

## TỐC ĐỘ ÁNH SÁNG KHÔNG PHẢI LÀ HẰNG SỐ VŨ TRỤ

Vũ Huy Toàn

Công ty CONINCO-MI, 4 Tôn Thất Tùng, Hà Nội  
[vuhuytoan@conincomi.vn](mailto:vuhuytoan@conincomi.vn)

### 1- Đặt vấn đề

Hiện nay, theo thuyết tương đối hẹp, tốc độ trong chân không của ánh sáng  $c$  được coi là một hằng số vũ trụ, không phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của cả nguồn sáng lẫn thiết bị thu nhận; nó có giá trị đo được bằng: 299.792.458 m/s. Nhờ đó, từ năm 1983, chuẩn đơn vị độ dài trong Hệ đơn vị đo lường Quốc tế (SI) được định nghĩa lại là “Mét – là khoảng cách  $s$  ánh sáng đi được trong khoảng thời gian  $t$  bằng  $1/299.792.458$  giây”<sup>(\*)</sup> [1], tức là  $s = ct$ . Nhưng như thế có nghĩa là một đại lượng cơ bản (khoảng cách) phải định nghĩa qua một đại lượng cơ bản khác và, không chỉ có thế, còn phải qua cả một đại lượng dẫn suất là tốc độ nữa.

Tuy nhiên, việc tốc độ của ánh sáng không phụ thuộc vào tốc độ của nguồn phát giống như tốc độ của sóng nước hay âm thanh là điều có thể hiểu được, nhưng lại không phụ thuộc vào tốc độ nguồn thu thì quả là kỳ lạ như đã đề cập đến ở [2]? Công thức cộng vận tốc của một vật  $V_1$  trong một hệ quy chiếu (HQC) quán tính  $H_1$  chuyển động với vận tốc  $V_2$  trong một HQC quán tính  $H_2$  theo thuyết tương đối hẹp là:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{\sqrt{1 + \frac{V_1 V_2}{c^2}}} \quad (1)$$

Từ (1) cho thấy bất luận  $H_1$  chuyển động với tốc độ  $V_2$  là bao nhiêu so với  $H_2$  thì nếu  $V_1 = c$ , ta luôn có  $V = c$  với mọi người quan sát!

Đó là còn chưa nói tới một điều kiện bắt buộc là hiện tượng phải được quan sát trong các HQC quán tính thôi; với các HQC phi quán tính, các biến đổi Lorenz không có hiệu lực nên công thức (1) không thể áp dụng được. Nhưng trong thực tế, tìm đâu ra một HQC quán tính thật sự?

Mặt khác, chân không là khái niệm chỉ một vùng không gian không chứa bất kể một dạng vật thể nào, kể cả trường điện từ, nhưng vẫn bao gồm trường hấp dẫn, vì trường điện từ vẫn có thể bị che chắn, còn trường hấp dẫn thì không. Trong khi đó, trường hấp dẫn lại không như nhau ở mọi nơi trong vũ trụ; nó có

thể cực mạnh ở lân cận những ngôi sao lớn hay hố đen, nhưng lại vô cùng nhỏ ở khoảng không giữa các thiên hà. Như tác giả đã trình bày ở [3], vì ánh sáng có khối lượng hấp dẫn khác 0,  $m_{ph} \approx 2m_e \approx 1,82 \times 10^{-30}$  kg, nên sự chênh lệch hấp dẫn vũ trụ giữa phía trước và phía sau photon đang chuyển động đóng vai trò là tác nhân hạn chế tốc độ tối đa của nó, bởi nếu không thế thì ánh sáng đã phải chuyển động với tốc độ bằng vô cùng rồi. Sự chênh lệch hấp dẫn vũ trụ xuất hiện ở đây là do sự chuyển động của photon trong trường hấp dẫn của cả vũ trụ được giả thiết là đồng nhất và đẳng hướng. Thêm nữa, tốc độ của một vật thể trong một trường lực thế lớn áp đảo so với trường lực thế của các vật thể khác không đơn giản chỉ là một đặc tính động học có thể đo được theo một cách nào đó trong một HQC được lựa chọn, mà còn gắn với năng lượng chuyển động của vật thể đó trong trường lực thế đó nữa chứ? Điều đó có nghĩa là bất luận tốc độ của vật thể đó có thể được đo trong một HQC nào đó có là bao nhiêu cũng không làm thay đổi trạng thái năng lượng thật sự của nó trong trường lực thế lớn áp đảo như vừa nói tới ở trên. Ví dụ, một chiếc ô tô chạy với tốc độ 40 km/h sẽ có một trạng thái năng lượng nhất định so với Trái Đất và trạng thái đó không thể bị ảnh hưởng bởi một người đi xe máy đuổi theo dù với bất kể tốc độ nào. Điều này cũng xảy ra như đối với ánh sáng.

Mặt khác, việc coi tốc độ của ánh sáng không phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của nguồn sáng chỉ được chấp nhận như một tiên đề để xây dựng thuyết tương đối hẹp chứ không xuất phát từ bản chất của quá trình tương tác của ánh sáng với trường hấp dẫn – là yếu tố quyết định tới tốc độ chuyển động của nó như tác giả đã làm. Vì ta biết rằng thuyết tương đối hẹp chỉ đúng với các hệ quy chiếu (HQC) quán tính (chuyển động thẳng đều) với tổng hợp lực tác động bằng 0, bỏ qua trường hấp dẫn của các vật thể như Trái Đất chẳng hạn, nên chưa thể tính đến ảnh hưởng của hấp dẫn cơ mà? Như vậy, khi đưa ra thuyết tương đối rộng để tính đến ảnh hưởng của hấp dẫn nữa mà khái niệm “tốc độ ánh sáng là hằng số” vẫn được áp dụng thì thật sự là bất cần!

Ta biết rằng tốc độ chuyển động của một vật là tỷ số giữa quãng đường  $S$  vật đi được với khoảng thời gian  $t$ :

$$V_{tb} = \frac{S}{t}, \quad (2)$$

trong khi  $t$  lại cũng phụ thuộc vào cường độ trường hấp dẫn thì cần phải chọn thời gian  $t$  này trong một trường hấp dẫn của một vật thể cụ thể nào đặt HQC,

chứ không có một thời gian vũ trụ chung chung được, và ngay cả ánh sáng cũng không thể bị loại trừ. Vì vậy, điều gì sẽ xảy ra khi trường hấp dẫn mà photon chuyển động trong đó có dạng bất đồng nhất như tại lân cận các thiên thể lớn như các hành tinh, các ngôi sao, các hố đen (càng gần bề mặt chúng, hấp dẫn càng mạnh, tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách)? Giá trị tốc độ ánh sáng trong chân không đo được tại bề mặt Trái đất, bề mặt Mặt Trời hoặc các sao lớn hơn nữa, có đúng bằng giá trị tốc độ của nó trong chân không giữa các sao hay vẫn phải tính đến tốc độ vũ trụ cấp II nơi photon được sinh ra như đã được tác giả đề cập đến trong [4] ngay từ năm 2007?

## 2- Đo tốc độ chuyển động của một vật thể

Để đo một đại lượng vật lý, ở đây là tốc độ chuyển động, người ta cần phải có chuẩn đơn vị của các đại lượng liên quan, ở đây là chuẩn độ dài (không gian) – là mét (m) và chuẩn thời gian – là giây (s) theo hệ đơn vị đo SI. Việc so sánh đại lượng vật lý với các chuẩn đơn vị đo này sẽ cho ta giá trị của nó.

Như vậy, để có được sự thống nhất trong đo lường, các chuẩn đơn vị này phải có độ chính xác cao và độ ổn định trong một thời gian dài bất chấp các yếu tố ngoại cảnh tác động. Tuy nhiên, để đạt được các yêu cầu này không hề đơn giản, vì chuẩn độ dài (không gian) chịu ảnh hưởng của hấp dẫn như đã đề cập tới ở Mục 1, còn chuẩn thời gian cũng chịu tác động của hấp dẫn như được chỉ ra trong [5, 6], trong khi hấp dẫn là yếu tố không thể bị che chắn bởi bất cứ phương tiện kỹ thuật nào, càng không thể được điều khiển bởi bất cứ cách gì, mà chỉ phụ thuộc vào các nguồn hấp dẫn khách quan tồn tại trong vũ trụ vô cùng vô tận. Đã thế, sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên không gian và thời gian lại không như nhau dẫn đến tỷ số của chúng theo (1) sẽ bị ảnh hưởng mà không có lý do từ sự thay đổi chuyển động của chính các vật thể. Điều này trực tiếp ảnh hưởng đến cái gọi là “tốc độ ánh sáng  $c$  trong chân không” – rõ ràng nó có thể nhận các giá trị khác nhau tại các khu vực khác nhau của vũ trụ chỉ đơn giản bởi vì sự biến đổi của không gian và thời gian do hấp dẫn cục bộ địa phương. Tuy nhiên, nếu việc đo tốc độ ánh sáng theo biểu thức (1) tại các vùng có hấp dẫn khác nhau mà vẫn cho kết quả như nhau thì càng chứng tỏ tốc độ ánh sáng thay đổi, bù lại chính sự mất cân bằng đó của không gian và thời gian.

Vì chuẩn độ dài là “mét” đã được đề cập tới ở ngay mở đầu bài báo này theo định nghĩa<sup>(\*)</sup> ở Mục 1, nên xét cho cùng, sai số của nó cũng phụ thuộc vào sai số của chuẩn thời gian. Trong khi đó, chuẩn thời gian theo hệ SI được định nghĩa: “Giây là một khoảng thời gian bằng 9.192.631.770 chu kì bức xạ ứng với

sự chuyển dời giữa hai mức siêu tinh tế tại trạng thái cơ bản của nguyên tử cesium 133<sup>(\*\*)</sup>, tức là nó hoàn toàn phụ thuộc vào nội năng của các nguyên tử Cesium trong đó chủ yếu là năng lượng điện từ, còn năng lượng hấp dẫn rất nhỏ. Điều này đảm bảo sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên sai số của nó được giảm thiểu ở mức độ  $10^{-15}$  như đã thấy trong thí nghiệm của Pound-Rebka [6]. Nhưng không chỉ có thế, sai số của chuẩn độ dài theo định nghĩa mới <sup>(\*)</sup> của SI còn phụ thuộc vào chính sai số đo tốc độ ánh sáng  $c$  và vào cái gọi là tính bất biến của tốc độ ánh sáng trong chân không vốn là hệ quả của thuyết tương đối hẹp nữa.

Tuy nhiên, nếu thừa nhận năng lượng toàn phần gồm nội năng và ngoại năng (cơ năng) của photon mới là đại lượng được bảo toàn giống như bất kể một thực thể vật lý nào khác, chứ không phải tốc độ của nó, thì tính thống nhất của thế giới lại vẫn được xác lập một cách đơn trị, bất chấp có sự thay đổi các chuẩn đơn vị, ở đây là không gian và thời gian [4]. Khi đó, cần phải xem xét tới quá trình chuyển hóa giữa các thành phần năng lượng của photon trong từng trường hợp cụ thể mới có thể quyết định được thật ra bản thân nó có thay đổi tốc độ hay không? Tức là vì photon cũng có khối lượng hấp dẫn nên thế năng hấp dẫn của nó cũng phải thay đổi khi bay vào các vùng có cường độ hấp dẫn khác nhau. Vì vậy, để năng lượng toàn phần của photon được bảo toàn thì hoặc nội năng của nó phải thay đổi, hoặc động năng của photon phải thay đổi (tức là tốc độ của photon phải thay đổi). Ta sẽ xem xét sự thay đổi này diễn ra thế nào ở mục sau.

Tóm lại, mọi phép đo tốc độ ánh sáng trên Trái Đất được thực hiện cho đến nay chưa thể nói lên điều gì liên quan tới tốc độ thực sự của nó trong chân không cũng như ảnh hưởng của hấp dẫn lên tốc độ đó.

### 3- Photon rơi tự do trong trọng trường như thế nào?

Rơi tự do là một hiện tượng khi vật thể có khối lượng hấp dẫn chuyển động trong trọng trường của Trái đất nói riêng hay của bất kỳ một thiên thể nào đó nói chung chỉ do tương tác hấp dẫn giữa chúng. Trong quá trình rơi này, cả thế năng lẫn động năng của vật thể đều tăng do sự chuyển hóa năng lượng từ nội năng của nó ra để bảo toàn năng lượng toàn phần như đã biết ở [4]. Việc chuyển hóa này có thể xảy ra được do vật thể được cấu thành từ các phân tử nhỏ hơn cũng có tương tác hấp dẫn, tức là có nội năng hấp dẫn, như các nguyên tử, phân tử của các chất. Song, photon là hạt sơ cấp đặc biệt (dipole-Q) không được cấu thành nên từ các phân tử, nguyên tử có sẵn tương tác hấp dẫn mà được hình thành nên từ hai hạt cơ bản vốn không có tương tác hấp dẫn, chỉ có tương tác

điện; tương tác hấp dẫn của photon chỉ là tương tác điện “tàn dư” ở khoảng cách lớn hơn bán kính tác dụng điện của dipole-Q. Do đó, nội năng của nó vẫn là năng lượng điện thuần túy, nhưng ngoại năng của nó mới là năng lượng hấp dẫn như đã biết [4]. Điều này có nghĩa là không hề có sự chuyển hóa giữa nội năng và ngoại năng của photon mà chỉ có thể là sự chuyển hóa giữa động năng và thế năng hấp dẫn của nó trong trường hấp dẫn trong khi nội năng không thay đổi.

Trong khi đó, bất luận có tiến hành đo tốc độ bằng cách nào thì bản thân khái niệm tốc độ chuyển động của một vật thể luôn luôn gắn với năng lượng của nó trong chuyển động, tức là động năng của vật thể – là một thành phần trong năng lượng toàn phần  $W$  được bảo toàn của nó trong một trường hấp dẫn cụ thể:

$$K = \frac{mV^2}{2} \quad (3)$$

Điều này cũng vẫn đúng đối với các photon (ánh sáng) nên việc đo tốc độ ánh sáng theo công thức (2) tại các vùng có cường độ hấp dẫn khác nhau sẽ phải cho các kết quả khác nhau (cho dù nếu quả thật ánh sáng không thay đổi tốc độ của mình(!)).

Nói cách khác, trong quá trình rơi về phía các vật thể lớn do hấp dẫn, sự biến thiên thế năng  $\Delta U_R \approx U_R$  cũng bằng sự biến thiên động năng của photon

$$\Delta K_R = \frac{m_{ph}v_R^2}{2} : \quad \Delta K_R = \Delta U_R \approx U_R, \quad (4)$$

tức là thế năng  $U_R$  tại khoảng cách tới tâm Trái Đất  $R$  tăng lên bao nhiêu thì động năng tại khoảng cách đó của nó lại giảm đi bấy nhiêu. Ta có thể biểu diễn động năng  $K_R$  trong quá trình rơi tới khoảng cách  $R$  bằng hiệu giữa động năng

ban đầu của photon  $K_0 = \frac{m_{ph}c^2}{2}$  với phần động năng chuyển hóa sang thế năng

$\Delta K_R$ :

$$\begin{aligned} K_R &= K_0 - \Delta K_R = \frac{m_{ph}c^2}{2} - \frac{m_{ph}v_R^2}{2} = \\ &= \frac{m_{ph}(c^2 - v_R^2)}{2} = \frac{m_{ph}c_R^2}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

ở đây,  $v_R$  – là sự giảm tốc của photon do trọng trường gây ra;  $c_R$  – là tốc độ của photon tại khoảng cách  $R$ . Từ (5) ta có:

$$c_R = \sqrt{c^2 - v_R^2}. \quad (6)$$

Mặt khác, thay  $K_R$  ở (5) và  $U_R = \frac{\gamma m_{ph} M}{R}$  vào (4) rồi biến đổi đi, ta được:

$$v_R = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}. \quad (7)$$

Không khó khăn gì để có thể nhận ra rằng vế phải của (7) chính là biểu thức tốc độ vũ trụ cấp II tại khoảng cách  $R$  tới tâm Trái Đất ký hiệu là  $V_{RII}$ . Vì vậy, có thể viết lại (6) ở dạng thuận tiện hơn:

$$c_R = \sqrt{c^2 - V_{RII}^2} \quad (8)$$

Tóm lại, thay vì tăng tốc như các vật thể khác, photon lại giảm tốc độ từ giá trị  $c$  xuống đến giá trị  $c_R$  xác định theo (8) khi rơi trong trọng trường Trái đất. Tức là tốc độ ánh sáng ở lân cận vật thể có khối lượng hấp dẫn sẽ sai khác với tốc độ của nó ở khoảng không bởi tốc độ vũ trụ cấp II theo (8) đúng như đã được tiên đoán ở [4].

Trên thực tế, chúng ta chỉ mới đo được tốc độ ánh sáng tại bề mặt Trái Đất chính là  $c_R \approx 299.792.458$  m/s. Từ (8) có thể suy ra tốc độ ánh sáng ở khoảng không liên hành tinh  $c_{lht}$  tại bán kính quỹ đạo của Trái đất:

$$c_{lht} = \sqrt{c_R^2 + V_{RII}^2} \quad (9)$$

Thay tốc độ vũ trụ cấp II được biết đến với Trái Đất bằng  $\sim 11,2$  km/s vào (9) ta được:

$$c_{lht} \approx \sqrt{299.792.458^2 + 11.200^2} \approx 299.792.458,2 \quad (\text{m/s}),$$

tức là chỉ sai khác 0,2 m/s hay  $\sim 0,00000007$  %.

Còn trong chân không vũ trụ liên sao, một mặt phải tính đến tốc độ vũ trụ cấp II bằng  $\sim 42$  km/s đối với Mặt Trời tại bán kính quỹ đạo của Trái đất, mặt khác phải tính đến tốc độ ánh sáng lúc này là  $c_{lht}$  chứ không phải là  $c_R$  nên tốc độ ánh sáng  $c_{ls}$  cũng được xác định theo (9) sẽ là:

$$c_{ls} \approx \sqrt{299.792.458,2^2 + 42.153^2} \approx 299.792.461,2 \quad (\text{m/s}),$$

tức là sai khác cũng chỉ khoảng 3,15 m/s hay  $\sim 0,000001$  %.

#### 4- Các hệ quả

- Đối với hố đen, vì tốc độ thoát tại chân trời sự kiện của hố đen bán kính  $r$  được cho rằng bằng  $c$ , nên từ (8) có thể rút ra được tốc độ  $c_r$  của photon khi rơi đến đây phải bằng 0. Điều này đương nhiên vẫn đúng đối với cả neutrino – là dipole DR trong trạng thái tự do, ngoài hạt nhân nguyên tử. Tức là trong khi mọi vật rơi vào hố đen với tốc độ tăng dần lên tới tốc độ ánh sáng  $c$  trong chân không giữa các vì sao, thì bản thân ánh sáng lại chuyển động chậm dần và dừng hẳn lại khi đạt được tới chân trời sự kiện. Sự dừng hẳn lại này không đơn giản chỉ là do thời gian chậm lại ( $t \rightarrow \infty$ ) mà là do sự chuyển hóa hoàn toàn động năng thành thế năng.

- Đối với hiện tượng dịch chuyển đỏ do hấp dẫn, vì trong quá trình “rơi tự do”, photon không thay đổi nội năng nên tần số quay của nó, tức là số chu kỳ trong một đơn vị thời gian, cũng không đổi. Trong khi đó, tốc độ của photon lại giảm dần khiến bước sóng của nó ngắn lại:

$$\lambda' = \frac{c'}{f} = \frac{\sqrt{c^2 - V_H^2}}{f} < \lambda = \frac{c}{f} \quad (10)$$

Ta có độ chênh bước sóng tuyệt đối:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda' = \frac{c - \sqrt{c^2 - V_H^2}}{f} = \frac{c}{f} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{V_H^2}{c^2}} \right), \quad (11)$$

và độ chênh bước sóng tương đối: 
$$\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 1 - \sqrt{1 - \frac{2\gamma M}{Rc^2}}. \quad (12)$$

Điều này có nghĩa là khi photon rời xa một nguồn hấp dẫn mạnh, bước sóng của nó sẽ phải dài ra – hiện tượng “dịch chuyển đỏ” do hấp dẫn đã được quan sát thấy ngay tại bề mặt Trái Đất trong thí nghiệm của Pound-Rebka [6].

## 5- Kết luận

Tốc độ ánh sáng trong chân không không phải là hằng số vũ trụ, trái lại, ngoài việc phụ thuộc vào độ chênh thế hấp dẫn vũ trụ trên tổng thể, nó còn phụ thuộc vào cường độ trường hấp dẫn cục bộ của thiên thể mà nó hiện diện tại đó. Khi rơi vào hố đen, tốc độ của ánh sáng giảm dần xuống tới 0 tại chân trời sự kiện. Tốc độ ánh sáng đo được tại bề mặt Trái đất nhỏ hơn tốc độ ánh sáng trong khoảng không gian liên hành tinh, liên sao và liên thiên hà.

## Tài liệu tham khảo

[1] Wikipedia. *Mét.* <https://vi.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9t>

- [2] Vũ Huy Toàn. *Những nghịch lý và bất cập của vật lý học*. 2007. <https://vuhuytoan.files.wordpress.com/2007/10/ngichlyvatly.pdf>
- [3] Vũ Huy Toàn. *Khối lượng của photon (Chuyên đề bàn về photon* <https://vuhuytoan.wordpress.com/2012/09/07/chuyen-de-ban-ve-photon/>). 2012. [https://vuhuytoan.files.wordpress.com/2012/09/27\\_khoi-luong-cua-photon1.pdf](https://vuhuytoan.files.wordpress.com/2012/09/27_khoi-luong-cua-photon1.pdf)
- [4] Vũ Huy Toàn. *Con đường mới của vật lý học*, NXB Khoa học & Công nghệ, Hà nội, 2007.
- [5] A. M. Lombardi, T.P. Heavner and S.R. Jefferts. *NISI primery Frequency standarts and the realization of the SI second. Measure*. The Journal of measurement science, vol. 2 No. 4 December 2007.
- [6] R. V. Pound, G. A Rebka. "Gravitational Red-Shift in Nuclear Resonance". [Physical Review Letters](#) **3** (9): 439–441. (November 1, 1959). [Bibcode:1959PhRvL...3..439P](#).[doi:10.1103/PhysRevLett.3.439](#).
- [7] Vũ Huy Toàn. *Một phát hiện mới về ảnh hưởng của hấp dẫn lên đồng hồ chỉ thời gian*. 2012. <https://vuhuytoan.wordpress.com/2012/12/08/xet-lai-anh-huong-cua-truong-hap-dan-len-thoi-gian-theo-gr/>