

SAI SÓT Ở CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO TẠI VIỆT NAM

KHI VIẾT VỀ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

Nhận bài:

11 – 08 – 2017

Chấp nhận đăng:

28 – 09 – 2017

<http://jshe.ued.udn.vn/>Nguyễn Thị Ngọc Nữ^{a*}, Trần Văn Lượng^b

Tóm tắt: Hầu hết các tài liệu tham khảo tại Việt Nam khi viết về Thuyết tương đối đều khẳng định “Khối lượng là tương đối, giá trị của nó phụ thuộc vào vận tốc”. Trên cơ sở khảo sát các bài viết của Einstein về năng lượng và khối lượng, bài viết này chỉ ra rằng công thức Einstein đã bị hiểu sai lệch ở các tài liệu tham khảo, từ đó dẫn đến quan niệm *sai lầm* cho rằng khối lượng phụ thuộc vào vận tốc. Bài viết cũng chỉ ra những bất hợp lý khi sử dụng khái niệm khối lượng tương đối tính trong không-thời gian bốn chiều và khi khảo sát khối lượng photon. Các giáo trình, bài giảng, sách giáo khoa cần có những chỉnh sửa hợp lý và kịp thời để phù hợp với kiến thức khoa học mới đã được cập nhật trong vật lý hiện đại.

Từ khóa: Thuyết tương đối; công thức Einstein; khối lượng; năng lượng; động lượng; không - thời gian 4 chiều.

1. Giới thiệu

Thuyết tương đối là một trong những lý thuyết khoa học nổi tiếng nhất của thế kỷ XX. Ra đời vào năm 1905, ngày nay, những kiến thức cơ bản của thuyết tương đối hẹp Einstein đã được đưa vào hầu hết các giáo trình, bài giảng có liên quan đến vật lý hiện đại. Thuyết tương đối hẹp là một môn cơ học tổng quát, áp dụng cho các vật chuyển động với vận tốc từ rất bé cho đến cỡ vận tốc ánh sáng và coi cơ học Newton như một trường hợp giới hạn của nó. Để xây dựng thuyết tương đối hẹp, Einstein đã nêu lên hai nguyên lý, đó là *nguyên lý tương đối* và *nguyên lý bất biến của vận tốc ánh sáng*. Dựa trên hai nguyên lý trên chúng ta có thể thu được các hệ quả nói lên tính tương đối của không gian và thời gian. Tính tương đối của không gian thể hiện qua hệ quả: khi vật chuyển động, kích thước của nó bị co ngắn theo phương chuyển động. Tính tương đối của thời gian thể hiện qua hệ quả: đồng hồ chuyển động chạy chậm hơn đồng hồ đứng yên.

Thuyết tương đối hẹp đã mở ra một chân trời khoa

học mới. Nó loại bỏ hoàn toàn khỏi khoa học những quan niệm về không gian, thời gian tuyệt đối. Sự đúng đắn của thuyết tương đối hẹp Einstein cho đến nay không cần bàn cãi gì nữa vì nó đã được thử thách qua rất nhiều thí nghiệm trong suốt thế kỷ qua. Trên nền tảng mở rộng thuyết tương đối hẹp, năm 1916 Einstein công bố thuyết tương đối tổng quát. Thuyết tương đối tổng quát đã trở thành cơ sở cho các ngành vật lý hiện đại, nó đặt nền móng cho lý thuyết hấp dẫn lượng tử và mở ra một hướng nghiên cứu mới: vật lý siêu vĩ mô - là lý thuyết cơ bản để đưa ra các mô hình về sự hình thành, giãn nở của vũ trụ, dự đoán về lỗ đen,... Thuyết tương đối rộng đã, đang và sẽ tiếp tục định hướng cho những nghiên cứu của các nhà vật lý học, vũ trụ học và thiên văn học. Do đó, việc hiểu đúng khái niệm về các đại lượng vật lý trong thuyết tương đối là rất quan trọng, nó giúp hình thành những nền tảng ban đầu để có định hướng đúng đắn. Bước đầu tiên nhất để làm quen với thuyết tương đối là thông qua các bài giảng, giáo trình... mô tả những vấn đề cơ bản của thuyết tương đối. Nói về vấn đề này, khi khảo sát phân động học tương đối tính, các biểu thức về tính đồng thời, quan hệ nhân quả, sự co độ dài, sự chậm lại của đồng hồ chuyển động, tổng hợp vận tốc... hầu như được biểu diễn như nhau ở các tài liệu từ trước đến nay trên thế giới. Thế nhưng đối với phần *động lực học tương đối tính* thì có

^aTrường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

^bTrường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia - TP. HCM

* Liên hệ tác giả

Nguyễn Thị Ngọc Nữ

Email: nguyenthingocnu@iuh.edu.vn

sự khác biệt. Giáo trình vật lý đại cương nổi tiếng của Nga “Курс Общей Физики” của tác giả Савельев (“Course of General Physics” by Savel'ev) ở những phiên bản cũ có đưa ra khái niệm khối lượng tương đối tính [1]. Cụ thể biểu thức của khối lượng được biểu diễn như sau:

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

Trong đó: c là tốc độ ánh sáng, m là khối lượng của vật khi nó chuyển động với tốc độ v (khối lượng tương đối tính), còn m_0 là khối lượng của vật khi nó đứng yên (khối lượng nghỉ). Công thức (1) thể hiện quan điểm: “Khối lượng của vật có tính tương đối, giá trị của nó phụ thuộc vào hệ quy chiếu. Khối lượng của vật tăng khi vận tốc tăng”. Thế nhưng ở các lần tái bản sau năm 1990, khái niệm khối lượng tương đối tính đã bị loại bỏ khỏi giáo trình của Saveliev [2]. Những giáo trình nổi tiếng của Mỹ như “Fundamentals of physics” của Halliday et al. [3] hoặc “Physics for Scientists and Engineers” của Serway and Jewett [4] đều không đưa công thức (1) vào chương thuyết tương đối. Tại sao lại như vậy? Bởi vì theo quan điểm hiện đại của thuyết tương đối, *chỉ có một khối lượng và khối lượng đó không thay đổi với vận tốc*. Tuy nhiên, một thực trạng đáng buồn là cho đến nay, ở Việt Nam hầu như tất cả các giáo trình, bài giảng từ bậc đại học đến cao đẳng [5-15], và ngay cả các Sách giáo khoa Vật lý lớp 12 [16,17] vẫn còn giữ nguyên quan điểm cho rằng khối lượng phụ thuộc vào vận tốc.

Khối lượng vốn là *khái niệm cơ bản*, nó cần được hiểu rõ ràng và chính xác, do đó mục tiêu của bài viết này là làm rõ khái niệm về khối lượng, chỉ ra những bất hợp lý của quan điểm cho rằng khối lượng phụ thuộc vào vận tốc.

2. Khối lượng và năng lượng

Khối lượng là một khái niệm khá quen thuộc với chúng ta. Khối lượng m của một vật là một đặc trưng cố hữu của vật, *m là thước đo về số lượng vật chất tạo thành vật thể*. Khối lượng được hiểu phổ thông nhất là sức nặng của vật. Vật có khối lượng lớn có sức nặng lớn hơn và cần có lực lớn hơn để làm thay đổi chuyển động

của nó. Nói cách khác, khối lượng là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật. Mối liên hệ giữa quán tính với khối lượng đã được Newton phát biểu trong định luật 2 Newton.

Năng lượng là một đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất. Hiểu theo nghĩa thông thường, năng lượng là khả năng làm thay đổi trạng thái hoặc thực hiện công lên một hệ vật chất. Năm 1905 trong bài báo với tiêu đề “Quán tính của một vật có phụ thuộc vào năng lượng chứa trong nó?” (“Does the inertia of a body depend on its energy content?”) Albert Einstein đã đề xuất công thức tương đương giữa khối lượng và năng lượng - khối lượng có thể coi là một dạng khác của năng lượng [18]. Định luật bảo toàn năng lượng thực sự là định luật bảo toàn khối lượng - năng lượng. Trong một phản ứng hóa học, phần khối lượng chuyển thành các dạng năng lượng khác (hoặc ngược lại) chiếm một phần quá nhỏ của tổng khối lượng liên quan, nhỏ đến mức mà ngay cả chiếc cân tốt nhất của phòng thí nghiệm cũng không hi vọng đo được. Khối lượng và năng lượng có vẻ như bảo toàn một cách riêng biệt. Thế nhưng trong phản ứng hạt nhân, năng lượng được giải phóng thường lớn hơn trong phản ứng hóa học hàng triệu lần, nên dễ dàng đo được độ thay đổi khối lượng. Việc tính đến sự chuyển hóa khối lượng - năng lượng trong các phản ứng hạt nhân đã trở thành công việc cần thiết hàng ngày của các phòng thí nghiệm.

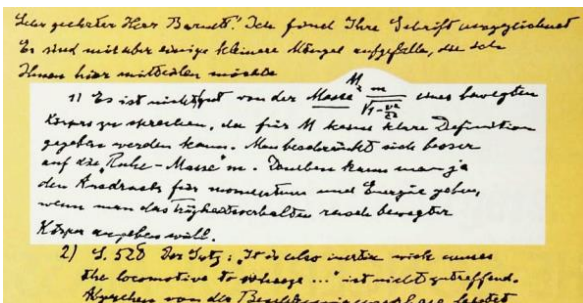
Công thức Einstein về liên hệ giữa khối lượng và năng lượng được xem là biểu tượng của khoa học thế kỷ XX. Nó dự đoán cho loài người một nguồn năng lượng khổng lồ chứa đựng trong vật chất: năng lượng nguyên tử. Cũng nhờ nó mà đã mở ra một số nghiên cứu mới trong lĩnh vực siêu dẫn, vật lý năng lượng cao, công nghệ nano,... Những nghiên cứu này đã mang lại cho con người những ứng dụng to lớn. Vậy theo bạn, nếu gọi c là tốc độ ánh sáng trong chân không, E là năng lượng toàn phần của vật, E_0 là năng lượng nghỉ của vật (năng lượng khi vật đứng yên), m là khối lượng của vật, thì công thức nào trong hai công thức dưới đây thể hiện chính xác ý nghĩa vật lý về mối liên hệ giữa khối lượng và năng lượng của vật:

$$E = mc^2 \quad (2)$$

$$E_0 = mc^2 \quad (3)$$

Có lẽ bạn sẽ trả lời là công thức (2)! Bạn sẽ dễ dàng tìm thấy công thức này trên internet với chú thích rằng E là "năng lượng" của vật. Từ "năng lượng" dễ làm cho người ta nghĩ rằng đây là năng lượng toàn phần và như thế công thức (3) phải viết lại thành $E_0 = m_0 c^2$ - năng lượng nghỉ thì phải tương ứng với khối lượng nghỉ. Còn năng lượng toàn phần E thì tương ứng với khối lượng $m = E/c^2 = m_0 / \sqrt{1-v^2/c^2}$. Và từ cái logic này dẫn đến sự phân biệt giữa khối lượng nghỉ m_0 và khối lượng tương đối tính m .

Câu trả lời chính xác ở đây phải là công thức (3): $E_0 = mc^2$ - đây mới chính là công thức được Einstein đưa ra đầu tiên và được ông xem như một hệ quả của thuyết tương đối [19-22]. Bạn có thể tự mình kiểm chứng ở bài giảng "Nguồn gốc cơ sở của sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng" ("Elementary derivation of the equivalence of mass and energy") [23], hoặc "Ý nghĩa của Thuyết tương đối" ("The Meaning of Relativity") [24] do chính tay Einstein viết. Trong tất cả các công trình của mình, Einstein chưa bao giờ đưa ra khái niệm khối lượng tương đối tính [25, 26]. Năm 1948, trong một bức thư viết bằng tiếng Đức gửi cho Lincoln Barnett - tác giả quyển sách "The Universe and Dr. Einstein", ông viết: "Thật là không hay khi đưa ra khái niệm khối lượng $M = m/\sqrt{1-v^2/c^2}$ của một vật chuyển động, bởi vì không thể có một sự giải thích rõ ràng về nó. Tốt hơn là không đưa ra một khái niệm khối lượng nào khác với khái niệm "khối lượng nghỉ" m . Thay vì đưa ra khái niệm khối lượng M thì ta nên đề cập đến biểu thức động lượng và năng lượng của một vật chuyển động". Bức thư này đã được in lại với sự cho phép của Hebrew University of Jerusalem, Israel (Hình 1) [27].



Hình 1. Bức thư do Albert Einstein gửi cho Lincoln Barnett vào ngày 19 tháng 6 năm 1948 [27]

3. Động lượng tương đối tính và năng lượng

Tại sao Einstein lại khuyên ta nên sử dụng biểu thức động lượng tương đối tính? Động lượng $\vec{p}$ là đại lượng đặc trưng cho chuyển động về phương diện động lực học. Theo phương trình cơ bản của động lực học thì:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (4)$$

Theo nguyên lý tương đối Einstein thì mọi định luật vật lý đều có cùng một dạng như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính, nghĩa là định luật bảo toàn động lượng và từ đó suy ra phương trình (4) đúng trong mọi hệ quy chiếu quán tính. Trong cơ học cổ điển thì biểu thức của động lượng là $\vec{p} = m\vec{v}$, và nếu ta vẫn vận dụng biểu thức này trong thuyết tương đối thì sẽ dẫn đến khái niệm khối lượng tương đối tính $m = \vec{p}/\vec{v} = m_0 / \sqrt{1-v^2/c^2}$. Tương tự như vậy, như chúng ta đã trình bày ở mục 2, nếu vẫn sử dụng biểu thức năng lượng $E = mc^2$ của một vật ở trạng thái nghỉ cho một vật chuyển động thì cũng dẫn đến biểu thức phụ thuộc của khối lượng vào vận tốc.

Biểu thức động lượng và năng lượng của một vật chuyển động mà Einstein đã nhắc đến trong bức thư của mình là những biểu thức sau:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (5)$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (6)$$

Ở đây, m là khối lượng của vật, không khác gì với khối lượng trong cơ học cổ điển, còn $\vec{p}$ và E là động lượng và năng lượng toàn phần của một vật chuyển động. Năng lượng toàn phần E bằng tổng năng lượng nghỉ E_0 và động năng K của vật:

$$E = E_0 + K = mc^2 + mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right) \quad (7)$$

Nếu kí hiệu $\beta = \frac{v}{c}$ thì ta có thể viết biểu thức của động năng K dưới dạng:

$$K = mc^2 \left[(1 - \beta^2)^{-1/2} - 1 \right] \quad (8)$$

Khi $v = c$ hay $\beta = 1$ ta có thể khai triển $(1 - \beta^2)^{-1/2}$ thành chuỗi nhờ định lí nhị thức:

$$(1 - \beta^2)^{-1/2} = 1 + \frac{1}{2}\beta^2 + \dots \approx 1 + \frac{1}{2}\beta^2 \quad (9)$$

Thay (9) vào (8), ta được:

$$K \approx mc^2 \left[1 + \frac{1}{2}\beta^2 - 1 \right] = mc^2 \frac{1}{2}\beta^2 = \frac{1}{2}mv^2 \quad (10)$$

Vậy khi vật chuyển động với tốc độ v nhỏ so với tốc độ ánh sáng thì từ (8) ta thu được biểu thức động năng $K = \frac{1}{2}mv^2$ và từ (5) rõ ràng ta thu được biểu thức động lượng $\vec{p} = m\vec{v}$ trong cơ học cổ điển.

Từ (5), (6) ta tìm được biểu thức liên hệ giữa động lượng và năng lượng toàn phần của một vật:

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2 \quad (11)$$

Khi vật đứng yên, nghĩa là khi động lượng của nó bằng không, ta nhận được công thức liên hệ giữa khối lượng và năng lượng nghỉ $E_0 = mc^2$.

4. Khảo sát trong không - thời gian 4 chiều

Sự bất biến của vận tốc ánh sáng dẫn đến kết quả là không gian và thời gian liên quan chặt chẽ với nhau và chúng lập thành một không - thời gian duy nhất. Mỗi liên hệ đó có thể được biểu diễn nhờ không - thời gian 4 chiều Minkowski mà theo ba trục là các tọa độ không gian x, y, z còn trục thứ 4 là trục thời gian t , hay chính xác hơn, là tọa độ thời gian ct , có cùng thứ nguyên như tọa độ không gian. Một sự kiện nào đó trong không - thời gian 4 chiều ứng với các tọa độ x, y, z, ct . Ta gọi đó là điểm vũ trụ. Một đường nào đó trong không - thời gian 4 chiều gọi là đường vũ trụ. Khoảng cách giữa hai điểm vũ trụ gọi là khoảng không - thời gian.

Như đã biết, khoảng cách giữa hai điểm trong không gian 3 chiều là đại lượng bất biến và không phụ thuộc hệ quy chiếu, bình phương của nó luôn là:

$$\Delta l^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 \quad (12)$$

Trong không - thời gian 4 chiều Minkowski, khi thay đổi hệ quy chiếu, khoảng cách không gian Δl thay đổi, nhưng khoảng không - thời gian Δs , được xác định theo công thức sau là đại lượng bất biến (*inv*):

$$\begin{aligned} \Delta s^2 &= c^2 \Delta t^2 - \Delta l^2 \\ &= c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2 = \text{inv} \end{aligned} \quad (13)$$

Thật vậy:

$$\begin{aligned} \Delta s'^2 &= c^2 \Delta t'^2 - \Delta l'^2 \\ &= c^2 \Delta t'^2 - \Delta x'^2 - \Delta y'^2 - \Delta z'^2 = \Delta s^2 \end{aligned}$$

Biểu thức (13) cho thấy, chiều thời gian là một chiều đặc biệt và không hoàn toàn giống các chiều không gian khác, chiều thời gian không đối xứng (không trao đổi tùy ý) với các chiều không gian.

Trong thuyết tương đối, nhiều đại lượng vật lí ở dạng vector trong không gian ba chiều được mở rộng ra thành vector - 4 trong không - thời gian 4 chiều. Một vector - 4 là một bộ gồm 3 thành phần, gọi là thành phần không gian, cùng với 1 thành phần, gọi là thành phần thời gian. Khi chuyển đổi hệ quy chiếu trong không - thời gian, các thành phần của vector - 4 được biến đổi theo phép biến đổi Lorentz. Tuy nhiên, có một thuộc tính của các vector - 4 không bị biến đổi, đó chính là độ lớn của các vector - 4 này. Ví dụ, như đã trình bày ở trên, ta thấy vị trí trong không gian ba chiều có thể được tổng quát hóa thành vector vị trí - 4 (ct, x, y, z) . Nghiên cứu thuyết tương đối, đặc biệt là thuyết tương đối tổng quát, không thể tách rời khỏi không - thời gian.

Bây giờ, để khảo sát động lượng và năng lượng trong không - thời gian 4 chiều, đầu tiên, ta sẽ vận dụng phép biến đổi Lorentz đối với hai đại lượng này.

Xét hai hệ quy chiếu quán tính $Oxyz$ và $O'x'y'z'$, hệ O' chuyển động với vận tốc $\vec{u}$ theo phương x so với hệ O . Gọi $\vec{p}(p_x, p_y, p_z)$, E và $\vec{p}'(p'_x, p'_y, p'_z)$, E' lần lượt là động lượng và năng lượng của vật trong các hệ O và O' . Ta có:

$$p_x = \frac{mv_x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{p'_x + uE'/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad (14)$$

$$p_y = \frac{mv_y}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = p_{y'} \quad (15)$$

$$p_z = \frac{mv_z}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = p_{z'} \quad (16)$$

$$E = \frac{E' + up_{x'}}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \quad (17)$$

Từ (14) - (17) suy ra:

$$\frac{E^2}{c^2} - p^2 = \frac{E'^2}{c^2} - p'^2$$

Vậy:

$$\frac{E^2}{c^2} - p^2 = \frac{E'^2}{c^2} - p_x'^2 - p_y'^2 - p_z'^2 = inv \quad (18)$$

Ta thấy p_x, p_y, p_z và E/c thỏa mãn tính chất của các thành phần của một vectơ - 4 trong không - thời gian 4 chiều Minkowski. Do đó, ta có thể viết vectơ động lượng - 4 dưới dạng $(E/c, p_x, p_y, p_z)$, trong đó

p_x, p_y, p_z tương ứng với 3 chiều không gian, còn E/c tương ứng với chiều thời gian. Khi đi từ một hệ quy chiếu quán tính này sang một hệ quy chiếu quán tính khác, các thành phần của vectơ động lượng - 4 (bao gồm động lượng trong không gian 3 chiều và năng lượng) thay đổi, tuy nhiên độ lớn của nó xác định theo công thức (18) là không đổi.

Mặt khác, từ (11) ta có biểu thức xác định khối lượng của vật:

$$m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2} \quad (19)$$

Kết hợp (18) và (19) ta được:

$$m = inv \quad (20)$$

nghĩa là khối lượng của vật không thay đổi khi đi từ một hệ quy chiếu quán tính này sang một hệ quy chiếu quán tính khác. Hay nói cách khác, khối lượng của vật không phụ thuộc vào vận tốc.

Ở đây, nếu sử dụng khái niệm khối lượng tương đối tính m và khối lượng nghỉ m_0 thì sẽ dẫn đến kết luận vectơ động lượng - 4 có các thành phần (mc, p_x, p_y, p_z) và độ lớn của nó là $E^2/c^2 - p^2 = m_0^2 c^2$. Vậy thì điều gì là không hợp lí?

Trong quyển sách "Spacetime Physics", ở trang 250 - 251 tác giả Taylor và Wheeler viết: "Ôi, khái niệm 'khối lượng tương đối tính' là một chủ đề dẫn đến mâu thuẫn. Đó là lí do tại sao chúng tôi không sử dụng nó. Thứ nhất, nó có vận dụng tên gọi khối lượng - thuộc về độ lớn của vectơ - 4 cho một khái niệm khác biệt rõ rệt, thành phần thời gian của vectơ - 4. Thứ hai, nó dẫn đến sự tăng năng lượng của một vật theo vận tốc hay động lượng phải liên hệ với sự thay đổi ở cấu trúc bên trong của vật. Trên thực tế, sự tăng năng lượng theo vận tốc không phải bắt nguồn từ vật mà là từ tính chất hình học của không - thời gian" [28].

5. Khối lượng photon

Một trong những phát minh quan trọng nhất của vật lí học vào đầu thế kỉ XX là tính chất sóng và hạt của ánh sáng, thể hiện trong luận thuyết của Planck đưa ra năm 1900 về lượng tử ánh sáng. Đó chính là tiền đề cho một nguyên lí cơ bản của Cơ học lượng tử - tính đối ngẫu của vật chất do De Broglie đề xướng năm 1924 nhằm tổng quát hóa ý tưởng của Planck, khẳng định rằng mọi vật thể vi mô đều tự thể hiện đồng thời với hai tính chất tương phản nhau là sóng và hạt. Ánh sáng là sóng điện từ đồng thời cũng là dòng hạt photon. Ta nói rằng hạt photon tương ứng với trường điện từ và các lượng tử của trường điện từ chính là các hạt photon. Một cách tổng quát, bất kì một hạt vi mô nào cũng tương ứng với một trường và các lượng tử của trường này chính là các hạt đó.

Cho đến thời điểm hiện nay, hạt photon - lượng tử ánh sáng - được coi là không có khối lượng. Vì photon có khối lượng bằng không nên từ (19) suy ra động lượng và năng lượng của photon liên hệ với nhau theo công thức:

$$E = pc \quad (21)$$

Mặt khác, từ (5) và (6) ta có biểu thức của vận tốc:

$$\frac{r}{v} = \frac{c^2}{E} \frac{\mathbf{p}}{p} \quad (22)$$

Kết hợp (21) và (22) suy ra tốc độ của photon $v = c$, tức là hạt photon luôn chuyển động với tốc độ bằng tốc độ ánh sáng. Ở đây, ta lưu ý rằng tuy hạt photon không có khối lượng, nhưng nó vẫn mang năng lượng, năng lượng của photon xác định theo công thức (21). Điều này thêm một lần nữa khẳng định rằng năng lượng trong công thức Einstein phải là năng lượng nghỉ

$E_0 = mc^2$. Thật vậy, nếu chúng ta vận dụng công thức $E = mc^2$ cho photon thì suy ra photon phải có khối lượng tương đối tính:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c} \quad (23)$$

Trong đó: λ là bước sóng ánh sáng, h là hằng số Planck. Và nếu theo (23) thì rõ ràng khối lượng của photon phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng, nghĩa là những hạt photon của tia UV thì “nặng” hơn những hạt photon của ánh sáng nhìn thấy? Nếu kết hợp công thức (1) và (23) thì sẽ dẫn đến kết luận: “khối lượng nghỉ của photon bằng không” - như chúng ta vẫn thường thấy trong các tài liệu tham khảo. Kết luận này chứa đầy mâu thuẫn, tại sao lại đem khái niệm *khối lượng nghỉ* gán cho một hạt *không bao giờ tồn tại ở trạng thái nghỉ*? Từ ‘nghỉ’ ở đây rõ ràng là không cần thiết, khối lượng là khối lượng, nó gắn liền với độ lớn của động lượng - 4 trong không - thời gian 4 chiều, nghĩa là nó bất biến, đối với tất cả các photon nó đều bằng không. Các ánh sáng với bước sóng khác nhau thì năng lượng khác nhau, chứ không phải là khối lượng.

6. Kết luận

Từ những điều đã trình bày ở trên, chúng ta thấy rằng cần phải chỉnh sửa lại một số nhận định không chính xác về thuyết tương đối, nhưng lại rất phổ biến trong các tài liệu tham khảo tại Việt Nam. Cụ thể là:

➤ Công thức Einstein phải được diễn giải đầy đủ và rõ ràng hơn: Khối lượng của một vật thì tương đương với *năng lượng nghỉ* của nó.

➤ Biểu thức động lượng $p = mv$ không đúng trong cơ học tương đối.

➤ Khối lượng của một vật *không phụ thuộc* vào vận tốc, nó có giá trị như nhau trong mọi hệ quy chiếu.

Tài liệu tham khảo

- [1] I. V. Savel'ev (1986). *Course of General Physics (in 3 volumes, 3rd Edition)*. Moscow: Nauka. (И. В. Савельев (1986) Курс общей физики (в 3 томах), 3-е изд. Москва: Наука).
- [2] I. V. Savel'ev (2011). *Course of General Physics (in 5 volumes, 5th Edition)*. Lan. (И. В. Савельев (2011) Курс общей физики (в 5 томах), 5-е изд. Лань).
- [3] R. A. Serway and J. W. Jewett (2013). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (9th Edition)*. Brooks/Cole.
- [4] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker (2011). *Fundamentals of physics (9th Edition)*. John Wiley & Sons.
- [5] Lương Duyên Bình (chủ biên) (2008). *Vật lý đại cương Tập 1*. Tái bản lần thứ 16, NXB Giáo dục.
- [6] Nguyễn Hữu Minh (1998). *Cơ Học*. NXB Giáo dục.
- [7] Phạm Duy Lác (2000). *Vật lý đại cương*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [8] Đỗ Quốc Huy (chủ biên) (2013). *Vật lý đại cương Tập 1: Cơ - Nhiệt*. NXB ĐHCN TP.HCM.
- [9] Nguyễn Thị Bé Bảy (2009). *Vật lý đại cương A2*. Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM.
- [10] Trương Thành (2009). *Giáo trình Vật lý 1*. Đại học Đà Nẵng.
- [11] Trần Thê (2002). *Giáo trình Vật lý đại cương A2*. Trường Đại học An Giang.
- [12] Ngô Văn Thanh. *Bài giảng Vật lý 2, Phần II, Thuyết tương đối, Viện Vật lý*. www.iop.vast.ac.vn/~nvthanh/cours/phys/.
- [13] Dương Quang Minh. *Điện động lực học*. Giáo trình điện tử Đại học Cần Thơ. https://websrv1.ctu.edu.vn/coursewares/supham/dien_dlh/chuong11.htm.
- [14] Lê Đại Nam. *Thuyết tương đối hẹp - cơ học tương đối tính*. <https://polbaby.files.wordpress.com/2012/09/special-relativity.pdf>.
- [15] Bách khoa toàn thư mở Wikipedia. *Khối lượng*. https://vi.wikipedia.org/wiki/Kh%E1%BB%91i_l%C6%B0%E1%BB%A3ng.
- [16] Bộ Giáo dục và Đào tạo (2017). *Sách giáo khoa Vật lý 12 cơ bản*. Tái bản lần 9, NXB Giáo dục.
- [17] Bộ Giáo dục và Đào tạo (2016). *Sách giáo khoa Vật lý 12 nâng cao*. Tái bản lần thứ 8, NXB Giáo dục.
- [18] Albert Einstein (1905). Does the inertia of a body depend on its energy content?. *Annalen der Physik*, 18, 639-641.
- [19] Eugene Hecht (2009). Einstein on mass and energy. *American Journal of Physics*, 77(9), 799-806.
- [20] L. B. Okun (2009). Mass versus relativistic and rest masses. *American Journal of Physics*, 77(5), 430-431.
- [21] Lev B. Okun (1989). The concept of mass (mass, energy, relativity). *Soviet Physics Uspekhi*, 32(7), 629-638.
- [22] Lev B. Okun (2000). Reply to the letter ‘What is mass?’ by R I Khrapko. *Physics-Uspekhi*, 43(12), 1270-1275.
- [23] Albert Einstein (1934). *Elementary derivation of the equivalence of mass and energy, The Eleventh Josiah Willard Gibbs Lecture, delivered at Pittsburgh*. 223-230.
- [24] Albert Einstein (1923). *The Meaning of Relativity*,

- Four lectures delivered at Princeton University, Princeton University Press.*
- [25] L. B. Okun (2008). The Einstein formula $E_0 = mc^2$ 'Isn't the Lord laughing?'. *Physics-Uspekhi*, 51, 513-527.
- [26] A. Einstein and H. Minkowski (1920). The principle of relativity, original papers by A. Einstein and H. Minkowski. Translated into English by M.N. Saha and S.N. Bose; with a historical introd. by P. C. Mahalanobis. *The University of Calcutta*.
- [27] Lev B. Okun (1989). The concept of mass. *Physics Today*, 42(6), 31-36.
- [28] E. F. Taylor and J. A. Wheeler (1992). *Spacetime Physics: Introduction to Special Relativity*. 2nd ed., W. H. Freeman, New York.

ERRORS IN VIETNAM'S REFERENCES ON THE THEORY OF RELATIVITY

Abstract: In most references in Vietnam, when writing about the Theory of Relativity, authors usually assert that "Mass is relative, its value depends on velocity". This article, based on a review of Einstein's writings on energy and mass, shows that the Einstein formula is misunderstood in these references. This leads to the erroneous conception that mass depends on velocity. The article also points out the unreasonableness in the use of the concept of relativistic mass in the four-dimensional space-time and in the photon mass examination. Textbooks, lectures, and schoolbooks need to be properly modified in a timely manner in order to fit with the new scientific knowledge that has been updated in modern physics.

Key words: Theory of Relativity; Einstein's formula; mass; energy; momentum; four-dimensional space-time.