướng dẫn HS xét trường hợp riêng ($v = 0$ và $v \ll c$) và nêu rõ khái niệm *năng lượng toàn phần* (bao gồm năng lượng nghỉ và động năng).

3. GV hướng dẫn HS áp dụng hệ thức $E = mc^2$ cho phôtôn để tìm năng lượng toàn phần của phôtôn, từ đó suy ra năng lượng nghỉ của phôtôn (lưu ý HS phôtôn luôn chuyển động với tốc độ bằng c). Ngoài ra, GV hướng dẫn HS tìm biểu thức động lượng tương đối tính của phôtôn.

GV yêu cầu HS trả lời **C3**.

$$\mathbf{C3} \quad m_p = \frac{h}{c\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{3 \cdot 10^8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} \approx 4,41 \cdot 10^{-36} \text{ kg.}$$

V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

Xem mục 2 SGK.

Bài tập

1. B. 2. D.

$$3. \quad W = W_d + m_0 c^2 = 2m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2} c \approx 2,6 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$