

CƠ SỞ CỦA VẬT LÝ HỌC HIỆN ĐẠI

vuhuytoan@hn.vnn.vn

(Giấy chứng nhận đăng ký Quyền tác giả số 1093/2007/QTG)

Tóm tắt

Xuất phát từ sự khủng hoảng thế giới quan của khoa học tự nhiên hơn một thế kỷ qua, với mục đích đặt lại nền tảng tư tưởng trước hết là cho vật lý học, tác giả đã trình bày lại cơ sở triết học duy vật biện chứng triệt để cũng như toàn bộ các khái niệm cơ bản của vật lý học nhằm loại bỏ các quan niệm siêu hình ra khỏi vật lý, hạn chế khuynh hướng “toán học hoá vật lý” với khẩu hiệu “Trả lại vật lý cho vật lý”. Đã phân tích các phạm trù triết học cơ bản là vật chất, không gian và vận động trong đó, ý thức cũng chỉ được xem như một dạng tồn tại của vật chất, không gian được phân biệt thành 3 loại khác nhau về chất đó là không gian vật chất, không gian vật lý và không gian toán học trong đó chỉ có không gian vật chất mới được coi là ở cấp phạm trù, còn thời gian bị loại bỏ với tư cách là một phạm trù triết học cơ bản vì bản chất của nó chỉ là độ đo sự vận động của vật chất hoàn toàn có tính chủ quan. Đã chính xác hoá lại toàn bộ các khái niệm cơ bản của vật lý học trên cơ sở thế giới quan triết học mới cũng như những phát hiện mới về bản chất của hiện tượng quán tính, trong đó đặc biệt phải kể đến khái niệm khối lượng quán tính, năng lượng, hạt cơ bản, hệ quy chiếu và chuyển động theo quán tính.

Từ khóa: Vật lý học, không gian, thời gian, năng lượng, hiện tượng quán tính, hệ quy chiếu.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển của khoa học tự nhiên từ đầu thế kỷ XX đến nay đã đặt triết học vào tình trạng khủng hoảng không còn đủ khả năng để luận giải các hiện tượng tự nhiên và đóng vai trò làm nền tảng tư tưởng cho nó nữa, đặc biệt là đối với vật lý học. Sự tách rời triết học với khoa học tự nhiên là một hiện tượng thiếu lành mạnh nhưng thật đáng tiếc lại là một khuynh hướng dường bất khả kháng trong suốt hơn một thế kỷ đã qua và có lẽ vẫn sẽ còn tiếp tục? Một thực tế không thể né tránh được là các nhà khoa học và các triết gia nhất là các triết gia Mác-xít, bấy lâu nay hoàn toàn không còn tiếng nói chung! Các nhà khoa học trên thực tế không mấy bận tâm đến thế giới quan triết học, họ thả sức tung hoành với tất cả những ý tưởng “điên rồ” nhất có thể có. Với thuyết tương đối hẹp, không gian và thời gian trước đó vốn được coi là các thuộc tính của vật chất nay đã trở nên đồng nhất với không gian toán học – hình học Mincopxky, năng lượng vốn được coi là tính chất của vật chất thì lại trở thành một substance tương đương với vật chất - giữa chúng có sự chuyển hoá qua lại lẫn nhau và cùng với thuyết tương đối rộng, nó làm cơ sở cho học thuyết Big Bang được coi là một “ứng cử viên sáng giá nhất” về Vũ trụ học theo đó vật chất, không gian và thời gian bắt đầu được sinh ra chỉ từ một “điểm” nhưng lại chứa năng lượng vô cùng lớn. Với cơ học lượng tử, người ta thôi không còn nói tới thực tiễn khách quan độc lập với ý thức của con người nữa vì một thế giới như vậy, theo họ, không tồn tại bởi chỉ có như vậy mới có thể giải thích được cách “cư xử” của

các hạt hạ nguyên tử và ánh sáng. Đây là chưa kể tới các lý thuyết mang màu sắc huyền bí như lý thuyết dây, siêu dây với không - thời gian 11 chiều, lý thuyết màng, lý thuyết đa vũ trụ v.v.. tóm lại là tất cả những gì mà trí óc con người có thể tưởng tượng ra bất chấp đó là vật chất hay phi vật chất, vật lý hay siêu hình, thực hay là ảo ...

Còn một hiện thực nữa không thể phủ nhận đó là khả năng tồn tại của tâm linh như một thực thể hiện hữu sau cái chết tức là một dạng tồn tại của ý thức không cần tới một “giá đỡ” vật lý nào. Hiện tượng tìm hài cốt của Đỗ Bá Hiệp, Nguyễn Văn Liên, Phan Thị Bích Hằng v.v.. không thể coi là hoang tưởng được mà đã phải chấp nhận là những “hiện tượng cận tâm lý”. Mà điều này về thực chất đã làm lung lay khái niệm vật chất và ý thức theo quan điểm triết học duy vật vốn cũng đã tồn tại từ hàng nghìn năm nay.

Bên cạnh đó, do không có một nền tảng tư tưởng vững chắc nên ngay cả những khái niệm cơ bản của vật lý học cũng đã nhanh chóng bị phân hoá không theo một trật tự lôgic nào miễn là được đưa ra chỉ để thoả mãn một lớp hữu hạn những hiện tượng tự nhiên nào đó. Hậu quả là ngày nay, nhiều nhà khoa học có tên tuổi, từng nhận giải Nobel cũng nghiêng về sự tồn tại của Chúa [2], ủng hộ “nguyên lý vị nhân” (Vũ trụ được sinh ra chỉ là để con người xuất hiện), hay trở về với tư tưởng của Đạo Phật [3]. Còn bản thân vật lý học từ lâu đã thôi không còn là khoa học về các hiện tượng tự nhiên kỳ thú nữa mà đã bị toán học hoá tới mức siêu hình và giới vật lý đã đồng nhất vật lý với siêu hình mà kết quả là đi tìm kiếm ảo giác về một “Lý thuyết của tất cả” (Theory of Everything) giống như Đạo Phật đi tìm kiếm một “Thực tại tối hậu” vậy.

Để khắc phục phần nào những khuynh hướng thiếu lành mạnh nêu trên, kiến tạo lại mối tương quan, gắn bó giữa vật lý học với triết học và đặt triết học trở lại đúng vị trí của nó làm nền tảng tư tưởng cho vật lý học nói riêng và KHTN nói chung, tác giả lựa chọn sự khởi đầu bằng việc phân tích những phạm trù triết học cơ bản: *vật chất, không gian và vận động*, trong đó đặc biệt là khái niệm không gian được xem xét một cách rất kỹ lưỡng vì nó cũng chính là khái niệm cơ bản nhất của vật lý học. Bên cạnh đó, cũng khẳng định lại các quy luật vận động chung nhất của vật chất để ứng dụng vào vật lý cho mọi đối tượng từ vi mô tới vĩ mô. Tiếp theo, tác giả đã trật tự hoá các khái niệm cơ bản của vật lý học làm cơ sở cho việc xây dựng lại vật lý theo một hướng đi mới, theo đó toán học trở lại vai trò làm công cụ tính toán hay công cụ để mô hình hoá các quá trình vật lý chứ không phải là ngược lại như hiện nay - vật lý chỉ là cái “bình phong” che chắn cho các ý tưởng điên rồ nhất được nguy trang bởi toán học.

II. NHỮNG CƠ SỞ TRIẾT HỌC

2.1. Các phạm trù triết học cơ bản

1. *Vật chất* – là phạm trù cơ bản rộng nhất để chỉ tất cả những gì tồn tại. Vật chất không tự nhiên sinh ra, không tự nhiên mất đi, tồn tại vĩnh viễn, vô

cùng, vô tận. Vật chất tồn tại ở vô số các dạng khác nhau, tuy nhiên, có hai dạng cơ bản đó là thực thể vật lý và thực thể ý thức. Thực thể vật lý là dạng tồn tại của vật chất có cấu trúc, còn những gì tồn tại không có cấu trúc gọi là thực thể ý thức hay nói ngắn gọn là ý thức.

Thực thể vật lý có thể tồn tại khách quan hoặc tồn tại chủ quan. Thực thể vật lý khách quan là dạng vật chất tồn tại không bị ảnh hưởng bởi ý thức, có thể gọi là *tồn tại khách quan*. Ví dụ như nguyên tử, phân tử của các hợp chất thiên nhiên, các vật thể của Tự nhiên... Thực thể vật lý chủ quan là dạng vật chất tồn tại phụ thuộc vào ý thức, có thể gọi là *tồn tại chủ quan*. Ví dụ như các hợp chất, các công trình nhân tạo; các thiết bị, máy móc do con người sáng chế ra... như tivi, tủ lạnh, ô tô v.v.. là những thứ mà nếu không có con người thì chẳng bao giờ chúng có thể tồn tại trong Vũ trụ này. Như vậy, không phải mọi hiện tượng và sự vật đều tồn tại khách quan, độc lập với ý thức của con người, trái lại, sự có mặt của ý thức con người cũng giống như với sự có mặt của bất kỳ một thực thể vật lý nào khác sẽ có sự ảnh hưởng qua lại lẫn nhau một cách biện chứng. Trong các thí nghiệm đối với các hạt cơ bản, khi thao tác “quan sát” của con người có thể so sánh được với tác dụng của chính các sự vật và hiện tượng cần nghiên cứu thì sự ảnh hưởng của chủ quan là rất rõ rệt, đôi khi có thể làm thay đổi bản chất của sự vật và hiện tượng cần nghiên cứu.

Ý thức có thể tồn tại cùng với thực thể vật lý (ở dạng động vật và con người) hoặc phi vật thể (ở dạng linh hồn). Vì nhận thức là phạm trù lịch sử gắn với sự tồn tại của con người – một dạng động vật cao cấp – có sinh, có tử, trong khi đó, vật chất là phạm trù vĩnh cửu – không sinh, không diệt cho nên về nguyên tắc, vật chất chỉ có thể nhận thức được đến một chừng mực nào đó, một giới hạn nào đó, nhưng cũng có thể không nhận thức được. Chính vì thế, không thể có một lý thuyết nào là “tối hậu” mô tả được thế giới vật chất. Nhận thức dù dưới bất cứ dạng nào cũng chỉ là quá trình tiệm cận đến chân lý mà không bao giờ đến được chân lý đó. Nhưng nói như vậy không có nghĩa là phủ nhận khả năng nhận thức thực tại của con người theo quan điểm “bất khả tri luận”, mà trái lại, việc phân định rõ giới hạn của nhận thức cũng đồng nghĩa với khả năng có thể nhận thức được một phần của thực tại mà nó đang và sẽ tồn tại trong đó. Theo quan điểm của phép biện chứng duy vật, cái tổng thể không thể nào tách rời khỏi những cái bộ phận và trong những cái bộ phận cũng vẫn bao hàm cả cái tổng thể.

2. Không gian – là một thuộc tính của vật chất thể hiện ở độ lớn của nó từ vô cùng bé tới vô cùng lớn, và là hình thức tồn tại của tất cả những dạng vật chất.

Bên cạnh khái niệm “độ lớn” (lớn, bé) – còn có khái niệm đồng nghĩa là “khoảng cách” (xa, gần). Mọi dạng tồn tại của vật chất đều có không gian của mình từ “vô cùng bé” (nhưng không bao giờ bằng không) tới “vô cùng lớn” và bao gồm không gian nội vi – từ vô cùng bé tới kích thước hiện hữu của nó và

không gian ngoại vi – từ kích thước hiện hữu của nó tới vô cùng lớn. Tuy nhiên, việc phân định giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi của một thực thể vật lý chỉ có tính chất tương đối, không có một ranh giới nghiêm ngặt, tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể. Ví dụ một nguyên tử hydrozen có không gian nội vi từ vô cùng bé tới “kích thước” hiện hữu của nó là $0,53 \times 10^{-10} \text{m}$, tuy nhiên, tùy thuộc vào trạng thái năng lượng mà “kích thước” này có thể bị thay đổi, thậm chí trong phạm vi rất rộng – lớn hơn vài chục lần.

Vì không gian chỉ là một thuộc tính của vật chất nên, về nguyên tắc, nó phải phụ thuộc vào chính vật chất mà không thể tồn tại độc lập. Sự phụ thuộc này thể hiện trước hết là qua ảnh hưởng của các dạng tồn tại cụ thể của vật chất lên các không gian đó – “nhân nào, quả ấy”, nên ta có thể gọi những không gian như vậy là *không gian vật chất*. Nhưng vật chất lại vô cùng, vô tận nên không gian vật chất không khi nào có thể “trống rỗng”. Khái niệm “ở đây” hay “ở kia” chỉ có nghĩa đối với phần không gian nội vi của một vật thể này so với không gian nội vi của một vật thể khác. Như thế, không gian vật chất, xét cho cùng, luôn là chồng chập vô số các không gian của vô số các dạng tồn tại khác nhau của vật chất – nó không bao giờ là độc lập, và cũng chính vì vậy, mọi dạng tồn tại của vật chất cũng không bao giờ là độc lập, trái lại, luôn tương tác với nhau, quy định lẫn nhau... Khái niệm “vật thể cô lập” không những không có ý nghĩa triết học mà về mặt vật lý cũng vô nghĩa. Khái niệm “hệ cô lập” chỉ có thể được hiểu với nghĩa tương đối khi bỏ qua những ảnh hưởng của những dạng vật chất khác lên những dạng vật chất đang xét trong cái gọi là “hệ cô lập” đó.

Việc nhận biết không gian vật chất phải nhờ đến các cơ quan thụ cảm cảm nhận những tác động của vật mang thông tin về không gian đó. Thông thường, không gian này được nhận biết bằng thị giác, mà thị giác thì cảm nhận ánh sáng – vật mang thông tin. Tuy nhiên, nếu vật mang thông tin không phải là ánh sáng mà là một dạng thực thể vật lý nào đó khác, như “siêu âm” đối với loài dơi chẳng hạn, thì nó có thể cho “thông tin” về một không gian hoàn toàn khác – không màu, hữu hạn, chẳng có hệ mặt trời, chẳng có những ngôi sao... Nói chung, *tất cả những dạng không gian nhận thức được thông qua các thực thể vật lý – vật mang thông tin như vậy – gọi là “không gian vật lý”*. Điểm khác biệt của “không gian vật lý” với “không gian vật chất” chính là ở tính chủ quan của nó – phụ thuộc vào cách mà ta nhận được nó. Cho đến nay, sự nhầm lẫn giữa không gian vật lý với không gian vật chất đã làm sai lệch về căn bản nhận thức của chúng ta về thế giới vật chất.

Tuy nhiên, những gì liên quan tới khái niệm không gian không chỉ dừng lại ở đây. Đi xa hơn nữa, bằng cách bỏ qua tất cả các yếu tố vật chất liên quan tới cả đối tượng lẫn vật mang thông tin, người ta tạo nên một không gian hoàn toàn khác về chất, đó là “không gian hình học”. Đối tượng của không gian hình học bây giờ là điểm, đường, mặt... – những khái niệm thuần túy toán học. Như vậy, *không gian hình học là sự trừu tượng hóa không gian vật lý bằng cách tách rời thuộc tính không gian ra khỏi vật chất*. Ta có các không gian hình học Euclid,

Lobatsvsky, Ricmann... các không gian hình học khác nhau luôn phải độc lập nhau mà không thể chồng chập với nhau như không gian vật chất. Khi chúng ta nói “trong một không gian nào đó... có một cái gì đó...”, chúng ta đã ngầm cho phép sự tồn tại của cái gọi là một “không gian nào đó” một cách độc lập và một “cái gì đó” cũng độc lập, và nếu không có một “cái gì đó” thì có nghĩa là chỉ còn lại một không gian “trống rỗng”. Điều này chỉ đúng đối với không gian vật lý và “hậu duệ” của nó là không gian hình học – kết quả của tư duy trừu tượng.

Ở đây, cần phải phân biệt các khái niệm “vô cùng bé” và “vô cùng lớn” của không gian vật chất với cũng những khái niệm đó của không gian hình học. Đối với không gian vật chất, “vô cùng bé” không đồng nhất với “không có kích thước” hay là “điểm” đối với không gian hình học; “vô cùng lớn” không đồng nghĩa với những khoảng cách không bao giờ kết thúc; giữa vô cùng bé và vô cùng lớn – hai mặt đối lập nhau luôn luôn thống nhất với nhau một cách biện chứng chứ không độc lập nhau như đối với không gian hình học.

Vấn đề mấu chốt ở đây cần phải được hiểu thấu đáo là không gian vật chất chỉ là một cách hiểu khác đi, đơn giản hóa đi về chính vật chất, khi tạm “quên” đi những tính chất khác chỉ giữ lại một thuộc tính của nó mà thôi, kiểu như một đứa trẻ chỉ cần nghe “giọng nói” đã xác định ngay đó là “mẹ”, nhưng “giọng nói” không thể tồn tại độc lập với người mà được nó gọi là “mẹ”. Trong khi đó, không gian hình học là do ta trừu tượng hóa không gian vật lý và có thể là cả không gian vật chất lên nhờ các khái niệm toán học như điểm, đường, mặt... – kết quả của quá trình thuần túy tư duy lôgic thoát khỏi sự ràng buộc với các dạng tồn tại của vật chất. Chính vì vậy, khi quay từ hình học trở về với vật lý, với các dạng vật chất cụ thể cần phải tính đến sự sai khác này.

Để có thể xác định được khoảng cách, hay khái quát hơn là vị trí tương đối của mọi vật so với một vật nào đó, ta cần tiến hành “đo đạc”. Thực tế cho thấy, trong trường hợp tổng quát, cần phải có tối thiểu 3 “số đo” mới có thể xác định được vị trí một cách đơn trị. Mỗi một “số đo” như vậy tương ứng với một “chiều” không gian của vật thể đó. Không gian vật chất và không gian vật lý có 3 chiều, và cũng chỉ cần có 3 chiều mà thôi. Tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách trong các tương tác hấp dẫn và tương tác Coulomb được thực nghiệm xác nhận với độ chính xác cao đã nói lên điều đó. Không gian toán học có thể có số chiều lớn hơn 3, không hạn chế, và hơn thế nữa, “chiều” của không gian toán học thậm chí không cần liên quan tới khái niệm “chiều” theo đúng nghĩa đen của từ này mà thuần túy chỉ là một tập hợp bất kỳ nào đó (không quan trọng là cái gì). Nhưng khi đó, nó không còn là công cụ mô phỏng không gian vật lý hay không gian vật chất nữa mà đơn giản chỉ là công cụ tính toán.

Chiều của không gian được đặc trưng bởi một đại lượng gọi là chiều dài với mẫu đo là một vật thể hoặc hệ vật thể nào đó được lựa chọn – gọi là thước đo.

Như vậy, thước đo có thể là không gian nội vi của một vật thể hoặc một phần không gian ngoại vi của nó, và vì vậy, chiều dài mỗi chiều của không gian

hoàn toàn phụ thuộc vào thước đo này. Nếu thước đo không thay đổi độ lớn của nó trong trường lực thế của vật thể có không gian cần đo thì chiều dài đo được gọi là “chiều dài biểu kiến” vì ở đây, thực chất chúng ta đã đem so sánh không gian vật chất với không gian vật lý, ngược lại, nếu thước đo thay đổi độ lớn của nó trong trường lực thế của vật thể có không gian cần đo, ta có “chiều dài thật” vì lúc này, ta đã so sánh hai không gian vật chất với nhau. Như vậy, thước đo được chọn là ánh sáng có một số bước sóng nào đó sẽ khác với thước đo được chọn là một thanh hợp kim – “chiều dài” của thanh hợp kim sẽ thay đổi nhiều khi mang thanh hợp kim đó từ Trái đất lên sao Mộc, trong khi đó bước sóng của ánh sáng sẽ hầu như không thay đổi mấy.

Đơn vị chiều dài trong hệ SI được chọn là mét (m). Độ đo hai chiều không gian được gọi là diện tích với mẫu đo là vật hình vuông. Đơn vị diện tích trong hệ SI là mét vuông (m^2). Độ đo ba chiều không gian gọi là thể tích với mẫu đo là vật hình lập phương. Đơn vị thể tích là mét khối (m^3). Nhờ có thước đo mà có thể đo được kích thước của vật thể cũng như khoảng cách giữa các vật thể với nhau.

Đặc tính quan trọng nữa của không gian là tính đồng nhất – như nhau ở mọi nơi và đẳng hướng – như nhau ở mọi hướng. Các không gian hình học là đồng nhất và đẳng hướng trong khi không gian vật chất và không gian vật lý không thể đẳng hướng và không thể đồng nhất vì các dạng vật chất không đồng nhất, không phân bố đồng đều ở khắp mọi nơi và khắp mọi hướng. Hơn thế nữa, khái niệm “hướng” trong không gian hình học thường được chỉ ra bởi một “tia” bất kỳ xuất phát từ một điểm bất kỳ trong không gian đó, trong khi đó, “hướng” của không gian vật chất lại không thể tùy tiện mà do chính dạng vật chất có không gian đó quy định mà chúng ta sẽ đề cập đến sâu hơn ở mục 3.3. “*Lực và lực trường thế*”.

Tóm lại, từ những phân tích ở trên với 3 loại không gian, chỉ có “không gian vật chất” mới đúng là thuộc tính cố hữu của vật chất, còn 2 dạng không gian khác được hình thành là do nhận thức chủ quan của con người.

3. Vận động – là một thuộc tính của vật chất thể hiện ở sự thay đổi về lượng thuộc tính không gian của các dạng tồn tại của nó.

Vì không gian của bất kỳ một dạng tồn tại nào của vật chất cũng đều là vô cùng, vô tận nên sự thay đổi này chỉ có thể xảy ra một cách tương đối giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi của cùng một vật thể, hoặc giữa không gian nội vi của các vật thể với nhau – độ lớn tương đối của các không gian nội vi đó, hoặc khoảng cách giữa chúng.

Mỗi một dạng tồn tại cụ thể của vật chất có thể có những dạng vận động khác nhau từ đơn giản đến phức tạp. Dạng vận động đơn giản nhất là chuyển động cơ học của các vật thể. Một dạng vận động phức tạp không chỉ đơn thuần là phép cộng các dạng vận động giản đơn mà là một phép tổ hợp hữu cơ các dạng vận động giản đơn đó theo quy luật lượng đổi-chất đổi. Các tổ hợp này

hoàn toàn khác về chất với các dạng vận động cấu thành. Một electron và một proton độc lập chỉ là hai hạt có điện tích bằng nhau nhưng trái dấu, bị lệch theo hai hướng khác nhau trong điện trường nhưng khi kết hợp với nhau thành nguyên tử hydrozen – hoàn toàn không bị lệch hướng trong điện trường, không những thế, còn có những tính chất hóa lý hoàn toàn khác; tương tự như vậy, hai electron và hai proton thành helium, v.v.. cho đến các chất hữu cơ phức tạp cấu tạo nên bộ não của con người với các trạng thái tâm sinh lý chẳng liên quan gì tới hành vi của các electron và proton cấu thành nên nó. Ngay cả những dạng vận động khá trừu tượng như vận động xã hội cũng chỉ là hệ quả của tập hợp vô số các dạng vận động thành phần mà vốn dĩ cũng được hình thành từ những vận động giản đơn ban đầu v.v.. Tuy nhiên như đã nói, theo quy luật lượng đổi-chất đổi, mỗi một dạng vận động ở mức tổ hợp cao hơn sẽ có những quy luật vận động riêng, những nguyên lý riêng nhưng luôn luôn thống nhất với các quy luật vận động chung nhất của vật chất, không nằm ngoài chúng.

Dù ở bất cứ dạng nào thì vật chất cũng luôn vận động – không có gì khác hơn ngoài vật chất vận động. Chính vì thế, *không bao giờ và không ở đâu có thể có một hiện tượng hay sự vật nào xuất hiện hơn một lần* và cũng không bao giờ có thể tồn tại được một hiện thực “tối hậu”, trái lại, bản thân cái gọi là “hiện thực” cũng luôn luôn biến đổi. Cái duy nhất có được tính ổn định hay bất biến chỉ là các quy luật vận động của vật chất (hay của hiện thực) chứ không phải chính bản thân hiện thực đó. Chính vì vậy, *đứng yên* chỉ là một khái niệm tương đối khi so sánh các hiện tượng cá biệt còn *vận động* là tuyệt đối.

Độ đo sự vận động của vật chất được gọi là thời gian với mẫu đo là các kiểu vận động nào đó, thường là có chu kỳ, của một dạng vật chất được lựa chọn gọi là đồng hồ.

Khái niệm “có chu kỳ” tức là lặp đi, lặp lại trong một điều kiện nhất định chứ không có nghĩa là lặp đi, lặp lại đúng trạng thái trước đó xét trên tổng thể vì tính phụ thuộc lẫn nhau của tất cả các dạng vật chất. Tùy thuộc vào kiểu vận động của một dạng vật chất cụ thể được lựa chọn làm đồng hồ mà “thời gian” nó chỉ ra có thể phụ thuộc nhiều hay ít vào chuyển động tương đối của chính đồng hồ đó. Ví dụ, nếu dùng đồng hồ quả lắc trên đoàn tàu cao tốc thì thời gian mà nó chỉ ra dường như sẽ “chậm dần” khi tốc độ của đoàn tàu tăng dần lên vì lúc này, trọng lượng của quả lắc giảm đi do lực ly tâm tăng lên (bề mặt Trái đất hình cầu mà). Nếu tốc độ đoàn tàu có thể đạt đến được 7,9 km/s thì đồng hồ sẽ ngừng không chạy nữa - ở trạng thái không trọng lượng, “con lắc” không thể lắc được! Trong khi đó, nếu dùng đồng hồ lên dây cót, sử dụng độ căng của lò so thì sẽ bị ảnh hưởng ít hơn nhiều, nhưng nếu đặt nó trong một từ trường mạnh, dây cót lại có thể bị nhiễm từ và thời gian nó chỉ ra sẽ khác.

Như vậy, thời gian không tồn tại khách quan mà trái lại, chỉ là một khái niệm chủ quan của con người với mục đích so sánh sự diễn biến các quá trình xảy ra trong thế giới vật chất xung quanh trong đó có chính bản thân mình. Sự so sánh đó là một dạng của nhận thức không ngoài mục đích sinh tồn. Ở một nơi

nào đó trong vũ trụ không có con người, chẳng có “đồng hồ”, chẳng cần “so sánh nhanh chậm”, và do đó cũng chẳng cần đến thời gian, mọi quá trình vật lý vẫn cứ diễn ra, ảnh hưởng lẫn nhau, quy định lẫn nhau... chính vì thế, không thể có thời gian tuyệt đối, như nhau ở mọi nơi, không phụ thuộc vào vận động của vật chất và tồn tại khách quan không phụ thuộc vào ý thức của con người, và do vậy, lại càng không thể nói đến thời gian như một “chiều” của thực tại vật lý được vì, nói một cách nôm na, nó đơn giản chỉ là sự thay đổi của thực tại vật lý, tức là một tính chất của thực tại mà không phải là chính thực tại đó. “Không-thời gian 4 chiều” chỉ thuần túy là một trong vô vàn dạng không gian hình học theo nghĩa là đa tạp n chiều, không những thế, nó không còn có thể đóng vai trò “mô phỏng” không gian vật chất, thậm chí là cả không gian vật lý được nữa. Tuy nhiên, các phương trình dựa trên continuum “không-thời gian 4 chiều” có thể đóng vai trò là công cụ tính toán các chuyển động của một số dạng vật chất cụ thể nào đó giống như không-thời gian 2 chiều (x, t) để tính toán chuyển động của một vật theo đường thẳng; các đại lượng phức như dòng điện phức và điện áp phức trong tính toán mạch điện hình sin ở lý thuyết mạch điện v.v..

Người ta thường nói tới “mũi tên thời gian” với nghĩa là nó “trôi” từ quá khứ tới tương lai. Thật ra ở đây chẳng có cái gì “trôi” cả mà đơn giản chỉ là cách ví von “dân dã” và sự quy ước trình tự các sự kiện để dễ hơn cho việc nhận thức chúng chứ hoàn toàn không mang một ý nghĩa vật lý nào. Như trên chúng ta vừa nói tới tính vô cùng, vô tận của vật chất và sự vận động không ngừng nghỉ của nó đã khiến cho “không bao giờ và không ở đâu có thể có một hiện tượng nào xuất hiện hơn một lần”. Bất kể một sự lặp lại nào, nếu có, cũng đều mang tính cục bộ, và điều này cũng có nghĩa là “mũi tên thời gian” đương nhiên chỉ có một chiều mà không cần phải viện dẫn tới định luật 2 của nhiệt động lực học. Hơn thế nữa, khái niệm *thời điểm* cũng hoàn toàn mang tính quy ước một cách tương đối, giống như “điểm” của không gian vật chất, vì nó không bao hàm ý nghĩa là một “điểm” không có “kích thước” trên “trục thời gian” như với điểm trên trục không gian hình học. “Kích thước” của *thời điểm* hoàn toàn phụ thuộc vào độ phân giải của đồng hồ mà ta sử dụng. Nếu sử dụng đồng hồ cơ khí đeo tay thông thường thì *thời điểm* có “kích thước” “lớn” hơn nhiều so với *thời điểm* của đồng hồ nguyên tử. Tuy nhiên, không thể tồn tại được về nguyên tắc một loại đồng hồ nào để “kích thước” của *thời điểm* có thể tiến tới 0 (chúng ta sẽ biết tới điều này khi có khái niệm về *hạt cơ bản* và *vận tốc giới hạn* ở mục 3.2). Như vậy, nhận thức của chúng ta về thế giới vật chất còn bị giới hạn bởi chính loại đồng hồ mà chúng ta sử dụng. Trong toán giải tích, chúng ta có khái niệm đạo hàm và vi phân, nếu đem áp dụng vào vật lý với biến số thời gian sẽ cho chúng ta những khái niệm thuần túy toán học chứ không có ý nghĩa vật lý như chúng ta vẫn tưởng, ví dụ như vận tốc “tức thời” là đạo hàm bậc nhất theo thời gian: $V(t)=dS(t)/dt$, ở đây $dt \rightarrow 0$ không có ý nghĩa vật lý vì nó mâu thuẫn với “nguyên lý tác động tối thiểu” sẽ được biết tới ở mục 3.4. và khi đó, đồng nghĩa với *không vận động*. Chỉ có vận tốc trung bình xác định bằng tỷ số giữa quãng

đường vật đi được trong một khoảng thời gian: $V_{tb} = \Delta S(t) / \Delta t$ mới có ý nghĩa vật lý. Ngoài ra, còn một số khái niệm khác nữa trong vật lý liên quan tới *thời điểm* này cũng bị lạm dụng như gia tốc tức thời, tần số tức thời... Giới hạn áp dụng những khái niệm này cần phải được tính đến trong nhiều trường hợp.

Đơn vị thời gian trong hệ SI được chọn là giây (s). Nhờ có đồng hồ mà có thể đo được sự vận động của vật thể và so sánh sự vận động của hai vật thể khác nhau: nhanh hơn hay chậm hơn.

4. Nhận xét

Như vậy, ý thức cũng được coi là một dạng tồn tại của vật chất mà không phải là một phạm trù đối lập với vật chất như trước đây vẫn quan niệm – đây cũng là ý kiến của khá nhiều nhà khoa học trong những năm gần đây. Tuy nhiên, cũng phải thừa nhận một điều là quan niệm này tuy không mới nhưng vẫn chỉ dừng lại ở dạng khái niệm có tính “giả thuyết” hơn là một “khẳng định có tính khoa học” – tạm coi như vấn đề vẫn còn bỏ ngõ. Thêm nữa, trình tự các phạm trù cơ bản của triết học cũng được thay đổi tương ứng với trật tự lôgic về nội dung của chúng. Đặc biệt là phạm trù “không gian” đã được phân tích một cách tỉ mỉ và tách bạch thành 3 dạng: “không gian vật chất”, “không gian vật lý” và “không gian hình học” trong đó ở cấp “phạm trù” chỉ có “không gian vật chất” – nó mới đúng là thuộc tính cố hữu của vật chất. Cuối cùng, trong các phạm trù cơ bản của triết học, chúng ta thấy thiếu vắng “thời gian” với vai trò “ngang hàng” với các phạm trù vật chất, không gian và vận động. Thời gian ở đây chỉ là “độ đo” sự vận động nên chẳng có lý do gì để nó tồn tại như một thuộc tính của vật chất cả - thuộc tính đó vốn đã là “vận động” rồi. Điều này cũng giống như “chiều dài” đã là “độ đo” của “không gian” rồi thì hà tất gì phải khoắc cho nó thêm cái “mác” nào khác nữa?

Để có thể dễ dàng hình dung toàn bộ bức tranh thế giới vật chất, ta đưa ra một sơ đồ liên hệ giữa các phạm trù triết học với các khái niệm cơ bản của vật lý học như trên Hình 10 ở phần cuối.

2.2. Các quy luật vận động cơ bản của vật chất.

1. Quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập.

Bất kể một dạng tồn tại nào của vật chất cũng đều do những nguyên nhân nào đó quy định bởi nếu không, nó đã không tồn tại ở dạng đó. Nhưng tồn tại cũng chính là vận động mà nguyên nhân và động lực của sự vận động đó là *sự đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập* – đây là quy luật vận động thứ nhất của vật chất. Không thể có một dạng tồn tại nào của vật chất mà không hàm chứa trong mình các mặt đối lập nhau. Nếu tất cả đều như nhau, giống nhau thì chỉ là một tập hợp những “xác chết”. Vấn đề là cần phải nhận thức cho được, đâu là các mặt đối lập tạo nên sự thống nhất, còn đâu chỉ là các mặt khác nhau của sự vật mà việc kết hợp của chúng chỉ tạo ra những “hỗn hợp” nhất thời,

không bền vững, thậm chí chỉ là những “món hủ lậu”. Trong vật lý đó là sự thống nhất giữa vô cùng bé và vô cùng lớn của không gian vật chất, giữa tính chủ động và tính bị động của các tương tác, giữa điện tích âm và điện tích dương của các hạt cơ bản, giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi, giữa nội năng và ngoại năng của một thực thể vật lý, giữa cho và nhận năng lượng v.v.. Nếu không có các mặt đối lập này sẽ không thể có bất cứ sự vận động nào nhưng nếu không có sự thống nhất giữa chúng thì cái gọi là “dạng vật chất” không thể được hình thành và do đó khái niệm vận động cũng không còn có nghĩa nữa.

2. Quy luật lượng đổi - chất đổi.

Chất là quy định vốn có, là tổng hợp nhiều thuộc tính của một dạng tồn tại nào đó của vật chất. Lượng là quy định vốn có về quy mô, độ lớn, mức độ... của những tính chất, thuộc tính hay là chính bản thân một chất nào đó. Để quá trình đấu tranh giữa các mặt đối lập có thể hình thành nên một dạng tồn tại nào đó của vật chất tức là tạo nên một sự thống nhất, hoặc chuyển hóa từ dạng này sang một dạng khác tức là thay đổi về chất thì sự đấu tranh hay thống nhất đó cần phải đạt tới một sự thay đổi nhất định về lượng.

Sự thay đổi về lượng đến một mức độ nào đó (chứ không phải là bất cứ mức độ nào) sẽ dẫn đến sự thay đổi về chất.

Ví dụ như than và kim cương là hai chất khác hẳn nhau nhưng do cùng nguyên tố Các bon cấu tạo nên. Sự thay đổi về lượng ở đây là mức độ tương tác giữa các nguyên tố Các bon trong cấu trúc tinh thể. Cũng có thể nói rằng chính sự thay đổi về cấu trúc tinh thể này đã dẫn đến sự thay đổi về mức độ tương tác giữa các nguyên tố Các bon và rồi dẫn đến sự thay đổi về chất: than hay kim cương.

Bản thân cấu trúc vốn lại là cấu thành của chất nên cũng có thể nói rằng sự thay đổi về chất đến một mức độ nào đó sẽ dẫn đến sự thay đổi về “lượng”, ở thí dụ trên, là mức độ của tương tác. Quy luật lượng đổi – chất đổi là quy luật vận động thứ hai quy định phương thức vận động của vật chất. Nó được thể hiện cụ thể trong vận tốc tới hạn của mọi chuyển động ở mục 3.1, sự tồn tại của các hạt cơ bản ở mục 3.2, nguyên lý tác động tối thiểu ở mục 3.4 và trong rất nhiều hiện tượng khác.

III. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA VẬT LÝ HỌC

3.1. Vật thể, trường và hạt cơ bản.

Vật thể là phân thực thể vật lý tương ứng với không gian nội vi của thực thể vật lý đó, còn phân tương ứng với không gian ngoại vi của nó – quy ước gọi là trường. Đó là hai mặt đối lập của cùng một thực thể vật lý thống nhất, chúng phụ thuộc lẫn nhau, quy định lẫn nhau một cách biện chứng; nói cụ thể hơn, mỗi

vật thể đều quy định cho mình một trường bao quanh, trường của mỗi vật thể lại quy định cho nó một vật thể để nó hướng tới, chúng hỗ trợ cho nhau, phụ thuộc lẫn nhau, chuyển hóa qua lại lẫn nhau. Nhờ sự hiện hữu của không gian nội vi mà có thể phân biệt thực thể vật lý này (có không gian nội vi này) với thực thể vật lý khác (có không gian nội vi khác). Như vậy, về tổng thể, bất cứ vật thể nào cũng đều tồn tại trong không gian ngoại vi (trường) của các thực thể vật lý khác, và đến lượt mình, tất cả các vật thể khác đều tồn tại trong không gian ngoại vi (trường) của chính vật thể đó vì thế nên mới nói “không gian vật chất luôn là chồng chập vô số các không gian của vô số các dạng vật chất khác nhau”.

Mặt khác, theo quy luật vận động thứ nhất, đối với một thực thể vật lý, không gian nội vi và không gian ngoại vi là hai mặt đối lập nhau, và vì chúng luôn thống nhất với nhau nên không gian nội vi càng lớn bao nhiêu thì không gian ngoại vi lại càng nhỏ bấy nhiêu. Nếu cả Vũ trụ được coi là một thực thể vật lý duy nhất, tức là không gian nội vi của nó tiến tới vô cùng và do đó không gian ngoại vi sẽ phải tiến tới không – điều này hoàn toàn phù hợp với giả thiết ban đầu về một thực thể vật lý duy nhất – đã duy nhất thì không thể còn có “cái gì đó” ở bên ngoài nó nên khái niệm không gian ngoại vi với nó là vô nghĩa.

Như vậy, khái niệm quả táo như một thực thể vật lý phải được hiểu là bao gồm phần “vật thể” – có hình dạng “quả táo” hiện hữu với kích thước hữu hạn và phần “trường” mở rộng ra đến một mức độ nào đó nhưng không phải là vô cùng lớn. Bản thân quả táo do vậy sẽ “cảm nhận” được các dạng vật chất khác đang tồn tại thông qua trường của nó. Trong khi đó, nếu nhận biết bằng ánh sáng, chúng ta chỉ có thể thấy những vật thể phân bố đó đây, rời rạc và giữa chúng là những khoảng không – “không gian trống rỗng”; và rồi để cố thoát khỏi sự trống rỗng, ta cho nó “chứa” một loại “chất” đặc biệt – ether. Sự xuất hiện điện động lực học Maxwell đã đưa được vào vật lý khái niệm trường điện từ thay cho không gian tuyệt đối với ether là một bước tiến quan trọng trong nhận thức: trường điện từ có thể được xem tương đương với một dạng không gian vật chất trong hệ thống các phạm trù cơ bản của chúng ta. Tuy nhiên, việc cho phép tồn tại khái niệm “chân không” (vacuum) đã làm “hỏng” mọi chuyện – nó dường như nhắc nhở tới không gian tuyệt đối đã vừa mới được vứt bỏ đi. Hơn thế nữa, do không phân biệt được sự khác nhau giữa không gian vật chất với không gian hình học thành ra trong “ngôn ngữ” của trường điện từ chúng ta vẫn thấy xuất hiện những khái niệm của không gian thuần túy hình học khiến cho các phương trình Maxwell mạng nặng màu sắc của một công cụ tính toán thay vì công cụ mô phỏng không gian vật chất. Như vậy, tuy ở đây vẫn sử dụng thuật ngữ “trường” (field) nhưng nội dung của nó đã thay đổi, về thực chất nó chỉ là một bộ phận cấu thành nên cái gọi là “thực thể vật lý” hoặc “hệ thực thể vật lý” trong mối tương tác với các vật thể khác – không tồn tại cái gọi là “một trường độc lập” của một vật thể như trong lý thuyết trường mà luôn phải là chồng chập của các trường khác nhau của các thực thể vật lý khác nhau mà chí ít ra cũng phải là của 2 thực thể vật lý đang xem xét, nếu ảnh hưởng của các thực thể vật lý khác

không đáng kể có thể bỏ qua được. Các “đường sức” và “đường đẳng thế” của trường giời đây đóng vai trò là “hướng” của không gian vật chất, trong đó các đường “đẳng thế” mới thật sự là các “đường thẳng” của không gian này. Sau này chúng ta sẽ có dịp đi sâu hơn vào những tính toán với không gian vật chất – trường điện kiểu mới này.

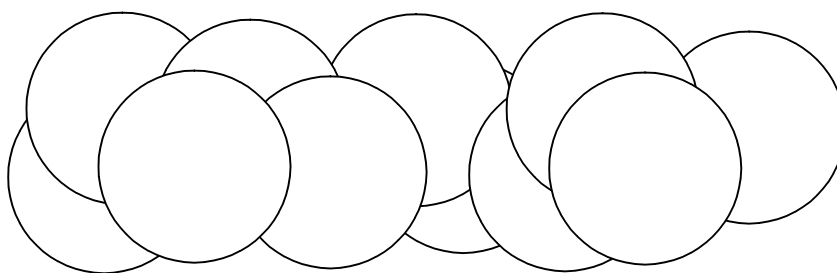
Một thực thể vật lý bất kỳ có thể được cấu tạo từ các thực thể vật lý thành phần. Các thực thể vật lý thành phần này, đến lượt mình, lại có thể được cấu tạo từ các thực thể vật lý thành phần khác, v.v.. cho tới các thực thể vật lý được gọi là “hạt cơ bản”. Vì vật chất là vô cùng, vô tận nên không thể tồn tại một loại hạt nào thật sự là “cơ bản” cả. Khái niệm “cơ bản” ở đây chỉ với nghĩa là giới hạn của nhận thức mà thôi.

***Hạt cơ bản** – là thực thể vật lý có không gian nội vi nhỏ nhất, là cấu thành cơ bản tạo nên các dạng thực thể vật lý khác nhau theo lý thuyết hiện hành.*

Có thể có những lý thuyết tốt hơn đẩy lùi giới hạn này xuống những vùng không gian nội vi ngày càng nhỏ hơn nữa nhưng không bao giờ có thể nhỏ đến không. Như trên vừa nói, việc chấp nhận có “hạt cơ bản” – một giới hạn không gian nội vi nhỏ nhất cũng đồng nghĩa với việc thừa nhận một giới hạn lớn nhất của không gian ngoại vi mà lý thuyết hiện tại có thể đạt đến, ký hiệu là R_m – có thể gọi là *bán kính tương tác*. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với tính hữu hạn năng lượng của các vật thể sẽ nói tới ở mục 3.2. Còn hơn thế nữa, mọi quá trình vật lý xảy ra có liên quan tới các hạt “cơ bản” này cũng sẽ bị giới hạn bởi bán kính tương tác đó. Ánh sáng do đó cũng không thể lan truyền đi xa đến vô cùng với năng lượng bằng vô cùng được. Mà một khi năng lượng đã hữu hạn thì cũng có nghĩa là ánh sáng chỉ có thể chuyển động với vận tốc hữu hạn. Hơn thế nữa, năng lượng của nó sẽ phải giảm dần theo khoảng cách mà nó lan truyền cho tới không, tức là “bước sóng” của nó sẽ phải dài dần ra mà điều này đồng nghĩa với sự “già hóa” không thể cưỡng lại được – hiệu ứng Hubble “sự dịch chuyển về phía đỏ”. Và vì sự già hóa này chỉ có nguyên nhân từ kích thước hữu hạn của các hạt cơ bản cấu thành nên ánh sáng chứ không phải từ bản thân ánh sáng nên ánh sáng ở mọi mức năng lượng đều già hóa như nhau, mà điều này thì đã được các quan sát thiên văn xác nhận. Chính vì vậy, sự dịch chuyển về phía đỏ không phải là bằng chứng về một “vũ trụ giãn nở” mà chỉ đơn thuần là kết quả già hóa của ánh sáng theo khoảng cách. Nếu giả sử có các hạt “cơ bản” khác có không gian nội vi tiến tới vô cùng bé cấu thành nên một loại “siêu ánh sáng” nào đó thì khi đó, “siêu ánh sáng” này mới có khả năng đi xa đến vô cùng. Nói cách khác, việc đẩy lùi giới hạn dưới hướng tới vô cùng nhỏ đồng nghĩa với việc mở rộng giới hạn trên hướng tới vô cùng lớn. Lại một lần nữa có thể thấy sự hạn chế về nguyên tắc đối với nhận thức của chúng ta về thế giới vật chất vô cùng, vô tận không chỉ bởi vì bản thể nhận thức của chúng ta mà còn do chính Tự nhiên nữa. Các kính thiên văn hướng lên bầu trời chỉ có thể thu nhận được ánh sáng bên trong thiên cầu có bán kính không lớn hơn R_m .

Tuy nhiên, khác với thuyết Big Bang, sự tồn tại bán kính tương tác không có nghĩa là vũ trụ của chúng ta bị giới hạn trong phạm vi bán kính đó mà chỉ có nghĩa là nếu một thực thể vật lý được cấu tạo từ các hạt “cơ bản” thì tương tác của nó với các thực thể vật lý khác chỉ có thể có *tác dụng* trong phạm vi thiên cầu có bán kính đó mà thôi (khái niệm *tác dụng* – xem ở mục 3.4). Còn tất nhiên, vì vũ trụ vẫn là vô cùng, vô tận nên hoàn toàn có thể có những vật thể cũng được cấu tạo từ đúng những “hạt cơ bản” như chúng ta nhưng ở ngoài “thiên cầu” của chúng ta thì chúng cũng sẽ tương tác trong phạm vi thiên cầu riêng của chúng chỉ với bán kính R_m , và cứ như thế... thiên cầu này lại nối tiếp thiên cầu khác, chúng vẫn “đính với nhau” không trực tiếp được thì gián tiếp qua những thiên cầu trung gian khác (xem Hình 1) giống như những mắt xích trong một sợi dây xích vậy – vũ trụ chẳng bị giới hạn ở đâu cả trong khi tất cả mọi vật thể của nó đều liên quan lẫn nhau cho dù chúng có ở cách xa nhau đến mấy chẳng nữa.

Mặt khác, vì mọi vận động (cũng tức là mọi tồn tại) đều tuân theo quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập nên ngay cả dạng tồn tại “cơ bản” này cũng không thể ngoại trừ, chí ít ra cũng phải có hai mặt đối lập nhau tương ứng với hai loại hạt “cơ bản” đối lập nhau. Các mặt đối lập nhau đã được xét đến là: vô cùng bé (không gian nội vi) – vô cùng lớn (không gian ngoại vi), hút nhau (năng lượng <0) – đẩy nhau (năng lượng >0) như vậy chỉ còn lại một cặp đối lập khả dĩ nữa là “chủ động – thụ động”. Tính *chủ động* trong tương tác được hiểu là khả năng tác động trước lên các thực thể vật lý khác, là xuất phát điểm của tác động, còn tính *bị động* – là sự phản ứng lại khi bị tác động, là điểm kết thúc của tác động. Tuy nhiên, giữa chủ động và bị động lại liên hệ với nhau một cách biện chứng như 2 mặt đối lập của cùng một thể thống nhất chứ không đơn thuần chỉ như tác động và phản tác động hay nguyên nhân và kết quả trong quan hệ nhân quả. Nói như vậy có nghĩa là tính bị động cũng gây ảnh hưởng tới tính chủ động nhưng ảnh hưởng đó bao giờ cũng theo chiều hướng ngược lại.



Hình 1. Thiên cầu này lại nối tiếp thiên cầu khác, chúng vẫn “đính” với nhau không trực tiếp được thì gián tiếp.

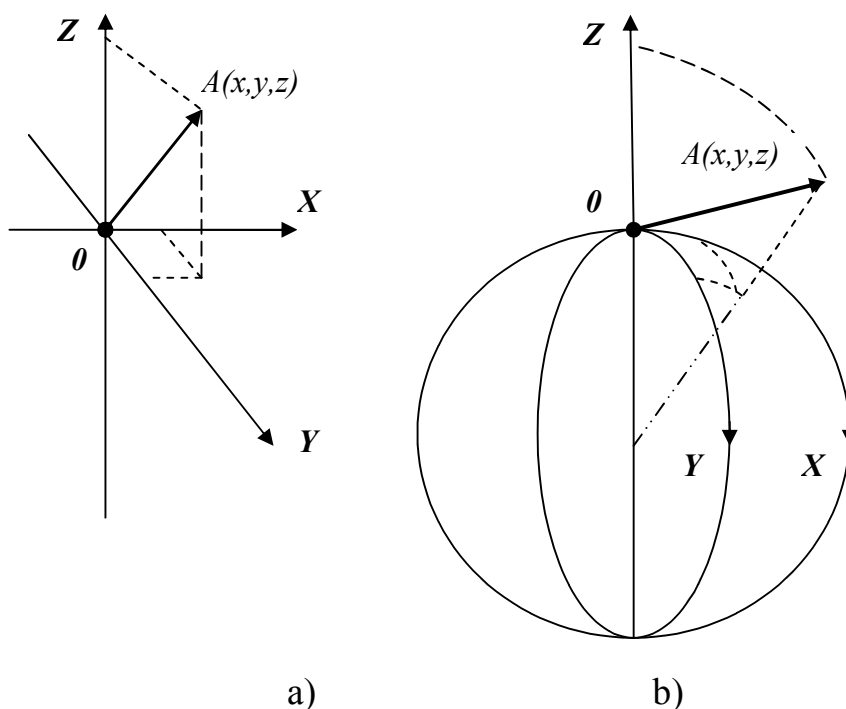
Cũng cần lưu ý thêm rằng, trong cơ học, đôi khi kích thước của các vật thể quá nhỏ so với khoảng cách giữa chúng nên có thể không cần quan tâm đến nữa,

và do đó để thuận tiện, các vật thể này có thể được coi là “chất điểm” nhưng “chất điểm” này không hề liên quan gì tới “hạt cơ bản” cả, ví dụ như các vệ tinh nhân tạo của Trái đất, các hành tinh của Hệ Mặt trời v.v.. khi xem xét chuyển động của chúng trên quỹ đạo.

3.2. Chuyển động cơ học và hệ quy chiếu.

Chuyển động cơ học (sau này gọi tắt là chuyển động) là sự thay đổi khoảng cách tương đối giữa vật thể này với vật thể khác. Như vậy, chuyển động cơ học của vật thể là một khái niệm tương đối – cần phải có một “cái gì đó” làm mốc để so sánh. “Cái gì đó” ấy có thể là một vật thể thật sự nào đó hoặc một thực thể giả định nào đó. Trên “cái gì đó” ấy dùng làm mốc này, chúng ta cần tạo ra số đo tương ứng với số chiều của không gian mà ta sẽ gọi là hệ tọa độ (HTĐ). Tương ứng với không gian vật chất, không gian vật lý và không gian hình học ta có HTĐ vật chất, HTĐ vật lý và HTĐ hình học với lưu ý rằng HTĐ vật chất và HTĐ vật lý chỉ có 3 chiều trong khi HTĐ hình học có thể có số chiều >3 , không hạn chế.

Kết hợp hệ HTĐ và đồng hồ đo thời gian ta có được cái gọi là hệ quy chiếu (HQC) – tương ứng với các HTĐ được sử dụng mà ta có HQC vật chất, HQC vật lý và HQC hình học.



Hình 2. Hệ tọa độ hình học và Hệ tọa độ vật chất.

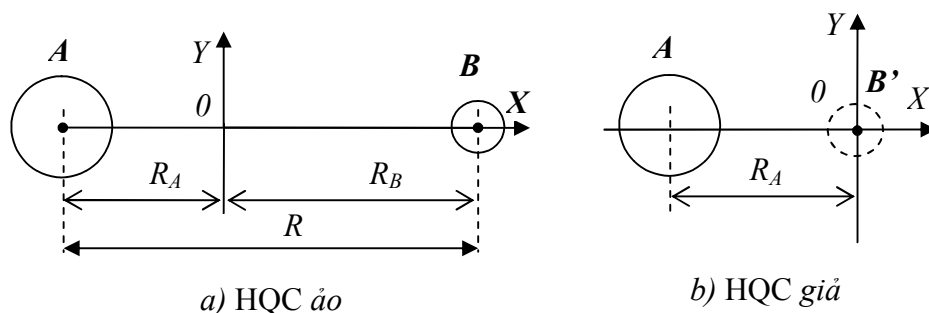
Nếu HQC được đặt trên một vật thể nào đó thì ta có *HQC thực*, nếu nó không được đặt trên một vật thể nào thì ta có *HQC ảo*. Các HQC thực có thể sử dụng 3 loại HTĐ vừa nói. Nếu HQC thực sử dụng HTĐ vật chất tương ứng với

không gian vật chất của chính vật thể làm mốc gồm gốc tọa độ lẫn các trục tọa độ thực (xem ví dụ trên Hình 2b) thì được gọi là *HQC thật*. Ở đây, có thể sử dụng hệ tọa độ cầu với 2 trục OY và OX hướng theo 2 hướng khác nhau ứng với trạng thái năng lượng không đổi và trục OZ hướng theo chiều giảm của lực trường thế; nếu nó sử dụng HTĐ vật lý hay HTĐ hình học thì chỉ được gọi là *HQC nhân tạo*.

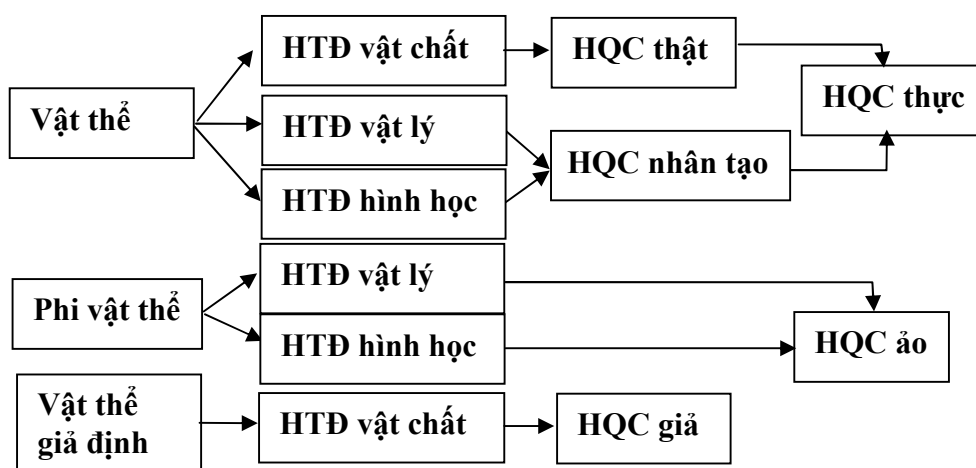
Trong HQC vật lý hay HQC hình học, việc mô tả chuyển động của vật thể không giống như trong HQC vật chất, nó cho ta các kết quả sai lệch so với thực sự những gì đang xảy ra. Chính vì vậy, nên lựa chọn HQC vật chất và hơn nữa, phải trên các vật thể mà trường lực thế của nó đóng vai trò quyết định tới chuyển động của vật thể tại điểm đang xem xét. Trong trường hợp ngược lại, phương trình chuyển động sẽ phản ánh không đúng sự thật những gì đang thực sự diễn ra. Các HQC ảo nói chung chỉ sử dụng HTĐ vật lý và HTĐ hình học (xem ví dụ trên Hình 2a). Việc sử dụng HQC ảo để nghiên cứu chuyển động của các vật thể trong trường hợp không thể chọn được một vật thể thích hợp để đặt HQC, tỷ dụ như bài toán chuyển động của 2 vật trong trường xuyên tâm, giá như có thể đặt một HQC tại khối tâm của hệ thì phương trình chuyển động sẽ đơn giản hơn, nhưng khối tâm của hệ có thể không thuộc về một vật thể nào cả mà chỉ thuần túy là một điểm trong không gian nội vi của hệ vật thể thỏa mãn một số điều kiện nào đó (xem mục 3.6). Khi đó, tại khối tâm hay tâm quán tính của hệ các thực thể vật lý, cần chọn một trục tọa độ trùng với một đường nối khối tâm của hệ với khối tâm của một vật thể nào đó, còn 2 trục tọa độ khác sẽ vuông góc với đường này. Như vậy, đối với HQC khối tâm này, chỉ có duy nhất một trục tọa độ là thực, còn 2 trục tọa độ khác cùng với gốc tọa độ là ảo và đó cũng là cách lựa chọn duy nhất. Song, vì HQC ảo không được gắn với một thực thể vật lý nào nên, về nguyên tắc, nó chỉ có thể mô phỏng được các thông số động học như vận tốc, gia tốc chuyển động và quỹ đạo và cùng lắm là động năng của chuyển động; nó không thể cho ta các thông số liên quan trực tiếp tới trường lực thế như thế năng chẳng hạn. Vì vậy, để khắc phục một phần tình trạng này, có một cách khác để sử dụng HQC ảo đó là chọn một vật thể giả định đặt ngay tại gốc của HTĐ sao cho nó có thể đại diện được cho toàn bộ phần các thực thể vật lý còn lại trong quan hệ tương tác với thực thể vật lý cần nghiên cứu. Khi đó, ta có được một *HQC giả*, tức là gần giống như một HQC vật chất thực thụ. Ví dụ trong “bài toán 2 vật” A và B , HQC ảo được chọn là HQC đặt tại khối tâm O của 2 vật thể đó (xem trên Hình 4a) còn đối với HQC giả, tại tâm O này ta đặt một vật thể giả định đại diện cho tác động của một trong 2 vật thể đó, ví dụ là vật thể B' , để nghiên cứu vật thể còn lại, ví dụ vật thể A , như trên Hình 3b. Khi đó, đối với vật thể A chỉ tồn tại vật thể giả định B' ngay tại gốc HQC nhưng mọi chuyển động của nó không thay đổi gì so với trước.

Trong các HQC nhân tạo cũng như HQC ảo, do không thể thực hiện được các phép đo hay các thí nghiệm thật nên phải hoàn toàn dựa vào những kết quả thí nghiệm và đo đạc trong HQC thật và nhờ vào những lý thuyết khả dĩ mà

chúng ta xây dựng nên để suy ra những hệ quả có thể áp dụng vào những HQC bán thật hay ảo đó. Tuy nhiên cũng chính vì vậy, có thể có sự sai lệch kết quả tính toán so với thực tế những gì thật sự xảy ra khi quay về HQC thật từ các HQC bán thật hay HQC ảo. Để dễ phân biệt các khái niệm mới này ta biểu diễn chúng theo sơ đồ trên Hình 4.



Hình 3. HQC khối tâm của 2 vật thể.



Hình 4. Sự hình thành các HQC

Cuối cùng, cần phải nhấn mạnh một điểm nữa là *trong các HQC thật đã được lựa chọn, hướng của chuyển động phải được so sánh với hướng của lực trường thế chứ không phải so với “hướng” mà ta quy ước đối với không gian vật lý hay không gian hình học*. Một vật chuyển động có hướng luôn luôn không đổi so với hướng của lực trường thế tại điểm mà nó đang ở đó được gọi là chuyển động thẳng, ví dụ như “rơi tự do” trong trường lực thế hay chuyển động “tròn” có tâm trùng với tâm của trường lực thế. Chuyển động thứ hai này không những không thay đổi về hướng so với hướng của lực trường thế (luôn vuông góc hướng của lực trường thế) mà còn không thay đổi cả về tốc độ nữa nên hoàn toàn có thể gọi là chuyển động “thẳng đều”, ví dụ như chuyển động của các vệ tinh xung quanh Trái đất, của các điện tử xung quanh hạt nhân nguyên tử... Ta

nói tới khái niệm “tròn” chỉ là bởi vì chúng ta “nhìn thấy” quỹ đạo chuyển động của các vật thể đó trong không gian vật lý mà ánh sáng tạo nên cho chúng ta. Đối với nhà du hành vũ trụ, khi không nhìn ra ô cửa sổ của trạm không gian, anh ta chắc chắn sẽ tuyên bố là mình đang “đứng yên hay cùng lắm là chuyển động thẳng đều” vì tất cả các dụng cụ đo gia tốc của anh ta đều chỉ bằng không. Như vậy, khái niệm “thẳng” hoàn toàn có tính tương đối, phụ thuộc vào loại tương tác. Chẳng hạn, đối với tương tác của Mặt trời thì chuyển động của vệ tinh Trái đất là tròn, nhưng đối với tương tác của Trái đất thì chuyển động này lại là “thẳng”; đối với tương tác của Trái đất thì chuyển động của các điện tử trong nguyên tử là “tròn”, nhưng với tương tác của hạt nhân nguyên tử thì chuyển động đó lại là “thẳng”, thậm chí hơn thế nữa – là “thẳng đều”. Vấn đề ở chỗ “tròn” hay “thẳng” chỉ là các khái niệm của không gian vật lý (được mô phỏng bởi hình học Euclid) trong đó ánh sáng được xem như tiêu chuẩn của “thẳng” mà không thể áp dụng được đối với một dạng không gian vật chất có các tương tác cụ thể. Cũng chính vì lý do này mà khi xây dựng hình học như một công cụ toán học tách rời khỏi vật thể, người ta không thể định nghĩa được đường thẳng mà phải nhờ đến một hệ thống các tiên đề và hậu quả là để ra các loại hình học khác nhau như đã nhắc tới ở mục 2.2. Chính vì vậy, sau này, chúng ta sẽ hạn chế đề cập đến “thẳng” hay “tròn” mà đối với chuyển động, chúng ta cần khái niệm khác tổng quát hơn, đúng cho mọi không gian vật chất, đó là *chuyển động theo quán tính*.

Nếu trạng thái năng lượng của vật thể không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động thì chuyển động đó được gọi là “chuyển động theo quán tính”. Chúng ta sẽ sử dụng khái niệm “chuyển động theo quán tính” này thay vì “chuyển động thẳng đều”. Chuyển động thẳng đều trong vật lý cổ điển khi không có lực tác động tuy cũng là một dạng chuyển động theo quán tính, nhưng chuyển động đó không tồn tại trên thực tế. Những chuyển động của vệ tinh quanh Trái đất, của các điện tử trong nguyên tử... như vừa nhắc tới trong các ví dụ ở trên đều là những “chuyển động theo quán tính”. Tuy nhiên, khác với cơ học cổ điển cho rằng mọi chuyển động theo quán tính là như nhau, từ đó mới xuất hiện nguyên lý tương đối Galileo, chúng ta lại có thể chứng minh được rằng với chuyển động trong trường lực thế thì chuyển động theo quán tính nhưng ở hai trạng thái năng lượng khác nhau sẽ tương ứng với hai lực trường thế khác nhau và do đó chúng không thể như nhau. Ví dụ 2 vệ tinh nhân tạo trên 2 quỹ đạo “tròn” khác nhau đối với Trái đất sẽ tương ứng với 2 trạng thái năng lượng khác nhau mà chỉ bằng các thí nghiệm xác định nội năng của mình, các nhà du hành vũ trụ sẽ phát hiện ra được chuyển động của chính mình.

Mặt khác, không như Aristotle cho rằng đứng yên là trạng thái mặc định đối với mọi thực thể vật lý và cũng không phải như Newton xem chuyển động thẳng đều là mặc định, trái lại, chúng ta cho rằng trạng thái mặc định của mọi thực thể vật lý phải là chuyển động với trạng thái năng lượng không thay đổi – còn gọi là chuyển động theo “quán tính”. Xét từ góc độ không gian hình học hay

không gian vật lý thì quan niệm của Galileo về tính mặc định của chuyển động tròn đều của các thiên thể có phần nào trùng với quan niệm này. Vấn đề là ở chỗ, nếu như chỉ có 2 thực thể vật lý hình thành một hệ cô lập khi có thể bỏ qua tác động của các thực thể vật lý khác thì chúng sẽ phải rơi tự do lên nhau theo đường nối tâm của 2 trường lực thế mà không thể chuyển động theo quán tính được. Nếu có nhiều vật thể ở cách xa nhau, nhưng tương tác giữa chúng lan truyền tức thời (với vận tốc bằng vô cùng lớn) thì chúng sẽ phải co cụm lại về khối tâm của chúng. Mở rộng ra đối với không gian vật chất là hữu hạn thì dưới tác dụng của lực hấp dẫn, toàn bộ các vật thể sẽ phải co cụm lại thành một thực thể duy nhất. Tuy nhiên, do vận tốc lan truyền tương tác hữu hạn nên sự ảnh hưởng của các vật thể ở những khoảng cách khác nhau sẽ không như nhau từ góc độ hướng tác động theo những thời điểm khác nhau như được chỉ ra trên Hình 6, mục 3.6. Nói cách khác, khối tâm của hệ các vật thể không phải là một điểm cố định mà bị dịch chuyển và xoay theo một góc nào đó – điều này tương đương với việc cả hệ bị xoay quanh khối tâm nếu trên đó ta đặt một HQC, tức là xuất hiện mô men động lượng trong HQC đó.

Mở rộng ra toàn Vũ trụ, chính nhờ có sự tương tác giữa các thực thể vật lý khác nhau với vận tốc lan truyền tương tác là hữu hạn, cùng với quan niệm về không gian vật chất vô cùng, vô tận đã khiến cho chuyển động của các vật thể bị lệch khỏi hướng rơi tự do, nhờ đó “sinh ra” mô men động lượng và kết quả là có thể hình thành nên các “quỹ đạo” chuyển động khác nhau, trong đó quỹ đạo chuyển động có trạng thái năng lượng không thay đổi, do hoàn toàn không tiêu tốn năng lượng, sẽ được duy trì bền vững nhất và đó cũng chính là trạng thái *chuyển động theo quán tính* đã nói. Các dạng quỹ đạo chuyển động khác, sớm hay muộn cũng sẽ kết thúc hoặc ở trạng thái này, hoặc rơi tự do khiến cho các vật thể chập lại với nhau.

Từ đây có thể thấy rất rõ là nếu như có thể bằng cách nào đó loại bỏ được hoàn toàn lực tương tác giữa các vật thể thì khi đó mới có được chuyển động thẳng đều như nguyên lý quán tính của Galileo hay định luật quán tính của Newton. Cũng chính vì lý do này, các yếu tố động lực học đã không có mặt trong các biến đổi Galileo hay biến đổi Lorenz; các biến đổi này chỉ liên quan tới các yếu tố động học như quãng đường (x, y, z), thời gian t và vận tốc V mà thôi. Chính vì vậy hệ thống cơ học cổ điển đã không thể phân biệt được các HQC “quán tính” với nghĩa là đứng yên hay chuyển động thẳng đều, nên đã cho rằng các HQC đó là tương đương nhau. Khi xuất hiện các yếu tố động lực như lực trường thế, gia tốc và khối lượng quán tính, hệ thống cơ học này đã không còn có thể áp dụng được nữa nên việc nảy sinh nghịch lý là một hậu quả tất yếu.

Như vậy, HQC đặt trên vật thể chuyển động theo quán tính gọi là *HQC quán tính*. Tuy nhiên, các HQC quán tính không thể tương đương nhau vì trạng thái năng lượng của chúng có thể rất khác nhau. Điều này cho thấy *nguyên lý tương đối Galileo và cả nguyên lý tương đối Einstein đều không còn đúng nữa*. Do trường lực thế của các thực thể vật lý rất khác nhau về quy mô, ví dụ như

Trái đất và con muỗi ở ví dụ trên, nên HQC đặt trên các vật thể có quy mô càng lớn thì phạm vi các hiện tượng có thể nghiên cứu được càng rộng, chính vì vậy khi xem xét từng trường hợp cụ thể, cần có những lựa chọn thích hợp mà không thể tùy tiện. Bên cạnh đó, do HQC vật chất trong nhiều trường hợp không cho phép chúng ta “nhìn tận mắt” những gì thật sự đang xảy ra, trong khi HQC hình học có tính trực quan hơn, dễ tiếp cận hơn nên tùy từng trường hợp cụ thể mà lựa chọn HQC thích hợp, song khi đó cần phải tính đến sự sai khác giữa các HQC mà đưa vào những điều chỉnh thích hợp.

3.3. Đại lượng vô hướng và đại lượng véc tơ

Để nhận thức thế giới, con người có nhiều cách tiếp cận khác nhau trong đó phải kể đến cách truy tìm bản chất của các hiện tượng và sự vật thông qua những tính chất được biểu hiện ra của chúng; những tính chất này tuy chỉ riêng về chất, đặc trưng cho một mặt nhất định nào đó của chúng, nhưng lại có vô số mức độ về lượng và được gọi là *đại lượng*. Nếu một tính chất chung về chất cho nhiều đối tượng vật lý nhưng lại riêng về lượng cho mỗi đối tượng trong chúng thì gọi là *đại lượng vật lý*. Các đại lượng vật lý cho phép chúng ta đo đạc được và do vậy, trên thực tế, chúng ta sẽ chỉ đề cập tới loại đại lượng này mà thôi – để đơn giản, sau này chúng ta sẽ nói tới đại lượng nhưng chỉ được hiểu là các đại lượng vật lý.

Người ta phân biệt *đại lượng vô hướng* và *đại lượng véc tơ*.

Đại lượng vô hướng là loại đại lượng vật lý mà giá trị của nó như nhau ở mọi hướng trong không gian. Nó chỉ cần một đặc trưng duy nhất là độ lớn tương ứng. Có thể lấy ví dụ như khối lượng, nhiệt độ, hằng số hấp dẫn v.v..

Đại lượng véc tơ là loại đại lượng vật lý chỉ có giá trị theo một hướng nhất định trong không gian, còn ở những hướng khác, giá trị của nó bằng không. Chúng được đặc trưng bởi ba yếu tố: điểm đặt, độ lớn và hướng. Ví dụ như vận tốc hay gia tốc chuyển động của một vật thể, lực tác động của vật thể này lên vật thể khác v.v.. Đại lượng véc tơ được biểu diễn bởi một đoạn thẳng có mũi tên với gốc là điểm đặt của đại lượng, hướng của mũi tên biểu diễn hướng của đại lượng, còn chiều dài đoạn thẳng biểu diễn độ lớn của đại lượng đó như được chỉ ra trên Hình 5a.

Bên cạnh sự khác nhau về tính định hướng của 2 đại lượng: vô hướng và véc tơ, giữa chúng còn có sự khác biệt đối với phép toán áp đặt lên chúng. Với các đại lượng vô hướng, phép toán được thực hiện như đối với các biến số thông thường, trong khi đó, với các đại lượng véc tơ, cần phải sử dụng giải tích véc tơ như đã biết. Tuy nhiên, khi áp dụng giải tích véc tơ đối với một số đại lượng vật lý trong cơ học chất điểm như từ trước tới nay vẫn làm thực ra là không đầy đủ, xét từ quan điểm của CDM. Có thể lấy ví dụ về phép cộng 2 véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B theo quy tắc hình bình hành như trên Hình 5b, theo đó:

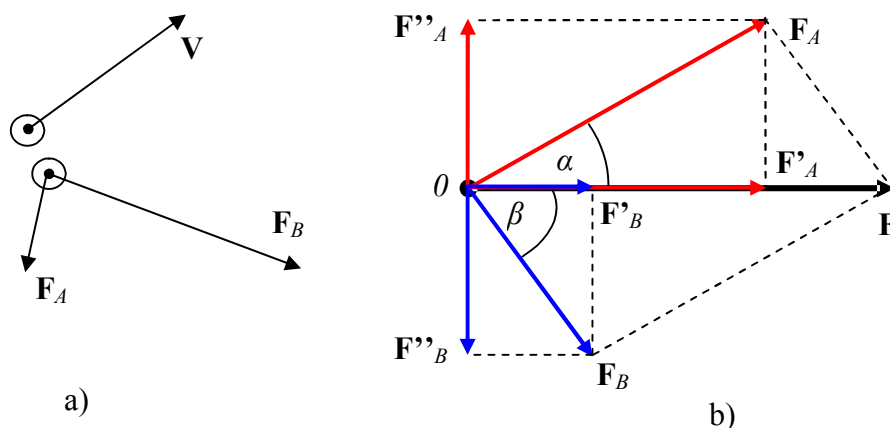
$$|\mathbf{F}| = |\mathbf{F}_A + \mathbf{F}_B| = \sqrt{F_A^2 + 2F_A F_B \cos\varphi + F_B^2} \quad (1.1)$$

ở đây φ là góc giữa 2 véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B . Có thể thấy ngay rằng véc tơ tổng hợp \mathbf{F} thật ra chỉ mới là tổng của 2 véc tơ \mathbf{F}'_A và \mathbf{F}'_B – là các hình chiếu của các véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B tương ứng lên hướng của véc tơ \mathbf{F} mà thôi:

$$F'_A = F_A \cos \alpha, \quad F'_B = F_B \cos \beta; \quad (1.2)$$

bản thân các véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B còn có 2 hình chiếu \mathbf{F}''_A và \mathbf{F}''_B tương ứng lên phương vuông góc với véc tơ \mathbf{F} nữa:

$$F''_A = F_A \sin \alpha, \quad F''_B = F_B \sin \beta. \quad (1.3)$$



Hình 5. Các đại lượng véctơ

Song, vì các véc tơ này bằng nhau về độ lớn nhưng ngược nhau về hướng nên, theo giải tích véc tơ, tổng của chúng phải bằng không:

$$\mathbf{F}''_A + \mathbf{F}''_B = 0 \quad (1.4)$$

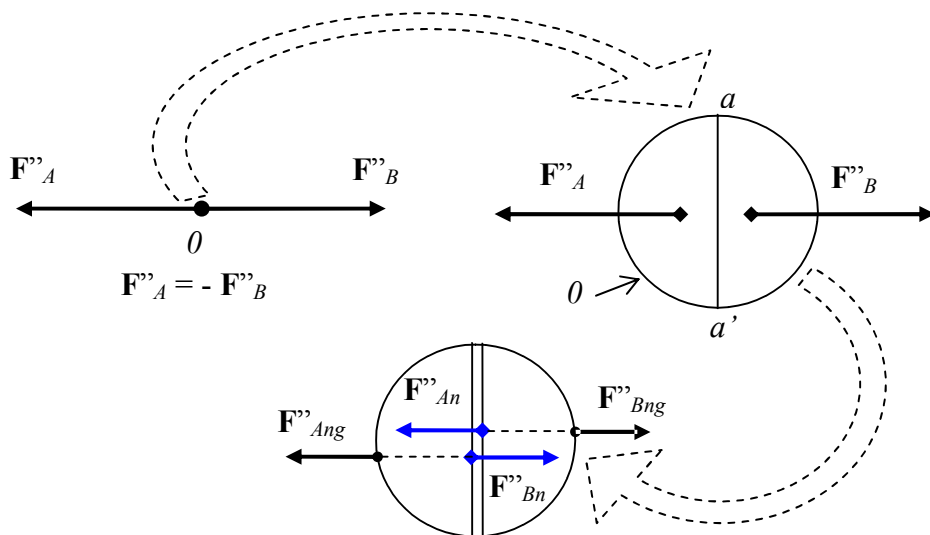
và kết quả là người ta chỉ quan tâm tới 2 thành phần \mathbf{F}'_A và \mathbf{F}'_B .

Nếu xét từ góc độ toán học thuần túy thì chắc sẽ không có gì để nói. Đối tượng của giải tích véc tơ là bản thân véc tơ với 3 đặc trưng vừa liệt kê ở trên trong đó điểm đặt của véc tơ cũng chỉ là một đối tượng hình học không kèm theo bất cứ một đặc tính vật chất nào, độc lập với các đối tượng khác và với không gian xung quanh nó. Tuy nhiên, nếu xem xét một cách kỹ lưỡng từ góc độ vật lý, ta sẽ thấy ngay có sự khác biệt rất lớn giữa việc không có bất cứ một véc tơ nào đặt lên vật thể và tổng các véc tơ đặt lên nó bằng không nhưng mỗi véc tơ thành phần lại khác không và thậm chí có thể rất lớn. Trong trường hợp thứ nhất, trạng thái của vật thể không có gì xáo động, nhưng trong trường hợp thứ hai, sự biến động xảy ra bên trong nó chắc chắn không thể nào tránh khỏi. Khi xem xét các véc tơ động học như vận tốc hay gia tốc, các biến động đó có thể không cần tính đến, nhưng đối với các véc tơ động lực học như lực, năng lượng ... thì dù muốn không tính đến cũng không thể được.

Sự biến động này cho đến nay không được cơ học quan tâm đến vì không nhìn thấy mối tương quan biện chứng giữa không gian nội vi với không gian ngoại vi, giữa nội năng và ngoại năng (xem mục 1.3.4 dưới đây), giữa nội lực và

ngoại lực (xem mục 1.3.5) của cùng một thực thể vật lý. Bên cạnh đó là việc thay thế 2 véc tơ có chung một điểm đặt nhưng khác nhau về hướng (ví dụ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B) bằng chỉ một véc tơ (\mathbf{F}) theo quy tắc hình bình hành là không tương đương như được rút ra từ các biểu thức (1.1) – (1.3). Ở đây, thành phần \mathbf{F}''_A và \mathbf{F}''_B xác định theo (1.3) về thực chất đã bị loại ra khỏi phạm vi xem xét trong khi nó vẫn tiếp tục tồn tại và có tác dụng (xem *tác dụng* ở mục 1.3.6). Chỉ có một tình huống duy nhất có được sự tương đương là khi $\varphi = 0$, các véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B có cùng một hướng và cùng với hướng của véc tơ thay thế \mathbf{F} , ngoài ra chúng còn có cùng điểm đặt và cùng độ lớn: $F = F_A + F_B$ – tức là cả 3 đặc tính của một véc tơ đều như nhau – 2 véc tơ như vậy mới có thể được coi là hoàn toàn tương đương. Chính vì vậy, việc sử dụng giải tích véc tơ như một mô hình của thế giới vật chất phụ thuộc lẫn nhau dẫn đến sự sai lệch là điều không thể tránh khỏi.

Vấn đề là cần phải tính đến được những sai lệch và loại bỏ chúng để đến được với bản chất đích thực của sự vật và hiện tượng. Để làm được việc này, việc đầu tiên là cần phải tính đến được ảnh hưởng của các véc tơ \mathbf{F}''_A và \mathbf{F}''_B cho dù tổng của chúng $= 0$ theo (1.4) bằng cách “phóng đại” điểm đặt 0 của chúng như trên Hình 6 vì khái niệm “điểm” đối với không gian vật chất không đồng nghĩa với không có kích thước như đã được đề cập đến ở mục 1.1.2; và để mô phỏng tác động của 2 véc tơ này hãy hình dung chúng tác động riêng rẽ lên 2 “nửa của điểm” 0 được chia tách bởi đường phân cách aa' với ngụ ý rằng chúng có xu hướng “tách rời” điểm 0 đó làm 2 phần. Để thấy được sự chia tách và phân bố lại các véc tơ này vào “bên trong” điểm đặt 0 đó, và để dễ phân biệt, ta gọi những véc tơ nằm “bên ngoài” điểm đặt là *ngoại véc tơ*, còn những véc tơ nằm “bên trong” điểm đặt là *nội véc tơ*.



Hình 6. Mô hình nội véc tơ và ngoại véc tơ tại điểm đặt 0

Trong trường hợp này, ngoại véc tơ là \mathbf{F}''_{Ang} và \mathbf{F}''_{Bng} , còn nội véc tơ là \mathbf{F}''_{An} và \mathbf{F}''_{Bn} , tất cả các véc tơ này đều có giá trị như nhau và từng cặp một triệt tiêu

nhau vì ngược nhau về hướng. Như vậy, việc cộng 2 véc tơ không chỉ nhận được đơn thuần 1 véc tơ tổng hợp theo quy tắc hình bình hành như giải tích véc tơ vẫn làm – đó mới chỉ là véc tơ chỉ ra hướng trong không gian ngoại vi, mà còn cần tính đến ảnh hưởng của nó đồng thời đến không gian nội vi như vừa xét mới cho ta kết quả đầy đủ của cái gọi là *tác động tổng hợp của 2 véc tơ*. Sau này chúng ta sẽ đánh giá chi tiết và đầy đủ trong các mục 1.3.4 và 1.3.5 đối với năng lượng và lực tác động.

3.4. Tương tác và năng lượng

1. Tương tác – là một khái niệm cơ bản để chỉ nguyên nhân tồn tại các dạng vật chất khác nhau, nói một cách khác, một dạng vật chất nào đó chỉ có thể tồn tại khi giữa nó với các dạng vật chất khác có sự tương tác lẫn nhau. Không có khái niệm tồn tại “tự thân”. Nguồn gốc của mọi sự vận động là tương tác, vì không tương tác đồng nghĩa với không tồn tại, mà đã không tồn tại thì không thể vận động. Trong vật lý cho đến nay, người ta cho rằng tồn tại 4 tương tác được coi là *cơ bản* với nghĩa là chúng tồn tại độc lập, không phụ thuộc vào HQC, đó là tương tác hấp dẫn, điện từ, mạnh và yếu. Trước Maxwell, người ta thậm chí còn nghĩ rằng điện và từ là 2 dạng tương tác độc lập nhau, tuy nhiên, sự thống nhất giữa điện và từ theo các phương trình của Maxwell đã gợi ý về một khả năng thống nhất tất cả các tương tác có trong Tự nhiên. Để làm được việc này, trước tiên cần phải xác định lại cái gọi là *tương tác cơ bản* vì theo tiêu chí đã nêu, chỉ có hấp dẫn, mạnh và yếu mới thực sự đáp ứng được còn *tương tác từ* thì dường như lại phụ thuộc vào hệ quy chiếu mà từ trường có thể biến mất hay xuất hiện. Sự biến mất hay xuất hiện của từ trường này tự nó đã nói lên rằng nó không phải là một tương tác độc lập đối với HQC và do đó không thể là *tương tác cơ bản* – nó khiến ta liên tưởng tới hiện tượng ma sát hay sức cản của không khí lên vật chuyển động, chỉ khác trong trường hợp này là tương tác trên khoảng cách (trong không gian ngoại vi) chứ không phải trực tiếp giữa các vật thể (giữa các không gian nội vi với nhau). Nhưng như vậy, việc thống nhất mà vật lý học đặt ra đối với cái gọi là “các tương tác cơ bản” đã bị khập khiễng ngay từ đầu bởi chính từ việc coi tương tác *điện từ* là một tương tác cơ bản chứ không phải là tương tác *điện* đứng riêng độc lập.

Mặt khác, căn cứ vào quy luật vận động thứ nhất của vật chất, tương tác phải có 2 mặt đối lập nhau đó là hút nhau và đẩy nhau. Thật dễ hiểu, nếu tương tác chỉ có hút nhau thì toàn Vũ trụ sẽ bị co lại thành một điểm, còn nếu chỉ có đẩy nhau thì chẳng có bất cứ vật thể nào được hình thành – Vũ trụ sẽ bị “tan loãng” ra ở vô cực – trong cả 2 trường hợp, có khác gì Vũ trụ biến mất? Để dễ phân biệt, ta quy ước tương tác hút nhau mang dấu âm (<0) còn tương tác đẩy nhau mang dấu dương (>0). Xét từ góc độ này, tương tác hấp dẫn, tương tác mạnh và tương tác yếu đều không thỏa mãn vì hấp dẫn và tương tác mạnh chỉ có hút nhau còn tương tác yếu lại chỉ đẩy nhau, do đó chúng không thể là *tương tác*

cơ bản! Trái lại, chúng chỉ là những dạng tương tác “dẫn xuất” từ tương tác khác “cơ bản” hơn! Nói cách khác, để thỏa mãn quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập – quy luật vận động cơ bản thứ nhất của vật chất, chỉ duy nhất có tương tác điện – tương tác Coulomb. Vấn đề là phải chứng minh được các tương tác còn lại chỉ là các biểu hiện khác nhau của tương tác Coulomb nhờ vào quy luật vận động cơ bản thứ hai “lượng đổi – chất đổi”. Vì tương tác luôn xảy ra giữa các vật thể khác nhau có định hướng rõ ràng nên nó là đại lượng véc tơ. Để đặc trưng cho nguyên nhân hay kết quả của tương tác giữa các dạng vật chất, ta đưa ra khái niệm “năng lượng”.

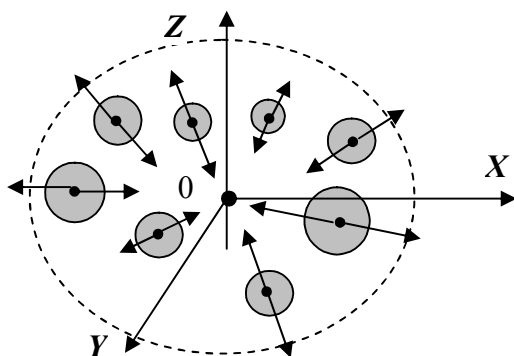
2. Năng lượng của một dạng vật chất nào đó là khả năng hoặc/và kết quả của sự tương tác giữa dạng vật chất đó với các dạng vật chất khác.

Có thể thấy ở đây một chuỗi sự kiện nối tiếp nhau: khả năng tương tác (năng lượng) → tương tác (năng lượng được giải tỏa) → khả năng tương tác mới (năng lượng mới) → tương tác (năng lượng mới lại được giải tỏa) → v.v.. Tức là khả năng của một tương tác này có thể dẫn đến một năng lượng được giải tỏa, và rồi kết quả của việc giải tỏa năng lượng này lại có khả năng gây ra một tương tác mới, ... cứ như thế không ngừng nghỉ. Quy luật vận động thứ hai quy định khi nào thì các sự kiện sẽ phải diễn ra hoặc không thể diễn ra. Vậy, vấn đề là trong hai đại lượng này – tương tác và năng lượng, đâu là nguyên nhân còn đâu là kết quả? Hãy liên tưởng tới nghịch lý “quả trứng và con gà”. Ở đây, không phải đơn giản chỉ là nói tới hai đối tượng mà là rất nhiều các đối tượng khác nhau theo một chuỗi các sự kiện nối tiếp nhau. Vấn đề là nếu lần ngược lại trình tự các sự kiện thì sớm hay muộn cũng phải tìm ra được một nguyên nhân đầu tiên, đích thực, nhưng điều đó cũng chỉ có nghĩa đối với chính sự kiện đầu tiên đó mà thôi, vì vậy, tốt hơn cả là chỉ nên phân biệt tính nhân quả của hai khái niệm này khi thật sự cần thiết trong một tình huống cụ thể.

Mặt khác, vì tương tác là đại lượng véc tơ nên năng lượng do nó sinh ra hoặc năng lượng để sinh ra nó cũng phải là đại lượng véc tơ. Không những thế, đã là đại lượng véc tơ thì năng lượng cũng phải có điểm đặt giống như lực hay vận tốc – điểm đặt của véc tơ năng lượng chỉ ra nguồn gốc phát sinh năng lượng hoặc nơi tương tác được sinh ra do năng lượng đó. Cũng chính vì vậy, quy tắc cộng năng lượng là “quy tắc hình bình hành”, tức là quy tắc cộng hình học. Điều này thoạt nghe có vẻ như không bình thường theo quan niệm của vật lý hiện hành theo đó năng lượng được coi là đại lượng vô hướng và được cộng theo quy tắc cộng đại số. Nhưng sau này chúng ta sẽ thấy quan niệm này là hoàn toàn sai lầm và điều này ảnh hưởng nghiêm trọng tới kết quả của việc đánh giá định luật bảo toàn năng lượng được xem như một trong những định luật cơ bản của vật lý học. Thêm nữa, đã nói tới năng lượng của một thực thể vật lý hay một hệ các thực thể vật lý là phải nói tới HQC trong đó năng lượng này được xác định chứ không có khái niệm năng lượng chung chung.

Nếu năng lượng của thực thể vật lý (hay của hệ thực thể vật lý) được xác định trong HQC khối tâm hay HQC đứng yên so với khối tâm của thực thể vật lý (hay của hệ thực thể vật lý) đó thì gọi là năng lượng tuyệt đối của thực thể vật lý (hay của hệ thực thể vật lý), còn nếu nó được xác định trong HQC thật, chuyển động tương đối so với thực thể vật lý (hay so với hệ thực thể vật lý) đó thì gọi là năng lượng tương đối. Khái niệm khối tâm xem ở mục 3.6. Ngoài ra, vì bất kỳ dạng vật chất nào cũng đều có không gian nội vi và không gian ngoại vi nên năng lượng toàn phần phải bao gồm cả nội năng và ngoại năng tương ứng với 2 vùng không gian này của nó.

+ Nội năng của một dạng vật chất nào đó là năng lượng hàm chứa bên trong không gian nội vi của dạng vật chất đó, bao gồm cả khả năng lẫn kết quả của những tương tác ngay bên trong không gian nội vi của một dạng vật chất nào đó; nó quy định kích thước, hình dạng, các tính chất hóa lý v.v.. tức là duy trì sự tồn tại của một dạng vật chất nào đó như là chính nó đang có. Như vậy, nội năng của một dạng vật chất là khái niệm độc lập tương đối so với các dạng vật chất khác. Nếu nội năng của một dạng vật chất nào đó thay đổi vượt quá một mức độ nhất định thì nó sẽ không còn là nó nữa. Chẳng hạn như một cục băng, nếu nhận thêm nhiệt lượng nó có thể tan thành nước, và nếu tiếp tục nhận thêm nữa, nó có thể hóa thành hơi v.v.. Tuy nhiên, sự độc lập này chỉ là tương đối vì không gian nội vi của bất kể vật thể nào cũng đều nằm trong các không gian ngoại vi của tất cả các vật thể khác và do đó tuy gọi là “nội năng” nhưng nó vẫn phải chịu sự chi phối của các vật thể bên ngoài nó mà không thể hoàn toàn “khép kín” được. Sự chi phối này được thực hiện thông qua ngoại năng của nó vì giữa nội năng và ngoại năng lại luôn phụ thuộc lẫn nhau. Tương ứng với 2 HQC ở trên ta có nội năng tuyệt đối và nội năng tương đối. Tuy nhiên, vì bất kể dạng vật chất nào cũng đều được cấu tạo từ các dạng vật chất thành phần nên nội năng của thực thể vật lý phải bao gồm toàn bộ năng lượng của các dạng vật chất thành phần này trong phạm vi không gian nội vi của vật thể đó (xem Hình 7). Vì vậy, có thể có 2 cách đánh giá khác nhau tương ứng với 2 khái niệm nội năng khác nhau.



Hình 7. Nội năng của vật thể trong HQC khối tâm của nó

Nội năng cơ đánh giá bằng tổng véc tơ các năng lượng thành phần:

$$\mathbf{W}_n = \sum_1^N \mathbf{W}_{ni} . \quad (4)$$

Tương ứng với nội năng tuyệt đối hay nội năng tương đối mà ta cũng có nội năng cơ tuyệt đối hay tương đối. Vì là tổng của các véc tơ thành phần nên véc tơ tổng này sẽ chỉ ra hướng lan truyền năng lượng bên trong không gian nội vi của thực thể vật lý. Nhưng như vậy, nội năng cơ không đặc trưng được cho các vật thể khác nhau khi tất cả chúng đều trong trạng thái ổn định. Để đạt mục đích này, cần sử dụng thêm khái niệm *nội năng tổng*.

Nội năng tổng đánh giá bằng tổng các modul năng lượng thành phần:

$$W_n = \sum_1^N W_{ni} . \quad (5)$$

Tương tự như với nội năng cơ, ta cũng có nội năng tổng tuyệt đối và nội năng tổng tương đối tùy thuộc vào nội năng thành phần là tuyệt đối hay là tương đối. Khi đó, ứng với mỗi một trạng thái của vật thể sẽ có một mức năng lượng tổng tương ứng, xác định để đặc trưng cho nó khác với các vật thể khác. Tuy nhiên, nội năng tổng xác định theo (5) về thực chất chỉ là đặc trưng mang tính thống kê. Hiệu giữa nội năng tổng với modul của nội năng cơ chính là năng lượng đặc trưng cho trạng thái quá độ tiến tới cân bằng của thực thể vật lý:

$$W_{n\Delta} = \sum_1^N W_{ni} - \left| \sum_1^N \mathbf{W}_{ni} \right| . \quad (6)$$

+ *Ngoại năng của một dạng vật chất nào đó là năng lượng bộc lộ trong phần không gian ngoại vi của nó, là khả năng hoặc/và kết quả những tương tác của một dạng vật chất nào đó với các dạng vật chất khác.* Do đó, ngoại năng của một dạng vật chất đương nhiên phải phụ thuộc vào các dạng vật chất khác mà nó tương tác, chẳng hạn, ngoại năng của Trái đất so với Mặt trời là rất lớn vì tương tác giữa chúng đạt tới những giá trị khổng lồ, nhưng sẽ chẳng là gì cả theo quan điểm của một con muỗi vì trong mọi trường hợp, tương tác giữa nó với Trái đất là rất nhỏ. Ngoại năng là đại lượng véc tơ, tuy nhiên, khác với véc tơ vận tốc, tổng véc tơ ngoại năng của một thực thể vật lý =0 không đồng nghĩa với năng lượng bị “triệt tiêu” (bị biến mất) mà chỉ có nghĩa là một phần ngoại năng đã chuyển thành nội năng của thực thể vật lý (giống như tổng véc tơ lực tác động lên thực thể vật lý ở mục 3.3) và vì vậy, tương tự như nội năng, cũng cần phân biệt *ngoại năng cơ* bằng tổng véc tơ:

$$\mathbf{W}_{ng} = \sum_1^n \mathbf{W}_{ngi} \quad (7)$$

và ngoại năng tổng bằng tổng modul các thành phần ngoại năng:

$$W_{ng} = \sum_1^n W_{ngi} \quad (8)$$

Vì là cộng modul nên ngoại năng tổng cũng chỉ là đặc trưng mang tính thống kê. Hiệu giữa ngoại năng tổng (8) với modul của ngoại năng cơ (7) chính là phần ngoại năng được sử dụng cho cân bằng năng lượng giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi khi chuyển sang trạng thái cân bằng mới:

$$\Delta W_{ng} = \left(\sum_i W_{ngi} - \left| \sum_i \mathbf{w}_{ngi} \right| \right). \quad (9)$$

Vì để đạt được cân bằng, sự chuyển hóa năng lượng luôn xảy ra đồng thời và như nhau đối với cả nội năng và ngoại năng trong cùng một thực thể vật lý nên ngoại năng toàn phần của thực thể vật lý sẽ bớt đi một lượng bằng $\frac{1}{2}\Delta W_{ng}$:

$$W_{ng\Sigma} = W_{ng} - \frac{1}{2}\Delta W_{ng} \quad (10)$$

để chuyển cho nội năng nên nội năng toàn phần tương ứng của nó sẽ phải cộng thêm một lượng đúng bằng $\frac{1}{2}\Delta W_{ng} = \Delta W_n$:

$$W_{n\Sigma} = W_n + \Delta W_n. \quad (11)$$

Nếu là một hệ kín, năng lượng toàn phần luôn luôn là một đại lượng bảo toàn chứ không phải là năng lượng cơ:

$$W = W_{n\Sigma} + W_{ng\Sigma} = const. \quad (12)$$

Sự bảo toàn năng lượng toàn phần chỉ xảy ra khi các vật thể chuyển động rơi tự do hay theo quán tính trong trường lực thế.

Ngoài ra, đôi khi chúng ta không cần quan tâm tới toàn bộ năng lượng của thực thể vật lý hay của hệ các thực thể vật lý mà chỉ muốn xem xét một thành phần trong đó quyết định tới sự hình thành hay tan rã của chúng, tức là gây nên sự hút hay đẩy nhau – vấn đề liên quan tới dấu của năng lượng. Khi đã xem xét tới dấu của năng lượng có nghĩa là chúng ta đã giới hạn phạm vi những năng lượng theo một hướng nào đó chứ không liên quan tới các biểu thức năng lượng cơ và năng lượng tổng vừa xét ở trên. Vì vậy ta đưa thêm một khái niệm nữa là *năng lượng liên kết*.

+ *Năng lượng liên kết được hiểu là thành phần năng lượng của thực thể vật lý hay hệ thực thể vật lý nhằm duy trì hay phá vỡ liên kết bên trong nội bộ của thực thể vật lý hay của hệ các thực thể vật lý đó.*

Năng lượng liên kết này do đó sẽ là một thành phần của nội năng đối với bản thân thực thể vật lý cũng như đối với hệ các thực thể vật lý đó. Nhưng mặt khác, nó có thể sẽ là một thành phần của ngoại năng của những thực thể vật lý cấu thành nên hệ các thực thể vật lý đó khi xem xét mối tương quan giữa thực thể vật lý này với các thực thể vật lý khác. Tương ứng với 2 dạng tương tác <0 và >0 ta cũng có 2 dạng năng lượng liên kết <0 và >0 , nhưng do tính chất đan xen và tiếp nối giữa các sự kiện “tương tác – năng lượng – tương tác” vừa nói, năng lượng liên kết <0 vừa có thể được hiểu như nguyên nhân dẫn đến tương tác hút nhau, ví như thế năng hấp dẫn giữa 2 vật thể, vừa có thể được coi như kết quả của tương tác hút nhau, ví như động năng rơi tự do trong trường hấp dẫn (các khái niệm *động năng* và *thế năng* xem ở mục 3.4), năng lượng liên kết >0 thì ngược lại, vừa có thể được hiểu như nguyên nhân dẫn đến tương tác đẩy nhau, ví như thế năng giữa 2 điện tích cùng dấu, vừa có thể được coi như kết quả của tương tác đẩy nhau, ví như động năng rời xa nhau của 2 điện tích đó. Mặt khác, việc xem xét năng lượng liên kết >0 hay <0 còn phụ thuộc vào quan hệ cụ thể giữa các dạng vật chất cụ thể; đối với quan hệ này, năng lượng liên kết có thể là <0 nhưng đối với quan hệ khác, năng lượng liên kết lại có thể là >0 , chẳng hạn, năng lượng liên kết của một electron nào đấy trong nguyên tử này là <0 nhưng năng lượng liên kết của cùng electron đó đối với những nguyên tử khác lại có thể là >0 . Trong phân tử O_2 , tồn tại những electron có năng lượng liên kết <0 đối với cả 2 nguyên tử O trong phân tử đó, nhờ đó mới hình thành nên phân tử. Tuy nhiên, xét về tổng thể toàn bộ thế giới vật chất luôn luôn vận động thì tổng năng lượng liên kết chỉ có thể ≤ 0 vì nếu như năng lượng liên kết về tổng thể mà >0 thì có nghĩa là lực đẩy có vai trò chủ đạo nên không thể hình thành nên bất kỳ một dạng vật chất nào và kết quả là Vũ trụ sẽ bị “tan loãng” ra – cũng tương đương sự biến mất của nó vậy.

Vì ngoại năng là khả năng hay kết quả tương tác giữa các dạng vật chất nên dấu của năng lượng liên kết được xét đương nhiên phải trùng với dấu của tương tác giữa các dạng vật chất, có nghĩa là có thể <0 , có thể là >0 mà cũng có thể $=0$. Điều này đương nhiên cũng đúng với nội năng của một dạng vật chất nhất định – nội năng liên kết có thể <0 , có thể >0 mà cũng có thể có thể $=0$. Nếu nội năng liên kết đó mà <0 (được hiểu là lực hút lẫn nhau giữa các phần tử cấu thành nên vật thể luôn thắng thế so với các lực đẩy giữa chúng) thì vật thể luôn trong trạng thái co dãn lại. Ngược lại, nội năng liên kết đó mà >0 (được hiểu là lực đẩy lẫn nhau giữa các phần tử cấu thành nên vật thể luôn thắng thế so với các lực hút giữa chúng) thì vật thể luôn trong trạng thái dãn nở, không thể có một kích thước ổn định. Tuy nhiên, do không gian nội vi của các phần tử cấu thành luôn có một giới hạn xác định khác không (xem vật thể có không gian nội vi nhỏ nhất ở mục 3.1) và ngoài ra còn có sự chuyển động tương đối giữa các phần tử này nên sự co lại cũng chỉ có giới hạn, và chính giới hạn này hình thành nên cái gọi là “không gian nội vi” của vật thể đó. Sự giãn nở hay co lại của vật thể cuối

cùng đều dẫn đến trạng thái cân bằng tương ứng với nội năng liên kết $=0$, khi đó, vật thể mới có được hình dạng ổn định.

Nội năng liên kết của một vật thể đang là <0 có thể chuyển sang >0 nếu như nó nhận thêm năng lượng >0 từ bên ngoài và, ngược lại, nội năng liên kết của một vật đang là >0 có thể chuyển sang <0 nếu như nó bớt đi năng lượng >0 cho các dạng vật chất khác bên ngoài. Ví dụ, một cục sắt đang nguội dần có năng lượng liên kết <0 nhưng đốt nóng nó lên thì nội năng liên kết của nó có thể trở nên >0 và ngược lại; nội năng liên kết của nó sẽ bằng không khi trạng thái cân bằng năng lượng mới được xác lập. Như vậy, sự xác lập một trạng thái năng lượng không chỉ có nguyên nhân từ nó mà còn có cả nguyên nhân từ bên ngoài. Chính nhờ quan niệm năng lượng là đại lượng véc tơ và có sự chuyển hóa qua lại giữa nội năng và ngoại năng mà “nghịch lý động năng” đã được gỡ bỏ.

3. Các nguyên lý bảo toàn và trao đổi năng lượng.

Ở trên đây, ta đã nói tới tương tác nghĩa là tác động qua lại mà điều này gắn chặt với quá trình trao đổi năng lượng, tức là vật thể này cho đi năng lượng thì vật thể khác sẽ nhận lấy năng lượng đó. Việc tiếp nhận hay cho đi năng lượng do tác động này của bất kỳ thực thể vật lý nào cũng đều dẫn đến sự thay đổi năng lượng toàn phần của tất cả các thực thể vật lý tham gia vào quá trình trao đổi này. Tuy nhiên, tùy thuộc vào cấu trúc cụ thể của từng dạng vật chất cụ thể mà sự thay đổi năng lượng này có thể diễn ra nhiều hay ít ở ngoại năng hay ở nội năng của nó. Trong cơ học, người ta thường lý tưởng hóa một thực thể vật lý thành chất điểm hay vật rắn tuyệt đối, về thực chất là đã giả thiết rằng nội năng của nó hoặc bằng không, hoặc bằng vô cùng, vì thế chỉ có sự thay đổi ngoại năng mà bỏ qua sự thay đổi nội năng của thực thể vật lý. Điều này chỉ đúng đối với những tương tác nhỏ với mức trao đổi năng lượng không lớn lắm so với nội năng của thực thể vật lý đang xét. Trong trường hợp ngược lại, ví dụ việc gia tốc hạt trong máy gia tốc tới những vận tốc xấp xỉ vận tốc ánh sáng thì không thể cho rằng chỉ có tăng động năng (tức là ngoại năng) còn nội năng của “hạt” không thay đổi. Mỗi dạng vật chất nhất định bao giờ cũng là một thể thống nhất giữa hai mặt đối lập: không gian nội vi và không gian ngoại vi, nên ngoại năng của nó cũng phải phụ thuộc vào nội năng, không thể khác được, nói cách khác, giữa nội năng và ngoại năng có một mối quan hệ biện chứng, chuyển hóa qua lại lẫn nhau. Sự chuyển hóa năng lượng này phải tuân theo 2 quy luật vận động cơ bản của vật chất được cụ thể hóa bởi các nguyên lý sau đây.

Nguyên lý 1 (có thể gọi là ***nguyên lý hữu hạn***): *Mọi quá trình trao đổi năng lượng đều cần một thời gian hữu hạn, phụ thuộc vào từng dạng năng lượng nhất định.* Việc không thể trao đổi năng lượng một cách tức thì này, một mặt, xuất phát từ thực tiễn với các hiện tượng quán tính của các hệ cơ khí chuyển động so với nhau hay là hiện tượng “trễ” như quá trình trao đổi năng lượng điện giữa tụ điện với cuộn cảm và rõ rệt nhất là với quá trình trao đổi

năng lượng nhiệt, mặt khác, cũng còn xuất phát từ tính hữu hạn năng lượng của bất kỳ một dạng vật chất nào vì bản thân năng lượng là khả năng hay kết quả của tương tác giữa các thực thể vật lý nên nó không thể đột nhiên xuất hiện hay đột nhiên mất đi mà chỉ có thể hình thành trong quá trình vận động của các thực thể vật lý đó. Có thể xem lại khái niệm *thời điểm* ở mục 2.3. Trong cơ học, nguyên lý hữu hạn này chính là nguyên nhân sâu xa của hiện tượng quán tính sẽ được xem xét tới ở mục 3.4 tiếp theo

Nguyên lý 2 (có thể gọi là **nguyên lý nội năng tối thiểu**): *Với một dạng vật chất nhất định có năng lượng toàn phần không đổi, nội năng tăng thêm bao nhiêu thì ngoại năng giảm đi bấy nhiêu và ngược lại, ngoại năng tăng thêm bao nhiêu thì nội năng giảm đi bấy nhiêu nhưng không bao giờ nhỏ hơn được ngoại năng chừng nào “nó vẫn còn là nó”.*

Việc nội năng không thể nhỏ hơn ngoại năng cũng khá rõ vì nội năng duy trì tồn tại của dạng vật chất như là nó đang có, nên nếu nó nhỏ hơn ngoại năng thì sẽ dẫn đến sự phá vỡ kết cấu – nó không thể còn là nó nữa. Từ đây dẫn đến một hệ quả tất yếu là:

Phải tồn tại một giá trị vận tốc hữu hạn và xác định đối với chuyển động của các vật thể mà tại đó, nội năng sẽ cân bằng với ngoại năng; mọi vật thể đều chỉ có thể chuyển động tới vận tốc không vượt quá vận tốc này; việc tăng thêm vận tốc lên nữa đồng nghĩa với việc phá hủy vật thể đó – nó không còn là nó nữa. Điều phải lưu ý là chuyển động ở đây phải là chuyển động trong không gian vật chất chứ không phải trong không gian vật lý hay không gian hình học.

Nguyên lý 3 (có thể gọi là **nguyên lý cho-nhận**): *Bất kể dạng vật chất nào cũng chỉ có thể nhận thêm năng lượng từ các dạng vật chất khác ở mức độ không vượt quá mức năng lượng mà nó có thể cho đi trong chừng mực nó vẫn còn là chính nó, tùy thuộc vào cấu trúc năng lượng của dạng vật chất đó. Chẳng hạn một cục băng, nếu nó có thể cho hầu hết năng lượng liên kết phân tử H₂O trong nó thì nó sẽ không còn là “cục” băng được nữa mà trở thành nước – nó không còn là nó với nghĩa là một vật thể có hình dạng xác định; nhưng mặt khác, nếu nó nhận được năng lượng từ bên ngoài vượt quá năng lượng liên kết này thì cục băng cũng sẽ tan chảy thành nước – nó cũng không còn là nó nữa với cũng nghĩa ấy. Tuy nhiên, cũng từ các quy luật này cho thấy trong quá trình trao đổi năng lượng giữa các thực thể vật lý, không thể nào đạt được trạng thái duy trì nội năng không đổi mà chỉ thay đổi ngoại năng giống như trong cơ học chất điểm và vật rắn tuyệt đối hoặc ngược lại, duy trì ngoại năng không đổi mà chỉ thay đổi nội năng của chúng.*

Như vậy, về thực chất, cả 3 nguyên lý này chỉ là các hệ quả xuất phát từ 2 quy luật vận động chung nhất của vật chất: đấu tranh và thống nhất giữa 2 mặt đối lập: “cho” và “nhận” năng lượng theo phương thức “lượng đổi – chất đổi”.

Tóm lại, *năng lượng không phải là một dạng tồn tại của vật chất, cũng không phải là một substance tương đương với vật chất để chúng có thể chuyển hóa lẫn nhau; nó chỉ là một trong nhiều đặc tính của vật chất, vừa là nguyên*

nhân, vừa là kết quả của sự vận động của vật chất, do đó, không thể nói vật chất “sinh ra” từ năng lượng hay, ngược lại, vật chất bị “hủy” biến thành năng lượng. Điều duy nhất có thể nói là năng lượng có thể biến đổi từ dạng này sang dạng khác trong quá trình vận động của vật chất. Mỗi một dạng năng lượng nhất định tương ứng với một vài khả năng hoặc một vài kết quả tương tác nhất định. Mỗi một dạng vật chất nhất định bao giờ cũng hàm chứa một năng lượng xác định tương ứng với chính nó, chính vì vậy, năng lượng của một dạng vật chất nhất định không thể vô hạn mà chỉ có thể là hữu hạn.

3.4. Lực, lực trường thế và hiện tượng quán tính.

Trong cơ học, *độ đo tương tác giữa các thực thể vật lý gọi là lực*. Lực tương tác giữa *trường* của thực thể vật lý này với *vật thể* khác gọi là *lực trường thế*. Trường của các thực thể vật lý, do đó, còn gọi là *trường lực thế*. Lực tương tác trực tiếp giữa các vật thể với nhau không thông qua trường của thực thể vật lý gọi là *lực va chạm*.

Lực là một đại lượng véc tơ, được đặc trưng bởi điểm đặt, độ lớn và hướng. Các đặc trưng này quy định tính chất của lực; đối với lực trường thế, chúng quy định tính chất của trường lực thế – không gian vật chất, trong đó mức độ thay đổi độ lớn của lực quy định độ đồng nhất của không gian, hướng của lực trường thế quy định hướng của không gian.

Cần phân biệt *nội lực* và *ngoại lực* tương ứng với nội năng và ngoại năng của một thực thể vật lý. Ta có *nội lực cơ* và *nội lực tổng*:

$$\mathbf{F}_n = \sum_1^N \mathbf{F}_{ni} \quad (13)$$

$$F_n = \sum_1^N F_{ni} \quad (14)$$

Ý nghĩa của nội lực cơ và nội lực tổng cũng tương đương như với ý nghĩa của năng lượng cơ và năng lượng tổng. Nếu một vật thể có hình dạng ổn định thì nội lực cơ phải bằng không. Nhưng “bằng không” không có nghĩa là không có lực tác động và do đó để đặc trưng một cách đầy đủ phải xem xét cả nội lực tổng (14) khác nhau đối với các vật thể khác nhau nữa tuy chúng có cùng nội lực cơ (13) bằng không. Tuy nhiên trong thực tế, khó có thể xác định được nội lực đối với một thực thể vật lý phức tạp được cấu thành từ vô số các phần tử thành phần, nên chỉ có nội năng là còn có ý nghĩa thực tiễn thôi. Tương tự như vậy, ta cũng có *ngoại lực cơ* và *ngoại lực tổng*:

$$\mathbf{F}_{ng} = \sum_1^n \mathbf{F}_{ngi} \quad (15)$$

$$F_{ng} = \sum_1^N F_{ngi} \quad (16)$$

Vì số lượng các lực tác động từ bên ngoài vật thể thường là hữu hạn, do có thể bỏ qua những tác động “không đáng kể” nên việc xem xét đến ngoại lực tổng không những là hoàn toàn khả thi mà còn thực sự cần thiết nữa. Tuy là đại lượng véc tơ nhưng tổng véc tơ lực tác động lên một vật thể $=0$ lại không đồng nhất với bị “triệt tiêu” theo nghĩa là không còn lực tác động như được hiểu trong phần tĩnh học, mà chỉ có nghĩa là một phần lực tác động từ phía các thực thể vật lý khác lên nó đã chuyển thành “nội lực” của bản thân nó, một nửa còn lại vẫn đóng vai trò là “ngoại lực” để giữ thế cân bằng với thực thể vật lý khác – vật thể đã chuyển sang một trạng thái năng lượng mới, cho dù nó vẫn đứng yên hay chuyển động “thẳng đều”. Nói cách khác, trạng thái đứng yên hay chuyển động thẳng đều chỉ cho ta thông tin động học thuần túy mà hoàn toàn thiếu vắng thông tin động lực học trong đó bao gồm cả trạng thái năng lượng của thực thể vật lý – yếu tố quyết định tới sự tồn tại của chính nó. Cuối cùng, cũng cần xác định lực tổng hợp đối với một thực thể vật lý:

$$F_{\Sigma} = F_n + F_{ng} . \quad (17)$$

Lưu ý là trong trường hợp bỏ qua ảnh hưởng của các thực thể vật lý khác mà chỉ xét 2 thực thể A và B độc lập với các thực thể khác đó thì các đường sức của cả hai luôn luôn là những đường hướng tâm nối giữa 2 vật thể và vì vậy, có thể áp dụng mô hình lực trường thế đơn cực cho bất cứ thực thể nào trong chúng bất luận năng lượng của chúng có khác nhau đến mấy vì ngoại năng của chúng luôn bằng nhau mà chỉ khác nhau ở nội năng.

Bên cạnh đó, lực trường thế của thực thể vật lý này tác động lên một vật thể khác hoàn toàn phụ thuộc vào “vị thế” của chúng so với nhau nên ngoại năng được sinh ra gọi là *thế năng*. Tùy thuộc vào dấu của lực trường thế mà thế năng có thể <0 và cũng có thể >0 . Mặt khác, lực trường thế còn có thể khiến cho hai vật thể chuyển động tương đối so với với nhau (chuyển động tịnh tiến) nhờ đó hình thành nên *động năng tịnh tiến* – một thành phần của ngoại năng của vật thể. Mặt khác, tương tác lẫn nhau giữa các thực thể vật lý không chỉ có lực trường thế mà còn cả lực va chạm trực tiếp giữa vật thể với vật thể, nhờ đó cũng sinh ra động năng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào cách thức xảy ra va chạm mà chuyển động có thể vừa là tịnh tiến – tương ứng với động năng tịnh tiến, vừa là quay – tương ứng với *động năng quay*. Động năng tịnh tiến nếu được sinh ra do tương tác hút nhau thì nó có thể <0 , nhưng nếu nó là kết quả của quá trình va chạm giữa các vật thể mà chỉ sinh công theo phương đẩy các vật thể ra xa nhau – tương đương lực đẩy nhau >0 . Trong khi đó, động năng quay luôn chỉ làm xuất hiện lực ly tâm khiến cho lực hút giữa các phần tử cấu thành nên vật thể giảm đi. Do đó động năng quay chỉ có thể ≥ 0 .

Nhưng vì thế năng có thể <0 mà cũng có thể >0 nên ngoại năng bao gồm cả thế năng và động năng cũng có thể <0 và cũng có thể >0 , tùy thuộc vào từng quan hệ cụ thể; nếu ngoại năng của một vật thể này đối với một vật thể khác là <0 thì chúng sẽ hút lẫn nhau với khoảng cách mỗi lúc một nhỏ dần; nếu ngoại năng đó là >0 thì chúng hoặc sẽ không thể va chạm được nhau hoặc rời xa nhau vĩnh viễn; còn nếu $=0$ thì chúng sẽ hợp nhất với nhau thành một vật có kích thước xác định. Như vậy, *ngoại năng của thực thể vật lý bao gồm thế năng và động năng* (tịnh tiến và quay). Không những thế, ngoại năng còn là đại lượng véctơ – hướng của ngoại năng trùng với hướng của tương tác đã gây ra ngoại năng đó hoặc trùng với hướng của tương tác sẽ xảy ra do kết quả chuyển hóa của ngoại năng đó, ví dụ, một viên đạn bay sượt qua bên cạnh một người lính này thì không gây tác hại gì nhưng sẽ giết chết người lính đứng ở bên cạnh anh ta – động năng của viên đạn chỉ có thể sinh công ở một hướng nhất định.

Cần phải lưu ý một điểm nữa là vì tác động của lực trường thế giữa các vật thể với nhau luôn là “tương hỗ”, nghĩa là “có đi, có lại” chứ không phải ở dạng “tác động – phản tác động”, nên năng lượng không hề bị tiêu tốn mà chỉ chuyển hóa qua lại giữa chúng; *năng lượng toàn phần của từng thực thể vật lý trong đó cũng luôn là đại lượng bảo toàn trong suốt quá trình tương tác*. Đó cũng là lý do vì sao trong các tương tác hấp dẫn và tĩnh điện, khối lượng hấp dẫn và điện tích của các vật thể luôn luôn được bảo toàn. Trong khi đó, lực tác động trực tiếp do va chạm giữa các vật thể theo cơ chế “tác động – phản tác động” không thông qua trường lực thế sẽ dẫn đến sự thay đổi năng lượng toàn phần của mỗi thực thể vật lý. Sự thay đổi này nhiều hay ít còn phụ thuộc vào từng trường hợp cụ thể.

Mặt khác, một khi đã nói tới trường lực thế thì khái niệm không gian tương ứng chỉ đúng đối với dạng vật chất có loại trường lực thế đó; đối với dạng vật chất có trường lực thế khác, đương nhiên sẽ không thể xem xét trong không gian kiểu đó được vì nó sẽ tương ứng với không gian kiểu khác. Ví dụ một điện tích chuyển động trong trường tĩnh điện của một tụ điện phẳng thì không gian trong tụ điện phẳng này được coi là đều và đồng nhất, hoàn toàn khác với không gian hướng tâm của Trái đất tương ứng với trường hấp dẫn hướng tâm, bất đồng nhất... Chính vì vậy, cũng giống như thế năng, động năng cũng chỉ có nghĩa trong trường lực thế tương ứng và nhất là phải phù hợp với tương tác đã sinh ra nó.

Trạng thái mà vật thể tồn tại luôn đi kèm với các dạng năng lượng nhất định gọi là trạng thái năng lượng của nó. Việc duy trì một trạng thái năng lượng nào đó đồng nghĩa với duy trì cả nội năng và ngoại năng (bao gồm động năng và thế năng). Để vật thể có thể tồn tại trong trạng thái năng lượng không đổi, trước tiên cả động năng và thế năng đều phải không được thay đổi, mà như thế tức là khoảng cách từ vật thể đó đến tâm trường lực thế và vận tốc chuyển động phải không thay đổi. Tuy nhiên như ta đã biết, lực trường thế giữa 2 vật thể luôn chỉ làm cho chúng chuyển động theo đường nối tâm của chúng, vì vậy, để duy trì

được một trạng thái năng lượng không đổi thì phải cần tới sự can thiệp của vật thứ 3. Mặt khác, bản thân việc duy trì một trạng thái năng lượng nào đó luôn có nghĩa là phải trong quan hệ đối với các vật thể khác – không thể tồn tại một trạng thái năng lượng “tự thân”. Như vậy, rõ ràng khả năng “tự chống lại” chuyển động hoặc “tự duy trì” chuyển động của các vật thể là hoàn toàn phi lý. Mà đã như thế thì khái niệm *quán tính* vẫn được hiểu như khả năng “tự chống lại” hay “tự duy trì” đó cũng là phi lý nốt. Thực vậy, hãy thử hình dung có một thực thể vật lý hoàn toàn không có bất kỳ một tương tác nào với các thực thể vật lý khác thì chuyển động của nó sẽ ra sao? Câu trả lời của vật lý cho đến nay vẫn là “thẳng đều trong HQC quán tính”, trong khi câu hỏi “HQC quán tính là HQC như thế nào?” thì không thể trả lời được nếu không sử dụng lại khái niệm “chuyển động thẳng đều”, tức là một vòng luẩn quẩn! Nói như Einstein là: “Chúng ta có các định luật, nhưng không biết phải quy những định luật đó về HQC nào, và tất cả lâu đài vật lý của chúng ta dường như được xây dựng trên cát”. Đây là chưa kể tới việc bản thân khái niệm “tồn tại” của một thực thể vật lý như vậy là không thể như ta đã nói tới ở mục 3.3. Như vậy, *quán tính* phải là hậu quả của tương tác giữa vật thể này trong trường lực thế của các vật thể khác, mà nguyên nhân của tương tác này chính là năng lượng đã được trao đổi giữa vật thể đó với các vật thể khác, tức là ngoại năng của nó, theo nguyên lý hữu hạn ở mục 3.3. Điều này có nghĩa là sự tồn tại một *trạng thái năng lượng* xác định của một thực thể vật lý nhất định đã duy trì trạng thái chuyển động tương ứng của chính nó. “Theo quán tính” hoàn toàn không có nghĩa là “tự duy trì trạng thái chuyển động” mà là “sự duy trì trạng thái năng lượng” nhưng không phải là “tự” mà là “nhờ” quan hệ với các vật thể khác. Như thế, theo cách quan niệm mới này về bản chất của hiện tượng quán tính, ta hoàn toàn có thể thoát khỏi “vòng luẩn quẩn” với HQC quán tính vừa nói ở trên bởi vì một HQC như vậy không thể tồn tại. Để đặc trưng cho hiện tượng quán tính này ta cần sử dụng một đại lượng khác thuận tiện hơn đó là *khối lượng quán tính* được đề cập đến ở [1].

3.5. Tác động, tác dụng và quan hệ nhân quả.

Trong cuộc sống thực tế, chúng ta nhận thấy khi có một *tác động* nào đó thì sẽ xảy ra một *tác dụng* nào đó mà ta gọi là *quan hệ nhân quả*, rằng đôi khi có những *tác động* xảy ra giữa vật thể này với vật thể khác nhưng kết quả lại không làm thay đổi được gì cả, khi đó ta nói rằng tác động đó không có *tác dụng*. Ví như một chiếc xe ô tô đang chạy thì bị một con muỗi đâm phải nhưng không thể phát hiện được bất kỳ sự thay đổi vận tốc nào của ô tô. Tuy nhiên về mặt vật lý, điều này phải được hiểu một cách tương đối, cụ thể là xét trên tổng thể thì không thể nói là có tác động mà không có tác dụng, trái lại có thể không có tác dụng về phương diện này (vận tốc chuyển động chẳng hạn) nhưng lại có tác dụng về phương diện khác (tăng, giảm nội năng...) hoặc không có tác dụng đối với vật thể này (ô tô) nhưng lại có tác dụng đối với vật thể khác (con muỗi). Chính vì

vậy, quan hệ nhân quả phải được xét trên tổng thể chứ không phải chỉ trên một phương diện hay chỉ đối với một vật thể nhất định. Tuy nhiên, việc xem xét tới chỉ một phương diện nào đó hay đối với một vật thể nào đó cũng cần thiết như việc xem xét trên tổng thể, không nên coi nhẹ – đó chính là quan hệ biện chứng giữa *cái riêng* và *cái chung* của phép biện chứng duy vật. Chấp nhận cách xác định *tác dụng H* theo

$$+ \text{Maupertuis – Lagrange: } H = \int_{t_0}^{t_1} L dt, \quad (18)$$

$$+ \text{Hamillton - Ostrogratsky: } H = \int_{t_0}^{t_1} 2K dt, \quad (19)$$

ở đây L và K tương ứng là Lagrangien và động năng của vật thể; t_0 và t_1 tương ứng là thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc chuyển động của vật thể từ điểm A đến điểm B . Tương tự như vậy, có tính đến thời gian trao đổi năng lượng hữu hạn τ từ khi tác động tới khi có tác dụng với hiệu suất trao đổi năng lượng η , ta có thể xác định *tác động D*:

$$D = \frac{H}{\eta} = \frac{1}{\eta} \int_{t_0-\tau}^{t_1-\tau} 2K dt \quad (20)$$

Nếu $K = \text{const}$, từ (19) và (20) ta có:

$$H = 2K(t_1 - t_0) = 2K\Delta t. \quad (21)$$

$$D = \frac{2K(t_1 - t_0)}{\eta} = \frac{2K\Delta t}{\eta}. \quad (22)$$

Từ các biểu thức (21) và (22) ta có thể thấy vì năng lượng luôn là một đại lượng hữu hạn mà thời gian trao đổi năng lượng cũng không thể nhỏ tới không nên tác dụng cũng như tác động cũng chỉ có thể là các đại lượng hữu hạn. Bên cạnh đó, theo quy luật lượng đổi – chất đổi, tác động cũng như tác dụng không thể nào có thể nhỏ bao nhiêu tùy ý mà phải tồn tại những giá trị hữu hạn nhỏ nhất không thể vượt qua gọi là *tác động tối thiểu d* và *tác dụng tối thiểu h* tùy thuộc vào từng dạng trạng thái năng lượng nhất định như hằng số Planck trong cơ học lượng tử chẳng hạn. Ta có *nguyên lý tác động tối thiểu* sau đây:

Để thực thể vật lý có thể thay đổi trạng thái năng lượng thì tác động lên nó phải không được nhỏ hơn tác động tối thiểu tương ứng với nó:

$$D = \frac{1}{\eta} \int_{t_0-\tau}^{t_1-\tau} 2K dt \geq d = \frac{1}{\eta} h. \quad (23)$$

Đối với các vật thể phức tạp được cấu thành từ số lượng lớn các phân tử khác nhau, về nguyên tắc đối với mỗi vật thể đó phải tồn tại một giá trị tác động

tối thiểu và tác dụng tối thiểu khác nhau. Nhưng cũng chính vì lý do này mà đối với các thực thể vật lý “vĩ mô” không thuận tiện sử dụng các khái niệm đó. Ngoài ra, ta cũng cần phân biệt *bán kính tác dụng* với *bán kính tác động* (hay còn gọi là *bán kính tương tác* như ở mục 3.1).

Bán kính tác dụng của một vật thể này đối với vật thể khác là khoảng cách mà cho đến đó tác động của vật thể này còn có tác dụng về phương diện nào đó đối với vật thể khác. Như vậy, tương ứng với mỗi phương diện khác nhau, sẽ tồn tại một bán kính tác dụng khác nhau nhưng bán kính tác dụng không thể lớn hơn bán kính tác động.

3.6. Xung lực, động lượng, mômen động lượng, tâm quán tính và khối tâm của hệ vật thể.

Ở mục trên, chúng ta đã có khái niệm về tác động tối thiểu trong quá trình trao đổi năng lượng mà kết quả là đòi hỏi một thời gian trao đổi năng lượng hữu hạn chứ không thể nhỏ bao nhiêu tùy ý mà lực tương tác giữa các vật thể cũng là một mắt xích trong quá trình này nên lực tác động có thể gây nên tác dụng được hay không cũng còn phụ thuộc vào yếu tố thời gian tác động nữa. Vì vậy, ta đưa thêm khái niệm *xung lực* như là tích của lực tác động với thời gian tác động:

$$\mathbf{p} = \mathbf{F}t . \quad (24)$$

Mặt khác, có thể biểu diễn lực tác động thông qua khối lượng quán tính và gia tốc chuyển động dưới tác động của lực đó như ở [1], khi đó, nếu thay gia tốc bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian ta có:

$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{V}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{V})}{dt} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} . \quad (25)$$

Việc đưa được m vào dấu vi phân là do khối lượng quán tính xác định theo cách ở [1] là đại lượng không phụ thuộc vào chuyển động. Nhân cả 2 vế của (25) với dt rồi lấy tích phân, ta được:

$$\mathbf{F}t = m\mathbf{V} = \mathbf{p} \quad (26)$$

và gọi là *động lượng* của chuyển động. Vì lực cũng như vận tốc là đại lượng véc tơ nên xung lực và động lượng cũng là những đại lượng véc tơ.

Đối với một hệ vật thể được cấu tạo từ những phần tử thành phần có động lượng \mathbf{p}_i thì tổng động lượng của hệ sẽ bằng:

$$\mathbf{p}_\Sigma = \sum_i \mathbf{p}_i \quad (27)$$

và sẽ phải tồn tại một điểm O bên trong nó sao cho tổng động lượng đối với HQC đặt tại điểm đó theo công thức (1.27) bằng 0:

$$\mathbf{p}_{0\Sigma} = \sum_i \mathbf{p}_{0i} = 0. \quad (28)$$

Khi đó, điểm nói trên sẽ đại diện cho cả hệ trong quá trình chuyển động so với các vật thể khác và được gọi là *tâm quán tính* của hệ. Nếu hệ chỉ bao gồm 2 vật thể A và B (xem Hình 8a) thì tâm quán tính sẽ nằm trên đường nối tâm trường lực thế của 2 vật thể đó và theo (26), ta có:

$$m_A \mathbf{V}_A + m_B \mathbf{V}_B = 0. \quad (29)$$

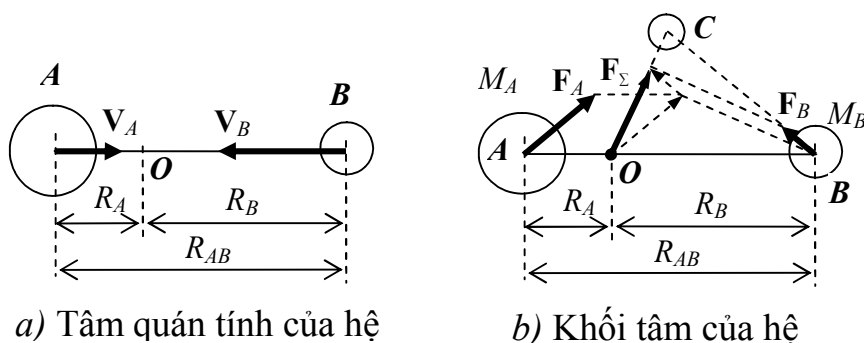
Nhưng vì trong trường hợp này, 2 véc tơ vận tốc ngược chiều nhau nên đơn giản ta có thể viết:

$$m_A V_A = m_B V_B. \quad (30)$$

Trong trường hợp vật thể quay quanh một trục cố định nào đó đi qua khối tâm của hệ và tâm quán tính của nó cách trục quay một khoảng bằng R_A , ta có khái niệm *mômen quay* M_{qA} và *mômen động lượng* M_{dA} :

$$M_{qA} = m_A R_A, \quad (31)$$

$$M_{dA} = m_A V_A R_A. \quad (32)$$



Hình 8. Tâm quán tính và khối tâm của hệ các vật thể.

Nhân đây, cũng trên cơ sở quan niệm về một điểm có thể đại diện được cho cả hệ các vật thể nhưng không phải trong quá trình chuyển động mà là trong trạng thái “đứng yên” tương đối trong một HQC nào đó ta có khái niệm *trọng tâm* hay là *khối tâm* của hệ – đó chính là điểm mà ở đó tổng lực trường thế \mathbf{F}_{0i} của tất cả các phần tử cấu thành của hệ đối với một vật thể nào đó bên ngoài có thể coi như bằng lực trường thế của chỉ một vật thể duy nhất đại diện cho toàn hệ đặt tại điểm đó:

$$\mathbf{F}_{0C} = \sum_i \mathbf{F}_{iC}. \quad (33)$$

Nếu hệ chỉ gồm có 2 vật thể như vừa nói tới ở trên với trường lực thế là hấp dẫn (xem Hình 8b) thì tại điểm O – khối tâm của hệ ta có thể đặt một lực tác động tổng hợp lên một vật thể khác ở bên ngoài hệ (tại điểm C) sao cho thỏa mãn:

$$\mathbf{F}_{OC} = \mathbf{F}_{AC} + \mathbf{F}_{BC}. \quad (34)$$

Bằng cách giải tam giác ABC , có tính đến điều kiện (34), không mấy khó khăn có thể chứng minh được rằng:

$$M_A R_A = M_B R_B. \quad (35)$$

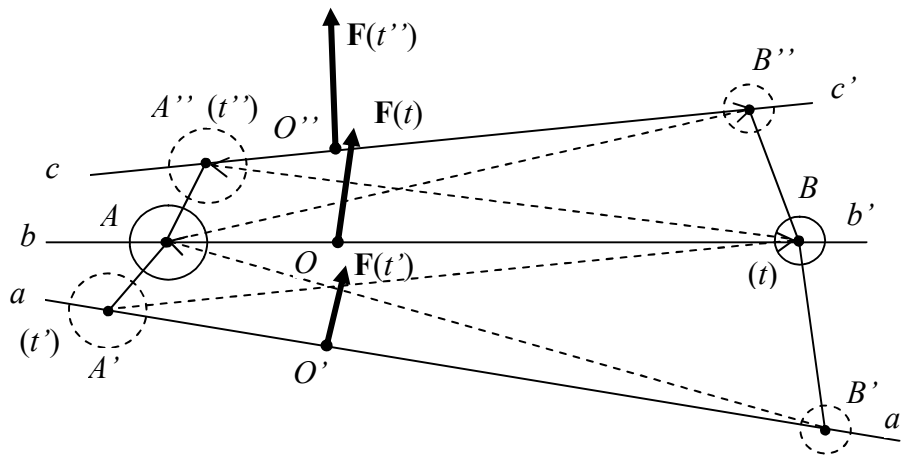
Trong đó M_A và M_B là khối lượng hấp dẫn của vật thể A và vật thể B tương ứng. Có thể dễ dàng chứng minh được rằng khối tâm của hệ các vật thể theo điều kiện đã nêu, hoàn toàn trùng với tâm quán tính của chúng. Vì vậy sau này, ta sẽ sử dụng chúng như những khái niệm tương đương. Tuy nhiên, như vừa đề cập đến ở trên, khái niệm khối tâm hiểu theo nghĩa mà chúng ta vừa đề cập chỉ đúng khi tương tác lan truyền với vận tốc bằng vô cùng hay khoảng cách giữa các vật thể khá nhỏ để thời gian truyền tương tác có thể bỏ qua so với thời gian chuyển động tương đối giữa chúng. Trong trường hợp ngược lại, sẽ xuất hiện sự dịch chuyển khối tâm O trong HQC vật lý của vật thứ 4 ở khoảng cách đủ xa để có thể coi như ánh sáng từ các vật thể trong hệ đi đến nó là như nhau như được mô tả trên Hình 9a (không biểu diễn vật thể thứ 3).

Ta sẽ xem xét cụ thể 2 vật thể trong hệ 3 vật thể. Giả sử ở thời điểm t , vị trí của các vật thể A và B nằm trên đường bb' , có nghĩa là lực tác động lên chúng tương ứng sẽ phải được hình thành từ một thời điểm nhất định trước đó $t' = t - \tau$, với τ là thời gian để tương tác “lan truyền” từ vị trí A' đến vị trí B cũng như từ vị trí B' đến vị trí A với vận tốc hữu hạn C , do đó ta phải có $A'B = B'A = C\tau$, ở đây $A'B \in aa'$. Vào thời điểm tiếp theo t'' , các vật thể A và B dịch chuyển đến các vị trí tương ứng A'' và B'' nằm trên đường cc' : $A''B'' \in cc'$. Tại đây, chúng lại nhận được các tương tác tương ứng đã xuất phát từ thời điểm $t = t'' - \tau'$, với $\tau' = C\tau$ do đó ta phải có $AB'' = BA'' = C\tau'$. Ta có thể thấy trên hình vẽ có sự dịch chuyển của khối tâm của hệ 2 vật tương đối so với vị trí ban đầu của nó trên đoạn nối tâm của 2 vật thể, cụ thể là:

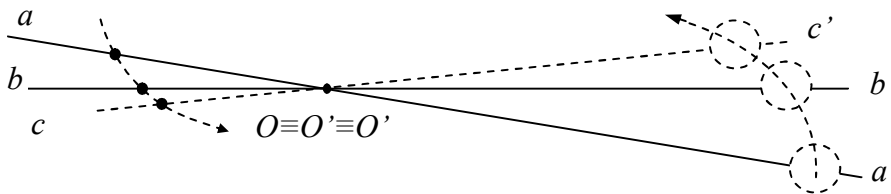
$$\frac{O''A''}{O''B''} < \frac{OA}{OB} < \frac{O'A'}{O'B'}.$$

Mặt khác, từ biểu đồ ở Hình 9b, khi ta cho dịch chuyển các đường aa' , bb' và cc' sao cho các tâm O , O' và O'' trùng với nhau, có thể thấy, dường như bên cạnh sự dịch chuyển vào gần nhau, các vật thể còn “quay” quanh khối tâm chung của hệ, do đó về nguyên tắc, theo quan điểm của người quan sát trong

HQC vật lý của mình, phải tồn tại mômen động lượng của hệ 3 vật đó (xem mômen động lượng ở ngay phần cuối của mục này). Nhưng rõ ràng, nguyên nhân xuất hiện mômen động lượng này hoàn toàn không phải do có một lực nào đó khác với lực trường thế của 3 vật trong hệ mà đơn giản chỉ là do sự hữu hạn của vận tốc truyền tương tác giữa các vật thể khi thời gian truyền tương tác đó có thể so sánh được với thời gian chuyển động của chính các vật thể trong hệ. Tuy nhiên, việc đánh giá chính xác mômen này gặp phải khó khăn của “bài toán 3 vật” như đã biết. Như vậy có thể thấy sự sai khác giữa HQC vật lý và HQC vật chất trong quá trình nhận thức thế giới Tự nhiên. Điều này phải được tính đến khi quan sát bằng kính thiên văn từ Trái đất, đặc biệt là khi khoảng cách giữa các vật thể tương đối lớn như trong phạm vi một thiên hà với hàng trăm, hàng ngàn, hàng triệu ... năm ánh sáng. Khoảng cách càng lớn “hiệu ứng tự quay” này càng lớn – hoàn toàn phù hợp với kết quả quan trắc thiên văn. Sự có mặt của hiệu ứng này cùng với việc đánh giá sai về khối lượng quán tính làm cho chúng ta dễ lầm tưởng với một “năng lượng tối” hay “vật chất tối” nào đó tác động lên quá trình chuyển động quay của các vật thể.

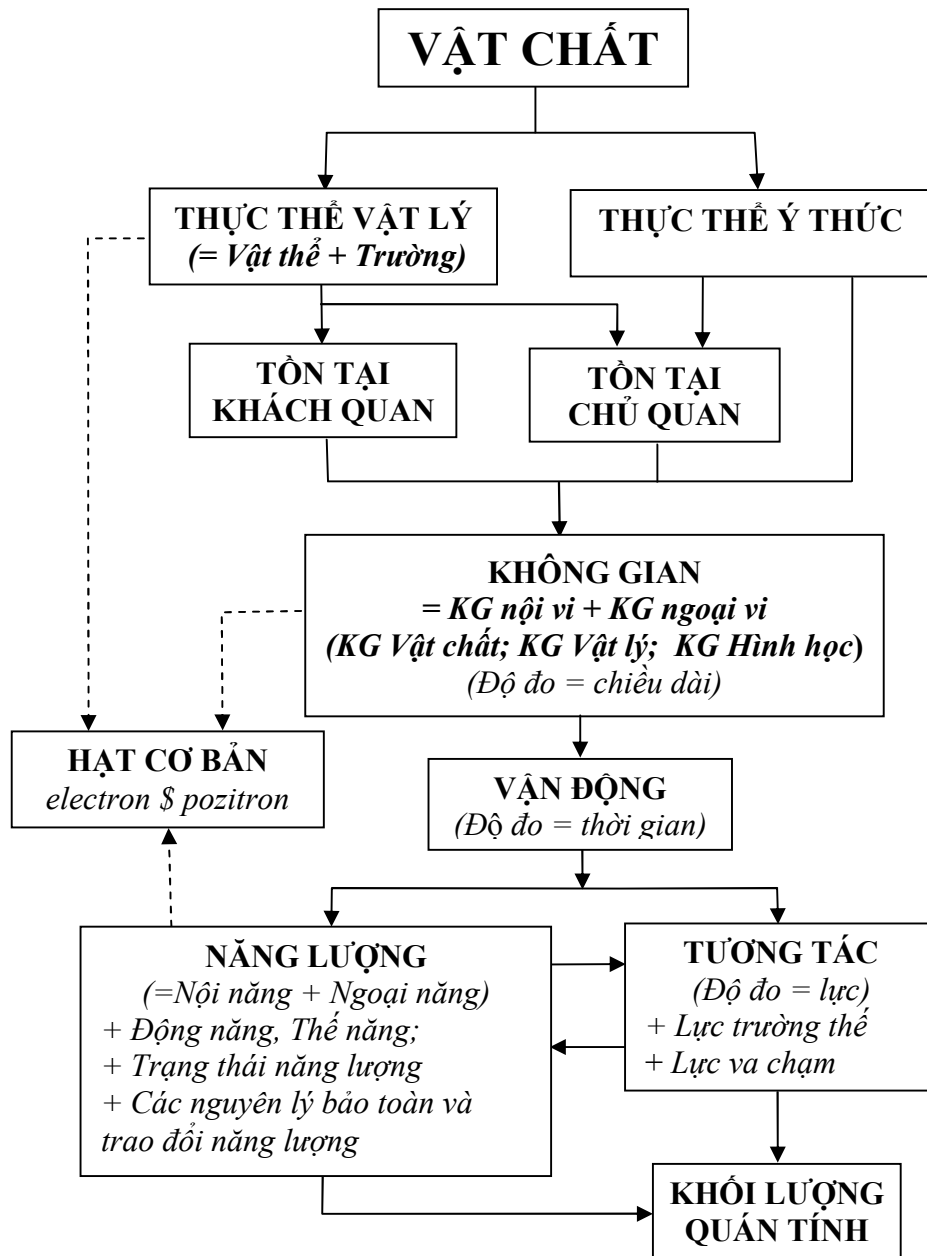


a) sơ đồ dịch chuyển của 2 vật thể trong tương tác với vật thể thứ 3



b) Xét chuyển động của vật thể B từ khối tâm của hệ 2 vật thể

Hình 9. Chuyển động của hệ 3 vật thể với vận tốc truyền tương tác hữu hạn



Hình 9. Sơ đồ cấu trúc các phạm trù triết học với một số khái niệm cơ bản của vật lý học

IV. MỘT SỐ NGHỊCH LÝ CỦA VẬT LÝ HỌC

1. Chuyển động theo quán tính

“Nếu tổng hợp lực tác động lên vật thể bằng không thì nó sẽ đứng yên hay chuyển động thẳng đều mãi mãi”. Đây cũng còn là nguyên lý quán tính Galileo hay định luật 1 Newton. Chuyển động của các vệ tinh quanh Trái đất, của các hành tinh quanh Mặt trời v.v.. (thậm chí kể cả chuyển động của electron quanh hạt nhân nguyên tử) đều trong tình trạng “tổng hợp lực tác động” bằng không – lực hấp dẫn hoặc lực tĩnh điện cân bằng với lực ly tâm, nhưng thật trớ trêu là lại trên quỹ đạo tròn chứ không “thẳng đều”. Ý kiến hiện nay cho rằng “lực ly tâm” chỉ là lực “ảo” giống như lực quán tính vậy, mà chuyển động thẳng đều là mặc định nên chuyển động tròn chỉ là do lực hấp dẫn gây ra; nếu lực hấp dẫn này bằng không thì vật phải chuyển động thẳng đều.

Trước tiên, phải khẳng định rằng không thể nào tồn tại một vật nào trên Trái đất mà lại không bị lực tác động của Trái đất, của Mặt trời, của nhân Thiên hà, của các thiên hà khác... mà chính *sự có mặt* của tất cả chúng mới thực sự là “mặc định” chứ không phải là *sự vắng mặt* của chúng! Nếu đã như vậy, chuyển động thẳng đều không thể là “mặc định” mà đã không phải là “mặc định” thì có nghĩa là phải có nguyên nhân! Quả đúng vậy! Trong trường hấp dẫn của Trái đất, để một vật có thể chuyển động thẳng đều luôn luôn cần có lực tác động để thắng lực hấp dẫn của Trái đất; còn nếu chuyển động tròn đều như các vệ tinh trên quỹ đạo thì không cần bất cứ lực tác động nào thêm nữa (lưu ý lực hấp dẫn ở đây đã được coi là “mặc định”, mà nếu có muốn không “coi là mặc định” cũng chẳng được nào!!!) Vấn đề là ở đâu vậy? Chẳng lẽ chính nguyên lý quán tính không phải là nghịch lý sao?

2. Nghịch lý “hiệu ứng con muỗi”.

“Động năng của Trái đất có được là do cái vỗ cánh của con muỗi” – đó chính là nội dung của nghịch lý “hiệu ứng con muỗi”. Về thực chất, theo lý thuyết hiện hành (cả cơ học Newton lẫn Einstein), mọi quy luật vật lý đều như nhau trong các HQC quán tính mà động năng chỉ là hệ quả của một trong các quy luật đó. Đứng trên Trái đất, có thể tính ngay được động năng của một con muỗi (có khối lượng bằng M_M) đang bay với vận tốc V :

$$K_M = \frac{M_M V^2}{2}. \quad (36)$$

Tuy nhiên, theo quan điểm của con muỗi, Trái đất lại có động năng bằng:

$$K_D = \frac{M_D V^2}{2}. \quad (37)$$

với M_D là khối lượng của Trái đất. Bây giờ giả sử con muỗi vỗ cánh mạnh hơn và tăng tốc độ lên thành V' , sự thay đổi động năng của Trái đất sẽ bằng:

$$\Delta K_D = \frac{M_D \Delta V^2}{2}, \quad (38)$$

còn của con muỗi sẽ bằng:

$$\Delta K_M = \frac{M_M \Delta V^2}{2}, \quad (39)$$

ở đây $\Delta V^2 = V'^2 - V^2$. Giả sử $M_M = 2 \times 10^{-6} \text{kg}$; $\Delta V^2 = 1(\text{m/s})^2$ thì sự gia tăng động năng của con muỗi chỉ là 10^{-6}J – điều này xem ra khá hợp lý với mấy cái vỗ cánh của con muỗi, nhưng sự gia tăng động năng của Trái đất lại bằng $3 \times 10^{24} \text{J}$ – năng lượng khổng lồ này lấy ở đâu ra vậy nếu không phải chỉ do từ ... “mấy cái vỗ cánh của con muỗi”?

Vấn đề là ở chỗ các biến đổi Galileo (theo nguyên lý tương đối Galileo) và biến đổi Lorentz (theo nguyên lý tương đối Einstein) chỉ phù hợp với các đại lượng động học như quỹ đạo (x, y, z) , thời gian (t) và vận tốc $V(t)$ chứ không xét tới được các đại lượng động lực học như $a(t)$, khối lượng quán tính m và lực tác động F , thành ra khi áp dụng định luật 2 Newton để giải bài toán động lực học đã phá vỡ điều kiện ban đầu về HQC quán tính đối với vật thể được xem xét – khi xuất hiện lực tác động lên vật thì HQC đặt trên nó đã không còn là HQC quán tính nữa. Và đây chính là mâu thuẫn không thể gỡ bỏ được đối với cơ học cổ điển (cả Newton, cả Einstein), là nội dung của nghịch lý “động lực học” sẽ được xem xét ở mục tiếp theo.

3. Động lực học chỉ là ảo giác

Khái niệm “Hệ quy chiếu quán tính” tự nó đã chứa đầy nghịch lý, không kể tới việc không tồn tại trên thực tế một HQC tương tự như vậy. Bản thân cơ học cho tới nay chỉ có thể nghiên cứu về thực chất các quá trình *động học* xảy ra trong các HQC quán tính, còn một khi đã xuất hiện lực tác động tức là khi chuyển động của vật thể đã có gia tốc thì các định luật cơ bản của động lực học không còn đúng nữa, mà đã như vậy thì bản thân khái niệm “định luật cơ bản của động lực học” cũng trở nên vô nghĩa. Nói cách khác, khái niệm “định luật cơ bản của động lực học” chỉ là một “ảo giác” vì mục đích của nó là để mô tả diễn biến của các quá trình *động lực* nhưng khi yếu tố “động lực” này chỉ vừa mới xuất hiện thì tính hợp lý của các định luật lập tức biến mất vì đã biến mất điều kiện về một HQC quán tính. Chính vì vậy, khi cố kiết sử dụng định luật 2 Newton trong điều kiện này đã dẫn đến những kết luận sai lệch về bản chất của hiện tượng, như nghịch lý “hiệu ứng con muỗi” là một ví dụ. Một thí dụ khác là việc chứng minh công thức $E = mc^2$ cũng được xuất phát từ chính định luật 2 Newton đối với vật thể đang xem xét mà do đó đã nằm ngoài phạm vi của TTH.

Như vậy cho đến nay, thật là trớ trêu! - động lực học mới chỉ là ảo giác mà chưa hề được nghiên cứu thật sự.

4. Năng lượng là đại lượng vô hướng hay véc tơ?

Năng lượng cho đến nay vẫn được coi là đại lượng vô hướng. Vì động năng cũng là một dạng năng lượng nên về nguyên tắc nó phải là một đại lượng vô hướng. Nhưng điều này tỏ ra không hợp lý bởi 2 lẽ:

+ Thứ nhất, năng lượng là khả năng sinh công mà động năng lại chỉ có thể sinh công theo hướng chuyển động của vật thể khi va chạm với các vật thể khác còn theo các hướng khác thì không thể, vì vậy động năng không thể là đại lượng vô hướng;

+ Thứ hai, vận tốc là đại lượng véc tơ nên động năng tính theo công thức $K = mV^2/2$ cũng chỉ có thể có nghĩa theo hướng của vận tốc còn các hướng khác thì hoàn toàn không thể.

Thế năng cũng là một dạng năng lượng và do vậy nó cũng phải là đại lượng vô hướng. Nhưng thế năng cũng giống như với động năng, đến lượt mình, nó cũng chỉ có khả năng sinh công theo hướng đường sức của trường lực thế và vì vậy, theo lôgic, nó cũng phải là một đại lượng véc tơ mà không thể là vô hướng được. Vấn đề là ở chỗ, tổng của các đại lượng vô hướng là tổng đại số còn tổng của các đại lượng véc tơ là tổng hình học theo quy tắc hình bình hành – trong trường hợp chung, chúng có những kết quả hoàn toàn khác nhau. Điều này đương nhiên ảnh hưởng tới định luật bảo toàn năng lượng – một định luật cơ bản của Tự nhiên.

Trong khi đó, khái niệm nội năng là năng lượng hàm chứa bên trong vật thể thì khó có thể nói là đại lượng véc tơ được mà là có lẽ chỉ có thể là vô hướng? Ví dụ như nhiệt năng chẳng hạn? Vậy rút cục năng lượng là đại lượng vô hướng hay véc tơ đây? Hay là cũng có dạng “lưỡng tính véc tơ-vô hướng” kiểu như “lưỡng sóng-hạt”

5. Nghịch lý động năng

Có một con tàu chuyển động thẳng đều với vận tốc V so với một HQC quán tính H nào đó (mặt đất chẳng hạn) và trên con tàu đó, có 2 vật có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động với vận tốc tương ứng là V'_1 và V'_2 so với con tàu; góc giữa 2 véc tơ vận tốc này so với véc tơ V cho bằng α và β tương ứng. Giả sử tâm quán tính chung của 2 vật đó đứng yên so với con tàu, khi đó, theo cơ học cổ điển, có thể viết biểu thức động năng của hệ 2 vật trong HQC H :

$$K_H = K_{H'} + \frac{m_\Sigma V^2}{2} \quad (40)$$

với

$$K_{H'} = \frac{m_1 V_1'^2}{2} + \frac{m_2 V_2'^2}{2} \quad (41)$$

là tổng động năng của hệ 2 vật thể trong HQC của con tàu (H') và

$$m_{\Sigma} = m_1 + m_2 \quad (42)$$

là tổng khối lượng của cả 2 vật thể xem như được tập trung tại tâm quán tính của chúng. Thay (41) và (42) vào (40) rồi biến đổi đi ta được:

$$K_H = \frac{m_1}{2}(V_1'^2 + V^2) + \frac{m_2}{2}(V_2'^2 + V^2) \quad (43)$$

Mặt khác, có thể tính được vận tốc chuyển động của từng vật thể trong HQC H theo quy tắc hình bình hành:

$$V_1^2 = V_1'^2 + 2V_1'VCos\alpha + V^2 \quad (44)$$

$$V_2^2 = V_2'^2 + 2V_2'VCos\beta + V^2 \quad (45)$$

và do vậy, có thể tính được động năng theo các vận tốc này:

$$K'_H = \frac{m_1V_1'^2}{2} + \frac{m_2V_2'^2}{2}. \quad (46)$$

Sau khi thay (44) và (45) vào (46) rồi nhóm các số hạng lại ta được:

$$K_H = \frac{m_1}{2}(V_1'^2 + V^2) + \frac{m_2}{2}(V_2'^2 + V^2) + m_1V_1'VCos\alpha + m_2V_2'VCos\beta. \quad (47)$$

So sánh (47) với (43), ta có chênh lệch giữa 2 giá trị động năng tính theo 2 cách là:

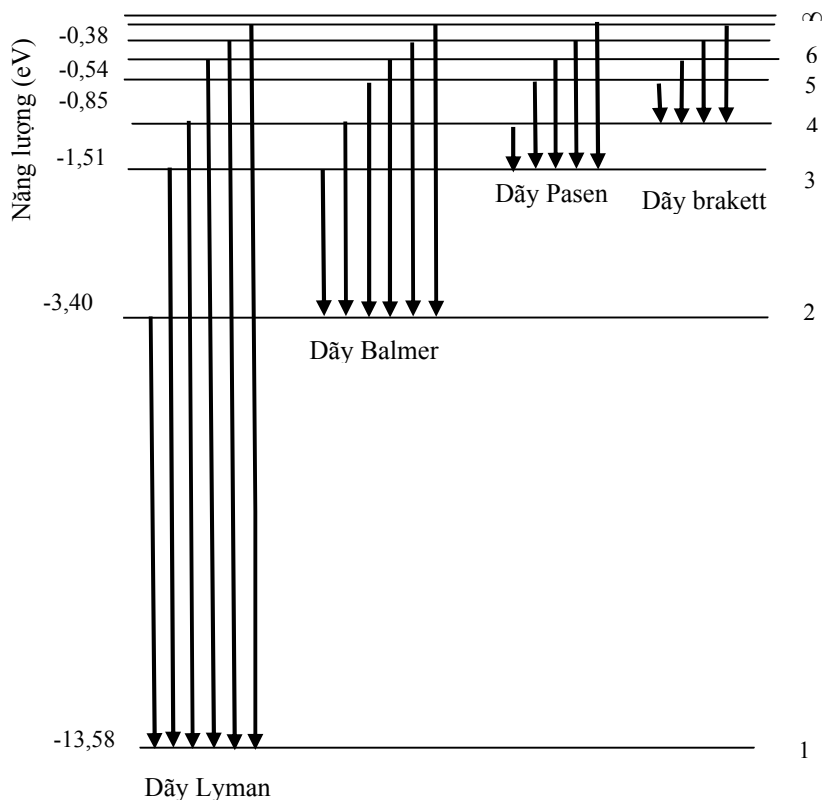
$$\Delta K = K'_H - K_H = m_1V_1'VCos\alpha + m_2V_2'VCos\beta. \quad (48)$$

Vậy thật ra động năng của vật thể so với HQC H cần phải xác định theo cách nào mới là đúng?

6. Mức năng lượng của nguyên tử

Để đơn giản, ta chỉ lấy nguyên tử Hyđrô làm ví dụ, còn đối với các nguyên tử khác, bức tranh cũng hoàn toàn tương tự chỉ khác về lượng. Giả sử có một khối khí Hyđrô ở tại nhiệt độ mà các liên kết nguyên tử trở nên quá yếu để hình thành phân tử H_2 – ta có khối khí cấu thành thuần túy từ các nguyên tử Hyđrô. Các quá trình bức xạ và hấp thụ năng lượng do vậy chỉ là do các nguyên tử này. Theo cơ học lượng tử, mức năng lượng của điện tử trong nguyên tử H được mô tả trên Hình 10. Năng lượng kích thích các điện tử ở đây chỉ do va chạm giữa các nguyên tử H trong quá trình chuyển động nhiệt. Khi nhiệt độ còn thấp, các điện tử chủ yếu chiếm giữ các vị trí ứng với năng lượng thấp ($n=1;2$). Khi nhiệt độ lên cao, các điện tử bị kích thích, chiếm giữ các vị trí ứng với năng lượng cao hơn ($n \geq 5$), thậm chí đến mức được giải phóng hoàn toàn khỏi nguyên tử - trạng thái khí chuyển thành trạng thái plazma. Vấn đề là ở chỗ điện tử chỉ bức xạ năng lượng khi quay về trạng thái năng lượng thấp hơn trạng thái bị kích thích: $\Delta W =$

$W_m - W_k = hf$, ở đây $m > k$; f - tần số bức xạ; h - hằng số Planck. Nhưng trạng thái năng lượng thấp hơn đến mức nào còn phụ thuộc vào cường độ và tần suất của kích thích tức là vào nhiệt độ. Nhiệt độ càng cao, động năng của các nguyên tử càng lớn (tức cường độ kích thích càng lớn) và tần suất va chạm giữa các nguyên tử càng lớn (tức tần suất kích thích càng lớn). ở nhiệt độ quá cao, xác suất các điện tử quay trở về trạng thái năng lượng thấp là rất nhỏ.



Hình 10. Sơ đồ phổ năng lượng của Hydrozen.

Do đó nảy sinh một nghịch lý là ở nhiệt độ càng cao thì năng lượng bức xạ nhỏ ứng với tần số bức xạ thấp lại tăng lên (ứng với dãy Pashen và dãy Brakett). Trong khi đó, ở nhiệt độ càng thấp thì năng lượng bức xạ lớn ứng với tần số bức xạ cao lại càng lớn (ứng với dãy Lyman) vì chỉ ở nhiệt độ thấp các điện tử mới có nhiều cơ may quay trở về trạng thái năng lượng thấp. Phổ bức xạ do đó dịch chuyển về phía “đỏ” khi nhiệt độ tăng lên và dịch chuyển về phía “tím” khi nhiệt độ giảm xuống. Tương tự như vậy ta cũng nhận được phổ hấp thụ trùng với phổ bức xạ.

Mô hình “mức năng lượng” này chỉ giải thích được hiện tượng gián đoạn tần số và gián đoạn năng lượng bức xạ (hay hấp thụ) của các chất nhưng với hiện tượng dịch chuyển phổ thì lại đưa ra kết luận hoàn toàn trái ngược với thực tế. Bên cạnh đó, việc cho rằng mức năng lượng thấp của điện tử tương ứng với quỹ đạo gần hạt nhân nhất còn mức năng lượng cao lại ứng với quỹ đạo xa hạt nhân là hoàn toàn trái ngược với thực tế.

7. Vận tốc ánh sáng là hằng số

Thuyết tương đối được xây dựng dựa trên giả thiết về sự không phụ thuộc của vận tốc của ánh sáng trong chân không vào chuyển động của nguồn sáng đối với mọi HQC quán tính (tiên đề 2). Tuy nhiên, từ tính toán lại rút ra được công thức cộng vận tốc:

$$V = \frac{V_1 \pm V_2}{1 \pm \frac{V_1 V_2}{c^2}} = \frac{V_1 \pm V_2}{1 \pm \beta_1 \beta_2}$$

Công thức này cho thấy khi một trong hai đối tượng, hoặc nguồn sáng hoặc người quan sát, đạt vận tốc bằng c thì vận tốc tương đối giữa chúng cũng luôn đạt bằng c ! Từ đây mới có khái niệm là vận tốc ánh sáng không phụ thuộc vào cả nguồn sáng lẫn người quan sát hay *vận tốc ánh sáng là hằng số* trong mọi HQC quán tính. Tuy nhiên, không thể nào có thể tưởng tượng được khi 2 photon chuyển động theo cùng một hướng với cùng một vận tốc bằng vận tốc ánh sáng trong một HQC quán tính nào đó thì trong HQC đó, 2 photon tại bất kể thời điểm nào cũng đều “kè kè” bên nhau “như hình với bóng”, trong khi đó, bất kể photon nào trong chúng cũng thấy “bạn đồng hành” của mình rời xa mình với vận tốc ... bằng vận tốc ánh sáng! (?)

8. Công thức $E = mc^2$ chưa hề được chứng minh

Công thức $E = mc^2$ được đánh giá là một trong “10 công thức đẹp nhất của của mọi thời đại” nhưng việc chứng minh nó đã chưa được bắt cập ngay từ đầu bởi chính tác giả - Einstein vĩ đại! Sự thiếu cơ sở logic của Einstein đã được Aivis chỉ ra trong “Journal of the Optical Society Of America”, 42, 540 – 543. 1952. Từ đó, người ta thôi không dùng cách chứng minh của tác giả nữa mà sử dụng sự phụ thuộc của khối lượng quán tính vào vận tốc:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = m_0 \gamma \quad (49)$$

cùng với định luật 2 Newton:

$$F = \frac{d(mV)}{dt} \quad (50)$$

để tính ra công thức đó. Nhưng “tránh vỏ dưa lại gặp vỏ dừa”, lại xuất hiện bất cập mới, mà lần này thì ... chắc là “vô phương cứu chữa”!

Thứ nhất, bản thân công thức (49) được chứng minh chỉ cho vật thể đang chuyển động thẳng đều với vận tốc V trong một HQC quán tính và có khối lượng m_0 trong HQC mà nó đứng yên trong đó. Có nghĩa là cần phải được hiệu chỉnh xác là:

- + Nếu vật thể đang chuyển động với vận tốc V_1 thì ta có $m_1 = m_0 \gamma_1$;
- + Nếu vật thể đang chuyển động với vận tốc V_2 thì ta có $m_2 = m_0 \gamma_2$;

....
+ Nếu vật thể đang chuyển động với vận tốc V_n thì ta có $m_n = m_0\gamma_n$
v.v..

với V_1, V_2, \dots, V_n là các giá trị vận tốc không thay đổi theo thời gian, thỏa mãn yêu cầu của chuyển động thẳng đều, chứ hoàn toàn không phải là các *giá trị vận tốc tức thời* khối lượng quán tính m là một “hàm” của vận tốc theo cách hiểu thông thường về một hàm số: $m = m(V)$ trong đó V là đại lượng biến thiên liên tục, vì bất kỳ một sự biến thiên nào của vận tốc V cũng đều khiến cho điều kiện về HQC quán tính của vật thể chuyển động bị phá vỡ - các biến đổi Lorentz không thể áp dụng được – khi đó, làm sao có thể có được công thức (49) được nữa? Chính vì vậy, không thể thay (49) vào (50) để tính đạo hàm được vì V đã không thể được phép biến thiên thì cả m cũng chẳng có lý do gì để “biến thiên” cả nên đạo hàm đó phải $\equiv 0$!

Thứ hai, bản thân việc áp dụng công thức (50) với $F \neq 0$ cũng khiến cho HQC của vật thể sẽ trở nên phi quán tính và TTH không áp dụng cho nó được nữa thì làm sao có thể sử dụng để chứng minh cái gì? Đây là chưa kể đến tính phi lôgic của định luật 2 của động lực học như được đề cập đến ở nghịch lý 9 “Động lực học chỉ là ảo giác”.

Tóm lại, công thức $E = mc^2$, về thực chất cho đến nay vẫn chưa hề được chứng minh!!!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Huy Toàn, Bản chất của khối lượng quán tính và ảnh hưởng của nó tới vật lý học theo Giấy chứng nhận đăng ký Quyền tác giả số 899/2007/QTG.
2. P. Medawar, E. Wigner ... Bên ngoài khoa học (dịch từ tiếng Anh). NXB KHKT, Hà nội, 2004.
3. Trịnh Xuân Thuận, Mathieu Ricard. Cái vô hạn trong lòng bàn tay. NXB Trẻ, Tp. HCM, 2004.