

XÉT LẠI ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG CỦA VẬT THỂ TRONG TRƯỜNG LỰC THỂ

Vũ Huy Toàn

E-mail: vuhuytoan@hn.vnn.vn, Hà nội, Việt nam

Tóm tắt

Có một sự thiếu nhất quán về phương diện nhận thức sự phân bố năng lượng của vật thể trong trường hấp dẫn và của electron trong trường điện tĩnh của nguyên tử, mặc dù cả 2 trường đều có cùng một điểm chung đó là trường lực thể, hơn thế nữa, lực trường thể của cả 2 đều cùng tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách tới tâm của trường. Xuất phát từ việc xem xét và chính xác hoá các khái niệm về lực hút lẫn nhau và năng lượng của vật thể như thế năng, hiệu thế năng, năng lượng âm, năng lượng dương, tác giả đã phản đối sự “đánh tráo” giữa các khái niệm thế năng và hiệu thế năng của vật thể trong trường trọng lực cùng sự bất cần trong việc áp đặt thế năng trên bề mặt Trái đất bằng 0 - một sai sót nhỏ nhưng lại dẫn đến những lầm lẫn lớn, đó là sự bất cập của định luật bảo toàn cơ năng mà hệ quả của nó là sự chuyển hoá qua lại giữa động năng và thế năng của vật thể chuyển động trong trọng trường – một nhận thức sai lầm về bản chất của hiện tượng, là một trong những nguyên nhân dẫn đến sự thiếu nhất quán giữa thế giới vĩ mô và thế giới vi mô. Tác giả cũng chứng minh được rằng cơ năng của vật thể chuyển động trong trọng trường không những không thể bảo toàn mà, trái lại, chỉ có thể tăng liên tục. Trên cơ sở đó, tác giả khẳng định có sự tham gia nội năng của vật thể vào quá trình chuyển hoá năng lượng của nó trong quá trình chuyển động và nhờ đó phát biểu định luật bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm cả nội năng) của vật thể trong trường lực thể đó. Công thức tổng quát của năng lượng toàn phần này đã được chứng minh: $W=2mc^2$. Vấn đề không chỉ dừng lại ở các hiện tượng cơ học mà liên quan tới cả hiện tượng điện từ nữa.

Từ khoá: *Thế năng, hiệu thế năng, cơ năng, định luật bảo toàn cơ năng.*

1. Đặt vấn đề.

Trong cơ học cổ điển [1-5], việc xem xét trạng thái năng lượng của các vật thể chuyển động trong trường trọng lực Trái đất được coi như bài toán kinh điển, được thực tế kiểm nghiệm khắt khe đã hàng trăm năm nay và mang tính phổ thông (cập nhật ở bậc học sinh trung học); định luật bảo toàn cơ năng rút ra từ đây được coi như một trong những quy luật cơ bản nhất của thế giới vật chất, làm cơ sở có tính “kinh điển”, thậm chí là “chân lý” với nghĩa là nó không thể sai.

Cho đến nay, không có bất cứ ai trong giới khoa học còn tỏ ra nghi ngờ về điều này. Khoa học hiện đại quan tâm đến các vấn đề “hiện đại” như “vật chất tối”, “năng lượng tối”, thống nhất lý thuyết hấp dẫn của Einstein với cơ lượng tử, Mọi sự xem xét lại các vấn đề cơ sở như vừa nói đều bị coi là “chuyện tầm phào”, là “vô công rồi nghề” hay thậm chí là “ngu xuẩn” nữa – có chăng đó chỉ là việc của mấy em học sinh phổ thông trung học nêu ra nhằm mục đích hiểu rõ hơn bài giảng của thầy mà thôi. Còn gì dễ hiểu hơn là ví dụ về sự chuyển hoá thế năng thành động năng, rồi động năng thành thế năng trong chuyển động của con lắc, sự chuyển hoá thế năng của nước trên đập nhà máy thủy điện thành động năng của nó làm quay tuốc bin máy phát điện, v.v.. Mọi tính

toán lý thuyết đều khớp với đo đạc thực tế tới mức dường như chỉ có “những kẻ quá ngu dốt hoặc tâm thần mới không hiểu điều đó!”(???)

Tuy nhiên, giả như tính thống nhất giữa thế giới vi mô của nguyên tử và hạ nguyên tử (nơi thống trị của vật lý lượng tử) với thế giới vĩ mô của các vật thể, Trái đất, các vì sao (nơi thuyết tương đối rộng lấy làm đất dụng võ)... không bị phá vỡ một cách không thương tiếc đến như thế thì tác giả cũng chẳng tự mình chuốc lấy sự “cười chê” của thiên hạ.

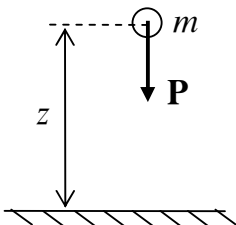
Vậy, “tính thống nhất” vừa nói là cái gì vậy? Đó là thế giới vật chất chỉ có một và đối với nó phải tồn tại những quy luật chung nhất mà mọi thực thể của nó, bất luận lớn bé, xa gần... đều phải tuân theo. Thế nhưng, như mọi người đều biết, giữa vĩ mô và vi mô có một khoảng cách quá lớn không thể hoà nhập (ít ra là cho đến bây giờ) và một ranh giới quá rạch ròi không sao giải thích nổi.

Trong nguyên tử, theo lý thuyết lượng tử [6], mức năng lượng của điện tử càng nhỏ khi chúng càng gần hạt nhân và chúng luôn luôn có xu thế trở về mức năng lượng thấp nhất khi có thể, khi đó, không những không đòi hỏi cấp thêm năng lượng mà, trái lại, nó lại bức xạ đi năng lượng. Trong khi đó, vệ tinh nhân tạo của Trái đất từ một quỹ đạo hiện có muốn đưa ra quỹ đạo bên ngoài cần một năng lượng ít hơn nhiều so với việc đưa nó vào quỹ đạo bên trong với cùng một độ dịch chuyển quỹ đạo nhưng đến gần Trái đất hơn – tự nó không thể chuyển đổi được từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác. Điều gì khiến cho lực trường thế của Trái đất và của hạt nhân nguyên tử xử sự trái ngược nhau đến như vậy khi, về định tính, cả 2 đều cùng tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách tới tâm trường lực thế? Vì sao mẫu hành tinh nguyên tử Rutherford lại thất bại?

Khi một quy luật chung nhất bị phá vỡ, thì lẽ ra, về mặt lôgic, cần phải xem xét lại những cái được gọi là “quy luật riêng phần”, hay thậm chí cả từ các khái niệm cơ sở thì mới đúng, thay vì nhắm mắt làm ngơ đi tìm những quy luật riêng phần khác phù hợp với hiện tượng mới, nhưng về thực chất chỉ là một cách ngụy biện – không hơn, không kém. Để khắc phục cái “lẽ ra” đó cũng chính là mục đích của bài báo này.

2. Xét lại khái niệm thế năng trọng trường.

Theo sách giáo khoa Vật lý lớp 10, tr.138 [1], “*Thế năng trọng trường của một vật là dạng năng lượng tương tác giữa Trái đất và vật; nó phụ thuộc vào vị trí của vật trong trọng trường.*”(*)



Hình 1.

Từ định nghĩa, người ta đến với “biểu thức thế năng trọng trường” thông qua ví dụ về một vật có khối lượng m , rơi từ độ cao z (xem Hình 1): “*Khi rơi xuống đất, trọng lực P của vật sinh công là:*

$$A = Pz = mgz \quad (1)$$

Công A này được định nghĩa là thế năng của vật(**):

$$W_t = mgz \quad (2)$$

Thứ nhất, cho dù xuất phát từ việc đơn giản hoá, coi trọng

trường ở vùng sát bề mặt Trái đất gần như là đều nên $P = \text{const}$, $g = \text{const}$, thì biểu thức tính công (1) cũng đã không thể hiện được tính chất hút lẫn nhau của trọng lực $P < 0$. Như đã biết, biểu thức trọng lực theo định luật 2 Newton dưới dạng véc tơ:

$$\mathbf{P} = m\mathbf{g} \quad (3)$$

Khi chuyển sang dạng modul để thay vào (1) phải lưu ý:

$$g = \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \right) < 0 \quad (4)$$

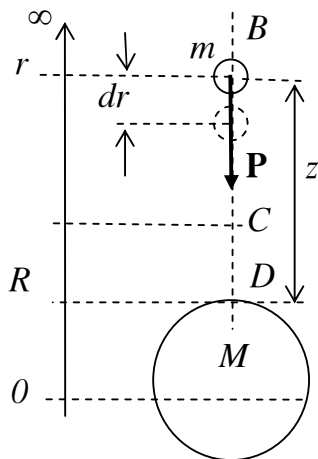
vì biến quãng đường r trong trường hợp này là một hàm nghịch biến với thời gian (xem Hình 2), nên $g < 0$ và do đó $P < 0$. Nhưng theo biểu thức (1) thì chỉ có thể được hiểu là $P > 0$ và $g > 0$ – điều này là phi lý. Hơn nữa, vì hướng chuyển động của vật rơi tự do trong trọng trường hoàn toàn trùng với hướng của lực trọng trường \mathbf{P} , nên công của lực trọng trường này phải > 0 . Do đó, căn cứ vào biểu thức (1), để công A vẫn > 0 mà bản chất của trọng lực là lực hút lẫn nhau ($P < 0$) vẫn sẽ phù hợp nếu nó được biểu diễn với dấu “-”:

$$A = -Pz = -mgz > 0 \quad (5)$$

ở đây z phải được hiểu là “độ cao ban đầu” của vật so với mặt đất trước khi chuyển dịch dưới tác động của trọng lực chứ không phải là “biến quãng đường” r trong (4). Do đó, biểu thức (2) cũng phải được viết lại tương ứng:

$$W_t = -mgz \quad (6)$$

Thứ hai, việc đưa ra khái niệm thế năng (***) với công thức xác định (2) là không logic, vì điều đó chứng tỏ thế năng tại bề mặt Trái đất đã được quy ước $= 0$ và như thế có khác gì chấp nhận có một sự đột biến trọng lực tại bề mặt Trái đất từ $P = \text{const}$ xuống $= 0$? Trong khi đó, thế năng của vật trong trường lực thế $= 0$ là một khái niệm tuyệt đối với nghĩa là vật không còn khả năng tương tác với trường lực thế đó nữa ($P = 0$); nó tồn tại khách quan, không phụ thuộc vào việc lựa chọn gốc toạ độ, hay quy ước tùy tiện của người quan sát. Đó cũng chính là hệ quả của khái niệm hoàn toàn đúng đắn (*) đã được đưa ra ngay từ đầu – nhưng như thế có khác gì là “tiên hậu bất nhất”?



Hình 2.

Thứ ba, một cách định tính, đối với trọng trường của Trái đất, thế năng W_t của vật càng ở xa mặt đất, càng phải nhỏ đi, thậm chí khi khoảng cách $\rightarrow \infty$, trọng lực $P \rightarrow 0$ thì $W_t \rightarrow 0$. Như vậy, cho dù ở lân cận bề mặt Trái đất có thể coi $P \approx \text{const}$, $g \approx \text{const}$, nhưng không vì thế mà quy luật biến thiên thế năng của vật có thể đảo ngược từ “giảm dần” sang “tăng dần” theo (2) (hay theo (6) cũng vậy). Trong trường hợp này, lẽ ra phải có $W_t \approx \text{const}$ mới đúng chứ? Tức là trong một vùng không gian hẹp ($z \ll R$) có thể coi như vị trí của vật trong trọng trường không thay đổi; mà theo (*) năng lượng tương tác giữa vật với Trái đất lại chỉ phụ thuộc vào vị trí, nên nó cũng phải không thay đổi. Điều đó chứng tỏ rằng khái niệm thế năng (***) được đưa

ra là không hợp lý. Vậy, đại lượng được xác định bởi biểu thức (2) là cái gì?

Để làm rõ điều này, ta phải định lượng những điều vừa nói bằng cách quay trở lại biểu thức chung của lực trọng trường Trái đất ở một khoảng cách r bất kỳ tới tâm của nó (xem Hình 2):

$$P = -\gamma \frac{mM}{r^2} \quad (7)$$

ở đây m , M – tương ứng là khối lượng của vật và của Trái đất. Dấu “-” trong (7) thể hiện đây là lực hút lẫn nhau như đã nói ở trên. Chính việc bỏ dấu “-” này trong nhiều trường hợp đã gây nên nhầm lẫn tai hại. Cụ thể là dẫn đến kết quả tính thế năng <0 [2] – một khái niệm vô nghĩa về mặt vật lý, ít ra là cho đến nay. Nhân cả 2 vế của (7) với độ chuyển dời dr theo chiều trọng lực, cũng tức là theo chiều giảm toạ độ r , nên $dr < 0$, ta được công nguyên tố:

$$dA = Pdr = -\gamma \frac{mM}{r^2} dr > 0 \quad (8)$$

Công này mặc nhiên cũng phải >0 . Từ (8) có thể tính được thế năng của vật tại vị trí B ứng với $r_B = R + z$ (với R – là bán kính Trái Đất) bằng cách tích phân cả 2 vế của (8) từ xa ∞ (nơi ứng với $P = 0$) tới vị trí đó (chiều tích phân trùng với chiều dịch chuyển của vật dưới tác động của trọng trường). Tích phân vế trái của (8) cho ta công của trọng lực để dịch chuyển vật từ ∞ tới vị trí B :

$$\int_{\infty}^B dA = A_{\infty \rightarrow B} > 0 \quad (9)$$

Tích phân vế phải của (8), ta được:

$$W_t(B) = -\gamma mM \int_{\infty}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \frac{\gamma mM}{r_B} = \frac{\gamma mM}{R + z} > 0 \quad (10)$$

Đây mới chính là biểu thức thế năng của vật tại vị trí B và như đã thấy nó luôn >0 . Có thể mô tả (10) nhờ đồ thị ở Hình 3a (ở đây tạm phóng đại tỷ lệ theo trục tung $0W$ cho dễ nhìn) với góc toạ độ chọn đặt tại tâm Trái đất.

Có thể viết lại (10) thông qua gia tốc trọng trường tại bề mặt Trái đất:

$$g = -\frac{\gamma M}{R^2} \quad (11)$$

$$W_t(B) = \frac{\gamma mM}{R + z} = -\frac{mgR}{1 + z/R} \quad (12)$$

Tương tự như vậy, sau khi lấy tích phân cả 2 vế của (8) từ ∞ tới vị trí D trên bề mặt Trái đất ứng với $r=R$, ta có thế năng của vật tại vị trí này:

$$W_t(D) = \frac{\gamma mM}{R} = -mgR \quad (13)$$

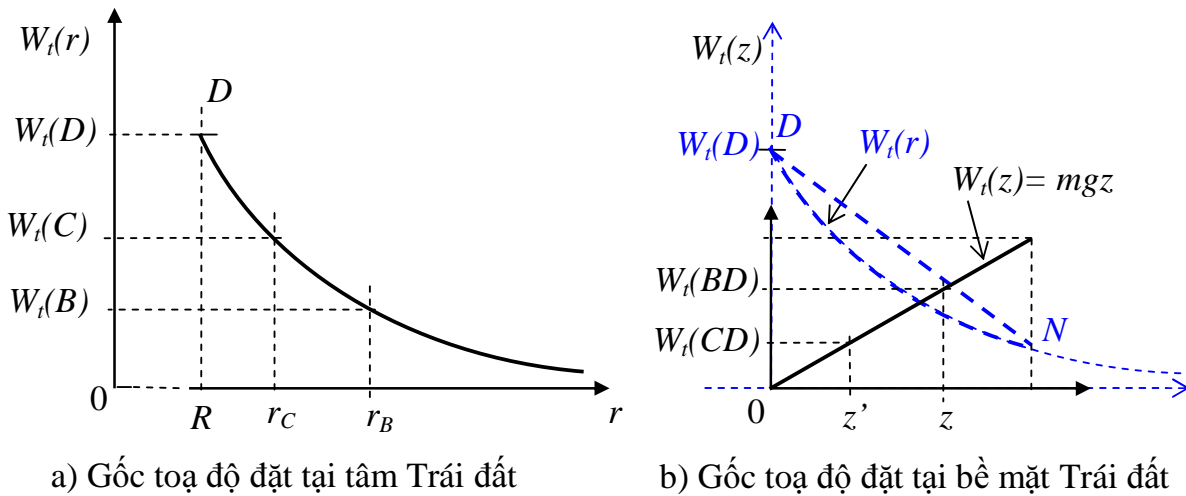
Do đó HIỆU thế năng của vật tại vị trí B so với vị trí D là:

$$W_i(BD) = \int_{r_B}^R P dr = -\gamma m M \int_{r_B}^R \frac{dr}{r^2} = \gamma m M \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+z} \right) = \frac{\gamma m M z}{R(R+z)} \quad (14)$$

Các biểu thức (12), (13) và (14) ở đây thể hiện rất rõ ý nghĩa vật lý: thế năng của vật tại vị trí B nhỏ hơn so với thế năng của nó tại vị trí D – hoàn toàn phù hợp với thực tế và cũng khẳng định nhận xét định tính ở trên là hoàn toàn đúng. Nếu tính đến các biểu thức (10) và (13), ta có thể viết lại (14) ở dạng:

$$W_i(BD) = W_i(D) - W_i(B) \quad (15)$$

$$W_i(z) = W_i(BD) = W_i(D) - W_i(B) = -\frac{mgz}{(1+z/R)} \quad (16)$$



Hình 3. Sự phụ thuộc thế năng của vật vào khoảng cách tới tâm trọng trường.

Rõ ràng, khi $z \ll R$, trọng trường được coi là đều ($P \approx \text{const}$, $g \approx \text{const}$), từ (16) ta có thể nhận được biểu thức chỉ khác với biểu thức (2) ở dấu “-”, nhưng lại hoàn toàn phù hợp với biểu thức (6) khi $g < 0$. Từ đây có thể rút ra kết luận rằng biểu thức (2) cũng như (6) đó **không hề là thế năng của vật trong trọng trường** như khái niệm (*) mà là “HIỆU thế năng” của vật ở 2 vị trí trong trọng trường đó; không những thế, trong hiệu này số trừ là thế năng của vật tại vị trí ban đầu B , còn số bị trừ là thế năng của vật tại vị trí trên bề mặt Trái đất D , mà $W_i(D) > W_i(B)$, nên nó luôn luôn > 0 .

Có thể mô tả một cách trực quan hơn nhờ đồ thị trên Hình 3b. Ở đây, với những đường nét đứt ta biểu diễn đồ thị biến đổi thế năng trong một hệ tọa độ với điểm gốc đã được dịch chuyển từ tâm Trái đất lên bề mặt của nó – trục tung OW tịnh tiến sang phải một đoạn bằng bán kính Trái đất – hình dáng đồ thị này không thay đổi gì so với lúc trước. Trong khi đó, nếu thêm cả việc gán cho bề mặt Trái đất có thế năng $= 0$ và $P = \text{const}$, $g = \text{const}$ nữa thì ta có đồ thị “thế năng” của vật theo (2) là một đoạn thẳng (nét liền) xuất phát từ gốc tọa độ. So sánh 2 đồ thị ta sẽ thấy sự thật về bản chất vật lý của đại lượng đang xem xét đã bị “xuyên tạc” đến mức nào! Giả như không có việc gán cho bề mặt Trái đất thế năng $= 0$ mà chỉ thuần túy chấp nhận $P \approx \text{const}$, $g \approx \text{const}$ khi $z \ll R$ để thay đồ thị cong (nét đứt) bằng đoạn thẳng DN thì còn chấp nhận được – bản chất vật

lý của hiện tượng không thay đổi, chỉ sai khác về lượng, vì lúc này DN được xem như song song với trục hoành or chứng tỏ thế năng gần như không đổi ($\approx W_t(D)$), đúng với những gì vừa nói ở trên.

Vậy là nguyên nhân đã rõ: thủ phạm chính là việc đã đánh tráo khái niệm “thế năng”(*) bằng khái niệm “HIỆU thế năng”(**) và để rồi từ đó cho phép quy ước thế năng = 0 một cách tùy tiện với mọi vị trí trong trọng trường, bất chấp bản chất vật lý của hiện tượng và trái với chính khái niệm đúng đắn đã đưa ra ngay từ ban đầu.

Tất nhiên, việc đơn giản hoá để thuận tiện cho việc tiếp thu kiến thức là có thể làm, có thể chỉ gần đúng về LƯỢNG, nhưng phải không được gây nên sự thay đổi về CHẤT cho hiện tượng đang xem xét. Trong trường hợp này, sự thay đổi về CHẤT là quá rõ ràng không thể nào chấp nhận được. Lỗi này về mặt logic hình thức được gọi là lỗi “đánh tráo khái niệm”; nó rất tinh vi và khó phát hiện. Cũng chính vì thế nó vẫn còn được lặp lại trong giáo trình “Vật lý đại cương” dùng cho các trường đại học [2], các sách tra cứu về vật lý [4] và được che dấu cho đến tận ngày nay.

Giả như mọi việc chỉ dừng lại ở đây thì phát hiện này có chăng cũng chỉ được xem như một hiệu đính nhỏ cho việc truyền đạt kiến thức cho học sinh mà thôi. Tuy nhiên, vấn đề lại nghiêm trọng hơn nhiều khi sử dụng chính khái niệm SAI về CHẤT này để chứng minh 1 trong các định luật cơ bản nhất của Tự nhiên mà ta sẽ xem xét ở mục sau.

3. Xét lại định luật bảo toàn cơ năng của vật thể chuyển động.

Theo công thức SAI về CHẤT (2) đã dẫn đến định luật bảo toàn cơ năng ở dạng:

$$“W = W_d + W_t = \text{hằng số} \quad (17)$$

Hay: $\frac{1}{2} mV^2 + mgz = \text{hằng số} \quad (18)$

mà từ đây đã rút ra những hệ quả hoàn toàn trái với bản chất của sự vật, nhưng chết một nỗi là nghe ra rất có lý đến nỗi chính việc nghi ngờ nó mới là vô lý (!), đó là:

“Trong quá trình chuyển động trong trọng trường:

+ Nếu động năng giảm thì thế năng tăng (động năng chuyển hoá thành thế năng) và ngược lại;

+ Tại vị trí nào động năng cực đại thì thế năng cực tiểu và ngược lại.”

Để phán xét điều này ta sẽ xem xét cụ thể hơn.

Trước tiên, ta sẽ tiến hành phân tích trong điều kiện giống như những gì sách giáo khoa đã làm chỉ cần phải trả lại biểu thức đúng (8) để xác định thế năng của vật tại một vị trí bất kỳ trong trọng trường và sau đó là để HIỆU thế năng theo đúng trật tự logic như trên đã nói ở biểu thức (15) và (16). Khi đó, công của trọng lực để chuyển dịch một vật từ vị trí B tới một vị trí C bất kỳ sẽ bằng sự thay đổi thế năng cũng như động năng của vật ở 2 vị trí đó. Ta có thể viết:

$$A_{BC} = W_t(C) - W_t(B) \quad (19)$$

$$A_{BC} = W_d(C) - W_d(B) \quad (20)$$

Cho bằng nhau (19) và (20) ta được:

$$W_t(C) - W_t(B) = W_d(C) - W_d(B) \quad (21)$$

$$W_d(B) - W_t(B) = W_d(C) - W_t(C) \quad (22)$$

Từ (22) cho thấy **đại lượng được bảo toàn trong suốt quá trình chuyển động của vật trong trọng trường không hề là cơ năng của vật theo (17)** mà đơn thuần chỉ là “hiệu động năng và thế năng” của nó tại bất kỳ vị trí nào trong trọng trường mà thôi. Tức là nếu thay $W_t(B)$ từ (12) và động năng của vật vào (22) ta phải có:

$$\frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{mgR}{1+z/R} = \frac{1}{2}mV_C^2 + \frac{mgR}{1+z'/R} \quad (23)$$

lưu ý ở đây $g < 0$. Từ (23) có thể thấy nếu tính đến điều kiện $z \ll R$ và $z' \ll R$ để có thể bỏ qua các số hạng z/R và z'/R thì sau khi giản ước số hạng thứ 2 ở cả 2 vế sẽ chỉ còn lại $V_B = V_C$ – nhưng như thế có khác gì B phải trùng với C ? và do vậy (22) và (23) sẽ chẳng còn ý nghĩa gì nữa! Nói cách khác, từ việc cho bằng nhau (19) và (20) không thể chứng minh được định luật bảo toàn năng lượng (17) như sách đã dẫn [1, 2].

Nhưng rõ ràng kể cả cứ cho rằng số hạng thứ 2 trong (18) chỉ là Hiệu thế năng chứ không phải là thế năng như đã chứng minh ở trên thì sẽ phải giải thích ra sao đây khi các đo đạc thực tế lại hoàn toàn phù hợp với nó? Nói cách khác, sẽ phải chứng minh (18) mà không được xuất phát từ (17). Nếu tính đến cả dấu của gia tốc $g < 0$ thì (18) phải được viết lại cho đúng:

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - mgz = \frac{1}{2}mV_C^2 - mgz' \quad (24)$$

Đây chính là điều cần phải chứng minh.

Trước hết, ta cộng thêm vào 2 vế của (22) cùng một số hạng là thế năng của vật tại bề mặt Trái đất $W_t(D)$:

$$W_d(B) + [W_t(D) - W_t(B)] = W_d(C) + [W_t(D) - W_t(C)] \quad (25)$$

Ở đây, trong các dấu móc xuất hiện HIỆU thế năng của vật ở vị trí B và C so với mặt đất D được xác định theo (16), vì vậy, sau khi thay biểu thức động năng của vật tại các vị trí tương ứng vào (25), ta có thể viết:

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{mgz}{1+z/R} = \frac{1}{2}mV_C^2 - \frac{mgz'}{1+z'/R} \quad (26)$$

Từ (26) dễ dàng nhận thấy nếu chỉ xét ở lân cận bề mặt Trái đất thì có thể bỏ qua được các số hạng z/R và z'/R so với 1 và sẽ nhận được đẳng thức (24) cần chứng minh.

Tuy nhiên, việc gần đúng hoá (26) thành ra (24) như vậy sẽ gặp phải sai số. Ta sẽ đánh giá sai số này. Sai số tuyệt đối của (24) so với (26) ở vế trái và vế phải tương ứng là:

$$\Delta_B = -mgz + \frac{mgz}{1+z/R} \approx -mgz \frac{z}{R} = -mgR\delta_B^2 \quad (27)$$

$$\Delta_C = -mgz' + \frac{mgz'}{1+z'/R} \approx -mgz' \frac{z'}{R} = -mgR\delta_C^2 \quad (28)$$

ở đây ký hiệu $\delta_B = z/R$ và $\delta_C = z'/R$. Như vậy, sai số tuyệt đối của đẳng thức (24) sẽ là hiệu của (27) với (28):

$$\Delta_{BC} = \Delta_B - \Delta_C = -mgR(\delta_B^2 - \delta_C^2) \quad (29)$$

Nếu chọn vị trí C trùng với D thì $\delta_C = 0$, Do đó sai số tương đối của đẳng thức (24) sẽ bằng:

$$\gamma_{BC} = \frac{\Delta_{BC}}{W_t(D)} 100\% = 100\delta_B^2 \% = 100\left(\frac{z}{R}\right)^2 \% \quad (30)$$

Ví dụ với $z = 6\text{m}$, $R = 6 \times 10^6\text{m}$ ta có thể chấp nhận (18) với sai số cỡ $10^{-10}\%$! Điều này lý giải vì sao mọi phép đo cho đến nay đều khẳng định tính đúng đắn của biểu thức (18) này. Tuy nhiên, chỉ tiếc rằng đó lại không hề là định luật bảo toàn CƠ NĂNG như đã đề cập đến ở trên.

Như vậy, vấn đề vẫn còn tồn đọng là liệu CƠ NĂNG của vật xác định theo (17) có đúng là được bảo toàn trong suốt quá trình chuyển động của nó hay không? Ta sẽ làm sáng tỏ điều này. Đơn giản là chỉ việc lập biểu thức CƠ NĂNG của vật xác định theo (17) cho 2 vị trí B và C (ở khoảng cách bất kỳ z' so với mặt đất như trên hình 2) rồi so sánh là sẽ biết ngay thôi:

$$W(B) = W_d(B) + W_t(B) \quad (31)$$

$$W(C) = W_d(C) + W_t(C) \quad (32)$$

Lấy (32) trừ đi (31):

$$W(C) - W(B) = [W_d(C) - W_d(B)] + [W_t(C) - W_t(B)] \quad (33)$$

Nếu cơ năng của vật được bảo toàn thì hiệu (33) đương nhiên phải $= 0$. Tuy nhiên, không khó khăn gì để có thể nhận thấy rằng về phải của nó là tổng của những thay đổi thế năng và động năng của vật khi nó di chuyển từ vị trí B đến vị trí C dưới tác động của trọng lực \mathbf{P} . Nhưng cả 2 sự thay đổi này đều bằng chính công A_{BC} của trọng lực (xem (19) và (20). Do đó, (33) có thể được viết gọn lại dưới dạng:

$$W(C) - W(B) = 2A_{BC} = 2[W_d(C) - W_d(B)] = 2[W_t(C) - W_t(B)] \quad (34)$$

Từ (34) cho thấy rõ là nếu ta đẩy điểm B ra xa vô cực (∞) thì thế năng ban đầu $W_t(B)$ của nó theo (8) phải $= 0$, còn động năng ban đầu $W_d(B)$ cứ cho là có một giá trị nào đó bằng W_0 – có thể xem như CƠ NĂNG ban đầu của nó, khi đó ta có thể viết lại (34) dưới dạng:

$$W(C) - W_0 = 2W_d(C) = 2W_t(C) \neq 0 \quad (35)$$

Có nghĩa là cơ năng của vật không hề được bảo toàn trong quá trình chuyển động!

Vậy, tại sao lại có sự nhầm lẫn này? Quay trở lại với việc quy ước thế năng tại bề mặt Trái đất $= 0$ có thể thấy ngay là chính nó đã dẫn đến sự đảo ngược quy luật biến thiên thế năng của vật từ “giảm dần” sang “tăng dần” đã nói ở trên khiến cho hiệu (19) trở nên < 0 và, do đó, hiệu (33) đương nhiên $= 0$! Điều này cũng lý giải tại sao người ta lại viết biểu thức hiệu thế năng của vật ở điểm B so với điểm C với sự tráo đổi số trừ và số bị trừ so với (19) như thế này[1, 2]:

$$A_{BC} = W_t(B) - W_t(C) \quad (36)$$

về thực chất là để đảm bảo công của trọng lực dịch chuyển vật theo cùng chiều tác động của trọng lực đó $A_{BC} > 0$.

Nhưng, nếu cơ năng của vật không được bảo toàn thì nó sẽ thay đổi thế nào?

Thay biểu thức (8) – thế năng của vật tại vị trí C (tương ứng với z') vào (35), đồng thời chuyển W_0 sang về phải của nó, ta được:

$$W(C) = \frac{2\gamma mM}{R + z'} + W_0 \quad (37)$$

Từ đây có thể thấy rất rõ CƠ NĂNG của vật thay vì bảo toàn lại càng ngày càng lớn trong quá trình chuyển động của vật tới gần Trái đất dưới tác động của trọng lực – chẳng lẽ điều này lại không đúng sao? Thế năng và động năng của vật đều phải > 0 và đều tăng thì tổng của chúng cũng tăng đâu có gì là lạ?

Tóm lại, sự gia tăng cơ năng của vật trong quá trình chuyển động này là do sự gia tăng đồng thời của cả động năng lẫn thế năng của vật chứ **không hề có sự chuyển hoá nào từ thế năng thành động năng của vật hay ngược lại cả**.

Nhưng như thế thì vấn đề mới lại được nảy sinh là vậy cơ năng này từ đâu sinh ra mà ngày càng tăng vậy? Trong cơ học Newton, năng lượng của vật vốn dĩ chỉ bằng tổng thế năng và động năng, còn nội năng của nó không bao giờ được tính đến. Đối với cơ học tương đối tính của Einstein (thuyết tương đối hẹp), cho dù đã có thêm thành phần nội năng của vật, nhưng nó cũng được coi là bất biến trong suốt quá trình vật chuyển động. Như vậy, sự gia tăng cơ năng của vật theo (37) là không thể lý giải được trong khuôn khổ của vật lý hiện hành! Đây có lẽ là yếu tố quyết định khiến cho quan niệm về “sự chuyển hoá thế năng thành động năng của vật (và ngược lại)” theo (18) có thể tồn tại được cho đến ngày nay mà không gây nên bất cứ một sự nghi ngờ nào.

Bên cạnh đó, có thể nhận thấy rằng những gì chúng ta vừa xem xét không chỉ liên quan tới trọng trường mà, về nguyên tắc, sẽ liên quan tới trường lực thế nói chung mà trong đó phải kể đến trường tĩnh điện với lực Coulomb:

$$F = k \frac{qQ}{R^2}$$

Có thể thấy các biểu thức trọng lực (7) và lực Coulomb trên đây hoàn toàn tương tự nhau, do đó, mọi biểu hiện của chúng chỉ có thể khác nhau về lượng, còn hoàn toàn giống nhau về chất, đặc biệt là với các điện tích trái dấu sẽ xuất hiện dấu “-” không khác gì với trọng lực.

4. Đề xuất định luật bảo toàn năng lượng toàn phần của vật thể.

Rõ ràng theo các biểu thức (19) và (20) thì cả động năng và thế năng đều nhờ lực trọng trường P mà có, tức là do trường trọng lực của Trái đất sinh ra? Thật ra, nói như vậy cũng chưa hoàn toàn chính xác, vì khái niệm trọng lực theo (7) phải do cả vật và Trái đất mới có, nên nói một cách chặt chẽ, chúng phải do cả 2 sinh ra. Và nếu hệ gồm

Trái đất và vật thể được coi là kín (cô lập) thì năng lượng của cả hệ đương nhiên phải được bảo toàn – chắc không phải là điều khó hiểu. Nhưng khi đó liệu năng lượng của riêng vật hay của riêng Trái đất có được bảo toàn? Ý ở đây là liệu Trái đất có cấp năng lượng cho vật nên năng lượng của nó giảm trong khi năng lượng của vật tăng và, do đó, tổng năng lượng của chúng vẫn là đại lượng bảo toàn hay không?

Vấn đề là ở chỗ khi nói tới động năng và thế năng thì luôn phải chỉ rõ là “động” và “thế” so với HQC nào? Trong trường hợp này, chỉ có 2 đối tượng: vật và Trái đất, nên các khái niệm này chỉ có nghĩa trong các HQC tương ứng đặt trên Trái đất và đặt trên vật, tức là năng lượng của vật so với Trái đất W_m hoặc năng lượng của Trái đất so với vật W_M . Còn khái niệm tổng năng lượng của cả 2 thật sự không có nghĩa vì không biết phải so với HQC nào? Có thể viết biểu thức năng lượng toàn phần của chúng như sau:

$$W_m = W_{nm} + W_{tm} + W_{dm} \quad (38)$$

$$W_M = W_{nM} + W_{tM} + W_{dM} \quad (39)$$

ở đây W_{nm} , W_{tm} , W_{dm} – tương ứng là nội năng, thế năng và động năng của vật xác định trong HQC của Trái đất; W_{nM} , W_{tM} , W_{dM} – tương ứng là nội năng, thế năng và động năng của Trái đất, xác định trong HQC của vật.

Ta có nhận xét rằng, nếu đã có khái niệm “nội năng” của vật được hiểu như “năng lượng hàm chứa bên trong vật” thì cũng phải có khái niệm “ngoại năng” được hiểu như “năng lượng được thể hiện ra bên ngoài vật”. Bên cạnh đó, từ các khái niệm “thế năng” và “động năng” của vật có thể thấy rõ đúng là chúng chỉ có nghĩa đối với các vật thể khác (bên ngoài chúng) và vì vậy chúng chính là “ngoại năng” của vật:

$$W_{ngm} = W_{tm} + W_{dm} \quad (40)$$

$$W_{ngM} = W_{tM} + W_{dM} \quad (41)$$

Mặt khác, ta lại biết thế năng của vật so với Trái đất xác định theo (10) hoặc (13) đương nhiên cũng bằng thế năng của Trái đất so với vật theo cùng những công thức đó. Hơn thế nữa, dưới tác động của trọng lực sự thay đổi thế năng luôn luôn bằng sự thay đổi động năng (bất luận là của vật hay của Trái đất). Nhưng trọng lực tác động lên vật cũng bằng trọng lực tác động lên Trái đất thì động năng của chúng do tác động của những trọng lực bằng nhau về giá trị P đó không có lý gì lại có thể khác nhau được, trong khi thế năng của chúng do trọng lực sinh ra cũng đã bằng nhau rồi. Nói cách khác, ngoại năng của vật và của Trái đất theo (40) và (41) đương nhiên cũng bằng nhau. Nhưng như thế cũng có nghĩa là trong suốt quá trình chuyển động, ngoại năng của vật tăng lên bao nhiêu thì ngoại năng của Trái đất cũng phải tăng lên đúng bấy nhiêu và do vậy, giả thiết ban đầu về sự chuyển hoá năng lượng của Trái đất sang cho vật là không có cơ sở vì khi đó, do đâu mà ngoại năng của chính bản thân nó cũng tăng lên được?

Từ đây có thể thấy hợp lý hơn cả là cho rằng đại lượng được bảo toàn ở đây là năng lượng toàn phần của vật và của Trái đất xác định theo (38) và (39), ta có:

$$W_{nm} + W_{tm} + W_{dm} = \text{Hằng số} \quad (42)$$

$$W_{nM} + W_{tM} + W_{dM} = \text{Hằng số} \quad (43)$$

Trong HQC Trái đất, biểu thức (42) chính là định luật bảo toàn năng lượng toàn phần của vật thể trong trường lực thế. Từ đây cho thấy ***nhất thiết phải có sự chuyển hoá nội năng thành ngoại năng*** (động năng và thế năng) của vật trong quá trình chuyển động – điều mà vật lý hiện hành đã không xác lập được.

Bây giờ, nếu chúng ta suy nghĩ thêm một chút về khái niệm “nội năng” của vật, ta sẽ thấy rằng một vật thể chỉ có thể tồn tại dưới một dạng nhất định như là một hệ gồm các phần tử nhỏ bé liên kết với nhau khi giữa tất cả các phần tử đó có sự tương tác với nhau đủ lớn để duy trì, hay nói cách khác đó chính là thể hiện nội năng của vật. Nếu nội năng của vật bị suy giảm do chuyển hoá thành ngoại năng thì đến một lúc nào đó không còn khả năng duy trì nữa, vật sẽ không còn là chính nó nữa mà bị tan rã ra. Trạng thái vật bị phá huỷ hoàn toàn cấu trúc cũng như mọi liên kết giữa các thành phần có trong đó gọi là *trạng thái tới hạn*.

Mặt khác, từ định luật tác động và phản tác động có thể thấy khi vật này tác động lên một vật khác (xét cho cùng là nhờ vào ngoại năng của nó) thì nó cũng chịu một phản tác động lên nó đúng bằng tác động đó (xét cho cùng cũng là nhờ vào nội năng của nó). Từ đây cho thấy, không thể nào tồn tại được một trạng thái mà ngoại năng lại có thể lớn hơn được nội năng mà vật vẫn duy trì được như nó đang có. Hay nói cách khác, ***trạng thái tới hạn của vật chính là trạng thái khi nội năng cân bằng với ngoại năng của nó***. Ta có thể viết:

$$W_{nmT} = W_{ngmT} = \frac{1}{2} W_m \quad (44)$$

Từ (44) suy ra năng lượng toàn phần của vật trong trọng trường bằng:

$$W_m = 2W_{ngmT} \quad (45)$$

Nhưng ngoại năng của vật lớn nhất khi vận tốc giữa nó với Trái đất đạt cực đại cũng tức là khi thế năng của nó đạt cực đại. Song, vì kích thước của vật cũng như của Trái đất là khá lớn nên ngoại năng của vật không đạt được giá trị tới hạn. Tuy nhiên, nếu giả sử có các vật với cùng những khối lượng như vậy, nhưng kích thước của chúng đủ nhỏ để động năng của chúng có thể đạt tới giá trị tới hạn tại vận tốc tương ứng gọi là *vận tốc tới hạn c*:

$$W_{dmT} = \frac{1}{2} mc^2 \quad (46)$$

Vì đây là chuyển động nhanh dần đều – một dạng chuyển động phi quán tính, nên không thể áp dụng thuyết tương đối vào đây được. Khi đó, nếu tính đến điều kiện về một hệ kín, cô lập, thì không những thế năng mà cả động năng ban đầu của vật ở xa vô cùng có thể coi như =0 và do đó, theo (35) ta có:

$$W_{ngmT} = 2W_{dmT} = mc^2 \quad (47)$$

Thay (47) vào (45) ta được:

$$W_m = 2mc^2 \quad (48)$$

Phương trình (48) mới chính là thể hiện năng lượng toàn phần của vật trong trường trọng lực nói riêng và trường lực thế nói chung và chính nó mới là đại lượng được bảo toàn khi xem xét một hệ kín 2 vật.

5. Kết luận.

+ Để đảm bảo tính thống nhất trong cùng một hệ thống logic như vật lý học, các khái niệm cơ bản của nó phải được hiểu một cách nhất quán thì mới tránh được những sai sót không đáng có. Vì lý do này, khái niệm thế năng của vật trọng trọng trường ở các sách giáo khoa phổ thông trung học cũng như các giáo trình vật lý đại cương ở bậc đại học cần phải được điều chỉnh thống nhất với các tài liệu chuyên sâu về vật lý trường.

+ Định luật bảo toàn cơ năng như được biết cho đến nay là không đúng, trái với bản chất của sự vật. Đại lượng được bảo toàn ở đây mới chỉ là hiệu của động năng của vật với hiệu thế năng của nó so với mặt đất.

+ Hoàn toàn không có sự chuyển hoá nào từ thế năng thành động năng hay động năng thành thế năng của vật trong quá trình chuyển động của nó cả, trái lại, cả thế năng lẫn động năng của vật đều cùng tăng lên trong quá trình chuyển động của nó trong trọng trường.

+ Trong quá trình chuyển động của vật trong trọng trường, đại lượng được bảo toàn là năng lượng toàn phần của nó bao gồm nội năng, động năng và thế năng, theo đó có sự chuyển hoá từ nội năng thành ngoại năng (động năng và thế năng) của vật.

Tài liệu tham khảo

1. Lương duyên bình, và các tác giả khác. Vật lý 10. 2007. NXB Giáo dục.
2. Lương duyên bình và các tác giả khác. Vật lý đại cương. 2006. NXB Giáo dục.
3. Tai L. Chow. Classical Mechanics. “John Wiley & Sons, Inc.” New York, 1995
4. N.I. Kariakin, K.N. Burostrov, P.X. Kirêev. Sách tra cứu tóm tắt về vật lý.
5. Е. И. Бутиков А. С. Кондратьев. Физика 1 – Механика. Физматлит. Москва – Санкт – Петербург – 2000.
6. Е. И. Бутиков А. С. Кондратьев. Физика 3 – Строение и свойства вещества. Физматлит. Москва – Санкт – Петербург – 2000.