

MỘT PHÁT HIỆN MỚI VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA TRƯỜNG HẤP DẪN LÊN ĐỒNG HỒ CHỈ THỜI GIAN

Vũ Huy Toàn

Công ty cổ phần CONINCO-MI
4 Tôn Thất Tùng, Hà Nội. Email: yuhuytoan@conincomi.vn

Tóm tắt

Thời gian trong thuyết tương đối rộng (GR) chỉ là một continuum trừu tượng, thuần túy toán học, nhưng bằng cách nào lại thay thế được cho “thời gian vật lý”, là cái do đồng hồ chỉ ra, là vấn đề chưa được giới vật lý quan tâm. Bằng sự phân tích nguyên tắc làm việc về phương diện kỹ thuật của các loại đồng hồ khác nhau và đối chiếu với hiệu ứng “thời gian chậm lại” mà GR tiên đoán, tác giả đã phát hiện ra sự trái ngược nhau do ảnh hưởng của hấp dẫn lên hai nhóm đồng hồ khác nhau, dẫn đến một kết luận có tính nguyên tắc về sự thống nhất giữa tương tác hấp dẫn với ba tương tác còn lại – là đề tài còn bỏ ngỏ của vật lý học hiện đại.

Từ khóa: Dịch chuyển đỏ hấp dẫn, đồng hồ nguyên tử, thời gian chậm lại.

I. Đặt vấn đề

Tiên đoán của thuyết tương đối rộng (GR) về việc “thời gian chậm lại” ở gần các nguồn hấp dẫn mạnh [1] được cho rằng đã được thực nghiệm xác nhận từ năm 1960 nhờ các đồng hồ chính xác [2]. Và kể từ đó đến nay, các thí nghiệm cũng đã được lặp đi, lặp lại nhờ các đồng hồ nguyên tử để tăng độ chính xác, cũng như độ tin cậy [3-7]. Nhưng xét về bản chất vật lý, vẫn có một “khoảng trống” bất bình thường đó là bất luận thế nào đi chăng nữa, đồng hồ nguyên tử cũng chỉ là một dạng đồng hồ để đo thời gian; nó có nguyên tắc hoạt động riêng của nó mà không thể đại diện cho tất cả các loại đồng hồ được. Bởi xét cho cùng, đồng hồ cũng chỉ là một phương tiện kỹ thuật không hơn, không kém; chúng vận hành theo những nguyên tắc của riêng mình. Tất cả những nguyên tắc đó đều hướng tới cùng một mục đích là tạo ra một quá trình dao động tuần hoàn nào đó có những “khoảng” cố định (hay còn gọi là “chu kỳ”) đóng vai trò làm “mẫu đo thời gian”. Trong đo lường học, người ta coi đồng hồ đơn giản chỉ là một trong các dạng là “dụng cụ đo mẫu”, mà đồng hồ nguyên tử là “dụng cụ đo mẫu” để sao lại “đơn vị thời gian”, vì vậy còn gọi là “chuẩn đơn vị thời gian” [8].

Trong khi đó, thời gian mà thuyết tương đối đề cập tới lại là một dạng continuum toán học thuần túy không hề liên quan tới các nguyên tắc làm việc của các đồng hồ (hoàn toàn mang tính vật chất) này; nó chỉ đóng vai trò là mô hình cho thời gian (với tư cách là một đại lượng vật lý) – là cái do đồng hồ chỉ ra, tạm gọi là “thời gian vật lý” [9]. Chỉ tiếc là kể từ khi R. Pound thực hiện thí nghiệm đo đạc đầu tiên cho tới nay, mặc dù được nhiều tác giả phân tích, “mổ xẻ” khá kỹ lưỡng [10-15], nhưng chưa thấy có ai đề cập tới vấn đề này? Vì vậy, để có được một cái nhìn tổng quát hơn về hiệu ứng nhanh, chậm của “continuum thời gian”, chỉ với tư cách là mô hình toán mà GR tiên đoán, tác giả sẽ xem xét cụ thể đối với các loại đồng hồ khác nhau dựa trên nguyên tắc làm việc của chúng, qua đó mới khẳng định được sự phù hợp của mô hình lý thuyết (continuum thời gian) với mọi đối tượng vật chất thực tế (thời gian vật lý), mà nếu có xuất hiện sự sai lệch với mô hình, dù chỉ là nhỏ, thì cũng là động lực để hoàn thiện thêm lý thuyết. Đó cũng chính là mục đích của bài báo này.

II. Phân loại các đồng hồ

Vì trong thực nghiệm này, đối tượng cần được kiểm tra chính là sự ảnh hưởng của trường hấp dẫn lên nhịp chạy (chu kỳ) của đồng hồ – là một dạng phương tiện kỹ thuật dùng để đo thời gian, nên quá trình khảo sát các đồng hồ sẽ được thực hiện dựa vào việc phân loại chúng theo tiêu chí “ảnh hưởng của hấp dẫn” tới nguyên tắc (kỹ thuật) làm việc của chúng, chứ không đi theo cách phân loại kinh điển theo tên gọi (đồng hồ nước, đồng hồ cơ khí, điện v.v..) thông thường. Như vậy, theo tiêu chí này, tất cả các đồng hồ được sử dụng cho đến nay đều có thể được chia ra thành hai nhóm:

1- Nhóm các đồng hồ làm việc theo nguyên tắc tận dụng tương tác hấp dẫn để điều chỉnh nhịp chạy (chu kỳ). Ta có các đồng hồ nước, đồng hồ cát, đồng hồ quả lắc và đồng hồ thiên văn (sử dụng chu kỳ quay của Trái đất, các thiên thể...).

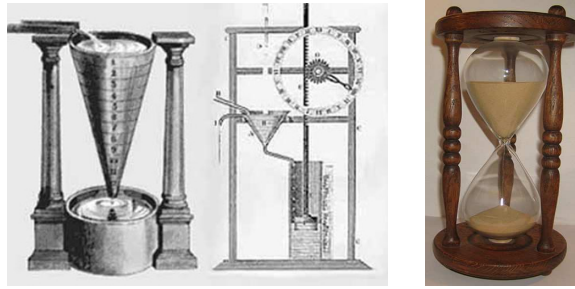
2- Nhóm các đồng hồ làm việc theo nguyên tắc không tận dụng tương tác hấp dẫn để điều chỉnh nhịp chạy. Đó là các đồng hồ cơ khí dùng sợi tóc (lò xo xoắn), đồng hồ điện (dùng thạch anh), đồng hồ nguyên tử. Các loại đồng hồ này về thực chất đều sử dụng tương tác điện từ trong vật liệu để điều khiển nhịp chạy. Về nguyên tắc, có thể liệt kê cả đồng hồ hạt nhân sử dụng tính chất phóng xạ có chu kỳ bán rã xác định tận dụng các lực hạt nhân của những nguyên tố hay hợp chất phóng xạ.

Từ cách phân loại này ta có nhận xét rằng cho đến nay tất cả các thí nghiệm kiểm tra hệ quả của GR đều chỉ sử dụng đồng hồ điện tử và đồng hồ nguyên tử – là những đồng hồ không sử dụng tương tác hấp dẫn để điều chỉnh nhịp chạy. Nhưng như thế chẳng lẽ không phải là kỳ quặc lắm sao? Chúng ta đều biết có 4 tương tác cơ bản: hấp dẫn, điện từ, mạnh và yếu; giữa chúng không có sự chuyển đổi qua lại lẫn nhau, đặc biệt là hấp dẫn với ba tương tác còn lại. Vậy điều gì đã khiến hấp dẫn lại can thiệp được vào nhịp chạy của các đồng hồ này? Đó cũng là một câu hỏi lớn cho GR nói riêng và cho cả vật lý hiện đại nói chung mà chúng ta sẽ đề cập tới ở phần cuối bài báo này. Song, cũng chính vì không có sự ảnh hưởng của hấp dẫn tới nguyên tắc làm việc của các đồng hồ thuộc nhóm 2 và hơn thế nữa, đối với đồng hồ nguyên tử lại cũng đã có quá nhiều bàn luận về các kết quả thí nghiệm rồi nên tác giả sẽ không đi vào chi tiết nữa, mà sẽ chỉ xem xét các khía cạnh liên quan trực tiếp tới nguyên tắc chuyển hoá năng lượng trong các đồng hồ này mà chưa được đề cập đến thôi. Việc phân tích do vậy sẽ tập trung vào các đồng hồ thuộc nhóm 1, cũng là đề tài bị bỏ quên hoàn toàn khi đặt vấn đề thí nghiệm kiểm tra hệ quả của GR.

III. Đo thời gian bằng các đồng hồ nhóm 1

1. Đồng hồ nước và đồng hồ cát

Đồng hồ nước (hoặc cát) – là các cơ cấu để nước (hoặc cát) có thể dựa vào tự trọng của mình (do lực hấp dẫn) mà chảy dần dần từ bình trên xuống bình dưới như được mô tả trên Hình 1. Như thế có thể thấy ngay rằng lực hấp dẫn càng mạnh, tốc độ chảy của nước (hoặc cát) càng lớn do đó, đơn vị thời gian do các đồng hồ này thể hiện sẽ phải càng nhỏ, tức là “thời gian nhanh lên” chứ không phải chậm lại, trái ngược với tiên đoán của GR. Tất nhiên, có thể do độ nhạy thấp nên trong phạm vi phòng thí nghiệm sẽ khó có thể phát hiện được, nhưng điều đó không còn quan trọng nữa, vì một khi đã sai về chất thì khỏi cần bàn về lượng.



a) Đồng hồ nước

b) Đồng hồ cát

Hình 1. Đồng hồ nước và đồng hồ cát

2. Đồng hồ quả lắc

Đối với đồng hồ quả lắc (xem Hình 2), dao động của quả lắc trong đồng hồ này đóng vai trò giữ “xung nhịp”. Chu kỳ dao động T_r của quả lắc phụ thuộc vào cường độ trường hấp dẫn g (hay còn gọi là gia tốc trọng trường tại khoảng cách r tới tâm Trái đất) được tính theo [17]:

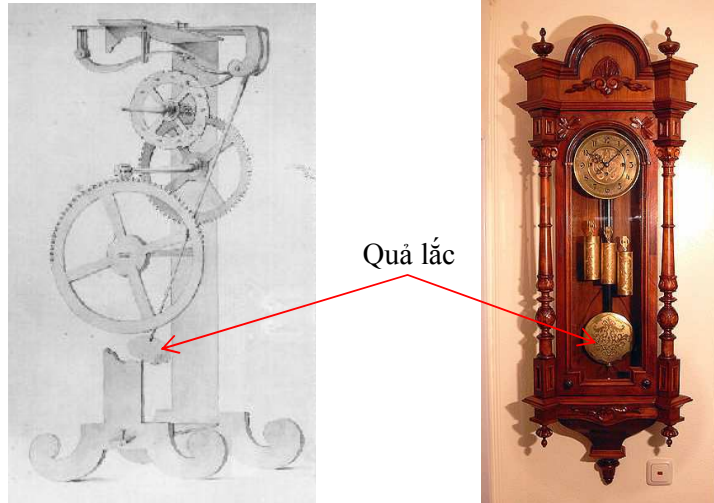
$$T_r = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

ở đây l – là chiều dài của quả lắc. Nếu ký hiệu $g_0 \approx 9,81\text{m/s}^2$ – là cường độ hấp dẫn tại mực nước biển ứng với bán kính $R_d \approx 6,4 \times 10^6\text{m}$ và không tính đến sự tự quay của Trái đất, cường độ hấp dẫn này sẽ thay đổi phụ thuộc vào độ cao $h = r - R_d$ theo công thức:

$$g = g_0 \left(\frac{R_d}{R_d + h} \right)^2 \quad (2)$$

Mặt khác, có thể biểu diễn tần số dao động f_r của con lắc qua chu kỳ của nó:

$$f_r = \frac{1}{T_r} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (3)$$



a) Phương án thiết kế của Galileo

b) Dáng vẻ ngoài của đồng hồ hiện đại

Hình 2. Đồng hồ quả lắc

Từ đây cho thấy càng vào gần trường hấp dẫn ($h \rightarrow 0$), g càng lớn, dẫn đến tần số càng lớn và chu kỳ dao động của con lắc càng ngắn lại, có nghĩa là “thời gian” càng nhanh lên hết như đối với đồng hồ nước và đồng hồ cát, chứ không hề chậm lại như tiên đoán của GR. Đó mới là về mặt định tính. Về định lượng, sự thay đổi thời gian này còn lớn hơn nhiều. Sự thay đổi tần số tuyệt đối Δf và tương đối δf theo độ cao h có thể tính được theo công thức suy ra từ (2) và (3):

$$\Delta f = f_r - f_R = f_0 \left(-\frac{h}{R_d + h} \right) < 0. \quad (4)$$

$$\delta f = \frac{\Delta f}{f_r} = -\frac{h}{R_d + h} \approx -\frac{h}{R_d} < 0. \quad (5)$$

Ví dụ ở độ cao $h = 22\text{m}$ như trong thí nghiệm của Pound [2], ta có $\delta f \approx -3,44 \times 10^{-6}$. Trong khi đó, theo tiên đoán của GR [1] chỉ là $g_0 h / c^2 \approx 2,4 \times 10^{-15} > 0$, tức là không những đã trái ngược mà về giá trị tuyệt đối của nó còn lớn hơn cỡ 10^9 lần!

3. Đồng hồ thiên văn

Còn một loại đồng hồ nữa là đồng hồ thiên văn dựa vào chu kỳ quay của Trái đất xung quanh Mặt trời, tuy cũng dựa trên cùng một nguyên tắc là sử dụng trường hấp dẫn, nhưng do không thể dùng vào thực nghiệm đang nói tới ở đây với nghĩa là thay đổi được trường hấp dẫn của Mặt trời tác động lên nó nên lẽ ra ta sẽ không bàn tới. Tuy nhiên, nếu xét một cách chặt chẽ, chính loại “đồng hồ” kiểu này cũng là minh chứng một cách rõ ràng nhất về sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên sự nhanh chậm của thời gian. Thực vậy, từ cơ học cổ điển chúng ta biết rằng chu kỳ quay T_R (cũng có nghĩa là tần số $f_R = 1/T_R$) của các vật thể trong trường xuyên tâm (kiểu như hệ Mặt trời) gần như không phụ thuộc vào khối lượng của các vật thể đó, mà chủ yếu do trường hấp dẫn của vật trung tâm (ở đây là Mặt trời) quyết định [18]:

$$T_R = \frac{2\pi}{\sqrt{\gamma M}} R^{\frac{3}{2}}, \quad (5)$$

trong đó γ – là hằng số hấp dẫn; M – là khối lượng của vật trung tâm (Mặt trời); R – là khoảng cách tới vật trung tâm (ở đây là tới Mặt trời). Từ đây, có thể tính được sự thay đổi tần số tuyệt đối Δf và tương đối δf , khi rời xa khỏi vật trung tâm đến khoảng cách $r = R + h$:

$$\Delta f = f_r - f_R = \frac{\sqrt{\gamma M}}{2\pi} \left[(R+h)^{\frac{3}{2}} - R^{\frac{3}{2}} \right] < 0. \quad (6)$$

$$\delta f = \frac{\Delta f}{f_r} = \left(\frac{R}{R+h} \right)^{\frac{3}{2}} - 1 < 0. \quad (7)$$

Điều đó có nghĩa là cường độ trường hấp dẫn của Mặt trời trực tiếp ảnh hưởng tới chu kỳ quay của các hành tinh: càng ở gần Mặt trời, các hành tinh càng chuyển động nhanh lên (kể cả Trái đất nếu có cách gì dịch chuyển được nó!). Chính vì vậy, nếu ta định nghĩa “năm” là chu kỳ quay quanh Mặt trời của một vật thể (không quan trọng khối lượng là bao nhiêu) thì điều chắc chắn là càng vào gần Mặt trời, 1 “năm” sẽ càng ngắn lại như được thể hiện trong bảng dưới đây [19]. Theo các “đồng hồ hành tinh” này, ta có thể nói: “thời gian chạy nhanh” lên – đó là kết luận hết như đối với các đồng hồ nước và đồng hồ quả lắc đã đề cập tới ở trên.

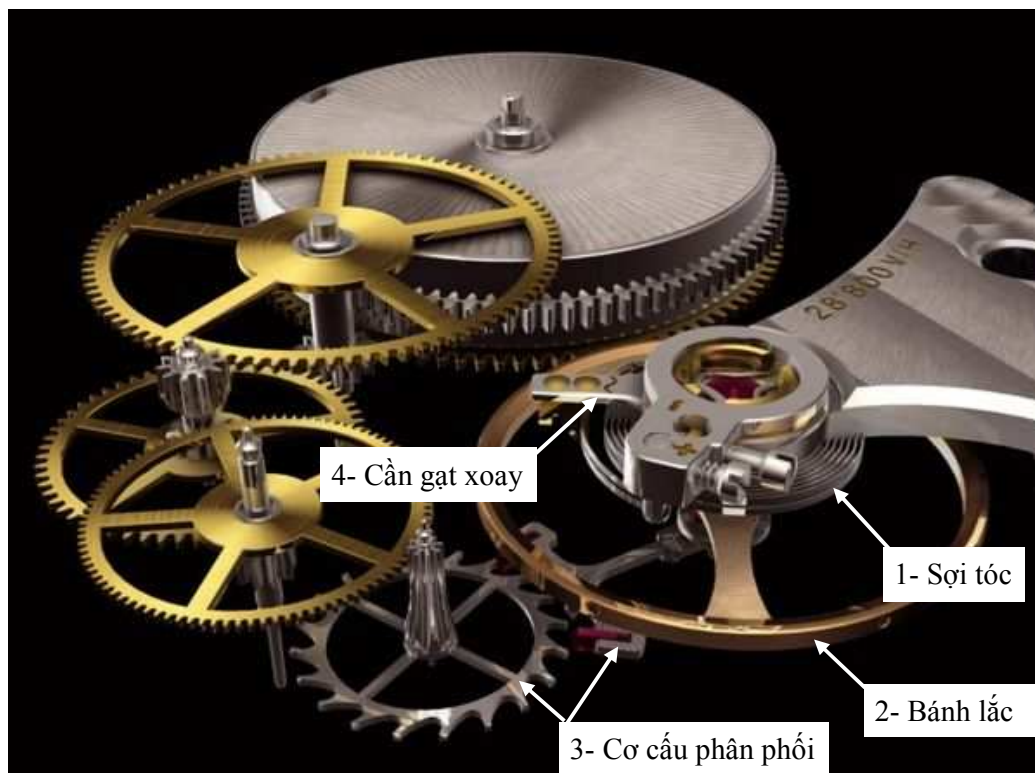
Tên hành tinh	Sao Hoả	Trái đất	Sao Kim	Sao Thủy
Khoảng cách tới Mặt trời (triệu km)	227,8	149,6	108,2	57,9
Chu kỳ (ngày Trái đất)	686,98	365,26	224,7	87,97

Mặt khác, nếu so sánh (7) với (4) ta có thể thấy sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên chu kỳ đối với hai loại đồng hồ này không như nhau. Để tiện đối chiếu với trường hợp đồng hồ quả lắc, ta giả sử rằng trong trường hợp này cũng chọn Trái đất làm vật trung tâm và một vệ tinh, giả sử cũng có quỹ đạo ở bán kính $R = 6,4 \times 10^6 \text{m}$, khi đó, với cùng độ dịch chuyển như trường hợp trước $h = 22\text{m}$, ta có $\delta f \approx -5,16 \times 10^{-6}$, tức lớn hơn độ dịch chuyển thời gian của đồng hồ quả lắc ở trên khoảng 1,5 lần. Nếu so sánh với đồng hồ nước hoặc đồng hồ cát, độ dịch chuyển thời gian này chắc chắn cũng sẽ không như nhau, vì khi đó sẽ còn xuất hiện thêm độ nhớt hoặc lực ma sát.

IV. Đo thời gian bằng các đồng hồ nhóm 2

1. Đồng hồ cơ khí dùng sợi tóc (hairspring)

Ta sẽ không đi sâu vào nguyên lý chuyển động cơ khí của đồng hồ mà chỉ dừng lại ở bộ phận điều chỉnh xung nhịp nhờ cơ cấu giữ vai trò trung tâm, quyết định tới độ ổn định cũng như chu kỳ của xung nhịp được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Đồng hồ cơ khí dùng sợi tóc

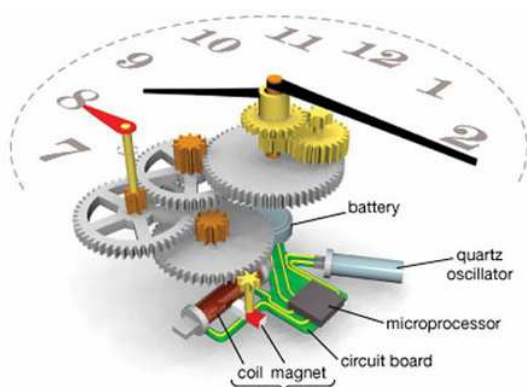
Cơ cấu này gồm: sợi tóc (hairspring) 1; bánh lắc (balance wheel) 2; cơ cấu phân phối (escapement) 3 và cần gạt xoay 4. Ở đây, sợi tóc 1 chỉ là một lò xo xoắn (spiral) có lực đàn hồi nhất định có thể điều chỉnh được nhờ thay đổi chiều dài bởi cần gạt xoay 4. Chính lực đàn hồi này cùng với khối lượng của bánh lắc tạo ra cơ chế dao động có chu kỳ ổn định cho đồng hồ.

Nhưng lực đàn hồi của vật liệu lại do lực tương tác giữa các phân tử và nguyên tử trong vật liệu gây nên và khối lượng của bánh lắc là đại lượng không đổi chỉ phụ thuộc vào bánh lắc, tức là tất cả chúng đều có nguồn gốc hoàn toàn ở bên trong vật liệu, không liên quan tới lực hấp dẫn tác động từ bên ngoài.

Trong trường hấp dẫn mạnh, trọng lượng của bánh lắc tăng lên, nhưng điều này chỉ ảnh hưởng tới ma sát tại các ổ trục chứ không làm thay đổi chu kỳ lắc của nó vốn chỉ chịu ảnh hưởng của khối lượng bánh lắc thôi. Như thế có thể thấy rõ dù trường hấp dẫn có mạnh đến mấy đi chăng nữa thì đã ảnh hưởng gì đến nhịp chạy của đồng hồ? Câu hỏi này tạm thời để ngỏ vì dấu sao thực nghiệm trên đồng hồ này cũng không thể thực hiện được do độ chính xác của nó không đủ để có thể phát hiện được hiệu ứng thời gian chậm lại quá nhỏ mà GR tiên đoán.

2. Đồng hồ thạch anh

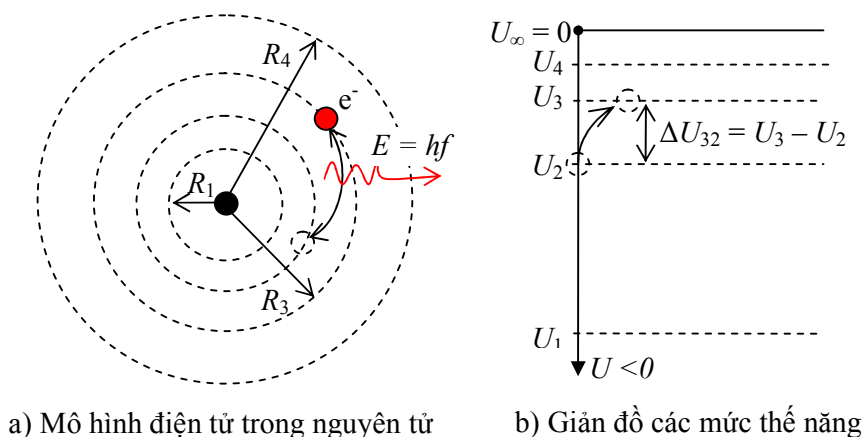
Đồng hồ thạch anh là một dạng đồng hồ cơ-điện tử chạy bằng pin và sự chuyển động tuần hoàn của các bánh răng cơ khí được điều khiển bởi một mạch điện tử giữ xung nhịp nhờ tinh thể thạch anh theo nguyên tắc sử dụng dao động điện từ (xem Hình 4), tức là lực điện từ bên trong vật liệu cấu tạo nên đồng hồ. Theo nguyên tắc này, lực hấp dẫn cũng không có chỗ nào can thiệp được để dẫn đến sự thay đổi xung nhịp điện từ. Vậy nhịp thời gian do đồng hồ này chỉ ra sẽ phụ thuộc vào hấp dẫn bằng cách nào mà sao thực nghiệm đối với nó vẫn chỉ ra rằng nó thực sự chạy chậm lại phù hợp với tiên đoán của GR [2]? Câu hỏi này vẫn phải bỏ ngỏ vì cũng vẫn không thể tìm ra một cơ chế vật lý nào liên quan giữa hấp dẫn với chu kỳ xung nhịp do bộ dao động thạch anh xác lập nên!



Hình 4. Đồng hồ thạch anh

3. Đồng hồ nguyên tử

Đồng hồ nguyên tử cũng là một dạng đồng hồ điện tử, chỉ khác là nó sử dụng bức xạ phát ra từ nguyên tử tương ứng với sự chuyển dời giữa hai mức năng lượng của nguyên tử đó, về thực chất vẫn là các bức xạ điện từ với tần số (cũng tức là chu kỳ) được khống chế bởi hiệu năng lượng điện từ giữa hai mức như được chỉ ra trên Hình 5 [17]. Vì nguyên tử cesium 133 ở trạng thái cơ bản có khả năng phát ra bức xạ có độ ổn định rất cao nên được dùng để chế tạo đồng hồ mẫu gọi là “chuẩn đơn vị thời gian” – trong hệ SI là giây (ký hiệu là “s”): “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” [20].



a) Mô hình điện tử trong nguyên tử b) Biểu đồ các mức thế năng

Hình 5. Sự thay đổi quỹ đạo điện tử và thế năng tương ứng

Với đồng hồ chính xác rất cao này, người ta đã xác nhận hiệu ứng tiên đoán bởi GR. Có nghĩa là lại thêm một trường hợp nữa khẳng định sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên nhịp chạy của đồng hồ bằng thực nghiệm theo hướng ngược với các đồng hồ thuộc nhóm 1, nhưng xét về cơ chế vật lý đã được biết đến thì hoàn toàn không thấy có một mối liên hệ nào giữa lực hấp dẫn với các mức năng lượng được nói tới ở đây cả? Câu hỏi này một lần nữa lại phải bỏ ngõ.

4. Đồng hồ hạt nhân

Hiện tượng phóng xạ tự nhiên của một số các nguyên tố cũng như hợp chất hoá học được biết đến như là sự phát ra các tia α , β và γ từ việc phân rã hạt nhân tự phát [17]. Số lượng các hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian t được xác định theo công thức:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

ở đây N_0 – là số lượng hạt nhân lúc khởi đầu; λ – là hằng số phân rã phụ thuộc vào các nguyên tố phóng xạ khác nhau. Khoảng thời gian T để một nửa số nguyên tử của vật liệu phóng xạ bị phân rã gọi là chu kỳ bán rã được xác định theo công thức:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}. \quad (9)$$

Người ta lợi dụng sự suy giảm số lượng hạt nhân phóng xạ để đo khoảng thời gian. Từ (8) và (9), có thể rút ra được:

$$t = \frac{\ln 2}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N} \approx 1,44T \ln \frac{N_0}{N}. \quad (10)$$

Do đó, có thể coi các nguyên tố phóng xạ là những đồng hồ tự nhiên rất tiện lợi. Tuy nhiên, do độ chính xác không cao nên các đồng hồ hạt nhân này cũng không được sử dụng trong thực nghiệm kiểm tra hiệu ứng của GR. Nhưng điều quan trọng nhất ở đây là sự phân rã hạt nhân là kết quả của lực hạt nhân yếu bên trong nguyên tử, không liên quan gì đến lực hấp dẫn (ở bên ngoài nguyên tử) cả? Và vì vậy, cũng giống như đối với đồng hồ cơ khí dùng sợi tóc, câu hỏi này đành phải tạm thời bỏ ngõ.

V. Những nhận xét và đề xuất

1. Những nhận xét

Từ việc điếm qua nguyên tắc làm việc của hai nhóm đồng hồ ta có thể thấy rất rõ:

a) Sự ảnh hưởng của hấp dẫn lên thời gian do các đồng hồ của hai nhóm chỉ ra hoàn toàn trái ngược nhau: Nhóm đồng hồ dựa trên nguyên tắc sử dụng lực hấp dẫn chạy nhanh lên khi hấp dẫn tăng, trái ngược với tiên đoán của GR, trong khi nhóm đồng hồ hoàn toàn không dựa trên nguyên tắc sử dụng lực hấp dẫn đó mà là các lực điện từ và hạt nhân thì lại chạy chậm lại, phù hợp với tiên đoán của GR (khoan hãy bàn cụ thể về định lượng).

Với các đồng hồ thuộc nhóm 1, do sử dụng trực tiếp lực hấp dẫn để tạo dao động nên chu kỳ dao động hoàn toàn phụ thuộc vào hấp dẫn là điều có thể hiểu được: hấp dẫn tăng, thời gian nhanh lên và ngược lại hấp dẫn giảm, thời gian chậm lại; khi hấp dẫn nhỏ dần tới 0, thời gian cũng chậm dần tới khi... dừng hẳn – không có lực hấp dẫn, đồng hồ không chạy được.

Với các đồng hồ thuộc nhóm 2, tình trạng xảy ra là không thể giải thích được bằng những hiểu biết hiện thời của vật lý hiện đại.

b) Mức độ ảnh hưởng của hấp dẫn lên sự nhanh chậm của các đồng hồ không như nhau, ít ra cũng là đối với các đồng hồ thuộc nhóm 1, còn đối với các đồng hồ thuộc nhóm 2 chưa thấy đề cập tới; rất có thể cũng xảy ra điều tương tự như đối với các đồng hồ thuộc nhóm 1. Đây cũng là điều mà GR không dự đoán được.

c) Điểm mấu chốt cơ bản phân biệt giữa hai nhóm đồng hồ không chỉ dừng ở việc sử dụng hay không sử dụng lực hấp dẫn, mà sâu sắc hơn là nguồn gốc năng lượng để tạo nên dao động hay xung nhịp, cụ thể là đối với các đồng hồ thuộc nhóm 1 là ngoại năng (động năng và thế năng hấp dẫn) còn đối với các đồng hồ của nhóm 2 là nội năng (năng lượng điện từ và năng lượng hạt nhân của nguyên tử cấu tạo nên đồng hồ). Trong khuôn khổ của vật lý hiện đại, chưa có một lý thuyết nào mô tả sự chuyển hoá tương minh giữa nội năng (năng lượng điện từ và hạt nhân) với ngoại năng (ít ra cũng là năng lượng hấp dẫn) nào cả. Thuyết tương đối hẹp (SR) tuy đã đưa ra được khái niệm nội năng với công thức $E = mc^2$ nổi tiếng nhưng lại đặt nó trong tình trạng “xơ cứng” không có sự chuyển hoá nào: hoàn toàn không thay đổi trong quá trình chuyển động.

Vật lý đến nay được biết đến 4 loại tương tác được cho là cơ bản: Hấp dẫn, điện từ, mạnh và yếu và tương ứng với chúng phải có 4 dạng năng lượng và hơn thế nữa, các dạng năng lượng này được coi là không có sự chuyển hoá sang nhau. Sự thống nhất giữa hấp dẫn với ba tương tác còn lại vẫn còn bỏ ngõ phải chăng cũng vì lý do này?

d) Thời gian vật lý là cái mà đồng hồ chỉ ra khác với thời gian là continuum toán học do GR đề xuất với tư cách là mô hình cho thời gian vật lý đó. Trong khi mỗi đồng hồ có thể chỉ ra một “thời gian của riêng” nó (có thể phải tính đến cả đồng hồ sinh học) thì thời gian của GR (hay của SR cũng vậy) lại chỉ có một giá trị duy nhất; nó không thể đại diện được cho tất cả các quá trình vật lý xảy ra trong vũ trụ được. Việc con người nghĩ rằng có tồn tại cái gọi là “thời gian chung” cho cả vũ trụ này chỉ là phản ánh trạng thái tâm sinh lý có căn nguyên từ chính cuộc sống của mình: Từ lúc mới sinh ra tới khi lớn lên, con người đã quen với chu kỳ ngày đêm (thực chất chỉ là do Trái đất tự quay quanh mình nó), chu kỳ thay đổi mùa Xuân, Hạ, Thu, Đông (thực chất

là do Trái đất quay xung quanh Mặt trời). Và loài người và thế giới sinh vật hoàn toàn phụ thuộc vào các chu kỳ này để tồn tại. Chính vì vậy, khi thuyết tương đối ra đời với khái niệm thời gian không phải là tuyệt đối mà phụ thuộc vào hệ quy chiếu (HQC) và hấp dẫn đã khiến cho giới khoa học phải mất một thời gian dài mới làm quen được. Tuy nhiên, vì chỉ là một nhà vật lý, Einstein đã chỉ dừng lại ở việc gắn thời gian với chuyển động (trong SR) hoặc với hấp dẫn (trong GR) mà quên mất rằng cả chuyển động của HQC (với mục đích quan sát, nghiên cứu đánh giá các quy luật chuyển động của thế giới tự nhiên) lẫn trường hấp dẫn cũng chỉ là số ít trong những tác nhân làm thay đổi cái gọi là “thời gian” mà thôi. Mỗi một sự vật, một hiện tượng có một “thời gian riêng” của mình cho dù trong cùng một HQC, cùng một trường hấp dẫn, những “thời gian riêng” này vẫn còn phụ thuộc vào nhiệt độ, độ ẩm, áp suất v.v.. và vô vàn các yếu tố khác nữa, bởi xét cho cùng, “thời gian” cũng chỉ là “độ đo sự vận động” giống như “độ dài” (của thước mét chẳng hạn) chỉ là “độ đo không gian” (chiều dài, rộng, cao). Vấn đề là ở chỗ để mọi người có thể chung sống với nhau trên cùng một hành tinh-Trái đất này, trong đó có nhu cầu đối chiếu được các kết quả nghiên cứu của các nhà vật lý khác nhau trên mọi vị trí địa lý, cũng như thời điểm khác nhau, cần phải có một “chuẩn thời gian” chung cho tất cả, cũng tức là một chiếc đồng hồ chung cho tất cả. Trong một thế giới tồn tại phụ thuộc lẫn nhau, đó là điều bắt buộc. Nhưng cái được gọi là “chuẩn thời gian” đó chỉ là do con người quy ước không hơn, không kém nên không thể vì thế mà làm biến mất được các “thời gian riêng”, giống hệt như trọng hệ SI người ta quy ước “mét” là đơn vị độ dài, nhưng khi đó “foot”, “inch” “dặm”... vẫn tồn tại song song mà? Chỉ cần phải nhớ là $1\text{m} \neq 1\text{foot} \neq 1\text{inch} \neq 1\text{dặm} \dots$ – chúng cũng là đơn vị độ dài “riêng” được giữ bởi các chuẩn đơn vị tương ứng của một số quốc gia thôi. Và khi đó, một khi có các yếu tố ảnh hưởng tác động lên các chuẩn đơn vị đó sẽ làm chúng thay đổi: Dài ra hoặc ngắn lại, nhưng không vì thế mà nói rằng không gian nói chung bị dãn nở hay co ngót.

Tóm lại, thực nghiệm đo thời gian trong trường hấp dẫn cần phải được xem xét lại một cách nghiêm túc, và qua đó cũng nói lên sự hạn chế của thuyết tương đối rộng – nó chỉ là một hình thức luận toán học chưa đủ “rộng” để bao quát hiện tượng hấp dẫn trong một thế giới vật chất thống nhất.

2. Đề xuất

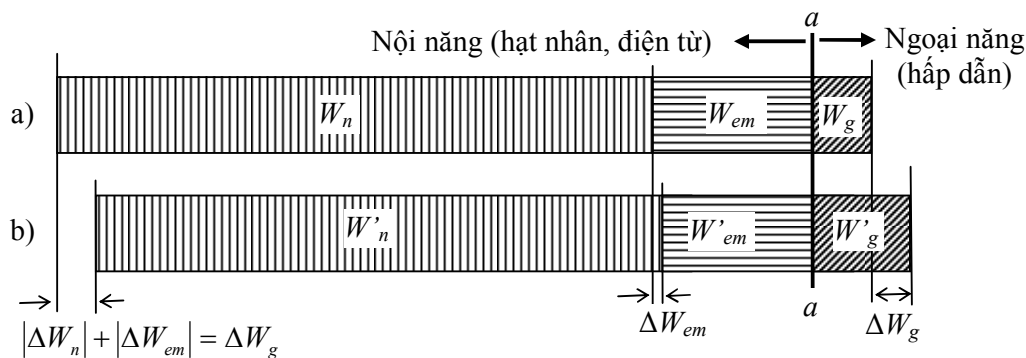
Xuất phát từ những nhận định ở trên, tác giả đề xuất một ý tưởng để giải quyết một cách trọn vẹn những khúc mắc đó. Ý tưởng này chỉ gói gọn trong một câu: *Hãy xem năng lượng toàn phần của một thực thể vật lý gồm hai thành phần có quan hệ qua lại mật thiết với nhau đó là nội năng và ngoại năng; trong một hệ kín, năng lượng toàn phần này mới là đại lượng được bảo toàn* (chứ không phải là cơ năng gồm động năng và thế năng).

Thứ nhất, đối với tất cả các câu hỏi đang được bỏ ngỏ, hoàn toàn có thể tìm được câu trả lời thích đáng nhờ ý tưởng đó. Cụ thể là, bất kể một vật thể nào (trong đó bao gồm cả những đồng hồ mà ta đang nói tới trong bài báo này) khi rơi vào trường hấp dẫn, ngoại năng (gồm thế năng và động năng trong trường hấp dẫn) tăng lên bao nhiêu thì nội năng của chúng (năng lượng điện từ và năng lượng hạt nhân) sẽ giảm đi bấy nhiêu. Mà năng lượng lại là đại lượng liên quan trực tiếp tới thời gian (định luật bảo toàn năng lượng cũng xuất phát từ tính đồng nhất của thời gian) [21], nên kết quả là nếu nội năng giảm đi thì tương đương với thời gian phải chậm lại và trong khi đó, ngoại năng tăng lên thì tương đương với thời gian phải nhanh lên – đó chính là tất

cả những gì mà ta đã thấy trong các phân tích đối với hai nhóm đồng hồ ở trên. Cả hai loại đồng hồ đều chỉ đúng “thời gian của mình” khi được đặt trong trường hấp dẫn, mặc dù xu hướng tăng và giảm hoàn toàn ngược nhau; về thực chất đó chỉ là hai mặt (nội năng và ngoại năng) của cùng một vấn đề (năng lượng toàn phần).

Những đồng hồ nhóm 1 thể hiện ngoại năng của chúng (trong trường hấp dẫn) nên thời gian mà chúng chỉ ra nhanh lên khi chúng tiến sát tới bề mặt thiên thể (Trái đất chẳng hạn), trái lại những đồng hồ nhóm 2 lại thể hiện nội năng của chúng nên thời gian mà chúng chỉ ra chậm lại trong cùng một hoàn cảnh đó. Tuy nhiên, cũng chính vì sử dụng ngoại năng (hấp dẫn) nên độ nhạy với ảnh hưởng của hấp dẫn rất lớn vì hầu như đã sử dụng toàn bộ sự biến thiên ngoại năng hấp dẫn (thế năng đối với đồng hồ nước hoặc cát, cả động năng lẫn thế năng đối với đồng hồ quả lắc và đồng hồ thiên văn).

Trong khi đó vì các đồng hồ nhóm 2 sử dụng nội năng nên mức độ ảnh hưởng của hấp dẫn nhỏ hơn nhiều (chỉ cỡ 10^{-9}) so với các đồng hồ nhóm 1. Lý do thật đơn giản: vì nội năng bao gồm cả năng lượng điện từ lẫn năng lượng hạt nhân (mạnh và yếu), trong khi những bức xạ được sử dụng chỉ là một phần năng lượng rất nhỏ bé trong sự biến thiên nội năng như được chỉ ra ở sơ đồ phân bố năng lượng toàn phần của đồng hồ trên Hình 6. Ở đây, khi bỏ qua ảnh hưởng của nhiệt độ và điện từ trường ngoài, năng lượng toàn phần của đồng hồ W_{Σ} được thể hiện bởi hình chữ nhật lớn nhất bao gồm ba hình chữ nhật dài ngắn khác nhau trong đó, hình có gạch thẳng đứng biểu thị nội năng hạt nhân W_n (mạnh, yếu), hình có gạch ngang – nội năng điện từ W_{em} còn hình có gạch chéo – ngoại năng (thế năng và động năng) hấp dẫn W_g . Lưu ý khái niệm “đồng hồ” ở đây chỉ bao hàm phần vật liệu liên quan tới tạo xung nhịp của đồng hồ, ví dụ như quả lắc, nước, cát, sợi tóc v.v.. Trên Hình 6a, thể hiện phân bố năng lượng của đồng hồ ở độ cao h so với bề mặt nguồn hấp dẫn (ví dụ là Trái đất), còn trên Hình 6b – thể hiện phân bố năng lượng của đồng hồ ở trên bề mặt nguồn hấp dẫn; đường aa' – là đường tượng trưng phân cách ranh giới giữa nội năng và ngoại năng trong cả hai trường hợp nói trên.



Hình 6. Sơ đồ phân bố năng lượng toàn phần của đồng hồ

Do đó, khi đồng hồ ở độ cao h , ta có:

$$W_{\Sigma} = W_n + W_{em} + W_g = \text{const.} \quad (11)$$

Còn khi hạ xuống bề mặt nguồn hấp dẫn, từ sơ đồ Hình 6b cho thấy thế năng hấp dẫn của đồng hồ tăng lên một lượng bằng ΔW_g đúng bằng độ giảm nội năng $\Delta W_n + \Delta W_{em}$, ta có thể viết:

$$\Delta W_{\Sigma} = |\Delta W_n| + |\Delta W_{em}| = \Delta W_g \quad (12)$$

ở đây: $\Delta W_n = W'_n - W_n < 0,$ (13)

$$\Delta W_{em} = W'_{em} - W_{em} < 0 \quad (14)$$

$$\Delta W_g = W'_g - W_g > 0.$$

Lưu ý: $\Delta W_n \gg \Delta W_{em}$, tức là $|\Delta W_{em}| \ll \Delta W_g$. Chính vì thế mà phần năng lượng điện từ ΔW_{em} để gây nên sự nhanh chậm của các đồng hồ nhóm 2 không đáng là bao nhiêu so với các đồng hồ của nhóm 1, khi hầu như toàn bộ ΔW_g gây nên sự nhanh chậm của chúng như đã thấy ở trên.

Thứ hai, vì chấp nhận có sự chuyển hoá qua lại giữa nội năng (năng lượng điện từ và năng lượng hạt nhân) và ngoại năng (thế năng và động năng trong trường hấp dẫn) của cùng một thực thể vật lý như thế, nên điều gợi ý tiếp theo tất yếu phải là có sự chuyển hoá qua lại giữa năng lượng hấp dẫn và 3 dạng năng lượng còn lại. Vấn đề chỉ còn là chuyển hoá bằng cách nào?

Ta biết rằng năng lượng là khả năng tương tác (có thể dẫn đến sinh công cơ học, biến dạng, nhiệt...); điều đó cũng có nghĩa là nếu năng lượng đã chuyển hoá được thì tương tác cũng phải chuyển đổi được: Hấp dẫn thành điện từ hay hạt nhân và ngược lại, tương tác điện từ hay hạt nhân – thành tương tác hấp dẫn. Nói cách khác, để có thể chuyển hoá được sang nhau, cả 4 tương tác này nhất định phải có một cái gì chung về bản chất vật lý, hoặc nói đúng hơn là 3 trong chúng phải là hệ quả của tương tác còn lại, nhưng là tương tác nào? Đây là vấn đề đã được tác giả giải quyết thành công ở [22], theo đó chỉ có tương tác điện (Coulomb) giữa hai hạt cơ bản là electron và positron mới là tương tác cơ bản; những tương tác còn lại chỉ là những biểu hiện khác nhau của nó trong những điều kiện cụ thể mà thôi. Tức là sự thống nhất 4 tương tác cuối cùng cũng đã có phương hướng để thực hiện, đó là trước tiên phải thống nhất về bản chất vật lý của hiện tượng chứ không phải bằng mô hình toán học mô tả chúng – đó chỉ là bước tiếp theo mà vật lý học của thế kỷ XXI này phải làm dựa trên sự gợi ý về tính thống nhất về bản chất vật lý của hiện tượng đó. Cách làm này không hề xa lạ gì đối với vật lý mà trái lại còn khá phổ biến, chẳng hạn như Maxwell đã thống nhất tương tác điện với tương tác từ, khi Faraday, Ampere, Lorenz... phát hiện ra rằng giữa hai tương tác (cũng tức là giữa hai dạng năng lượng) điện và từ này có sự chuyển hoá qua lại lẫn nhau; tương tự như vậy đối với sự thống nhất giữa cơ và nhiệt, quang và bức xạ điện từ...

Cũng từ đây có thể khẳng định rằng con đường thống nhất mà quá nửa thế kỷ nay, vật lý học đang cố gắng hướng tới sẽ không thể đem lại kết quả gì, vì giữa ba tương tác: điện từ, mạnh, yếu (và các dạng năng lượng tương ứng với chúng) với tương tác (và năng lượng) hấp dẫn luôn trong tình trạng “cách ly” tuyệt đối (bởi đường *aa'* trên Hình 6). Về mặt toán học, hai tập hợp mà giao của chúng là một tập hợp rỗng thì chúng phải hoàn toàn độc lập nhau chứ? Giữa cơ học lượng tử với thuyết tương đối rộng không có bất cứ điểm chung nào thì thống nhất cách nào? Nếu xét từ tính đối xứng của tự nhiên phải tương ứng với một định luật bảo toàn như các nhà vật lý đang tận dụng bằng mọi cách, thì định luật bảo toàn ấy không có gì khác hơn chính là bảo toàn năng lượng toàn phần (gồm nội năng và ngoại năng), chứ không phải bảo toàn cơ năng (chỉ gồm động năng và thế năng) như đối với cơ học cổ điển, hay bảo toàn năng-xung lượng như đối với cơ học tương đối tính.

Vấn đề có tính thuyết phục là ở chỗ nếu thực tế quả thật giữa nội năng và ngoại năng, cũng tức là giữa lực hấp dẫn với 3 lực còn lại của vật thể, không có mối liên quan gì với nhau thì giải thích sao đây về những hành xử trái ngược nhau của hai nhóm đồng hồ kể trên? Tức là thực tế ấy đã chứng tỏ phải có sự chuyển hoá qua lại giữa nội năng và ngoại năng, sự chuyển đổi giữa tương tác hấp dẫn với tương tác điện, và đây chính là manh mối quan trọng, nếu như không nói là quyết định, mà tác giả muốn gửi gắm tới cộng đồng vật lý.

Tài liệu tham khảo

- [1] A. Эйнштейн. *Собрание научных трудов Т. 2*. М. Наука, 1965 с. 5.
- [2] R. Pound, G. Rebka. *Phys. Rev. Lett.* 4 337 (1960); 4 275 (1960); 3 439 (1959).
- [3] Р. Паунд. УФН 72 673 (1960) [*Sov. Phys. Usp.* 3 875 (1961)].
- [4] R. Pound, J. Snider. *Phys. Rev. B* 140 788 (1965); *Phys. Lett.* 13 539 (1964).
- [5] R. Vessot, M. Levine. *Gen. Rel. Grav.* 10 181 (1979).
- [6] J. Haefele, R. Keating. *Science* 117 168, 170 (1972).
- [7] C. Alley et al. *In Experimental Gravitation*. Proc. of the Conf. at Pavia (September 1976) (Ed. B. Bertotti) (New York: Academic Press).
- [8] П.П. Орнатский. *Теоретические Основы Информационно-измерительной техники*. Киев. Издательское объединение “Вища школа”. 1983.
- [9] Wikipedia. *Time in physics*. http://en.wikipedia.org/wiki/Time_in_physics.
- [10] Н.П. Коноплева. УФН 123 537 (1977).
- [11] В.Н. Руденко УФН 126 361 (1978).
- [12] В.Л. Гинзбург. *О теории относительности*. Москва, Наука, 1979, с. 157.
- [13] C. Will. *In General Relativity* (Eds S. Hawking, W. Israel) (Cambridge University Press, 1979) Table 2.
- [14] C. Will. *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. (Cambridge University Press, 1981).
- [15] C. Will., Preprint WUGRAV-95-5; gr-qc/9504017 (1995).
- [16] И. Шапиро. В сб. *Астрофизика кванты и теория относительности*. Москва. “Мир”, 1982, с 218.
- [17] В. А. Дободюк, К. П. Рябошанка, О. И. Шулишова. *Справочник по элементарной физике*. Киев. Изд. “Наука и думка”. 1978.
- [18] Nguyễn Hữu Minh. *Cơ học lý thuyết*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội. 2001.
- [19] Nguyễn Việt Long. *Thiên văn vũ trụ*. NXB Hải Phòng. 2004.

- [20] 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.
- [21] Е.И. Будников, А.С. Кондратьев. *Физика 1. Механика*. Физматлит. Москва-Санкт-Петербург. 2000.
- [22] Vũ Huy Toàn. *Con đường mới của vật lý học*, NXB Khoa học & Công nghệ, Hà nội, 2007.