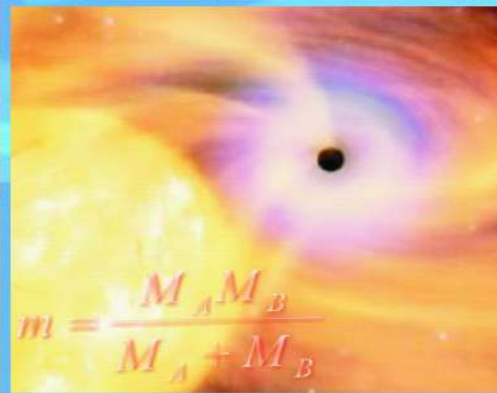


VŨ HUY TOÀN

CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC

$$W = mc^2 + 2U$$



$$g_{\gamma} = \gamma \frac{M_A + M_B}{R^2}$$

$$m = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B}$$

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
HÀ NỘI - 2007

*Không có gì khác hơn ngoài vật chất vận động.
Vật chất vận động không có cách gì khác hơn là nhờ:
“đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập,
theo phương thức lượng đổi-chất đổi”.*

LỜI NÓI ĐẦU

Thế kỷ XX đã qua đi trong “sóng gió” của khoa học và công nghệ nhưng sự khủng hoảng sâu sắc về nền tảng tư tưởng của vật lý học nói riêng và khoa học tự nhiên nói chung khiến chúng ta không thể không suy ngẫm và trăn trở: vật chất liệu có đúng là được sinh ra từ Big Bang? Và không gian, thời gian cũng được sinh ra từ đó? Liệu có tồn tại một Đấng sáng thế điều khiển mọi quá trình ngay từ giây phút đó với mục đích để loài người xuất hiện? Và rồi những hiện tượng “tâm linh” như việc đi tìm mộ của Đỗ Bá Hiệp, Nguyễn Văn Liên, Phan thị Bích Hằng... liệu có nói lên rằng ý thức có thể thực sự tồn tại bên ngoài vật chất? Bước sang thế kỷ XXI, những dư âm của “một thời đã qua” vẫn đè nặng lên tâm tư của những người làm khoa học một cách thật sự nghiêm túc.

Vào năm 1988, khi một lần nữa tôi có dịp quay lại nghiên cứu một cách bài bản về môn “triết học Mác-Lênin”, vì phải trả thi tối thiểu trong chương trình nghiên cứu sinh tại trường Đại học Bách khoa Ki-êp, U-cra-in-na (Liên xô cũ), tôi đã lựa chọn đề tài luận văn triết học với tựa đề “Phân tích các phạm trù cơ bản của triết học” (tất nhiên là bằng tiếng Nga) mà sau này đã làm cơ sở cho tư duy của tôi. Nhờ trang bị được một *phương pháp luận duy vật biện chứng triệt để*, tôi bắt đầu chuyển cách nghiên cứu vật lý theo một hướng khác: “đặt lại toàn bộ nền móng tư tưởng cho vật lý” với phương châm: “*trả lại vật lý cho vật lý*” vì vật lý hiện đại đã bị “siêu hình hóa” và “toán học hóa” tới mức có thể nói “không còn là vật lý nữa”! Vậy là sau hơn 35 năm “đơn thương độc mã” trên con đường đi tìm một lý thuyết thống nhất cho vật lý học, cuối cùng tôi cũng đã đạt được những kết quả phù hợp với hầu hết các hiệu ứng và thực nghiệm hiện có trong vật lý, và có lẽ như người đời thường nói “may hơn khôn”! Còn, nói như Newton có lẽ đúng hơn chăng: “vì tôi đứng trên vai những người khổng lồ”. Vâng! Những người

không lồ đó là K. Marx, F. Anggel, I. Newton, A. Einstein, ... Lý thuyết của các ông là xuất phát điểm cho những nghiên cứu và cũng là điều kiện tiên quyết cho mọi thành công của tôi – thành thật kính cẩn nghiêng mình trước những thiên tài của mọi thời đại!

Đây là tác phẩm đầu tiên của tác giả sau hơn 35 năm nghiên cứu mà trước đó chưa được đăng tải bất cứ một công trình nào. Một phần vì tiếng Anh của tôi chỉ tạm tạm để đọc các tài liệu khoa học, không thể chuyển tải được những nội dung mà tôi đã thực hiện, trong khi ở trong nước không có lấy một tạp chí vật lý bằng tiếng Việt nào; một phần khác là tự xét thấy các vấn đề được nêu ra và giải quyết chưa thật trọn vẹn trong một bối cảnh chung thì rất khó thuyết phục khi hầu như toàn bộ “giới vật lý chính thống” đều đang say xua với “Mô hình chuẩn”, với “siêu đối xứng”... mà nếu so sánh với nó, thì trong con mắt của họ, những gì tôi đang làm chẳng khác gì “đồ chơi con trẻ”! Mặc dù vậy, cũng có lúc tôi đã thử cố gắng kết giao với những nhà vật lý có tên tuổi trong nước, nhưng đều bị chối từ, vì có lẽ không một ai tin vào một “nhà vật lý nghiệp dư” với một hướng đi “lạ kiêu” mà dường như quá “tầm thường”, vì ở đây, hầu như chỉ có các khái niệm “lành mạnh”, trong khi lẽ ra phải “siêu hình” và hơn thế nữa – phải thật “điên rồ”! Và lại, gần đây ở nước ta, xuất hiện quá nhiều những nhân vật “hoang tưởng” cũng có xuất xứ na ná như vậy, tự tuyên bố rằng đã “lật đổ được Newton và Einstein” và rằng lý thuyết của họ mới thật sự là đúng đắn và thậm chí là “cách mạng”! Nhưng cái cảnh “trăm voi không được bát nước xáo” này cũng gây nên tình trạng dị ứng nặng nề của giới vật lý đối với những “công trình” có tiêu chí tương tự mà công trình này của tôi cũng không phải là ngoại lệ!

Tuy nhiên, viết cuốn sách này, tác giả hy vọng trình bày được một cách hệ thống các kiến thức mới trong một trật tự lôgic khả dĩ nhất có thể trong phạm vi

khả năng của tác giả, và có lẽ cũng chỉ như vậy mới hy vọng làm cho mọi người có thể hiểu được mình và đặt niềm tin vào hướng đi mới này để cùng nhập cuộc, rồi biết đâu đấy, có ai đó sẵn lòng nhiệt tình giúp dịch ra tiếng Anh để có thể lấy ý kiến đánh giá của cộng đồng khoa học quốc tế.

Tác giả chân thành cảm ơn các anh em, bạn hữu đã cổ vũ, động viên về mặt tinh thần và giúp đỡ về vật chất để công trình này ra mắt được độc giả. Do trình độ còn hạn chế và chưa có nhiều kinh nghiệm, trong khi vấn đề bao quát lại quá rộng, nên những gì đã ghi nhận được trong cuốn sách này xin chỉ được xem như một ***bước mở đầu mới***, và vì vậy để hoàn thiện, rất cần tới sự nỗ lực của cộng đồng các nhà vật lý. Ngoài ra, việc trình bày chắc chắn không thể tránh khỏi còn nhiều sai sót nên tác giả mong được bạn đọc xa gần đóng góp ý kiến phê bình, sửa chữa theo địa chỉ E-mail: huytoan971@vnn.vn.

Tác giả sẽ vô cùng vinh hạnh đón nhận và biết ơn.

Chương I
CƠ SỞ CỦA VẬT LÝ HỌC

*“Không tồn tại các tính chất,
chỉ tồn tại những sự vật có các tính chất...”*

Phidric Angel

1.1. Các phạm trù 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 bao gồm 2 bộ phận cấu thành đó là *vật thể* và *trường* sẽ được xem xét chi tiết ở mục 1.3.1. 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 hẳn 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 đã, 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. Phần 1 của CDM này sẽ chỉ nghiên cứu các thực thể vật lý tồn tại khách quan hay nói ngắn gọn là tồn tại khách quan.

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”. Thay vì khái niệm “không gian trống rỗng” hay “chân không”, ta sẽ sử dụng khái niệm *không gian thuần* – đó là vùng không gian không chứa bất cứ một vật thể nào (khái niệm “vật thể” xem ở mục 1.3.1). Tuy nhiên, như sau này sẽ thấy ở Chương III, mục 3.2c, một không gian như vậy hầu như không tồn tại vì không thể loại bỏ được các loại bức xạ với đủ loại tần số từ photon tới tia γ và neutrino. 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 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, Lobatrevsky, Riemann... 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 – điều này cực kỳ quan trọng.

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, nhất là đối với các dạng hình học phi Euclid kiểu Hilbert hay Riemann với các đối tượng của nó lúc này không đơn thuần chỉ là điểm, đường, mặt... theo đúng nghĩa đen của những từ này nữa, mà có thể là bất cứ một tập hợp nào, không quan trọng là cái gì, miễn là có cùng một tính chất xác định. Những hình học loại này hoàn toàn không còn sử dụng để làm *công cụ mô phỏng* không gian vật chất được nữa, mà khả quan nhất cũng chỉ có thể đóng vai trò làm *công cụ tính toán* những thông số nào đó của không gian vật chất trong một giới hạn nhất định nào đó mà thôi. Thuyết tương đối, lý thuyết trường lượng tử và các lý thuyết thống nhất M, siêu dây, lượng tử vòng v.v.. đã sử dụng 2 loại hình học này làm cơ sở, trong khi không phân biệt được những sai khác kể trên với không gian vật chất, nên kết cục đã làm sai lệch nhận thức của chúng ta về thế giới tự nhiên.

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.

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 1.3.5. “*Lực, lực trường thế và hiện tượng quán tính*”.

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 mà thôi.

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 thực thể vật lý, hoặc giữa không gian nội vi của các thực thể vật lý 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 – điều này khác hẳn với quan niệm cơ học tầm thường khi quy tất cả các dạng vận động về chuyển động cơ học thuần túy, nhưng cũng loại bỏ cả quan niệm trừu tượng về các dạng vận động không gắn với sự thay đổi thuộc tính không gian mà về thực chất chỉ là biểu hiện của siêu hình.

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, 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. 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 $dt=(\Delta t \rightarrow 0)$ không có ý nghĩa vật lý vì nó mâu thuẫn với “nguyên lý tác động tối thiểu” sẽ được biết tới ở mục 1.3.6. 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: $V_{tb}=\Delta S(t)/\Delta t$ trong đó 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... (xem Phụ lục 24). 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 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 ngỏ cho Phần II của CDM. 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 tỷ 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”, “lực” là “độ đo của tương tác” rồi thì hà tất gì phải khoá cho chúng 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 và các khái niệm cơ bản của vật lý học như trên Hình 1.14 ở cuối Chương I này.

1.2. 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 hẩu lốn”. Trong vật lý đó là sự thống nhất giữa vô cùng bé và vô cùng lớn của không gian vật chất; giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi, giữa nội năng và ngoại năng của một thực thể vật lý; giữa tính chủ động và tính bị động của các tương tác, 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 1.3.3, sự tồn tại của các hạt cơ bản ở mục 1.3.1, nguyên lý tác động tối thiểu ở mục 1.3.5 và trong rất nhiều tình huống khác.

1.3. Các khái niệm cơ bản của vật lý học

1. Vật thể, trường và hạt cơ bản.

Vật thể là phần thực thể vật lý tương ứng với không gian nội vi của thực thể vật lý đó, còn phần 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 theo 2 quy luật vận động cơ bản của vật chất. 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 chông chênh 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 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 thoát đầu là dựa vào chính ether này, nhưng về sau, đã đưa được vào 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 như 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 “hông” 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 mang nặng màu sắc của một công cụ tính toán thay vì công cụ mô phỏng không gian vật chất. Như vậy, tuy ở đây tác giả 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 thực thể vật lý khác – không tồn tại cái gọi là “một trường độc lập” của một thực thể vật lý nhất định 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 chỉ 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 giờ 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 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

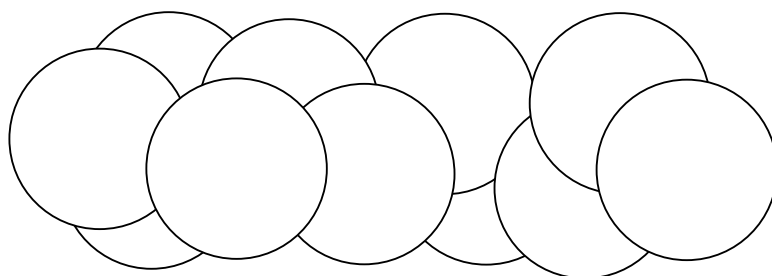
“hạt cơ bản”. Vì vật chất là vô cùng, vô tận nên không thể tồn tại một loại hạt nào thật sự là “cơ bản” cả. Khái niệm “cơ bản” ở đây chỉ với nghĩa là giới hạn của nhận thức mà thôi.

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 (xem ở mục 1.3.6). Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với tính hữu hạn năng lượng của các vật thể sẽ nói tới ở mục 1.3.4. 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.

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 vật thể khác chỉ có thể có tác dụng trong phạm vi thiên cầu có bán kính đó mà thôi. 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 “đánh với nhau” không trực tiếp được thì gián tiếp qua những thiên cầu trung gian khác (xem Hình 1.1) 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 tương tác với nhau cho dù chúng có ở xa nhau đến mấy chăng 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” hay tương đương với nó là “điện tích dương – điện tích âm”. 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 1.1. Thiên cầu này lại nối tiếp thiên cầu khác, chúng vẫn “dính” với nhau không trực tiếp được thì gián tiếp.

Bên cạnh đó, có các thực thể vật lý có kích thước rất nhỏ được cấu tạo nên từ các hạt cơ bản e^- và e^+ , ví dụ như hạt nhân, proton, neutron, photon v.v.. ta gọi chung là *hạt sơ cấp* sẽ được xem xét tới ở Chương III và Chương IV. Tuy nhiên

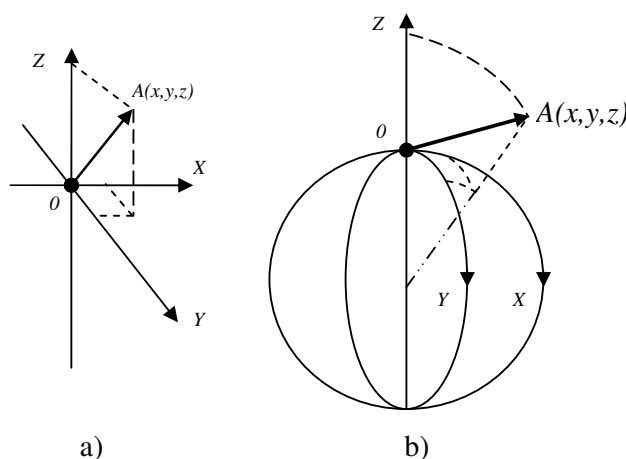
trong cơ học, đôi khi kích thước của các vật thể quá nhỏ so với khoảng cách giữa chúng nên có thể không cần quan tâm đến kích thước của chúng nữa, và do đó để thuận tiện, các vật thể này có thể được coi là “chất điểm” nhưng “chất điểm” này không hề liên quan gì tới “hạt cơ bản” hay “hạt sơ cấp” cả, ví dụ như các vệ tinh nhân tạo trên quỹ đạo của Trái đất, các hành tinh của Hệ Mặt trời trên quỹ đạo v.v.. khi không quan tâm tới sự tự quay của chúng.

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. Nếu HQC được đặt trên một vật thể thật sự nào đó, ta có *HQC thực*, nếu nó không được đặt trên một vật thể thật sự 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 1.2b) thì được gọi là *HQC thật* theo đó ta có 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*.

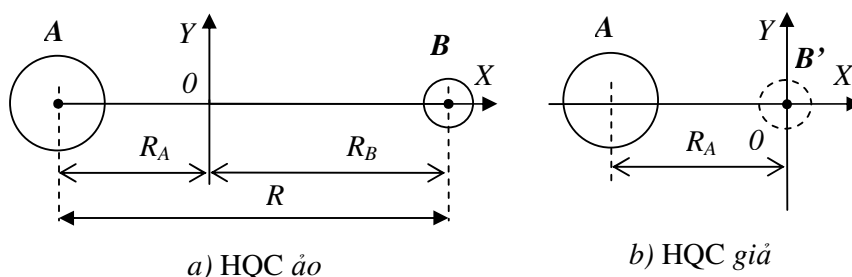


Hình 1.2. Hệ tọa độ hình học và Hệ tọa độ vật chất.

Trong HQC nhân tạo, 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.

HQC ảo dùng 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 trong “bài toán chuyển động của 2 vật trong trường xuyên tâm”, giả 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 1.3.7). 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 2 vật thể nào đó còn 2

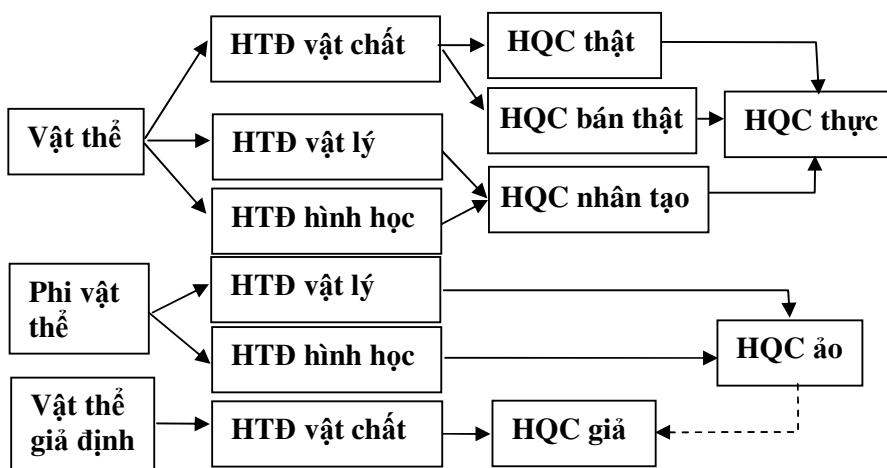
trục còn lại vuông góc với đường này. Như vậy, đối với HQC khối tâm này, chỉ có duy nhất một trục tọa độ là thực, còn 2 trục tọa độ khác cùng với gốc tọa độ là ảo và đó cũng là cách lựa chọn duy nhất. Song, vì HQC ảo không được gắn với một thực thể vật lý nào nên, về nguyên tắc, nó chỉ có thể mô phỏng được các thông số động học như vận tốc, gia tốc chuyển động và quỹ đạo và cùng lắm là một phần 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 phần nào 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 tại thời điểm đó. 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 1.3a) 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 1.3b. Khi đó, đối với vật thể *A* chỉ tồn tại vật thể giả định *B'* ngay tại gốc HTĐ nhưng mọi chuyển động của nó không thay đổi gì so với trước.



Hình 1.3. HQC khối tâm của 2 vật thể.

Bên cạnh đó, đối với thế giới hạt cơ bản hoặc các thiên thể khác trong Vũ trụ ngoài Trái đất, như Mặt trời chẳng hạn, các cái gọi là HQC gắn với chúng chỉ có

thể mang tính quy ước mà hoàn toàn không có tính thực tiễn với nghĩa chỉ có một cách duy nhất là buộc phải tưởng tượng ra chúng mà thôi. Chính vì thế, có thể gọi những HQC kiểu đó là HQC *bán thật* để phân biệt với HQC *thật* luôn đặt được trên các vật thể nhất định (Trái đất, các vệ tinh nhân tạo...), trong đó con người có thể tiến hành các phép đo đạc cần thiết. Ngoài HQC thật ra, các HQC còn lại, 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 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 trở về với HQC thật từ các HQC khác. Để dễ phân biệt các khái niệm mới này ta biểu diễn chúng theo sơ đồ trên Hình 1.4.



Hình 1.4. Phân biệt các loại HQC.

Cuối cùng, cần phải nhấn mạnh một điểm nữa là *trong các HQC thật và bán 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 “roi 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 đẻ ra các loại hình học khác nhau như đã nhắc tới ở mục 1.1.2 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 (xem mục 2.2.2).

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 1.8 ở mục 1.3.6. 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. Chúng ta sẽ có dịp trở lại vấn đề này trong mục 1.3.7 ngay sau đây, khi làm quen với khái niệm khối tâm của hệ các vật thể.

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, tức là trạng thái đứng yên – một dạng của chuyển động theo quán tính.

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 thuần túy như quỹ đạo (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, ví dụ như *hiệu ứng con muỗi, nghịch lý động năng* (xem ở Phụ lục 5 và 10) 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 (xem mục 2.5b). 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. 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..

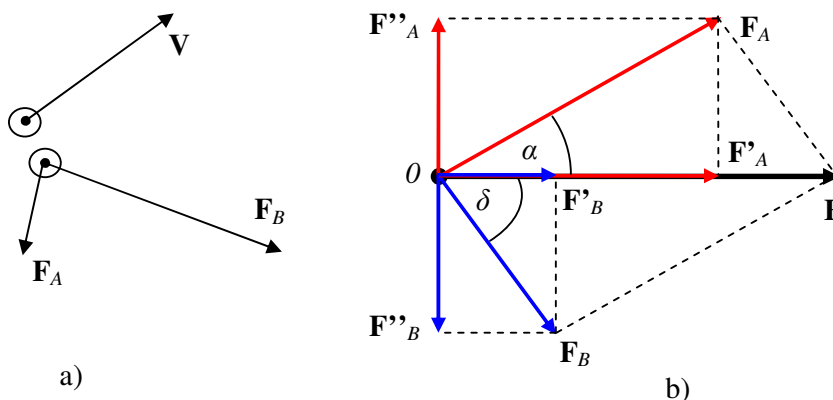
Đại lượng véc tơ là loại đại lượng vật lý chỉ có giá trị theo một hướng nhất định trong không gian, còn ở những hướng khác, giá trị của nó bằng không. Chúng được đặc trưng bởi ba yếu tố: điểm đặt, chiều dài và hướng; điểm đặt của véc tơ chỉ ra đối tượng “sở hữu” véc tơ đó tại một thời điểm xác định; chiều dài véc tơ mô phỏng độ lớn của đại lượng tương ứng; hướng của véc tơ chỉ ra hướng của đại lượng tương ứng. 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, chiều dài đoạn thẳng biểu diễn độ lớn của đại lượng, còn hướng của mũi tên biểu diễn hướng của đại lượng đó như được chỉ ra trên Hình 1.5a.

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 1.5b, 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:



Hình 1.5. Các đại lượng véc tơ

$$\mathbf{F}'_A = \mathbf{e}_F F_A \cos\alpha, \quad \mathbf{F}'_B = \mathbf{e}_F F_B \cos\delta \quad (1.2)$$

gọi là các các *véc tơ hướng ngoại*, với \mathbf{e}_F là véc tơ đơn vị trùng với hướng của véc tơ hướng ngoại tổng \mathbf{F} . 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:

$$\mathbf{F}''_A = \mathbf{e}_{F_A} F_A \sin\alpha, \quad \mathbf{F}''_B = \mathbf{e}_{F_B} F_B \sin\delta \quad (1.3)$$

gọi là các *véc tơ hướng nội*, với \mathbf{e}_{F_A} và \mathbf{e}_{F_B} là các véc tơ đơn vị lập với hướng của véc tơ hướng ngoại tổng \mathbf{F} một góc tương ứng bằng $+\pi/2$ và $-\pi/2$. 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:

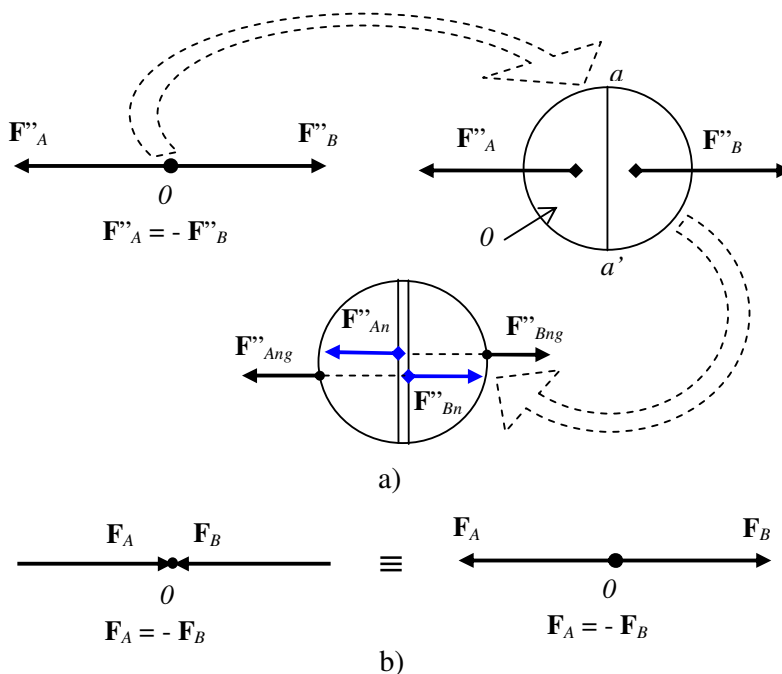
$$\mathbf{F}_A'' + \mathbf{F}_B'' = 0 \quad (1.4)$$

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

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.



Hình 1.6. Mô hình nội véc tơ và ngoại véc tơ tại điểm đặt O

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 O của chúng như trên Hình 1.6a, 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” O được chia tách bởi đường phân cách aa' với ngụ ý rằng chúng có xu hướng “tách rời” điểm O đó làm 2 phần. Để thấy được sự chia tách và phân bố lại các véc tơ này vào “bên trong” điểm đặt O 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*. 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 hướng ngoại, mà còn cần tính đến ảnh hưởng của nó đồng thời đến không gian nội vi như vừa xét – véc tơ hướng nội – mới cho ta kết quả đầy đủ của cái gọi là *tác động tổng hợp của 2 véc tơ*. Ngoài ra, còn cần phải lưu ý tới bản chất vật lý mà các véc tơ biểu thị trong quá trình thực hiện các phép toán đối với chúng. 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.

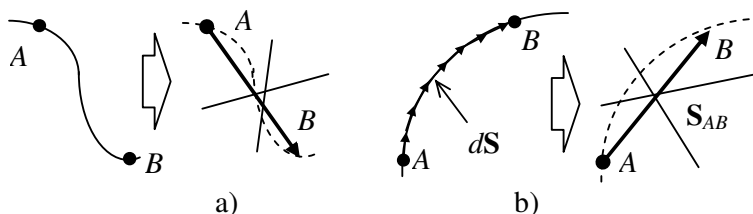
Bên cạnh đó, có lẽ còn một chi tiết nữa trong giải tích véc tơ cũng đã bị đơn giản hóa đó là véc tơ hướng tới 1 điểm được coi như tương đương với véc tơ có cùng độ lớn và cùng một hướng, nhưng có điểm đặt tại chính điểm đó như được chỉ ra trên Hình 1.6b. Xét từ góc độ vật lý, 2 trường hợp này không hề tương đương nhau; trong trường hợp đầu, điểm O chịu “sức nén” của 2 véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B làm tăng liên kết bên trong của “điểm” O đó, dẫn đến tăng năng lượng liên kết bên

trong của “điểm” O ; còn trong trường hợp sau, điểm O lại chịu “sức kéo” của 2 véc tơ \mathbf{F}_A và \mathbf{F}_B làm giảm liên kết bên trong của “điểm” O đó, dẫn đến giảm năng lượng liên kết bên trong của “điểm” O . Điều này đặc biệt quan trọng khi xem xét trạng thái năng lượng tới hạn trong chuyển động theo quán tính ở mục 2.2.2.

Cuối cùng, còn một chi tiết cần phải được thay đổi đó là quan niệm *quãng đường cũng là một đại lượng véc tơ*. Xem xét kỹ lại, ta nhận thấy rằng quãng đường là một đại lượng hết sức đặc biệt, nó vừa là tính chất của hiện tượng vật lý – chuyển động của vật thể trong không gian vật chất, vừa là bộ phận cấu thành nên chính không gian (cho dù là vật chất, vật lý hay toán học) và do đó, việc gán cho nó đặc tính véc tơ biểu diễn chỉ bởi một đoạn thẳng, để mô tả nó trong cái gọi là “không gian véc tơ” là vô hình chung đã tước đi vai trò đó chủ đạo của nó trong chính không gian đó, trong khi nó có thể cong queo với bất kỳ dạng nào có thể có như được biểu diễn trên Hình 1.7. Bên cạnh đó, vì bản thân khái niệm “quãng đường” – một bộ phận của không gian vật chất có thể thay đổi hướng liên tục suốt quá trình chuyển dịch của vật thể từ một điểm này đến một điểm khác như được biểu diễn trên Hình 1.7a nên không thể gán cái gọi là “hướng” của “quãng đường” đó vào bất kỳ điểm nào trong số các điểm đó giống như đối với vận tốc, gia tốc hay lực tác động được, khi mà các đại lượng sau này còn có ý nghĩa tại một thời điểm. Thậm chí khi chia nhỏ ra thành các cái gọi là “số gia quãng đường” dS như trong cơ học vẫn làm (xem Hình 1.7b), thì véc tơ tổng hợp \mathbf{S}_{AB} cũng sẽ có độ lớn chẳng liên quan gì đến “quãng đường mà vật đi được” trong khoảng thời gian đó cả. Quãng đường với tư cách là “không gian vật chất” một chiều, tồn tại khách quan, không được nhầm lẫn với “kết quả đo” không gian đó S_{AB} được sử dụng trong các công thức tính toán hay trong không gian toán học. Thực chất ở đây đã có sự “pha trộn” một cách vô tình giữa không gian vật chất với không gian toán học (không gian véc tơ) nên đã gây sự nhầm lẫn tai hại này.

Tóm lại, quãng đường không thể xem là một đại lượng véc tơ trong không gian véc tơ, mặc dù nó đúng là có hướng trong không gian vật chất. Nhưng khi đó, một vấn đề mới lại được đặt ra liên quan tới khái niệm vận tốc chuyển động vốn là một đại lượng véc tơ, theo vật lý hiện hành được xác định bởi giới hạn:

$$\mathbf{V}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{S}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{S}}{dt}. \quad (1.5)$$



Hình 1.7. Quãng đường không phải là véc tơ

Tuy nhiên, với những điều đã nói ở trên, ta cần thay biểu thức (1.5) bằng biểu thức khác có ý nghĩa vật lý hơn đó là:

$$\mathbf{V}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} \mathbf{e}_A = \frac{dS}{dt} \mathbf{e}_A \quad (1.6)$$

ở đây \mathbf{e}_A là véc tơ đơn vị có hướng tiếp tuyến với quãng đường ngay tại điểm A, ứng với vị trí của vật thể tại thời điểm t , còn S chỉ là đại lượng vô hướng trong không gian véc tơ, nhưng độ dịch chuyển của nó lại có hướng, và hướng này được xác định bởi chính véc tơ đơn vị \mathbf{e}_A . Với cách xác định này, mọi bất cập sẽ được giải tỏa. Sau này, có thể thấy ở Chương II, mục 2.1.5, đặc tính véc tơ của năng lượng sẽ được lộ diện có căn cứ xác đáng; còn ở Chương III, mục 3.2.1, chúng ta cũng sẽ thấy việc sử dụng quãng đường như một đại lượng vô hướng là hoàn toàn hợp lý.

4. Tương tác và năng lượng

a/ Tương tác – là một khái niệm cơ bản để chỉ nguyên nhân tồn tại các thực thể vật lý khác nhau, nó là một thể hiện của quy luật vận động thứ nhất của vật chất: đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập, nói một cách khác, một thực thể vật lý nào đó chỉ có thể tồn tại khi giữa nó với các thực thể vật lý 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 hệ quy chiếu trong đó chúng được xem xét (xem khái niệm hệ quy chiếu ở mục 1.3.2), 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). Trong Chương 3, chúng ta sẽ có dịp trở lại với hiện tượng từ này theo cách nhìn mới. 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. 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 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 tĩnh – 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 đối – chất đối được thực hiện ở Chương 3 và 4 tiếp theo. 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*.

b/ 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 số học hay 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 hệ quy chiếu (HQC) trong đó năng lượng này được xác định chứ không có khái niệm năng lượng chung chung (xem HQC ở mục 1.3.2).

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 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.

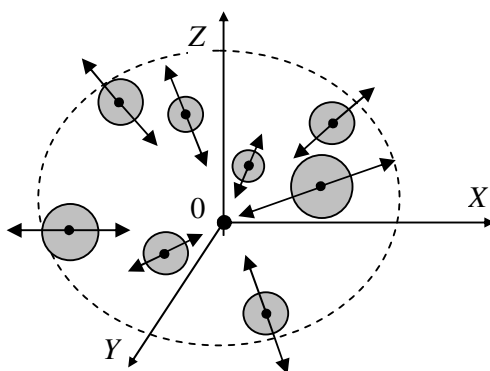
Ngoài ra, vì bất kỳ dạng vật chất nào cũng đều có không gian nội vi và không gian ngoại vi nên *năng lượng toàn phần* phải bao gồm cả *nội năng* và *ngoại năng* tương ứng với 2 vùng không gian này của nó.

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. Theo định nghĩa này, nội năng là năng lượng tuyệt đối – nó chỉ được xác định trong HQC khối tâm của vật thể hay hệ vật thể.

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.

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 1.8). Vì vậy, có thể có 2 cách đánh giá khác nhau tương ứng với 2 khái niệm nội năng khác nhau.



Hình 1.8. 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 trong HQC khối tâm của vật thể:

$$\mathbf{W}_n = \sum_1^N \mathbf{W}_{ni} . \tag{1.7}$$

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 vật thể. Đối với vật thể có kích thước xác định, nội năng cơ = 0. Nhưng như vậy, nội năng cơ không đặc trưng cho các vật thể khác nhau được 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 modul các năng lượng thành phần:

$$W_n = \sum_1^N W_{ni} \tag{1.8}$$

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 (1.8) về thực chất chỉ là đặc trưng mang tính thống kê.

Hiệu giữa nội năng tổng (1.8) với modul của nội năng cơ (1.7) chính là năng lượng đặc trưng cho trạng thái quá độ tiến tới cân bằng của thực thể vật lý:

$$W_{n\Delta} = \sum_1^N W_{ni} - \left| \sum_1^N \mathbf{W}_{ni} \right|. \quad (1.9)$$

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 và vì vậy, tương tự như nội năng, cũng cần phân biệt *ngoại năng cơ* bằng tổng véc tơ:

$$\mathbf{W}_{ng} = \sum_1^n \mathbf{W}_{ngi} \quad (1.10)$$

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

$$W_{ng} = \sum_1^n W_{ngi} \quad (1.11)$$

Vì là cộng modul nên ngoại năng tổng cũng chỉ là đặc trưng mang tính thống kê. Hiệu giữa ngoại năng tổng (1.11) với modul của ngoại năng cơ (1.10) 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:

$$\Delta W_{ng} = \left(\sum_i W_{ngi} - \left| \sum_i W_{ngi} \right| \right). \quad (1.12)$$

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

$$W_{ng\Sigma} = W_{ng} - \frac{1}{2}\Delta W_{ng} \quad (1.13)$$

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

$$W_{n\Sigma} = W_n + \Delta W_n. \quad (1.14)$$

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

$$W = W_{n\Sigma} + W_{ng\Sigma} = \text{const}. \quad (1.15)$$

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 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 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 trong hệ đó.

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 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 tự 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 trạng thái năng lượng của thực thể vật lý trong trường lực thế mới được phát hiện như ở Chương II, mục 2.2.

Xét từ góc độ toàn Vũ trụ vô cùng, vô tận thì tổng năng lượng liên kết giữa các thực thể vật lý phải $=0$ vì nếu >0 thì các thực thể vật lý về tổng thể sẽ phải rời xa nhau mãi mãi – Vũ trụ sẽ bị “tan loãng” ra tới vô cùng, còn nếu <0 thì nó sẽ phải co lại thành một “điểm” – cả 2 trường hợp đều coi như Vũ trụ sẽ biến mất.

c/ Các nguyên lý bảo toàn và trao đổi năng lượng.

Ở trên, 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 trao đổi và chuyển hóa năng lượng này phải tuân theo 2 quy luật vận động cơ bản 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 1.1.3. Trong cơ học, nguyên lý hữu hạn này chính là nguyên nhân sâu xa của hiện tượng quán tính sẽ được lượng hóa cụ thể ở mục 1.3.5 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. Ở mục 2.2 sau này, có thể thấy rằng vận tốc tới hạn để nội năng cân bằng với ngoại năng không phải là hằng số đối với mọi HQC vì bản thân ngoại năng tự nó đã nói lên sự phụ thuộc của nó vào HQC rồi nên nội năng của nó cũng không thể không phụ thuộc vì giữa nội năng và ngoại năng luôn có một mối liên quan chặt chẽ. Tuy nhiên, sự phụ thuộc này còn cần được xem xét trong từng trường hợp cụ thể với từng loại tương tác cụ thể mà chúng ta sẽ còn đề cập đến trong các chương tiếp theo trên nguyên tắc: chuyển động của HQC dựa trên tương tác nào thì sự phụ thuộc chỉ xảy ra đối với loại tương tác đó. Ví dụ, một vật thể chuyển động trong tương tác hấp dẫn với các vật thể khác thì thành phần nội năng liên quan tới tương tác hấp dẫn sẽ phụ thuộc vào HQC nhưng thành phần nội năng liên quan tới các tương tác điện và hạt nhân sẽ không thay đổi.

Có một vấn đề không thể không lưu ý đó là vận tốc vừa nói ở trên chỉ giới hạn cho chuyển động của các vật thể trong một trường lực thế nhất định chứ hoàn toàn không phải là vận tốc lan truyền tương tác của chính trường lực thế đó. Các thực thể vật lý tương tác với nhau trên khoảng cách với vận tốc lớn hơn nhiều so với chuyển động của chính chúng sẽ được đề cập đến ở Chương IV là yêu cầu có thể hiểu được. Trên thực tế, hiện tượng “vướng mắc lượng tử” giữa các hạt sơ cấp đã được ghi nhận là một bằng chứng thuyết phục.

Ngoài sự chuyển hóa giữa nội năng và ngoại năng của cùng một dạng vật chất ví dụ như hiện tượng rơi tự do ở mục 2.2.1, năng lượng còn được trao đổi giữa các dạng vật chất khác nhau. Sự trao đổi này không chỉ dừng ở thế năng của chúng (dưới dạng lực trường thế - xem mục 1.3.5), mà còn có thể là động năng (dưới dạng va chạm trực tiếp).

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 cùng 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.

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

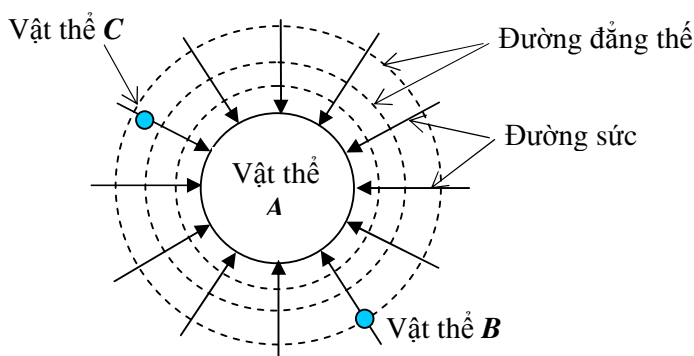
Trong cơ học, *độ đo tương tác giữa các thực thể vật lý gọi là lực*. *Lực tương tác giữa trường của thực thể vật lý này với vật thể khác gọi là lực trường thế*. *Trường của các thực thể vật lý, do đó, còn gọi là trường lực thế*. *Lực tương tác trực tiếp giữa các vật thể với nhau không thông qua trường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

a/ Lực trường thế đơn cực.

Thông thường, các thực thể vật lý có nội năng lớn vượt trội so với nội năng của các thực thể vật lý khác sẽ hướng các tương tác về phía tâm của mình, tức là lực trường thế của nó lên mọi vật thể khác đều hướng về cùng một tâm điểm, còn gọi là *cực* của trường lực thế của nó. Lực trường thế loại này có dạng hướng tâm nên không gian vật chất này cũng là không gian hướng tâm, ngoài ra, còn là không đồng nhất như được biểu diễn trên Hình 1.9, trong đó các đường hướng tâm nét liền (\rightarrow) chỉ ra hướng của lực trường thế của thực thể *A* khi bỏ qua ảnh

hướng của vật thể **B** và **C** chuyển động trong trường lực thế đó, còn các vòng tròn đường nét đứt (- - -) mô tả đường đẳng thế - thực chất là những mặt cầu đồng tâm có lực trường thế như nhau ở mọi điểm đối với cùng một vật thể ở vị trí đó, vì vậy trường lực thế kiểu này, xét về hình thức luận trong không gian vật lý, có thể gọi là *trường lực thế cầu*. Lực trường thế hướng tâm này tương ứng với các hệ thực thể vật lý như nguyên tử, hệ Mặt trời...



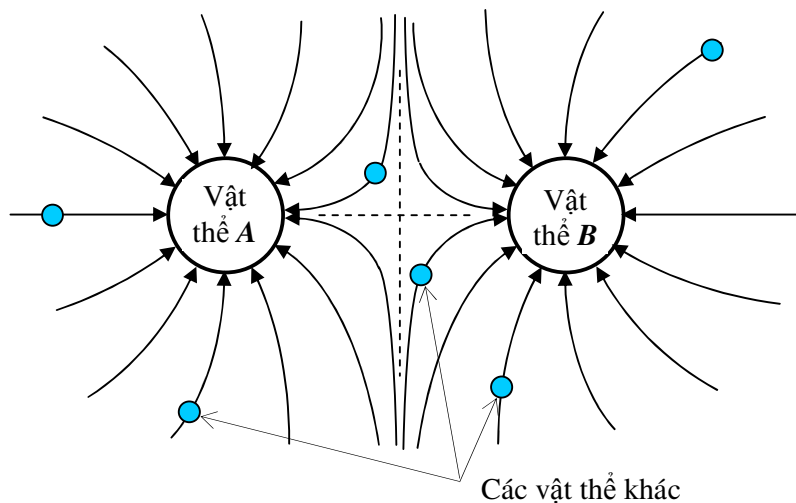
Hình 1.9. Lực trường thế đơn cực.

b) *Lực trường thế lưỡng cực.*

Trong nhiều trường hợp, do kết quả chồng chập 2 trường lực thế của 2 thực thể vật lý **A** và **B** có nội năng tương đương nhau dẫn đến sự chia tách không gian vật chất thành 2 phần, trong mỗi phần đó, lực trường thế hướng tới một tâm khác nhau tương ứng với mỗi thực thể vật lý khác nhau. Kết quả là hình thành 2 cực của lực trường thế nên gọi là *lực trường thế lưỡng cực* như được chỉ ra trên Hình 1.10. 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*:

$$\mathbf{F}_n = \sum_1^N \mathbf{F}_{ni} \tag{1.16}$$

$$F_n = \sum_1^N F_{ni}; \tag{1.17}$$



Hình 1.10. Lực trường thế lưỡng cực

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 (1.17) khác nhau đối với các vật thể khác nhau nữa tuy chúng có cùng nội lực cơ (1.16) 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 phân 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:

$$\mathbf{F}_{ng} = \sum_1^n \mathbf{F}_{ngi} \tag{1.18}$$

$$F_{ng} = \sum_1^N F_{ngi} \quad (1.19)$$

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 thể 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” (xem mục 1.3.4). 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:

$$F_{\Sigma} = F_n + F_{ng} . \quad (1.20)$$

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 – điều này sẽ được chứng minh cụ thể ở Chương II, mục 2.2.

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 xung quanh trục đi qua khối tâm của vật thể – tương ứng với *động năng quay*. Việc va chạm này phụ thuộc vào vận tốc chuyển động tương đối giữa các vật thể với nhau như sẽ được đề cập tới ở mục 2.1.6. 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 . Mặt khác, khác với động năng tịnh tiến vốn thành phần của ngoại năng, động năng quay lại là thành phần thuộc về nội năng của thực thể vật lý.

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*. 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” luôn dẫn đến sự chuyển hóa các dạng năng lượng, nên năng lượng không hề bị tiêu tốn mà chỉ trao đổi 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

thể tương ứng và nhất là phải phù hợp với tương tác đã sinh ra nó. Trong “nghịch lý con muỗi” (xem Phụ lục 5), có thể thấy động năng của Trái đất so với con muỗi không xuất phát từ lực trường thế của chúng, cũng không do va chạm trực tiếp giữa chúng mà lại do mấy cái vỗ cánh của con muỗi thì cũng không thể áp dụng công thức tính động năng (2.46) được.

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! 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

1.1.3. 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 1.3.4c. 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, như ta đã thấy ở mục 1.3.2, một HQC như vậy không thể tồn tại. Để đặc trưng cho hiện tượng quán tính này ta sẽ sử dụng một đại lượng thuận tiện hơn đó là *khối lượng quán tính* sẽ được đề cập đến ở Chương II, mục 2.1.

6. Tác động, tác dụng và nguyên lý tác động tối thiểu.

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:

$$+ \text{Maupertuis – Lagrange: } H = \int_{t_0}^{t_1} 2K dt, \quad (1.21)$$

$$+ \text{Hamillton - Ostrogratsky: } H = \int_{t_0}^{t_1} L dt, \quad (1.22)$$

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*:

$$D = \frac{H}{\eta} = \frac{1}{\eta} \int_{t_0 - \tau}^{t_1 - \tau} 2K dt \quad (1.23)$$

Nếu $K = \text{const}$, từ (1.21) và (1.23) ta có:

$$H = 2K(t_1 - t_0) = 2K\Delta t. \quad (1.24)$$

$$D = \frac{2K(t_1 - t_0)}{\eta} = \frac{2K\Delta t}{\eta}. \quad (1.25)$$

Từ các biểu thức (1.24) và (1.25), 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:

$$D = \frac{1}{\eta} \int_{t_0-\tau}^{t_1-\tau} 2Kdt \geq d = \frac{1}{\eta} h. \quad (1.26)$$

Cần phân biệt nguyên lý này với *nguyên lý tác dụng tối thiểu* của Hamilton theo đó, trong những dịch chuyển khả dĩ, dịch chuyển thực sự chỉ xảy ra khi biến phân đẳng thời của hàm H theo đường dịch chuyển đó đạt cực trị. Đối với các vật thể phức tạp được cấu thành từ số lượng lớn các phần 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 như sẽ được thấy ở mục 2.2.2. Ngoài ra, ta cũng cần phân biệt *bán kính tác dụng* R_T với *bán kính tác động* (hay còn gọi là *bán kính tương tác* R_m như ở mục 1.3.1).

Bán kính tác dụng của một thực thể vật lý này đối với một thực thể vật lý khác là khoảng cách mà cho đến đó, tác động tương hỗ giữa chúng còn có tác dụng về phương diện nào đó.

Như vậy, tương ứng với mỗi cặp thực thể vật lý khác nhau, sẽ tồn tại một bán kính tác dụng khác nhau, vì vậy, đối với một thực thể vật lý nhất định trong thế giới vật chất vô cùng vô tận, sẽ tồn tại một bán kính tác dụng lớn nhất trong số những bán kính đó chính là bán kính tác động R_m đã nhắc tới ở trên. Từ quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập, mà cụ thể ở đây là giữa không gian nội vi (ký hiệu thể tích của nó là V_{x_i}) với không gian ngoại vi (ký hiệu thể tích của

nó là V_{xng}) của cùng một thực thể vật lý X nào đó như đã được đề cập tới ở mục 1.1.2, thì quan hệ giữa chúng phải có dạng tỷ lệ nghịch:

$$V_{xng} = \frac{C'_x}{V_{xn}}, \quad (1.27)$$

ở đây C'_x là một hằng số đặc trưng cho chính thực thể vật lý X đang xét, nó phụ thuộc trước hết vào đặc trưng tương tác của chính các thực thể vật lý đó, ví dụ như khối lượng hấp dẫn, hằng số hấp dẫn, tỷ trọng của các vật thể, v.v.. Nếu có thể coi không gian nội vi của thực thể vật lý X đang xét là dạng cầu với bán kính là r_x , còn không gian ngoại vi của nó bị giới hạn bởi hình cầu bán kính R_{Tx} , ta có:

$$\frac{3\pi(R_{Tx} - r_x)^3}{4} = \frac{4C'_x}{3\pi r_x^3}. \quad (1.28)$$

Sau khi biến đổi đi, ta được:

$$r_x(R_{Tx} - r_x) = C_x, \quad (1.29)$$

ở đây ký hiệu
$$C_x = \sqrt[3]{\frac{16C'_x}{9\pi^2}}. \quad (1.30)$$

Từ biểu thức (1.29), có thể rút ra được biểu thức cho bán kính tác dụng R_{Tx} :

$$R_{Tx} = r_x + \frac{C_x}{r_x}. \quad (1.31)$$

Từ biểu thức (1.31) có thể thấy rõ là khi $r_x \rightarrow 0$ thì $R_{Tx} \rightarrow \infty$. Sau này chúng ta sẽ thấy đối với tương tác hấp dẫn hay Coulomb, khi $r_x \rightarrow 0$ cũng đồng nghĩa với năng lượng của thực thể vật lý $\rightarrow \infty$, mà điều này cũng có nghĩa là bán kính tác dụng của thực thể vật lý đó $\rightarrow \infty$ là điều hoàn toàn phù hợp với lôgic. Mặt khác, nếu lấy đạo hàm của biểu thức (1.31) theo r_x , ta được:

$$\dot{R}_{Tx} = 1 - \frac{C_x}{r_x^2}. \quad (1.32)$$

Cho đạo hàm này = 0, ta rút ra được *bán kính tới hạn* của vật thể:

$$r_{xk} = \sqrt{C_x} \quad (1.33)$$

mà tại đó, bán kính tác dụng của nó đạt cực tiểu có giá trị bằng:

$$R_{Tx\min} = 2\sqrt{C_x}. \quad (1.34)$$

Từ các biểu thức (1.33) và (1.34), cũng có thể nói là:

$$R_{Tx} \geq 2r_{xk}. \quad (1.35)$$

Hay nói cách khác, bán kính tác dụng của bất cứ thực thể vật lý nào cũng không thể nhỏ hơn được 2 lần “bán kính tới hạn” phần vật thể của nó, về thực chất, đảm bảo rằng nếu chỉ xét riêng một hệ cô lập gồm 2 thực thể vật lý như nhau thì trong mọi trường hợp, chúng luôn nằm được trong phạm vi bán kính tác dụng của nhau. Điều này minh chứng cho một ý nghĩa triết học sâu sắc về sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau của cái gọi là “thực thể vật lý” = vật thể + trường đã được nói tới ở mục 1.1.

7. 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:

$$\mathbf{p} = \mathbf{F}t. \quad (1.36)$$

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 biểu thức (1.56) ở mục 1.4.2, khi đó, nếu thay gia tốc bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian ta có:

$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{V}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{V})}{dt} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}. \quad (1.37)$$

Việc đưa được m vào dấu vi phân là do khối lượng quán tính xác định theo cách (1.54) và đối với tương tác hấp dẫn có kết quả là biểu thức (2.30) là đại lượng có thể coi như không phụ thuộc vào chuyển động. Nhân cả 2 vế của (1.37) với dt rồi lấy tích phân, với điều kiện lực tác động không thay đổi, ta được:

$$\mathbf{F}t = m\mathbf{V} = \mathbf{p} \quad (1.38)$$

và gọi là *động lượng* của chuyển động. Vì lực cũng như vận tốc là các 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 trong một HQC nào đó thì tổng động lượng của hệ sẽ bằng:

$$\mathbf{p}_\Sigma = \sum_i \mathbf{p}_i \quad (1.39)$$

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

$$\mathbf{p}_{0\Sigma} = \sum_i \mathbf{p}_{0i} = 0. \quad (1.40)$$

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 1.11a) thì tâm quán tính sẽ nằm trên đường nối tâm trường lực thế của 2 vật thể đó và theo (1.40), ta có:

$$m_A \mathbf{V}_A + m_B \mathbf{V}_B = 0. \quad (1.41)$$

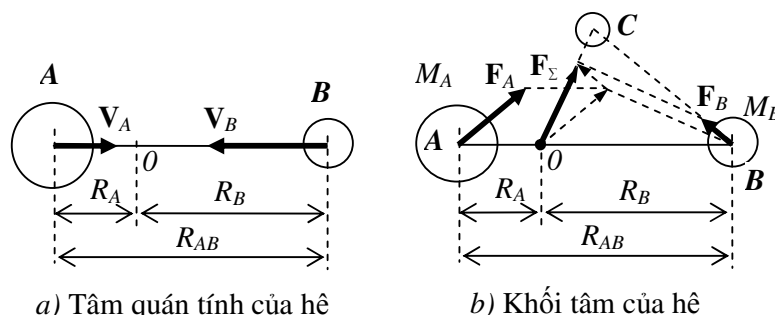
Nhưng vì trong trường hợp này, 2 véc tơ vận tốc ngược chiều nhau nên đơn giản ta có thể viết:

$$m_A V_A = m_B V_B . \quad (1.42)$$

Trong trường hợp vật thể quay quanh một trục cố định nào đó đi qua khối tâm của hệ hay 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* L_A :

$$M_{qA} = m_A R_A v_A \quad (1.43)$$

$$L_A = m_A V_A R_A . \quad (1.44)$$



Hình 1.11. 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 *khối tâm* của hệ – đó chính là điểm mà ở đó tổng lực trường thế 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:

$$\mathbf{F}_{0C} = \sum_i \mathbf{F}_{iC} \quad (1.45)$$

Nếu hệ chỉ gồm có 2 vật thể như vừa nói tới ở trên với trường lực thế là hấp dẫn (xem Hình 1.11b) 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:

$$\mathbf{F}_{OC} = \mathbf{F}_{AC} + \mathbf{F}_{BC}. \quad (1.46)$$

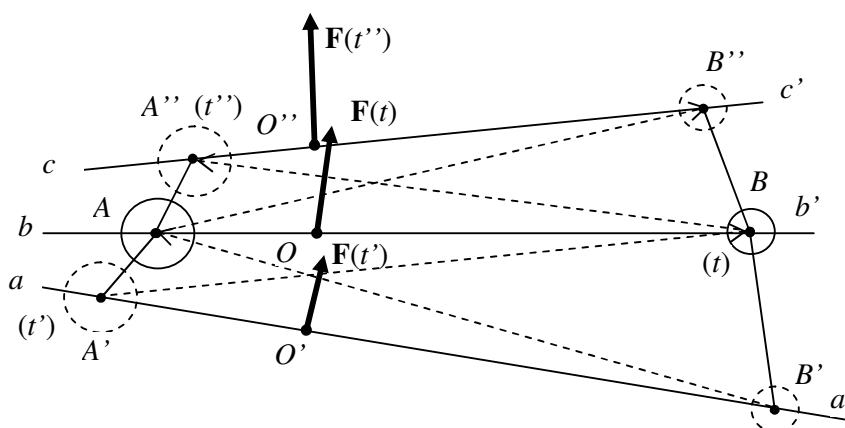
Bằng cách giải tam giác ABC , có tính đến điều kiện (1.46), không mấy khó khăn có thể chứng minh được rằng:

$$M_A R_A = M_B R_B, \quad (1.47)$$

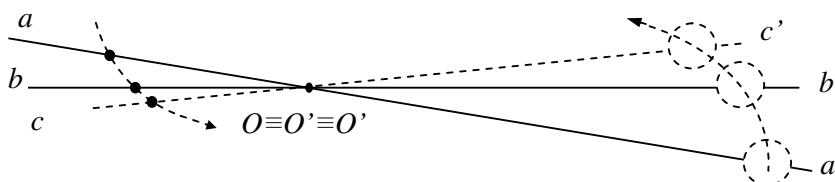
trong đó M_A và M_B là khối lượng hấp dẫn của vật thể A và vật thể B tương ứng. Có thể dễ dàng chứng minh được rằng khối tâm của hệ các vật thể theo điều kiện đã nêu, hoàn toàn trùng với tâm quán tính của chúng. Vì vậy sau này, ta sẽ sử dụng chúng như những khái niệm tương đương. Tuy nhiên, như vừa đề 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 1.12a (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 $t = t'' - \tau'$, do đó ta phải có $AB'' = BA'' = Ct'$. Có thể thấy trên hình vẽ có sự dịch chuyển khối tâm của hệ 2 vật tương đối so với vị trí ban đầu của nó trên đoạn nối tâm 2 vật, cụ thể là:

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



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



b) Chuyển động của 2 vật thể so với khối tâm O của hệ 2 vật thể

Hình 1.12. Chuyển động của hệ 3 vật thể với vận tốc truyền tương tác hữu hạn trong HQC của vật thể thứ 4 ở xa.

Mặt khác, từ biểu đồ ở Hình 1.12b, 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 (tức là có một năng lượng bổ xung nào đó khác) 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 – một hiệu ứng tương tác trễ. Tạm gọi hiện tượng này là *hiệu ứng tự quay ần*. Mặc dù, việc đánh giá chính xác mômen này gặp phải khó khăn của “bài toán 3 vật” như đã biết, nhưng 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 kích thước hàng trăm, ngàn, hàng triệu ... năm ánh sáng. Khoảng cách này càng lớn, hiệu ứng “tự quay ần” 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.

1.4. Các định luật cơ bản của cơ động lực học.

1. Định luật quán tính tổng quát.

Xuất phát từ khái niệm về hiện tượng quán tính và trạng thái chuyển động theo quán tính ở mục 1.3.4, ta có thể thấy rằng không những cần thay đổi định luật quán tính của Newton mà còn cần thay đổi cả bản thân khái niệm chuyển động theo quán tính như đã nói tới ở đó nữa. Định luật quán tính tổng quát được phát biểu như sau:

Nếu trong HQC vật chất, tổng hợp lực tác động lên một thực thể vật lý bằng không thì nó sẽ đứng yên hay chuyển động theo quán tính (với trạng thái năng lượng không đổi) trong trường lực thế của thực thể vật lý có đặt HQC đó.

Ở đây, chúng ta luôn gắn chuyển động với một trường lực thế nào đó tức là với không gian vật chất chứ không có chuyển động chung chung, hay chuyển động trong không gian vật lý hoặc không gian hình học – những gì mà chúng ta “nhìn thấy” không hoàn toàn là những gì đang “xây ra”, vì vậy, mới nói rõ là HQC vật chất chứ không phải là HQC hình học hay HQC vật lý. Ví dụ như một vệ tinh địa tĩnh có vẻ như luôn đứng yên so với bề mặt Trái đất nhưng đó chỉ là “có vẻ” xét từ góc độ không gian vật lý được chúng ta tiếp nhận nhờ ánh sáng, nhưng thật ra nó đang chuyển động theo quán tính trong trường hấp dẫn của Trái đất. Ngược lại, nếu HQC đặt trên vệ tinh thì Trái đất sẽ được coi như chuyển động theo quán tính trong trường hấp dẫn của vệ tinh đó.

Rõ ràng, định luật quán tính của Newton chỉ đúng khi có thể tồn tại một trường lực thế đồng nhất và đều (ví dụ như Trái đất có hình “bánh chưng” với cạnh dài tới vô cùng chẳng hạn) hoặc khi không có trường lực thế (tương đương với trường lực thế rất nhỏ có thể bỏ qua), tức là những trường hợp riêng của định luật quán tính mới này. Nhưng giờ đây, định luật này đã có thể áp dụng được cho mọi HQC vật chất chứ không chỉ đối với 2 trường hợp cá biệt – HQC quán tính vừa nêu. Từ đây cũng có thể phát biểu mệnh đề ngược:

“Nếu thực thể vật lý đứng yên hay chuyển động theo quán tính thì tổng hợp lực tác động lên nó bằng không”.

Nói cách khác, nếu như đối với cơ học Newton, sự thay đổi vận tốc chuyển động của vật thể (gia tốc) là “chỉ thị” của lực tác động từ bên ngoài lên nó, thì giờ đây, “chỉ thị” này lại là sự thay đổi trạng thái năng lượng trong trường lực thế với các thực thể vật lý khác. Có thể biểu diễn điều đó như sau:

$$\mathbf{F} = k_w \frac{d\mathbf{W}}{dt}, \quad (1.48)$$

ở đây k_w là một hệ số tỷ lệ nào đó. Nhân cả 2 vế của (1.48) với dt rồi lấy tích phân cả 2 vế trong suốt thời gian tác động của lực \mathbf{F} , ta được:

$$\int_0^t \mathbf{F} dt = k_w \int_{\mathbf{W}_0}^{\mathbf{W}} d\mathbf{W} = k_w (\mathbf{W} - \mathbf{W}_0). \quad (1.49)$$

Nếu lực tác động là đại lượng không đổi, ta có thể đưa nó ra ngoài dấu tích phân, do đó ta có:

$$\mathbf{F}t = k_w (\mathbf{W} - \mathbf{W}_0). \quad (1.50)$$

Vế trái của biểu thức (1.50) chính là xung lực tác động lên vật thể, vì vậy, căn cứ vào đẳng thức (1.38), có thể viết:

$$\mathbf{P} = k_w (\mathbf{W} - \mathbf{W}_0). \quad (1.51)$$

Tức là động lượng chuyển động của vật thể tỷ lệ với sự thay đổi năng lượng của nó trong trường lực thế.

2. Định luật gia tốc (có thể gọi là *định luật 2 tổng quát của động lực học*).

Những chuyển động của vật thể không theo quán tính đều cần có sự thay đổi hay chuyển hóa các dạng năng lượng. Sự thay đổi hoặc chuyển hóa năng lượng này làm thay đổi trạng thái năng lượng của nó, trong trường hợp đơn giản nhất là làm xuất hiện lực tác động lên vật, khiến nó thay đổi vận tốc chuyển động, tức là sinh ra gia tốc. Mặt khác, theo nguyên lý hữu hạn, việc chuyển từ trạng thái năng lượng này sang trạng thái năng lượng khác không thể xảy ra tức thời dẫn tới việc thay đổi vận tốc một cách từ từ chứ không thể đột biến. Đối với chuyển động cơ học, sự thay đổi trạng thái năng lượng dưới tác động của một lực tác động \mathbf{F} luôn phải vượt qua lực trường thế đã duy trì trạng thái năng lượng đó của vật thể và kết

quả là có hiện tượng quán tính – vật thể chuyển động với gia tốc hữu hạn. Gia tốc chuyển động của vật thể do vậy sẽ phụ thuộc vào các đại lượng này. Ta có thể phát biểu **Định luật 2 tổng quát của động lực học** ở dạng:

Gia tốc chuyển động của vật thể tỷ lệ thuận với tổng hợp lực tác động lên nó và tỷ lệ nghịch với modul lực trường thế đã ràng buộc nó vào trạng thái năng lượng đó; hướng của gia tốc trùng với hướng của lực tác động tổng hợp. Ta có:

$$\mathbf{a} = k_f \frac{\mathbf{F}_\Sigma}{F_u} = k_f \frac{\mathbf{F} + \mathbf{F}_u}{F_u}, \quad (1.52)$$

ở đây \mathbf{F}_Σ - lực tác động tổng hợp của các vật thể khác lên vật thể đang xem xét; k_f - hệ số tỷ lệ. Nếu lực tác động trực tiếp của các vật thể khác lên vật thể đó $\mathbf{F} = 0$, từ (1.52) ta có thể thấy rằng gia tốc chuyển động của vật thể chỉ còn là gia tốc chuyển động của nó trong trường lực thế: $a = g$, do đó $k_f = g$. Ta viết lại (1.52) dưới dạng:

$$\mathbf{a} = g \frac{\mathbf{F}_\Sigma}{F_u} = g \frac{\mathbf{F} + \mathbf{F}_u}{F_u}. \quad (1.53)$$

Nếu ký hiệu:
$$\frac{F_u}{g} = m, \quad (1.54)$$

và gọi là “khối lượng quán tính” – một thông số động lực học được xác định bằng thực nghiệm thông qua F_u và g . Sau này, chúng ta sẽ thấy khối lượng quán tính xác định theo (1.54) đối với một vật thể nhất định, chuyển động trong một trường lực thế xác định là hằng số không phụ thuộc vào chuyển động, mặc dù các đại lượng để xác định nó có thể bị thay đổi. Ta có thể viết lại (1.53) dưới dạng quen thuộc:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}_\Sigma}{m} = \frac{\mathbf{F}}{m} + \frac{\mathbf{F}_u}{m} = \mathbf{a}_F + \mathbf{g}, \quad (1.55)$$

ở đây ta ký hiệu:

$$\frac{\mathbf{F}}{m} = \mathbf{a}_F \quad (1.56)$$

là thành phần gia tốc chuyển động của vật thể dưới tác động của lực va chạm và

$$\frac{\mathbf{F}_t}{m} = \mathbf{g} \quad (1.57)$$

là gia tốc chuyển động của vật thể dưới tác động của lực trường thế, nó có thể được suy ngược lại từ biểu thức (1.54) khi tính đến đặc tính véc tơ của lực và gia tốc. Từ (1.56) có thể suy ra biểu thức giống với định luật 2 Newton:

$$m\mathbf{a}_F = \mathbf{F}. \quad (1.58)$$

Nhưng, điều khác biệt ở đây chính là khối lượng quán tính m , nó không bằng khối lượng hấp dẫn, không phải là “cái có sẵn” trong mỗi vật thể, không có nguyên nhân “tự nó” mà được xác định theo (1.54) nên chỉ tồn tại khi có lực tác động – ở đây là lực trường thế và hơn thế nữa, phải trong trạng thái chuyển động trong trường lực thế đó – $g \neq 0$ (vì trong trường lực thế, chỉ với tác động của lực trường thế, vật thể không thể chuyển động thẳng đều với $g = 0$). Khi vật thể đứng yên ($\mathbf{a} = 0$), theo (1.55) có nghĩa là đã có một lực tác động cân bằng với lực trường thế.

Cần lưu ý rằng biểu thức (1.58) bây giờ đúng với mọi HQC vật chất chứ không như định luật 2 Newton chỉ đúng trong HQC quán tính (với nghĩa là “chuyển động thẳng đều”). Không những thế, dựa vào biểu thức (1.55), ta còn có thể xác định được khối lượng quán tính m trong một trường lực thế thông qua lực tác động tổng hợp F_Σ và gia tốc tổng hợp a . Sau này ở mục 2.3 ta sẽ thấy tỷ số (1.54) đối với mỗi thực thể vật lý nhất định, trong một trường lực thế nhất định luôn là hằng số, vì về thực chất, đối với mỗi loại trường lực thế nhất định, sẽ tồn tại một gia tốc nhất định cho những vật thể chuyển động trong đó tương ứng với chính lực trường thế của chúng, nên vật thể sẽ phải có khối lượng quán tính của

mình tương ứng với trường lực thế đó. Tương ứng với 4 tương tác của 4 loại trường lực thế đã được biết, tính theo (1.54), ta có 4 loại khối lượng quán tính khác nhau ký hiệu lần lượt là:

m - khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn;

m_d - khối lượng quán tính trong trường điện;

m_M, m_Y - khối lượng quán tính trong trường hạt nhân mạnh và yếu.

Trong một số trường hợp vật thể vừa có khối lượng hấp dẫn lại vừa có điện tích, mà điện tích và khối lượng hấp dẫn đều cùng tồn tại đồng thời đối với vật thể, không tách ra được, nên về nguyên tắc ta phải nói tới *khối lượng quán tính hỗn hợp* trong trường lực thế điện – hấp dẫn (xem mục 3.6, Chương III).

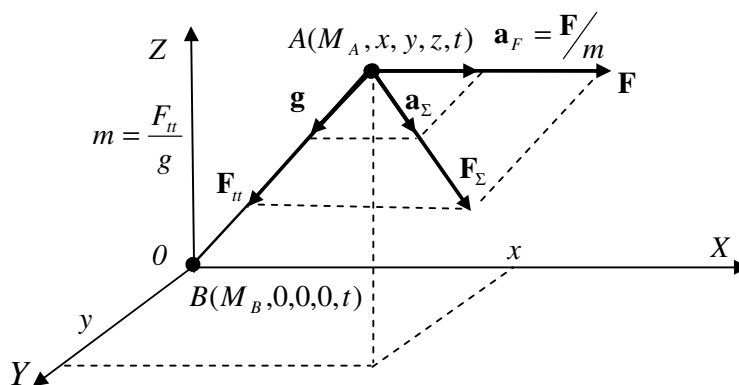
Như vậy, theo biểu thức định luật 2 tổng quát của động lực học (1.52) hay (1.53), thay vì cho trước khối lượng quán tính của vật thể A , nhất thiết phải chỉ ra trường lực thế của một vật thể khác (B) tạo ra lực trường thế tương tác với nó, ví dụ nếu là trường hấp dẫn thì phải cho khối lượng hấp dẫn M_A và M_B như được biểu diễn trên Hình 1.13a; nếu là trường điện tĩnh thì phải cho điện tích q_A và q_B . Trong khi đó, trong cơ học cổ điển cũng như cơ học tương đối cho phép tồn tại một chất điểm cô lập. Trạng thái của chất điểm này được coi là hoàn toàn xác định nếu các tọa độ không gian (x, y, z) và thời gian (t) trong một HQC nào đó cùng với khối lượng (M) được biết trước (xem Hình 1.13b). Khi đó nếu chất điểm chịu tác động của lực \mathbf{F} , người ta có thể viết phương trình chuyển động của nó theo định luật 2 Newton bằng cách thay m bằng \tilde{m} – “khối lượng quán tính tự thân” vào (1.58):

$$\tilde{m}\mathbf{a}_F = \mathbf{F}. \quad (1.59)$$

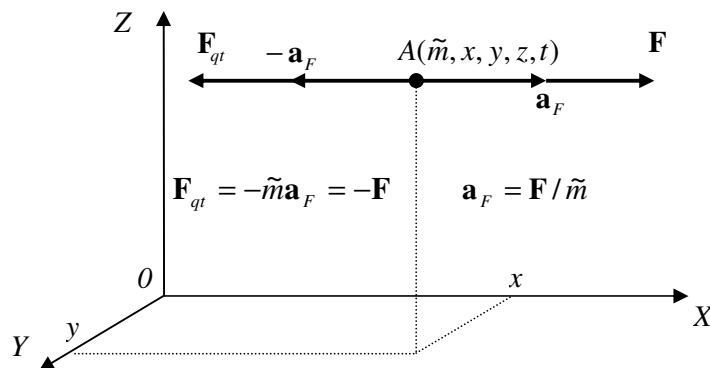
Dấu “=” ở (1.59) phải được hiểu là “cân bằng” chứ không phải là “bằng” bởi lẽ: 2 vế của (1.59) thuộc về 2 đối tượng độc lập nhau – vế phải là lực tác động từ phía ngoài lên chất điểm, vế trái chứa đựng các thông số động học của bản thân chất điểm. Nhưng lực thì phải cân bằng với lực chứ không thể với đại lượng nào khác,

do đó, người ta buộc phải đưa ra một khái niệm làm đầu đầu bao thế hệ các nhà vật lý, đó là “lực quán tính” xác định theo biểu thức:

$$\mathbf{F}_{qt} = -\tilde{m}\mathbf{a}_F. \tag{1.60}$$



a) Biểu diễn định luật 2 tổng quát của động lực học



b) Biểu diễn định luật 2 Newton và nguyên lý D’Alambert

Hình 3.13. Cách biểu diễn trạng thái cơ học của các vật thể

Ở đây dấu “=” đã có thể được hiểu với đúng nghĩa của nó vì cả hai vế của (1.60) đều thuộc về cùng một đối tượng, đó là chất điểm mà ta đang xét. Từ đây, người ta có nguyên lý D’Alambert: $\mathbf{F} + \mathbf{F}_{qt} = 0$ đã được biết tới trong cơ học.

3. Định luật tác động - phản tác động.

Ở mục 1.3.6, chúng ta đã có khái niệm về tác động của các thực thể vật lý và tác dụng của nó hình thành *quan hệ nhân quả*: tác động là “cái có trước” dẫn đến tác dụng là “cái có sau” nếu như ở đây, tác dụng được hiểu là kết quả của tác động về một phương diện nào đó. Mặt khác cũng từ thực tiễn cuộc sống, hầu như mọi *tác động* đều dẫn đến *phản tác động* mà trong cơ học Newton được thể hiện bởi định luật 3 – định luật “tác động – phản tác động” với giả thiết rằng trong quá trình này nội năng của các thực thể vật lý không thay đổi. Tuy nhiên, nếu trong quá trình này xảy ra sự thay đổi nội năng (bao gồm cả biến dạng) của các vật thể, ví dụ như dùng búa đập một hạt dẻ – hạt dẻ vỡ ra – đây có phải là một quan hệ nhân quả mà không thể đảo ngược trình tự được không? Tất nhiên, bản thân quá trình từ “dùng búa...” đến “hạt dẻ vỡ ra” là không thể đảo ngược được do tính bất thuận nghịch của thời gian, nhưng quan niệm “tác động” là “búa đập vào hạt dẻ” hay “hạt dẻ đập vào búa” thì còn tùy thuộc vào HQC trong đó quá trình này được xem xét mà có thể là tuyệt đối hay tương đối. Ví dụ như hạt dẻ nằm yên trong HQC Trái đất còn búa chuyển động thì quan niệm “búa đập vào hạt dẻ” là tuyệt đối vì trạng thái năng lượng của HQC Trái đất lớn hơn nhiều so với HQC đặt trên búa (xem mục 2.2). Và cũng chính vì vậy, tác động và phản tác động chỉ là các khái niệm tương đối không phải là quan hệ nhân quả mà hoàn toàn phụ thuộc vào HQC, chúng có thể đổi chỗ cho nhau nếu đổi chỗ HQC nhưng điều quan trọng hơn cả là: “*trong trường hợp nội năng có thể được coi là không thay đổi, lực tác động luôn luôn bằng lực phản tác động nhưng ngược chiều*” – định luật 3 Newton vẫn có giá trị:

$$\mathbf{F}_{td} = -\mathbf{F}_{ptd}. \quad (1.61)$$

Tuy nhiên, trong các va chạm lệch tâm như sẽ được thấy ở Chương II, mục 2.1.6b, nội năng của các thực thể vật lý sau khi va chạm không còn được bảo toàn nên

định luật (1.61) không thể áp dụng được; không những thế, không áp dụng được kể cả định luật bảo toàn động lượng nữa!

1.5. Nhận xét

Việc tập hợp và phân tích các khái niệm cơ bản, các nguyên lý và định luật cơ bản theo một trình tự lôgic chặt chẽ thật ra là một việc làm rất khó vì các khái niệm liên quan chặt chẽ với nhau bất kể trình tự diễn giải chúng. Điều này dẫn đến khó khăn cho việc theo dõi các khái niệm. Tuy nhiên, đây là một việc làm bắt buộc vì nếu không, toàn bộ cuốn sách sẽ rơi vào tình trạng lộn xộn mất khả năng kiểm soát các ý tưởng cũ và mới đan xen nhau, đặc biệt là đối với các ý tưởng mới. Với khả năng hạn chế của mình, tác giả chỉ cố gắng làm việc này trong một phạm vi nhất định mà chưa thể tối ưu hóa được nếu như không nói là có thể vẫn còn lộn xộn.

Những ý tưởng được coi là mới ở đây có thể liệt kê là:

+ đặc tính véc tơ của năng lượng cùng mối quan hệ biện chứng giữa nội năng và ngoại năng;

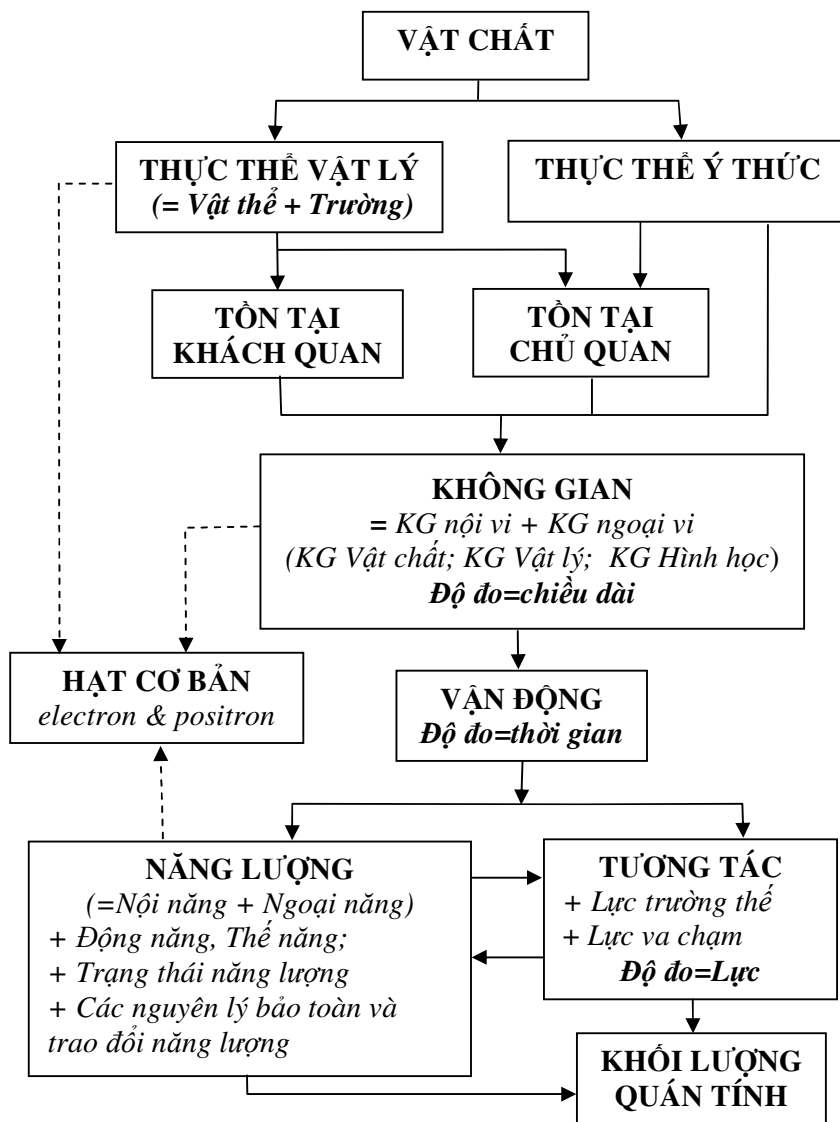
+ chuyển động theo quán tính với nghĩa là chuyển động với trạng thái năng lượng không đối tương đương với chuyển động thẳng đều trong HQC vật chất thay vì chuyển động thẳng đều trong HQC vật lý hay HQC hình học;

+ các nguyên lý bảo toàn và trao đổi năng lượng;

+ nguyên lý tác động tối thiểu;

+ bản chất của hiện tượng quán tính và khối lượng quán tính;

+ định luật quán tính tổng quát và định luật 2 tổng quát của động lực học v.v.. trong đó, khái niệm có tính đột phá phải kể đến là *bản chất của hiện tượng quán tính*, nhờ nó mà vật lý học mới có cơ hội “bứt phá” lên phía trước, thoát khỏi tình trạng trì trệ với “quán tính tự thân” kéo dài hơn 3,5 thế kỷ qua.



Hình 1.14. Sơ đồ cấu trúc các phạm trù triết học với các khái niệm cơ bản của vật lý học

Chương II

TƯƠNG TÁC HẤP DẪN

“Chúng ta có các định luật, nhưng không biết phải quy những định luật đó về hệ quy chiếu nào, và tất cả lâu đài vật lý của chúng ta dường như được xây dựng trên cát.”

Albert Einstein

2.1. Định luật hấp dẫn và khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn.**1. Định luật vạn vật hấp dẫn.**

Theo quan niệm hiện hành, tương tác hấp dẫn là một trong 4 tương tác cơ bản của Tự nhiên tuân theo định luật vạn vật hấp dẫn của Newton:

$$F_N = -\gamma \frac{M_A M_B}{R^2}, \quad (2.1)$$

ở đây M_A và M_B tương ứng là khối lượng hấp dẫn của vật thể **A** và vật thể **B** được coi như tập trung tại khối tâm của chúng; γ là hằng số hấp dẫn >0 ; R là khoảng cách giữa 2 vật thể đó; dấu (-) nói lên rằng đây là tương tác hút nhau. Tuy nhiên, vì “vật thể” chỉ là một bộ phận cấu thành của thực thể vật lý, nên khái niệm tương tác ở đây cần phải được hiểu là tương tác giữa 2 thực thể vật lý, bao gồm cả phần “trường” của nó nữa. Nói cách khác, M_A và M_B trong công thức (2.1) cần phải được hiểu là đại lượng đặc trưng cho tương tác hấp dẫn của thực thể vật lý **A** và thực thể vật lý **B** tương ứng.

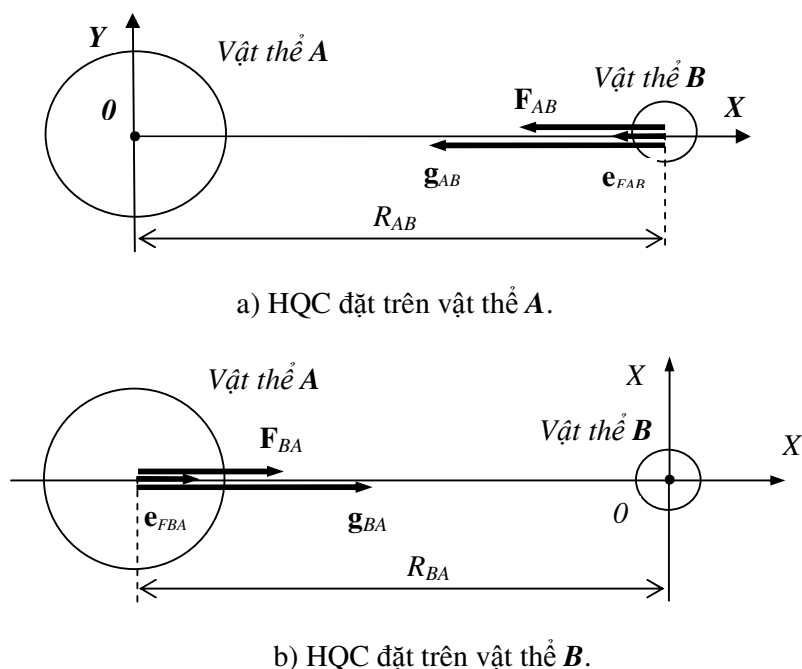
Hơn nữa, công thức (2.1) cần phải hiểu là được viết trong HQC tuyệt đối của Newton mà một HQC như vậy lại không thể tồn tại, nếu không, chí ít ra cũng phải cho rằng vì một lý do nào đó, khoảng cách giữa 2 vật thể không thay đổi. Trong trường hợp 2 vật chuyển động lại gần nhau dưới tác động của lực hấp dẫn này mà muốn xác định các thông số động học của chúng thì không thể nào bỏ qua

HQC được. Vì chỉ xem xét 2 vật thể “cô lập” nên có lẽ chỉ có 2 cách lựa chọn khả dĩ đặt HQC: hoặc đặt trên các vật thể, hoặc đặt tại khối tâm hay tâm quán tính chung của chúng. Trường hợp thứ nhất, ta có HQC thực còn trường hợp thứ hai ta có HQC ảo. Ta sẽ xét cả 2 trường hợp.

2. Khối lượng quán tính chung.

Giả sử có HQC với gốc tọa độ đặt tại trọng tâm của vật thể A với trục OX trùng với đường nối trọng tâm của 2 vật thể như được chỉ ra trên Hình 2.1a. Khi đó, tính đến chiều của các véc tơ đã được chỉ ra, ta viết lại biểu thức (2.1) dưới dạng véc tơ:

$$\mathbf{F}_{AB} = \gamma \frac{M_A M_B}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_{FAB} \quad (2.2)$$



Hình 2.1. Tương tác trong HQC thực.

ở đây \mathbf{e}_{FAB} là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng của véc tơ lực tác động \mathbf{F}_{AB} . Nếu tính đến gia tốc chuyển động tương đối của vật thể \mathbf{B} bằng:

$$\mathbf{g}_{AB} = \frac{d^2 R_{AB}}{dt^2} \mathbf{e}_{FAB}, \quad (2.3)$$

ta có thể xác định được khối lượng quán tính của vật thể \mathbf{B} trong trường lực thế của vật thể \mathbf{A} theo công thức (1.54), cụ thể là:

$$m_{AB} = \frac{F_{AB}}{g_{AB}}. \quad (2.4)$$

Tương tự như vậy khi HQC đặt tại trọng tâm của vật thể \mathbf{B} , ta có thể viết được các biểu thức tương tự như (2.2) – (2.4), chỉ đổi lại trật tự chỉ số dưới “ AB ” thành “ BA ”:

$$\mathbf{F}_{BA} = \gamma \frac{M_A M_B}{R_{BA}^2} \mathbf{e}_{FBA}, \quad (2.5)$$

$$\mathbf{g}_{BA} = \frac{d^2 R_{BA}}{dt^2} \mathbf{e}_{FBA}, \quad (2.6)$$

$$m_{BA} = \frac{F_{BA}}{g_{BA}}. \quad (2.7)$$

So sánh các biểu thức (2.2) và (2.3) với các biểu thức (2.5) và (2.6), ta có nhận xét là cho dù 2 vật thể khác nhau ở khối lượng hấp dẫn ($M_A \neq M_B$) nhưng lực tác động của vật thể này lên vật thể kia, hay gia tốc chuyển động tương đối giữa chúng vẫn bằng nhau về giá trị, chỉ khác nhau về hướng:

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}, \quad (2.8)$$

$$\mathbf{g}_{AB} = -\mathbf{g}_{BA}, \quad (2.9)$$

mà điều này sẽ dẫn đến hậu quả là khối lượng quán tính của chúng xác định theo các biểu thức (2.4) và (2.7) cũng phải bằng nhau:

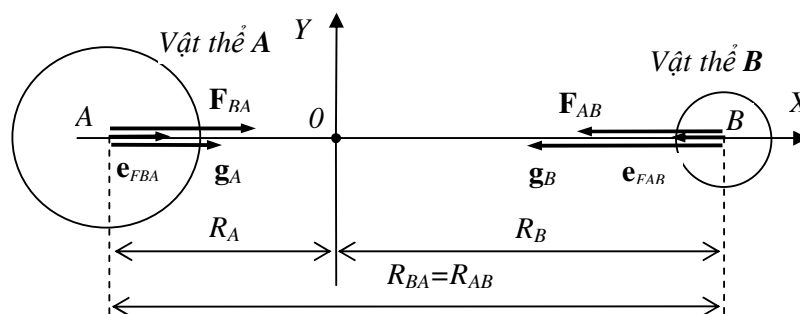
$$m_{AB} \equiv m_{BA} = m \quad (2.10)$$

Vì vậy, ta sẽ gọi các đại lượng này là *khối lượng quán tính chung* của 2 vật thể chuyển động trong trường hấp dẫn. Vấn đề đặt ra là khối lượng quán tính này liên hệ như thế nào với các khối lượng hấp dẫn của 2 vật thể? Để làm được việc này, ta sẽ sử dụng tới HQC ảo đã nói tới ở mục 1.3.2.

3. Khối lượng quán tính riêng và quan hệ của nó với khối lượng quán tính chung.

Chúng ta sẽ xem xét trường hợp HQC ảo đặt tại khối tâm hay tâm quán tính chung của 2 vật thể như được mô tả trên Hình 2.2. Khi đó, lực tác động đặt lên mỗi vật, như đã biết, vẫn không thay đổi và do đó vẫn được xác định theo các biểu thức (2.2) và (2.5), tuy nhiên, gia tốc chuyển động của chúng trong HQC này sẽ khác nhau, ký hiệu là \mathbf{g}_B và \mathbf{g}_A và gọi là *gia tốc tuyệt đối*. Nhưng vì gia tốc chuyển động tương đối giữa chúng, về nguyên tắc, không thể phụ thuộc vào HQC nên ta phải có:

$$\mathbf{g}_A + \mathbf{g}_B = \mathbf{g}_{AB} = \mathbf{g}_{BA} \quad (2.11)$$



Hình 2.2. HQC ảo đặt tại khối tâm chung của hệ 2 vật thể

Khi đó, đối với khối lượng quán tính của các vật thể **A** và **B** trong HQC khối tâm có thể viết tương tự như với các biểu thức (2.4) và (2.7), chỉ cần thay gia tốc tương đối bằng gia tốc tuyệt đối:

$$m_A = \frac{\mathbf{F}_{BA}}{\mathbf{g}_A}; \quad m_B = \frac{\mathbf{F}_{AB}}{\mathbf{g}_B} \quad (2.12)$$

và gọi là *khối lượng quán tính riêng* của mỗi vật. Có thể viết lại (2.12) dưới dạng vô hướng vì các đại lượng véc tơ ở đây chỉ nằm trên cùng một đường thẳng còn dấu của gia tốc đã được tính đến trong biểu thức (2.11):

$$g_A = \frac{F_N}{m_A}, \quad g_B = \frac{F_N}{m_B}, \quad (2.13)$$

ở đây $F_N = F_{AB} = F_{BA}$. (2.14)

Thay (2.14) vào (2.11) rồi biến đổi đi ta được:

$$g_{AB} = g_{BA} = F_N \left(\frac{m_A + m_B}{m_A m_B} \right). \quad (2.15)$$

Thay biểu thức (2.15) vào các biểu thức (2.4) hoặc (2.7), ta nhận được:

$$m_{AB} = m_{BA} = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B}. \quad (2.16)$$

Công thức (2.16) cho ta quan hệ giữa khối lượng quán tính chung được xác định trong HQC thực đặt trên một trong hai vật thể với các khối lượng quán tính riêng được xác định trong HQC ảo – khối tâm hay là tâm quán tính của chúng.

4. Quan hệ giữa khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn.

Từ khái niệm về tâm quán tính, ta có thể viết lại (1.31) dưới dạng đạo hàm của quãng đường:

$$m_A \frac{dR_A}{dt} = m_B \frac{dR_B}{dt}. \quad (2.17)$$

Sau khi giản ước dt , ta lấy tích phân cả 2 vế của (2.17)

$$m_A \int dR_A = m_B \int dR_B$$

sẽ thu được:
$$m_A R_A = m_B R_B. \quad (2.18)$$

Chia cả 2 vế của (1.47) ở mục 1.3.5 cho 2 vế tương ứng của (2.18), ta có:

$$\frac{M_A}{m_A} = \frac{M_B}{m_B} = k. \quad (2.19)$$

Hệ số k này đặc trưng cho sự khác nhau giữa khối lượng hấp dẫn và khối lượng quán tính riêng mà ta sẽ còn bàn tới ngay dưới đây. Bên cạnh đó, có thể viết lại (2.2) và (2.5) dưới dạng:

$$\mathbf{F}_{AB} = M_B \left(\gamma \frac{M_A}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_{FAB} \right) = M_B \mathbf{g}_{\gamma A}, \quad (2.20)$$

$$\mathbf{F}_{BA} = M_A \left(\gamma \frac{M_B}{R_{BA}^2} \mathbf{e}_{FBA} \right) = M_A \mathbf{g}_{\gamma B}, \quad (2.21)$$

ở đây ta ký hiệu
$$\mathbf{g}_{\gamma B} = \gamma \frac{M_B}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_{FAB}, \quad \mathbf{g}_{\gamma A} = \gamma \frac{M_A}{R_{BA}^2} \mathbf{e}_{FBA}, \quad (2.22)$$

và gọi là *cường độ tuyệt đối* của trường lực thế của thực thể vật lý tương ứng. Vì γ là đặc trưng của trường lực thế nên ta dùng ký hiệu này làm chỉ số dưới của cường độ trường lực thế – g_γ để phân biệt với gia tốc chuyển động của vật thể trong trường lực thế g , còn chỉ số “A” hay “B” liền ngay sau đó liên quan trực tiếp tới vật thể gây nên trường lực thế tương ứng. Cũng chính vì thế, chỉ số dưới “A” và “B” của cường độ trường lực thế theo (2.22) ngược với chỉ số dưới của gia tốc

chuyển động xác định theo (2.13). Bên cạnh đó, Sau khi thay (2.20) và (2.21) tương ứng vào (2.12) rồi biến đổi đi, ta được:

$$\mathbf{g}_A = \left(\frac{M_A}{m_A}\right)\mathbf{g}_{\gamma B} = k\mathbf{g}_{\gamma B}, \quad (2.23)$$

$$\mathbf{g}_B = \left(\frac{M_B}{m_B}\right)\mathbf{g}_{\gamma A} = k\mathbf{g}_{\gamma A}, \quad (2.24)$$

Biểu thức (2.23) và (2.24) cho ta quan hệ giữa gia tốc chuyển động của vật thể dưới tác động của lực hấp dẫn trong HQC khối tâm, tức là *gia tốc tuyệt đối*, với cường độ tuyệt đối của trường lực thế của chúng. Thay các biểu thức này, sau khi đã bỏ qua đặc tính véc tơ, vào (2.11), ta có:

$$g_{AB} = g_A + g_B = kg_{\gamma AB} = kg_{\gamma BA}, \quad (2.25)$$

với:
$$g_{\gamma AB} = g_{\gamma BA} = g_{\gamma B} + g_{\gamma A} \quad (2.26)$$

và gọi là *cường độ tương đối* của trường lực thế tổng hợp của 2 thực thể vật lý. Thay các giá trị tương ứng từ (2.23) và (2.24) vào (2.26) rồi thay vào (2.25), rút gọn lại, ta được biểu thức xác định *gia tốc tương đối* phụ thuộc vào khối lượng hấp dẫn của các vật thể:

$$g_{AB} = g_{AB} = \frac{k\gamma(M_A + M_B)}{R_{AB}^2}. \quad (2.27)$$

Khi đó, thay (2.27) vào (2.4) và (2.7), ta được một biểu thức chung:

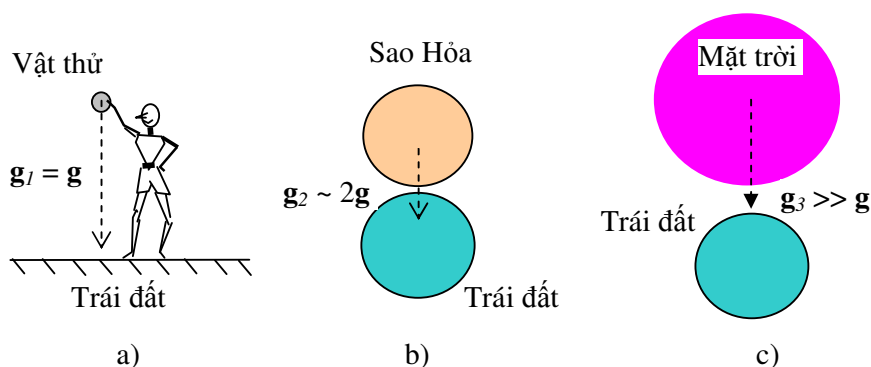
$$m_{AB} = m_{BA} = \frac{M_A M_B}{k(M_A + M_B)}. \quad (2.28)$$

Từ biểu thức (2.27) có thể thấy các vật thể có khối lượng hấp dẫn khác nhau sẽ rơi khác nhau, tuy nhiên trong điều kiện Trái đất, sự sai khác này rất nhỏ, cụ

thể, nếu cho M_B là khối lượng hấp dẫn của vật thể còn M_A là khối lượng hấp dẫn của Trái đất thì:

$$\delta g_{BA} = \frac{g_{BA} - g_B}{g_{BA}} \approx \frac{M_B}{M_A}. \quad (2.29)$$

Thực tế với mức sai số 10^{-24} là không thể phát hiện được trong thí nghiệm “roi tự do” của Galileo (xem Hình 2.3a).



Hình 2.3. Các vật thể khác nhau sẽ rơi khác nhau

Điều này cũng tương đương với sự chấp nhận $k = 1$ vì HQC đặt trên Trái đất cũng có thể coi như trùng với HQC khối tâm chung của vật rơi (B) và Trái đất (A), do đó với sai số 10^{-24} , cũng có thể nói là Galileo đã “đo đạc” với khối lượng quán tính riêng m_B và gia tốc tuyệt đối g_B chứ không phải khối lượng quán tính chung m_{BA} và gia tốc tương đối g_{BA} . Có nghĩa là bằng thực nghiệm, có thể khẳng định $k = 1$ với sai số không lớn hơn 10^{-24} . Vấn đề sẽ khác đi nếu trong “thí nghiệm” có thể dùng một vật có khối lượng hấp dẫn cỡ khối lượng hấp dẫn của Trái đất (xem Hình 2.3b). Khi đó, HQC gắn với Trái đất không còn có thể được coi là HQC khối tâm chung được nữa mà đã là HQC thực đã xét tới ở mục trên, nên gia tốc mà “Galileo đo được” chắc chắn sẽ lớn gần gấp 2 lần gia tốc của vật rơi tự do trong thí nghiệm mà ông đã thực hiện trên tháp Pisa đạo nọ; nói đúng ra,

ông sẽ phải đo được gia tốc tương đối tính theo công thức (2.27). Và vấn đề sẽ hoàn toàn đảo ngược nếu “vật thử” của Galileo có khối lượng hấp dẫn lớn cỡ Mặt trời chẳng hạn (xem Hình 2.3c), khi đó “gia tốc rơi tự do” mà Galileo đo được chắc chắn sẽ lớn gấp bội lần gia tốc mà ông đã đo được với các viên bi sắt, nhưng lúc này lẽ ra phải gọi là “gia tốc rơi tự do của Trái đất lên Mặt trời” mới đúng!

Có nghĩa là *định luật rơi tự do* của Galileo chỉ đúng khi các vật thí nghiệm có khối lượng hấp dẫn nhỏ hơn nhiều so với khối lượng hấp dẫn của Trái đất, tức là khi mọi vật có thể được coi như chỉ rơi với *gia tốc tuyệt đối* của chính nó trong trường hấp dẫn của Trái đất mà thôi. Trong trường hợp chung, chính quan điểm của Aristotle cho rằng mỗi vật khác nhau sẽ rơi khác nhau mới là đúng, nếu các vật thể đó không rơi đồng thời với nhau mà rơi vào các thời điểm khác nhau. Và *nguyên lý tương đương* – khối lượng quán tính tương đương với khối lượng hấp dẫn, chỉ đúng trong HQC khối tâm (HQC ảo), với khối lượng quán tính riêng. Điều này có nghĩa là nếu HQC được lựa chọn đặt tại các vật thể có khối lượng hấp dẫn lớn hơn hẳn so với khối lượng hấp dẫn của các vật thể được xem xét thì cũng có thể coi như nó là HQC khối tâm của hệ và do đó, khối lượng quán tính của các vật thể được xem xét đó cũng có thể coi là khối lượng quán tính riêng, cũng tức là tương đương khối lượng hấp dẫn của chúng. Nguyên lý tương đương này còn được gọi là *nguyên lý tương đương yếu*, nhưng rất tiếc về thực chất lại chỉ có thể phát biểu được trong một HQC ảo. Ngược lại, nếu HQC được lựa chọn đặt trên một vật thể có khối lượng hấp dẫn nhỏ hơn nhiều so với khối lượng hấp dẫn của vật thể khác mà nó chuyển động trong đó thì khi gia tốc nó lên bằng một cách nào đó (có lẽ chỉ có thể dùng động cơ phản lực?), chúng ta có thể nhận được hiện tượng tương đương với hiện tượng lực “hấp dẫn” bằng với lực để gia tốc vật thể đó – *nguyên lý tương đương mạnh* mà Einstein đã sử dụng làm tiên đề cho thuyết tương đối rộng của mình? Thật ra không hoàn toàn như vậy. Điều kiện của

nguyên lý tương đương mạnh của Einstein phải là khi vật thể hoàn toàn tự do, tách rời tất cả các nguồn hấp dẫn. Nhưng khi đó, thì làm gì còn khái niệm quán tính nữa mà nói tới nguyên lý tương đương? Hay nói cách khác, một cách tổng quát, không tồn tại nguyên lý tương đương nào cả.

Tuy nhiên, ngoài tính cục bộ về mặt không gian như chúng ta đã biết, nguyên lý tương đương mạnh này lại còn không đầy đủ với nghĩa là việc duy trì một gia tốc chuyển động như vậy chỉ có thể trong một khoảng thời gian hữu hạn, phụ thuộc vào năng lượng cho việc gia tốc đó; tức là không thể coi sự tương đương giữa hiện tượng hấp dẫn với hiện tượng gia tốc như một quy luật hay một nguyên lý theo đúng nghĩa của nó? Đây là còn chưa kể tới khi tương tác không phải là hấp dẫn mà là các dạng khác như điện từ hay hạt nhân thì làm gì còn có khối lượng hấp dẫn nữa mà nói tới sự “tương đương” đó?

Từ quan niệm mới này về khối lượng quán tính, ta có thể thấy mọi quá trình động lực học kể cả trao đổi năng lượng giữa các vật thể hầu như chỉ liên quan tới khối lượng quán tính chung và vì vậy, về sau này đối với các tính toán chính xác, phải thay khối lượng quán tính riêng xác định theo (2.4) và (2.7) bằng khối lượng quán tính chung (2.28) với $k = 1$ và bỏ chỉ số dưới cho cả 2 trường hợp, cụ thể là:

$$m = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B} \quad (2.30)$$

và tương ứng là phân biệt gia tốc tuyệt đối được xác định theo (2.23) và (2.24) với gia tốc tương đối được xác định theo (2.27), cũng bỏ chỉ số dưới:

$$g = \frac{\gamma(M_A + M_B)}{R_{AB}^2} . \quad (2.31)$$

Do đó, có thể viết lại đẳng thức (2.25):

$$g = g_\gamma, \quad (2.32)$$

tức là gia tốc tương đối của vật thể chuyển động trong trường lực thế chính bằng *cường độ tương đối* của trường lực thế đó. Vì chuyển động này không có sự can thiệp của thực thể vật lý thứ ba nên được gọi là *roi tự do*, và biểu thức (2.31) còn có thể được gọi là *định luật roi tự do* trong trường hấp dẫn thay cho định luật roi tự do của Galileo, về thực chất được xác định theo biểu thức (2.23) hoặc (2.24). Tương tự như vậy, với sự lưu ý tới (2.32), ta cũng có thể viết lại các biểu thức (2.4) và (2.7) dưới dạng một biểu thức:

$$m = \frac{F_N}{g_\gamma}. \quad (2.33)$$

Từ biểu thức (2.33), có thể nói rằng khối lượng quán tính chung giữa 2 vật thể có thể được xác định không chỉ bằng cách thông qua gia tốc tương đối g của chuyển động tương đối giữa chúng (khi chúng chuyển động), mà còn có thể thông qua cường độ tương đối g_γ của trường hấp dẫn giữa chúng (kể cả khi chúng đứng yên so với nhau).

Từ những nhận xét vừa rút ra ở trên, có thể đi đến một kết luận cuối cùng: *khối lượng quán tính của một vật thể trong một trường lực thế là tỷ số giữa lực trường thế tác động lên nó với cường độ của trường lực thế tại điểm mà vật thể đang tồn tại ở đó*. Như vậy, có thể thấy khối lượng quán tính được xác định theo (1.54) hay (2.33), dù trong HQC ảo (xem biểu thức (2.19)) hay trong HQC thực (xem biểu thức (2.28)) đối với một loại trường lực thế xác định, cụ thể ở đây là trường hấp dẫn, luôn là đại lượng xác định, chỉ phụ thuộc vào các hằng số của trường lực thế (ở đây là các khối lượng hấp dẫn M_A và M_B), mặc dù các đại lượng để xác định nó là lực và gia tốc hay cường độ trường lực thế đều có thể biến thiên theo thời gian. Nói cách khác, dùng khái niệm khối lượng quán tính xác định theo (1.54) là hoàn toàn hợp lý.

Mặt khác, các biểu thức từ (2.30) đến (2.33) đều được viết trong HQC thực đặt trên bất kể vật thể nào trong 2 vật thể tương tác với nhau, do đó về nguyên tắc, có thể sử dụng để kiểm tra các kết quả đo đạc thực nghiệm và, hơn thế nữa, mọi quá trình tác động lẫn nhau giữa các vật thể đều chỉ có thể xảy ra trên chính các vật thể đó mà không hề phụ thuộc vào việc anh ngồi ở đâu để quan sát chúng, nên chỉ có khối lượng quán tính chung xác định theo (2.30) là thật sự có ý nghĩa về động lực học, còn khối lượng quán tính riêng chỉ được tính đến trong một số trường hợp mà thôi.

Vấn đề còn tồn đọng là $k = 1$, hay khối lượng quán tính riêng bằng khối lượng hấp dẫn chỉ trong HQC khối tâm hay HQC tâm quán tính, mới chỉ là kết quả được rút ra từ việc nội suy kết quả thực nghiệm chứ chưa xuất phát từ một căn cứ lý thuyết nào. Hy vọng trong thời gian không xa, mọi việc sẽ được sáng tỏ vì dấu sao, phạm vi của hiện tượng đã được giới hạn chỉ trong phạm vi HQC khối tâm chứ không còn mung lung như trước đây.

5. Kết quả tác động của lực trường thế.

Ở mục trên, chúng ta đã xem xét các thông số động lực học của trường hấp dẫn nhưng chưa xét tới kết quả tác động của nó tới yếu tố năng lượng của các vật thể tham gia tương tác. Để làm việc này, ta sẽ xuất phát từ biểu thức (2.33) được biến đổi đi và viết lại ở dạng:

$$mg = F_N \text{ hay } mg = \mathbf{F}_N, \quad (2.34)$$

hoặc dưới dạng đạo hàm của vận tốc:

$$m \frac{dV_F}{dt} = F_N \quad \text{hay} \quad m \frac{dV_F}{dt} \mathbf{e}_V = F_N \mathbf{e}_F, \quad (2.35)$$

ở đây \mathbf{e}_V và \mathbf{e}_F tương ứng là các véc tơ đơn vị theo chiều của vận tốc và lực tác động – 2 chiều này thật ra là trùng nhau. Nhân cả 2 vế của (2.35) với một số gia quãng đường ($-dR$) – với lưu ý là dưới tác động của lực hấp dẫn, các vật thể chuyển động lại gần nhau nên số gia này có dấu (-), ta có vế trái:

$$-m\left(\frac{dR}{dt}\right)dV_F \mathbf{e}_V = -mV_F dV_F \mathbf{e}_V = d\left(-\frac{mV_F^2}{2} \mathbf{e}_V\right) \quad (2.36)$$

và vế phải:
$$-F_N \mathbf{e}_F dR = dA \mathbf{e}_F \quad (2.37)$$

gọi là *công nguyên tố của lực tác động*. Cân bằng cả 2 vế này:

$$d\left(-\frac{mV_F^2}{2} \mathbf{e}_V\right) = dA \mathbf{e}_F \quad (2.38)$$

rồi lấy tích phân (2.38) với điều kiện ban đầu khi $V_0=0$, hai vật ở cách nhau một khoảng bằng R_0 và sau khi dịch chuyển được quãng đường ($R_0 - R$) dưới tác động của lực F_N , vận tốc của vật thể đạt được là V_F :

$$\int_{V_0}^{V_F} d\left(-\frac{mV_F^2}{2} \mathbf{e}_V\right) = \int_0^A dA \mathbf{e}_F \quad (2.39)$$

ta được:
$$-\frac{mV_F^2}{2} \mathbf{e}_V = \mathbf{A}_F . \quad (2.40)$$

Ký hiệu:
$$K_V = -\frac{mV_F^2}{2} \text{ hay } \mathbf{K}_V = \frac{mV_F^2}{2} \mathbf{e}_V \quad (2.41)$$

và gọi là *động năng tịnh tiến* của vật thể trong trường hấp dẫn và do đó:

$$\mathbf{K}_V = \mathbf{A}_F . \quad (2.42)$$

Có nghĩa là công của lực tác động của trường hấp dẫn cũng là đại lượng véc tơ trùng với hướng của véc tơ động năng. Cần lưu ý thêm là vật lý hiện tại cho rằng quãng đường cũng là đại lượng véc tơ nên công của lực tác động được xác định

bằng tích vô hướng của lực và quãng đường, và do đó, cả động năng, thế năng lẫn công đều bị coi là những đại lượng vô hướng như được xem xét ở Phụ lục 8 và 9.

Nói cách khác, lực trường thế tạo ra động năng tịnh tiến xác định theo công thức (2.41) có hướng trùng với hướng tác động của lực hấp dẫn (tức là năng lượng <0) tương ứng với công $A < 0$. Mặt khác, nếu thay giá trị của lực tác động F_N bởi biểu thức (2.2) vào vế trái của (2.37) rồi lấy tích phân, ta được:

$$-\gamma M_A M_B \int_{R_0}^R \frac{dR}{R_{AB}^2} = \gamma M_A M_B \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} \right) = A_F. \quad (2.43)$$

Nếu đảm bảo $R \ll R_0$ ta có thể viết lại (3.43) dưới dạng véc tơ:

$$\mathbf{A}_F \approx \gamma M_A M_B \frac{1}{R} \mathbf{e}_F = \frac{\alpha_h}{R} \mathbf{e}_F, \quad (2.44)$$

ở đây ký hiệu $\alpha_h = \gamma M_A M_B. \quad (2.45)$

Vế phải của (2.44) chính là giá trị *thế năng* của trường lực thế tại khoảng cách mới R sau khi vật thể đã dịch chuyển trên quãng đường $(R_0 - R)$. Nói cách khác, ngoài việc sinh ra động năng cho vật thể, lực trường thế cũng sinh ra thế năng cho vật thể đó ở vị trí mới có cùng một hướng với động năng của nó:

$$\mathbf{U}(R) = \frac{\alpha_h}{R} \mathbf{e}_F. \quad (2.46)$$

6. Kết quả tác động của lực va chạm.

Như ở mục 1.2.4 đã chỉ ra, động năng không phải chỉ là kết quả của tương tác giữa các vật thể trong trường lực thế mà còn do va chạm trực tiếp của vật thể với vật thể. Ta sẽ xem xét cụ thể từng trường hợp.

a) Va chạm xảy ra giữa 2 vật thể không có thực thể vật lý thứ ba.

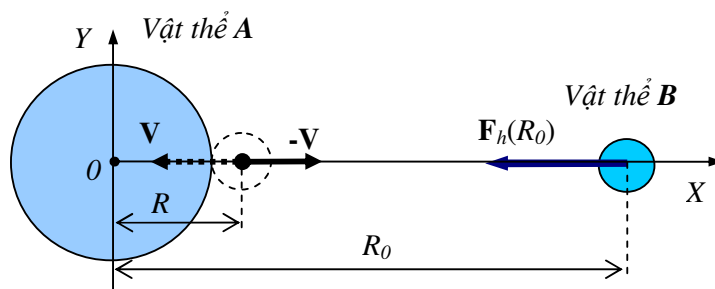
+ Va chạm trong HQC thực.

Khi chỉ có 2 thực thể vật lý mà ảnh hưởng của các thực thể vật lý khác có thể bỏ qua thì, như ta đã biết, ngoại năng của chúng hoàn toàn bằng nhau. Khi 2 vật thể va chạm nhau, sẽ xuất hiện lực va chạm có hướng trùng với hướng của ngoại năng. Có thể xác định được lực này xuất phát từ trạng thái cân bằng năng lượng trong HQC thực đặt tại tâm của vật thể A (xem Hình 2.4). Cụ thể là từ các biểu thức (2.42) và (2.46), ta có:

$$\mathbf{K}(R) = \mathbf{U}(R), \tag{2.47}$$

tức là động năng của vật thể lúc xảy ra va chạm bằng thế năng tại điểm va chạm. Trong khi đó, thế năng tại điểm đó là do lực trường thế $\mathbf{F}_N(R)$ gây ra vào thời điểm va chạm nên lực tác động do động năng gây nên cũng phải bằng lực trường thế tại điểm đó:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_N(R). \tag{2.48}$$



Hình 2.4. Va chạm giữa 2 vật thể trong HQC thực.

Nhưng theo định luật tác động – phản tác động, sẽ xuất hiện lực phản tác động \mathbf{F}_{ph} của vật thể bị tác động lên vật thể tác động. Vì vậy, nếu va chạm được coi là đàn hồi, có nghĩa là trước và sau khi va chạm, nội năng của các thực thể vật lý không thay đổi thì động năng của chúng tuy không thay đổi về giá trị nhưng phải đổi

hướng. Điều này cũng có nghĩa là \mathbf{F}_{ph} đã sinh ra một động năng tương ứng với vận tốc $-\mathbf{V}$ theo hướng ngược với chiều chuyển động trước lúc xảy ra va chạm:

$$\mathbf{K}_{ph} = -\frac{mV^2}{2} \mathbf{e}_V. \quad (2.49)$$

Bức tranh sẽ không thay đổi gì nếu HQC được chuyển sang cho vật thể \mathbf{B} , chỉ có điều, hướng của lực tác động cũng như vận tốc cần đảo ngược lại 180° .

Từ đây có thể thấy là “nghịch lý hiệu ứng con muỗi” (xem Phụ lục 8) đã được loại bỏ một cách dễ dàng vì cho dù xét từ góc độ con muỗi hay từ góc độ Trái đất, năng lượng được chuyển hóa là như nhau. Có thể lấy một ví dụ khác, hãy tưởng tượng “ngồi trên quả táo” của Newton, ta sẽ thấy Trái đất “rơi” lên đầu mình không khác gì quả táo rơi lên đầu ta, khi ta ngồi trên trên Trái đất (vì chỉ là tưởng tượng nên không tính đến khối lượng của “ta”) – như thế mới là hoàn toàn bình thường chứ? Nói cách khác, động năng của Trái đất so với quả táo và động năng của quả táo so với Trái đất hoàn toàn bằng nhau mới là hợp lý, vì lực trường thế tác động lên chúng cũng như thế năng của chúng vốn dĩ đã bằng nhau rồi, mà động năng rơi tự do lại bằng thế năng theo đẳng thức (2.42). Vì đây chỉ là bài toán 2 vật không có vật thứ ba nên năng lượng toàn phần của mỗi vật thể chỉ khác nhau ở nội năng của chúng mà Trái đất lại có nội năng lớn hơn nhiều so với quả táo – một điều hiển nhiên, còn ngoại năng như nhau vì theo định nghĩa, nó là khả năng hoặc kết quả tương tác giữa chúng mà lực tương tác thì luôn bằng nhau rồi nên, trong quan hệ năng lượng giữa chúng, tuân theo nguyên lý cho – nhận, phải như nhau cũng là đương nhiên – rõ ràng Trái đất không thể cấp năng lượng nhiều hơn khả năng mà quả táo hay con muỗi có thể nhận!

+ Va chạm trong HQC tâm quán tính ảo.

Giả sử ta có 2 vật thể trong HQC tâm quán tính ảo như được chỉ ra trên Hình 1.3a (Chương I). Vận tốc của chúng lúc va chạm tương ứng là V_{OA} và V_{OB} , do đó, động năng của chúng sẽ bằng:

$$\mathbf{K}_A(R_{AB}) = \frac{m_A V_{OA}^2}{2} \mathbf{e}_{VA}; \quad \mathbf{K}_B(R_{BA}) = \frac{m_B V_{OB}^2}{2} \mathbf{e}_{VB}. \quad (2.50)$$

Lưu ý, vì $k = 1$ nên theo (2.19), ta có $m_A = M_A$ và $m_B = M_B$. Sau khi va chạm, giả sử vận tốc của chúng tương ứng là \mathbf{V}'_{OA} và \mathbf{V}'_{OB} , nếu nội năng của các vật thể sau khi va chạm không thay đổi, theo định nghĩa tâm quán tính, ta có:

$$m_A \mathbf{V}_{OA} = -m_B \mathbf{V}_{OB}; \quad m_A \mathbf{V}'_{OA} = -m_B \mathbf{V}'_{OB}, \quad (2.51)$$

và tổng động năng của các vật thể trước và sau khi va chạm phải được bảo toàn:

$$\frac{m_A V_{AO}^2}{2} + \frac{m_B V_{OB}^2}{2} = \frac{m_A V_{OA}^2}{2} + \frac{m_B V_{OB}^2}{2}. \quad (2.52)$$

Giải các phương trình (2.51) và (2.52) ra, ta được:

$$\mathbf{V}'_{OA} = -\mathbf{V}_{OA} \quad \text{và} \quad \mathbf{V}'_{OB} = -\mathbf{V}_{OB}. \quad (2.53)$$

Có nghĩa là cũng giống như trường hợp trước, vận tốc của các vật thể sau khi va chạm bằng với vận tốc của chúng trước khi va chạm nhưng ngược hướng.

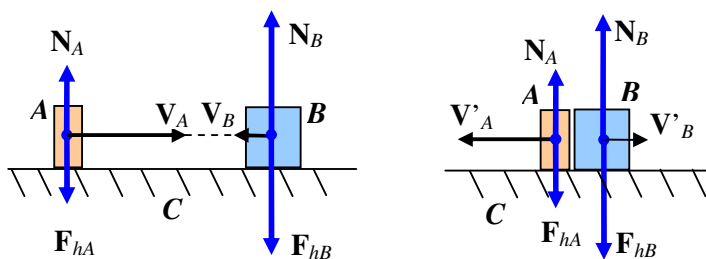
b/ Va chạm giữa 2 vật thể trong trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3.

+ Va chạm hướng tâm.

Giả sử có 2 vật thể **A** và **B** chuyển động theo đường nối trọng tâm của nhau với vận tốc \mathbf{V}_A và \mathbf{V}_B tương ứng, không có ma sát trên bề mặt của vật thể **C** là Trái đất (xem Hình 2.5), khi đó, có thể bỏ qua trường lực thế giữa 2 thực thể vật lý **A** và **B**, vì vậy, khối lượng quán tính của chúng chỉ còn do trường lực thế của Trái đất quyết định:

$$m_{AC} = \frac{M_A M_C}{M_A + M_C} \approx M_A = m_A; \quad (2.54)$$

$$m_{BC} = \frac{M_B M_C}{M_B + M_C} \approx M_B = m_B. \quad (2.55)$$



a) Trước khi va chạm

b) Sau khi va chạm

Hình 2.5. Va chạm hướng tâm giữa 2 vật thể trong trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3

HQC được lựa chọn ở đây là Trái đất. Trên hình vẽ, thể hiện sự tương quan giữa các lực trường thế \mathbf{F}_{hA} , \mathbf{F}_{hB} và lực tác động trực tiếp từ bề mặt của Trái đất \mathbf{N}_A , \mathbf{N}_B lên các vật thể tương ứng sao cho:

$$\mathbf{N}_A = -\mathbf{F}_{NA} \quad \text{và} \quad \mathbf{N}_B = -\mathbf{F}_{NB} \quad (2.56)$$

và do thế năng của chúng không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động nên có thể không cần tính đến nữa. Như vậy, với các quan hệ mô tả bởi các biểu thức 2.54) và (2.55), có thể thấy HQC của Trái đất lúc này đóng vai trò như một HQC “tuyệt đối” hoặc đúng hơn là HQC đứng yên so với HQC khối tâm của 2 vật thể A và B , còn khối lượng quán tính của các vật thể đều bằng khối lượng hấp dẫn của chính chúng nên bài toán đã quay trở về với cơ học cổ điển thông thường, vì thế không cần phải diễn giải thêm nữa mà có thể viết luôn các kết quả tính toán theo phương pháp cổ điển:

$$\mathbf{V}'_A = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} \mathbf{V}_A + \frac{2m_B}{m_A + m_B} \mathbf{V}_B, \quad (2.57)$$

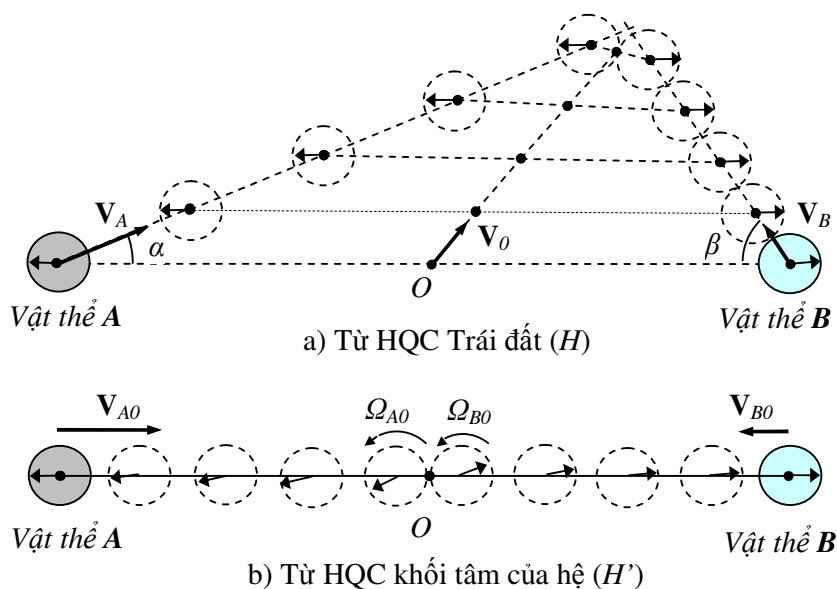
$$\mathbf{V}'_B = \frac{2m_A}{m_A + m_B} \mathbf{V}_A + \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} \mathbf{V}_B. \quad (2.58)$$

Từ (2.57) và (2.58) có thể thấy tùy thuộc vào quan hệ giữa m_A và m_B mà vận tốc \mathbf{V}'_A có thể cùng với chiều với vận tốc của vật thể **A** trước khi va chạm nếu $m_A > m_B$, nhưng một phần động năng của nó đã được chuyển thành động năng cho vật thể **B**, hoặc chuyển toàn bộ động năng của nó cho vật thể **B**, nếu $m_A = m_B$, hoặc đổi hướng chuyển động, nếu $m_A < m_B$, trong khi động năng của nó cũng chỉ chuyển được một phần cho vật thể **B**. Đó cũng là lý do vì sao trong phạm vi cơ học cổ điển, mọi tính toán đều phù hợp với kết quả thực nghiệm với độ chính xác rất cao nên rất khó lòng từ bỏ được HQC quán tính cùng với khái niệm khối lượng quán tính tự thân và sự bằng nhau của nó với khối lượng hấp dẫn đầy bí hiểm – sai số này chỉ vào cỡ 10^{-24} như đã biết.

Trong trường hợp trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3 này quá nhỏ để có thể bỏ qua so với trường lực thế của chính các thực thể vật lý **A** và **B**, ta sẽ quay về với bài toán hai vật thể vừa xem xét ở trên; điều khác biệt chỉ là ở HQC – lúc này sẽ được đặt tại vật thể **C**, do đó sẽ có thêm chuyển động của khối tâm chung của hệ 2 vật thể với vận tốc $\mathbf{V}_0 \ll \mathbf{V}_{0A}, \mathbf{V}_{0B}$ mà về nguyên tắc sẽ không ảnh hưởng tới kết quả va chạm tính theo biểu thức (2.53). Tuy nhiên, có lẽ vẫn cần phải nói thêm rằng trong thực tế, các va chạm hướng tâm là rất hiếm hoi vì luôn phải xảy ra trong trường lực thế của một hay nhiều thực thể vật lý khác nữa khiến cho quỹ đạo chuyển động của các vật thể không theo đường nối tâm của chúng.

+ Va chạm lệch tâm.

Giả sử có 2 viên bi tròn bán kính là r_A và r_B trượt trên bề mặt Trái đất bằng phẳng, không ma sát, theo 2 hướng lệch so với đường nối tâm của chúng như được biểu diễn trên Hình 2.6a - ở đây xét từ mặt chiếu đứng nên không thấy các véc tơ lực tương tác giữa các vật thể với Trái đất, và vì đẳng nào thì chúng cũng triệt tiêu nên sẽ không ảnh hưởng tới bài toán đang xem xét.



Hình 2.6. Sự va chạm lệch tâm của 2 vật thể trong trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3

Trên mỗi vật thể, ta đặt một mũi tên để đánh dấu sự thay đổi so với đường nối 2 khối tâm của chúng. Rõ ràng, đối với HQC H , các mũi tên này không thay đổi hướng trong suốt quá trình chuyển động của 2 vật thể, điều đó có nghĩa là động năng quay của chúng $=0$. Tuy nhiên, xét trong HQC khối tâm H' , ta sẽ thấy các vật thể A và B quay theo cùng chiều như được chỉ ra trên Hình 2.6b. Có thể thấy, cũng giống như trường hợp trước, khối lượng quán tính của mỗi vật khi chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái đất sẽ gần bằng khối lượng hấp dẫn

của chúng như ở các biểu thức (2.54) và (2.55). Trong HQC H đặt tại Trái đất, do thế năng không thay đổi nên ta chỉ có động năng và, để đơn giản, giả sử rằng động năng quay của chúng =0 như chúng ta vừa nói tới, chỉ có động năng tịnh tiến của các vật thể:

$$\mathbf{K}_H = \frac{m_A V_A^2}{2} \mathbf{e}_{VA} + \frac{m_B V_B^2}{2} \mathbf{e}_{VB}. \quad (2.59)$$

Vì thế năng trước và sau khi va chạm không thay đổi nên chỉ cần viết biểu thức cân đối cho động năng:

$$\frac{m_A V_A^2}{2} \mathbf{e}_{VA} + \frac{m_B V_B^2}{2} \mathbf{e}_{VB} = \frac{m_A V_A'^2}{2} \mathbf{e}_{VA'} + \frac{m_B V_B'^2}{2} \mathbf{e}_{VB'} - \mathbf{K}_{\Omega H} \quad (2.60)$$

với V'_A, V'_B là vận tốc của chúng sau khi va chạm; $\mathbf{K}_{\Omega H}$ là phần động năng tịnh tiến chuyển thành động năng quay của các vật thể sau khi va chạm, tức là chuyển thành nội năng của chúng:

$$K_{\Omega H} = \frac{J_A \Omega_A^2}{2} + \frac{J_B \Omega_B^2}{2} \quad (2.61)$$

ở đây J_A và J_B – là mômen quán tính của vật thể A và B tương ứng:

$$J_A = \frac{2}{5} m_A r_A^2, \quad J_B = \frac{2}{5} m_B r_B^2; \quad (2.62)$$

Ω_A và Ω_B là vận tốc góc của vật thể A và B tương ứng:

$$\Omega_A = \frac{V_A}{r_A} \quad \text{và} \quad \Omega_B = \frac{V_B}{r_B}. \quad (2.63)$$

Có nghĩa là lúc này, tổng động lượng trước và sau khi va chạm không còn bảo toàn cả về hướng lẫn về giá trị nữa. Mặt khác, nếu coi tâm quán tính của hệ 2 vật thể A và B là O chuyển động với vận tốc \mathbf{V}_0 , có thể viết:

$$\mathbf{V}_A = \mathbf{V}_{OA} + \mathbf{V}_O \text{ và } \mathbf{V}_B = \mathbf{V}_{OB} + \mathbf{V}_O \quad (2.64)$$

trong đó \mathbf{V}_{OA} và \mathbf{V}_{OB} tương ứng là vận tốc chuyển động của các vật thể A và B trong HQC khối tâm H' . Trong HQC này, như có thể thấy trên Hình 2.6b, ngay từ ban đầu trước khi va chạm, bên cạnh chuyển động tịnh tiến còn xuất hiện chuyển động quay của cả 2 vật thể theo cùng một chiều Ω_{A0} và Ω_{B0} nên các biểu thức động năng có dạng:

$$\mathbf{K}_{H'} = \frac{m_A V_{OA}^2}{2} \mathbf{e}_{VOA} + \frac{m_B V_{OB}^2}{2} \mathbf{e}_{VOB} , \quad (2.65)$$

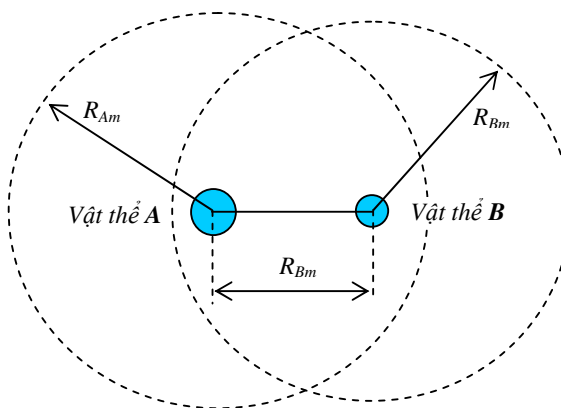
$$K_{\Omega H'} = \frac{J_A \Omega_{A0}^2}{2} + \frac{J_B \Omega_{B0}^2}{2} , \quad (2.66)$$

Trong quá trình va chạm, có thể thấy các vật thể có xu hướng chống lại chuyển động quay của nhau, do đó sau khi va chạm, động năng cũng như động lượng không còn được bảo toàn cả về độ lớn lẫn về hướng. Để giải bài toán này một cách tổng quát không phải đơn giản nên chúng ta sẽ chỉ dừng lại ở đây một cách định tính thôi. Vấn đề là ở chỗ, cho dù các vật thể đều là cứng tuyệt đối nhưng khi xảy ra va chạm lệch tâm, nó vẫn không thể đàn hồi hoàn toàn với nghĩa là không làm thay đổi nội năng của các vật thể, do một phần ngoại năng kiểu gì cũng phải chuyển hóa thành nội năng – động năng quay của chúng. Chính vì vậy, có thể nói rằng trong va chạm lệch tâm, định luật bảo toàn động lượng không còn đúng nữa.

2.2. Trạng thái năng lượng của “hệ hai vật”.

Trên đây, chúng ta mới xét tới kết quả tương tác giữa các thực thể vật lý về mặt năng lượng một cách riêng rẽ, nhưng chưa có được bức tranh toàn cục về trạng thái năng lượng của chúng – sự chuyển hóa giữa các thành phần năng lượng cũng như sự biến động của năng lượng toàn phần trong quá trình tương tác đó. Để

làm được việc này, trước hết, hãy xét một hệ kín gồm 2 thực thể vật lý **A** và **B** với giả thiết ban đầu rằng cả 2 đều nằm trong phạm vi bán kính tác dụng của nhau như chỉ ra trên Hình 2.7, cụ thể là: $R \leq R_{Bm} < R_{Am}$, và giả thiết năng lượng ban đầu của thực thể vật lý **A** lớn hơn của thực thể vật lý **B**: $W_{A0} > W_{B0}$, ta có 3 trường hợp có thể xảy ra: chuyển động rơi tự do, chuyển động theo quán tính và chuyển động cong (2 chuyển động đầu có thể gọi là chuyển động thẳng).



Hình 2.7. Hai thực thể vật lý **A** và **B** nằm trong phạm vi bán kính tác dụng của nhau.

1. Chuyển động rơi tự do.

Rơi tự do là trạng thái chuyển động của các vật thể chỉ do tương tác của lực trường thế giữa các thực thể vật lý với nhau, không có bất cứ một lực nào khác kể cả từ bất cứ thời điểm nào trước đó và bản thân chúng cũng không tham gia vào chuyển động nào khác trước đó. Điều kiện không tham gia, cũng như không chịu tác động nào khác với lực trường thế nhằm đảm bảo loại trừ ảnh hưởng phụ của các dạng năng lượng khác với năng lượng của lực trường thế giữa hai thực thể vật lý – yếu tố quyết định tới việc rơi tự do. Điều này có nghĩa là vào thời điểm ban

đầu $t_0 = 0$, hai vật thể ở vào khoảng cách bằng với bán kính tương tác R_{Bm} với vận tốc ban đầu $V_0 = 0$. Và cũng vì chỉ có chuyển động trong trường lực thế của 2 thực thể vật lý với nhau nên năng lượng của mỗi thực thể vật lý luôn là đại lượng bảo toàn.

Tuy nhiên trong thực tế, một điều kiện lý tưởng như vậy không bao giờ có thể thực hiện được, do đó chỉ có thể chấp nhận một cách tương đối khi xem xét tới các đối chiếu thực nghiệm có thể có. Ví dụ như trong sự rơi tự do ở điều kiện trên Trái đất (trong thí nghiệm của Galileo), tất nhiên còn cần phải tính đến sự quay quanh mình nó với chu kỳ 1 ngày đêm khiến gia tốc rơi tự do giảm đi một lượng xác định và hơn thế nữa, ngay cả việc rơi từ một độ cao nào đó rất “khiêm tốn” so với đường kính Trái đất chứ không phải xuất phát từ bán kính tác dụng R_m của nó cũng khiến cho nội năng của thực thể vật lý cần nghiên cứu “hao tổn” đi một năng lượng tương đương với thế năng tại “độ cao” hiện có đó của vật thể so với Trái đất như sau này chúng ta sẽ được thấy.

Bây giờ ta sẽ xem xét trạng thái năng lượng của từng vật thể so với nhau, cũng như năng lượng tổng của chúng.

a/ Trạng thái năng lượng của từng vật thể so với nhau.

+ Trước tiên, chọn HQC đặt trên vật thể **A** (xem Hình 2.8a). Vào thời điểm ban đầu vật thể **B** có nội năng ban đầu bằng:

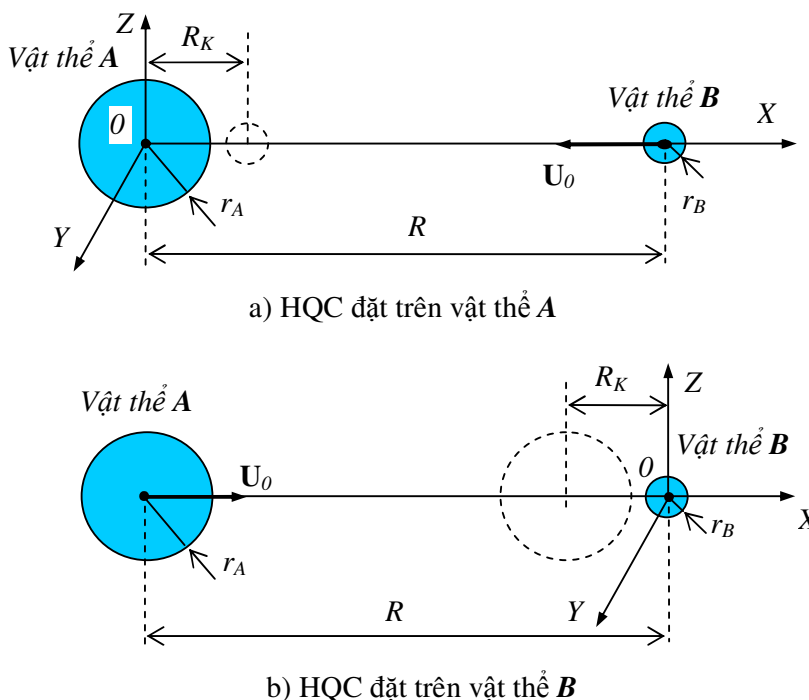
$$W_{Bn}(R_{Bm}) = W_{Bn0}, \quad (2.67)$$

và vì vẫn tồn tại một lực hấp dẫn nào đó tương ứng với thế năng ban đầu:

$$\mathbf{U}(R_{Bm}) = \frac{\alpha_h}{R_{Bm}} \mathbf{e}_F, \quad (2.68)$$

nên ngoại năng tổng ban đầu của nó phải bằng:

$$W_{Bng}(R_{Bm}) = U_0 \cdot \tag{2.69}$$



Hình 2.8. Hai vật thể rơi tự do lên nhau.

Khi đó, năng lượng toàn phần của vật thể **B** tại thời điểm ban đầu này sẽ được tính từ (2.1) và (2.3):

$$W_{B0} = W_{Bn}(R_{Bm}) + W_{Bng}(R_{Bm}) = W_{Bn0} + U_0 = \text{const} \tag{2.70}$$

và là đại lượng bảo toàn vì theo điều kiện ban đầu về một hệ kín. Từ thời điểm này, nó bắt đầu chuyển động về phía vật thể **A**, hay nói cách khác là hình thành động năng:

$$\mathbf{K}_B(R) = \frac{mV_{BR}^2}{2} \mathbf{e}_v \tag{2.71}$$

và thế năng cũng thay đổi đi bằng:

$$\mathbf{U}(R) = \frac{\alpha_h}{R} \mathbf{e}_F. \quad (2.72)$$

Lúc này, ngoại năng cơ sẽ tăng dần lên khi khoảng cách giảm dần:

$$\mathbf{W}_{Bng}(R) = \mathbf{K}_B(R) + \mathbf{U}(R) \quad (2.73)$$

và ngoại năng tổng cũng vậy:

$$W_{Bng}(R) = K_B(R) + U(R) = \frac{mV_{BR}^2}{2} + U(R). \quad (2.74)$$

Do đó hiệu

$$\Delta W_{Bng}(R) = W_{Bng}(R) - |\mathbf{W}_{Bng}(R)| = 0. \quad (2.75)$$

Có nghĩa là không có sự chuyển hóa từ ngoại năng thành nội năng mà ngược lại, vì năng lượng toàn phần của nó, như giả thiết, không thay đổi nên, theo nguyên lý trao đổi năng lượng 2, khi ngoại năng tổng xác định theo (2.74) tăng lên thì nội năng tổng của vật thể sẽ phải giảm xuống; nếu bán kính của các vật thể thỏa mãn điều kiện:

$$r_A + r_B \leq R_K \quad (2.76)$$

với R_K là khoảng cách mà ở đó nội năng cân bằng với ngoại năng thì việc chuyển động sẽ tiếp tục từ khoảng cách này trở đi cũng đồng nghĩa với sự vỡ vụn ra của vật thể \mathbf{B} – nó sẽ không thể tồn tại như nó đang có được nữa. Giả sử vận tốc lúc này đạt giá trị tới hạn bằng c , ta có:

$$W_B = W_{Bn}(R_K) + \frac{mc^2}{2} + U(R_K). \quad (2.77)$$

Theo nguyên lý nội năng tối thiểu đối với vật thể \mathbf{B} , ta có thể viết:

$$W_{Bng}(R_K) = \frac{mc^2}{2} + U(R_K) = \frac{W_B}{2}. \quad (2.78)$$

Từ đây có thể rút ra được năng lượng toàn phần của thực thể vật lý **B** trong trường lực thế của thực thể vật lý **A**:

$$W_B = mc^2 + 2U(R_K). \quad (2.79)$$

Trong trường hợp kích thước của các vật thể không thỏa mãn điều kiện (2.76) thì vật thể **B** sẽ rơi lên bề mặt của vật thể **A**. Khi đó có 2 khả năng xảy ra:

*) Nếu va đập là đàn hồi, sau khi va đập, 2 vật thể lại rời xa nhau cho đến khi đạt được khoảng cách R_m thì biểu thức xác định năng lượng lại trở về dạng (2.70). Khi đó, sẽ phải xảy ra chu trình ngược lại, 2 vật thể lại tiến sát đến nhau, va đập, rồi lại chạy ra xa nhau... cứ như vậy tiếp diễn hết như dao động không tắt của con lắc.

*) Nếu va đập không đàn hồi hoàn toàn mà một phần ngoại năng chuyển thành nội năng của vật, sau khi va đập, chúng không thể đạt đến được biên R_m mà đã hết động năng nên phải quay trở lại rồi va đập tiếp, rồi sau khi chuyển một phần ngoại năng thành nội năng, chúng lại rời xa nhau nhưng với vận tốc nhỏ hơn vận tốc lúc va đập... cứ như thế - giống như một con lắc dao động tắt dần - kết quả cuối cùng là nó sẽ nằm yên trên bề mặt của vật thể **A** với ngoại năng chỉ còn là thế năng tại bề mặt của vật thể **A**:

$$W_{Bng}(R_{AB}) = U(R_{AB}) \quad (2.80)$$

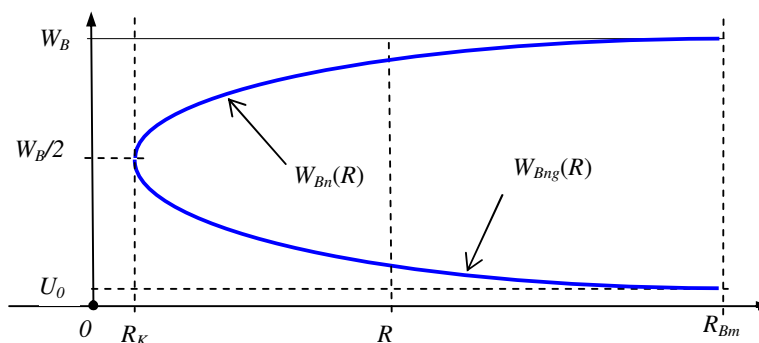
và nội năng bằng:

$$W_{Bn}(R_{AB}) = W_B - W_{Bng}(R_{AB}). \quad (2.81)$$

Vì năng lượng tổng là đại lượng bảo toàn: $W_B = W_{B0} = \text{const}$, nên sau khi thay W_{B0} từ (2.70) vào W_B của (2.81), có tính đến biểu thức (2.80), ta được:

$$W_{Bn}(R_{AB}) = W_{B0} - [U(R_{AB}) - U_0] \approx W_{B0} - U(R_{AB}). \quad (2.82)$$

Dấu (\approx) trong biểu thức (2.82) được sử dụng vì $U_0 \ll U(R_{AB})$ nên có thể bỏ qua nó. Có nghĩa là tại bề mặt của vật thể **A**, nội năng của vật thể **B** giảm nhỏ đi hơn so với nội năng của nó ở trạng thái tự do một lượng gần bằng thế năng của nó tại bề mặt đó. Ta dễ dàng nhận thấy rằng vì giả thiết là một hệ kín nên trong suốt quá trình chuyển động, chỉ có sự chuyển hóa nội năng thành ngoại năng còn năng lượng toàn phần W_B vẫn giữ nguyên không đổi, do đó biểu thức (2.78) và (2.79) có thể coi là biểu thức với động năng tối đa mà thực thể vật lý có thể có được. Có thể biểu diễn quá trình này nhờ biểu đồ trên Hình 2.9.



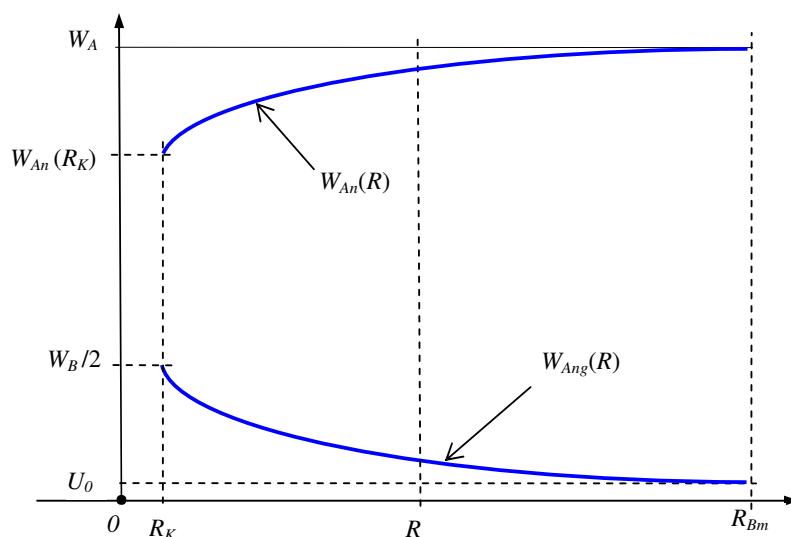
Hình 2. 9. Biểu đồ năng lượng theo HQC đặt trên vật thể **A**.

Như vậy, so với biểu thức năng lượng toàn phần nhận được từ thuyết tương đối hẹp, biểu thức (2.79) có thêm một thành phần $2U(R_K)$ – phần thế năng của trường lực thế mà thuyết tương đối hẹp đã không tính đến khi xem xét một vật thể hoàn toàn tự do không phải trong trường lực thế. Rõ ràng khi đặt $U(R_K) = 0$ vào (2.79) thì ta lại nhận được biểu thức quen thuộc của Einstein.

+ Khi HQC đặt trên vật thể **B** (Hình 2.8b), ta vẫn có biểu thức cho vận tốc và do đó là cho động năng, thế năng cũng như năng lượng tổng giống như trong trường hợp HQC được đặt trên vật thể **A**, chỉ cần thay đổi các chỉ số dưới “**B**”

thành “A”. Duy có ngoại năng tổng của vật thể A tại thời điểm khi $R = R_K$ là không đạt thể đến được giá trị cực đại vì khi đó, chính vật thể B – nơi đặt HQC sẽ vỡ vụn ra chứ không phải vật thể A nên biểu thức năng lượng toàn phần không đưa được về dạng (2.79) mà vẫn còn dạng:

$$W_A = W_{An}(R_K) + \frac{mc^2}{2} + U(R_K). \quad (2.83)$$



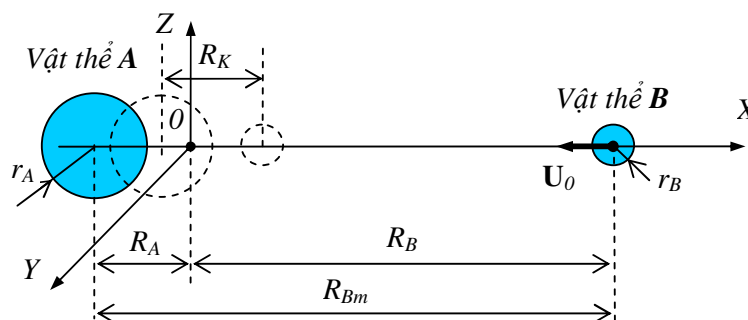
Hình 2.10. Biểu đồ năng lượng theo HQC thực đặt trên vật thể B

Tương tự như đối với trường hợp trước, ta cũng có thể xây dựng được các biểu đồ năng lượng của vật thể A trong HQC của vật thể B như trên Hình 2.10. Từ biểu đồ này có thể thấy rất rõ, nếu $W_A \gg W_B$ thì nội năng của vật thể A không giảm đi bao nhiêu, kể cả khi vận tốc của nó trong HQC của vật thể B đã đạt đến c . Nói cách khác, trong “hiệu ứng con muối”, bất luận HQC đặt ở đâu, khi vận tốc giữa nó với Trái đất đạt tới c , con muối cũng vẫn sẽ bị “vỡ nát như cám” – chính trường hấp dẫn mạnh của Trái đất đã làm việc đó. Như vậy, khác với trường hợp trước, ngoại năng tổng của vật thể A lúc này không thể tăng thêm được nữa để cân

bằng với nội năng của nó vì lúc này HQC cùng với vật thể **B** không tồn tại nữa mà đã bị vỡ vụn ra, nên biểu thức (2.83) chính là năng lượng toàn phần lớn nhất của nó trong trường lực thế của vật thể **B**. So sánh năng lượng tổng của 2 thực thể vật lý **A** và **B**, ta thấy rằng chúng chỉ khác nhau ở nội năng tổng còn ngoại năng tổng luôn bằng nhau – điều này là hoàn toàn phù hợp với lôgic bởi vì không có lý do gì khi lực tương tác giữa 2 vật thể với nhau cũng như thế năng giữa chúng đã bằng nhau mà năng lượng tương tác giữa chúng lại có thể khác nhau được.

b/ Năng lượng tổng.

Để xác định được năng lượng tổng của cả 2 vật thể, ta cần lưu ý tới khái niệm khối tâm và tâm quán tính của hệ 2 vật thể đã được nhắc tới ở mục 1.3.6, theo đó có thể biểu diễn lại sơ đồ các vật thể ở Hình 2.8 thành sơ đồ với HQC khối tâm ảo ở Hình 2.11.



Hình 2.11. Xác định năng lượng tổng trong HQC khối tâm

Trên sơ đồ này, ta biểu diễn cả vị trí cuối cùng của cả 2 vật thể tại khoảng cách R_K khi nội năng của vật thể **B** cân bằng với ngoại năng của nó như đã xét trong trường hợp trước. Nhưng vì HQC ảo, như đã biết, không thể cung cấp được cho ta thông tin về trạng thái năng lượng nên ta phải lần lượt đặt một vật thể giả

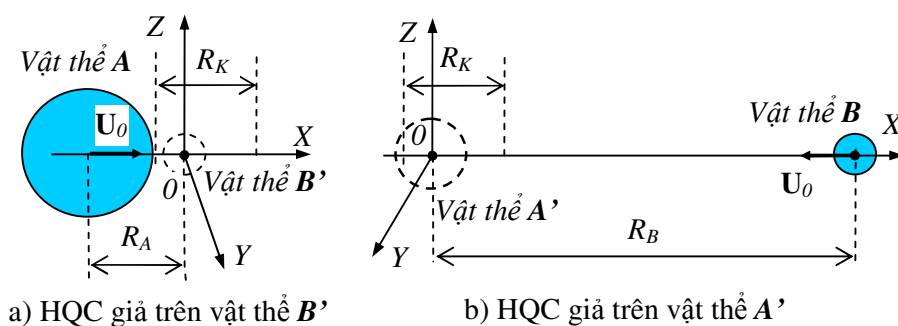
định tương ứng vào góc tọa độ 0 , tức là sử dụng HQC giả để nghiên cứu lần lượt vật thể A và vật thể B tương ứng như trên Hình 2.12.

+ HQC khối tâm giả với vật thể giả định B' thay thế cho vật thể B như chỉ ra trên Hình 2.12a. Theo điều kiện thay thế ta phải có:

$$F_{BA} = F_{B'A}, \quad (2.84)$$

Hay

$$\frac{\mathcal{M}_A M_B}{R_{Bm}^2} = \frac{\mathcal{M}_A M'_{B'}}{R_A^2}. \quad (2.85)$$



Hình 2.12. HQC khối tâm giả để xác định năng lượng tổng

Từ đây có thể rút ra được:

$$M'_{B'} = \left(\frac{R_A}{R_{Bm}} \right)^2 M_B = b^2 M_B, \quad (2.86)$$

ở đây ký hiệu

$$b = \frac{R_A}{R_{Bm}}. \quad (2.87)$$

Mặt khác, điều kiện của khối tâm (1.36) có thể viết lại dưới dạng:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{M_B}{M_A} = k_m = const. \quad (2.88)$$

Nếu tính đến $R_{Bm} = R_A + R_B,$ (2.89)

ta có thể biểu diễn hệ số tỷ lệ (2.87) dưới dạng:

$$b = \frac{k_m}{k_m + 1} = const. \quad (2.90)$$

Bây giờ, ta đã có thể viết được biểu thức cho thế năng ban đầu của vật thể **A** trong trường hấp dẫn của “vật thể” **B**:

$$U(R_A) = \frac{\alpha_{hA}}{R_A} \mathbf{e}_{FB'A} = U_A, \quad (2.91)$$

với $\alpha_{hA} = \mathcal{M}_A M'_B.$ (2.92)

Ta cũng có các các biểu thức tương tự như từ (2.67) đến (2.75), chỉ cần thay lại các chỉ số cho phù hợp với các ký hiệu mới. Cuối cùng, ta cũng có thể viết biểu thức năng lượng tổng W'_A cho thực thể vật lý **A** tại khoảng cách tới hạn R_{AK} với lưu ý rằng nội năng của nó không thay đổi do HQC này chỉ là ảo, không gây nên một hiệu ứng vật lý thực nào cho nó:

$$W_A(R_{AK}) = W_{An}(R_K) + \frac{m_A V_{AK}^2}{2} + U(R_{AK}). \quad (2.93)$$

Tại khoảng cách này, ta có:

$$V_{AK} + V_{BK} = c. \quad (2.94)$$

Như vậy, khác với trường hợp HQC thực, trong HQC giả này, vận tốc của vật thể **A** lại không hề đạt tới giá trị tới hạn c mà chỉ dừng lại ở giá trị V_{AK} khiêm tốn hơn nhiều. Có thể xác định được giá trị này từ (2.94) và điều kiện của tâm quán tính (1.42) ở mục 1.3.7, Chương I:

$$V_{AK} = \frac{R_{BK}}{R_{AK}} V_{BK} = \frac{R_B}{R_A} (c - V_{BK}), \quad (2.95)$$

Lưu ý tới (2.88), ta có thể viết:

$$V_{AK} = \frac{M_B}{M_A} (c - V_{BK}) = \frac{1}{k_m} (c - V_{BK}). \quad (2.96)$$

+ HQC khối tâm giả với vật thể giả định A' thay thế cho vật thể A như chỉ ra trên Hình 2.12b. Tương tự như các biểu thức từ (2.84) đến (2.93) ta cũng có:

$$F_{A'B} = F_{BA'}, \quad (2.97)$$

$$\frac{\gamma M_A M_B}{R_{Bm}^2} = \frac{\gamma M'_A M_B}{R_B^2}. \quad (2.98)$$

$$M'_A = \left(\frac{R_B}{R_{Bm}} \right)^2 M_A = a^2 M_A, \quad (2.99)$$

$$a = \frac{R_B}{R_{Bm}} = \frac{R_0 - R_A}{R_{Bm}} = 1 - b. \quad (2.100)$$

$$a = \frac{1}{k_m + 1} = \text{const}. \quad (2.101)$$

$$\mathbf{U}(R_B) = \frac{\alpha_{hB}}{R_B} \mathbf{e}_{FA'B} = \mathbf{U}_B, \quad (2.102)$$

$$\alpha_{hB} = \gamma M'_A M_B. \quad (2.103)$$

Và cuối cùng ta cũng có biểu thức năng lượng tổng của thực thể vật lý B trong trường hấp dẫn của vật thể A tương tự như (2.93):

$$W_B(R_{BK}) = W_{Bn}(R_K) + \frac{m_B V_{BK}^2}{2} + U(R_{BK}). \quad (2.104)$$

Vận tốc của vật thể B lúc này cũng không đạt được vận tốc tới hạn c mà chỉ thỏa mãn điều kiện (2.94). Có nghĩa là cùng một hiện tượng “vỡ nát của vật thể B ” khi khoảng cách giữa 2 vật thể đạt tới R_K đều xảy ra như nhau trong HQC thực thì trong HQC ảo (giả), nó lại không xảy ra? Có lẽ không phải như vậy. “Vỡ nát” thì vẫn cứ phải vỡ nát nhưng vấn đề chỉ là ở “vận tốc tới hạn” – trong trường hợp này, vì quan sát sự vật ở HQC tâm quán tính nên khối lượng quán tính của chúng là khối lượng quán tính riêng – không thể nào phản ánh được tương quan thật trong chuyển động của cả 2 vật thể như khối lượng quán tính chung của chúng. Chính vì thế, vận tốc chuyển động của các vật thể lúc này không hoàn toàn liên quan trực tiếp tới trạng thái năng lượng của chúng mà phải thông qua các hệ số a và b . Bây giờ đã có thể viết biểu thức năng lượng toàn phần cho cả hệ:

$$W_{roi} = W_A(R_{AK}) + W_B(R_{BK}). \quad (2.105)$$

Thay các biểu thức (2.93) và (2.104) vào (2.105), ta được:

$$W_{roi} = W_{An}(R_K) + W_{Bn}(R_K) + \frac{1}{2}(m_A V_{AK}^2 + m_B V_{BK}^2) + U(R_{AK}) + U(R_{BK}). \quad (2.106)$$

Ta có thể viết gọn lại biểu thức (2.106) dưới dạng:

$$W_{roi} = W_{ABn}(R_K) + K_{AB}(R_K) + U(R_K), \quad (2.107)$$

ở đây ký hiệu:

$$W_{ABn}(R_K) = W_{An}(R_K) + W_{Bn}(R_K), \quad (2.108)$$

$$K_{AB}(R_K) = \frac{1}{2}(m_A V_{AK}^2 + m_B V_{BK}^2), \quad (2.109)$$

$$U(R_K) = U(R_{AK}) + U(R_{BK}). \quad (2.110)$$

Từ điều kiện tâm quán tính (1.42) và (2.94), ta có thể đưa (2.109) về dạng:

$$K_{AB}(R_K) = \frac{m_A c V_{AK}}{2} = \frac{m_B c V_{BK}}{2}. \quad (2.111)$$

Khi đó, tùy thuộc vào quan hệ năng lượng giữa 2 vật mà một trong chúng sẽ vỡ nát tại vận tốc tương ứng V_{AK} hay V_{BK} khi điều kiện (2.94) được thỏa mãn – có nghĩa là vận tốc tới hạn trong HQC tâm quán tính để chúng bị tan rã sẽ phải nhỏ hơn vận tốc tới hạn trong HQC thực, do đó cần phải được tính đến khi nghiên cứu các hiện tượng không phải từ các HQC thực, và hơn nữa, lại không phải từ HQC đặt trên chính vật thể có trường lực thể ảnh hưởng quyết định tới vật thể cần nghiên cứu – nguyên lý tương đối vì thế không thể áp dụng được.

2. Chuyển động theo quán tính.

Giả sử có 2 vật thể A và B chuyển động theo quán tính ở cách nhau một khoảng bất kỳ $R \leq R_{Bm} < R_{Am}$ (xem Hình 2.13) với khối lượng hấp dẫn tương ứng là M_A và M_B (giả sử $M_A > M_B$). Tương tự như trường hợp trước, ta sẽ xem xét trạng thái năng lượng của từng vật thể so với nhau trong HQC thực và năng lượng tổng của hệ 2 vật thể đó trong HQC khối tâm giả.

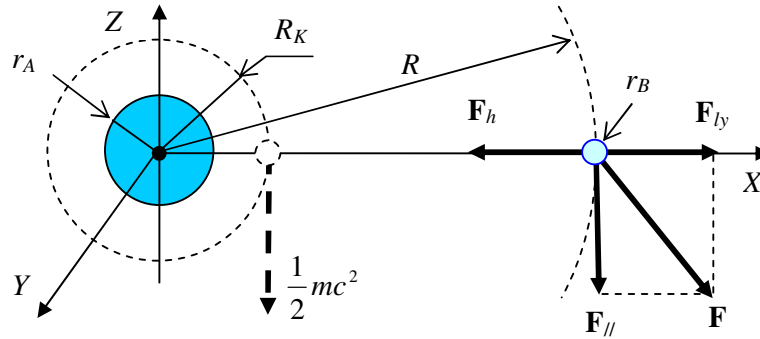
a/ Trạng thái năng lượng của từng vật thể so với nhau.

+ HQC đặt tại tâm của vật thể A . Khi đó, vật thể B chuyển động theo quán tính trong trường lực thể của vật thể A với vận tốc quỹ đạo V_{BqR} . Như đã biết, nếu chỉ có 2 thực thể vật lý hình thành một hệ kín thì chúng chỉ có một khả năng duy nhất là rơi tự do lên nhau, vì vậy, để chúng có thể chuyển động theo quán tính thì đầu tiên một trong 2 vật đó phải chịu một lực tác động \mathbf{F} có hướng và độ lớn phù hợp, cụ thể là phải có thành phần $\mathbf{F}_{ly} = -\mathbf{F}_h$ để duy trì khoảng cách không thay đổi giữa 2 vật thể, và thành phần $\mathbf{F}_{//}$ đẩy vật thể B chuyển động tới vận tốc V_{BqR} theo phương tiếp tuyến với đường tròn bán kính R tại trọng tâm của B như được chỉ ra trên Hình 2.13, tức là ta phải có:

$$\frac{mV_{BqR}^2}{R} = \frac{\alpha_h}{R^2}. \quad (2.112)$$

Sau khi kết thúc tác động của lực \mathbf{F} giả định này, vật thể \mathbf{B} mới tiếp tục chuyển động theo quán tính được. Về nguồn gốc của lực \mathbf{F} , tạm thời ta sẽ bỏ qua, chỉ quan tâm đến kết quả cuối cùng, đó là trạng thái năng lượng của vật thể trong chuyển động theo quán tính này mà thôi. Từ (2.112) có tính đến (2.72), có thể rút ra được vận tốc quỹ đạo ứng với khoảng cách R :

$$V_{BqR}^2 = \frac{U(R)}{m}. \quad (2.113)$$



Hình 2.13. Chuyển động theo quán tính trong trường hấp dẫn.

Như vậy, về phương diện ngoại năng, tương ứng với các lực \mathbf{F}_h và \mathbf{F}_{ly} ta phải có $U(R)$ và \mathbf{E}_{ly} sao cho:

$$U(R) = -W_{ly} \quad (2.114)$$

và:

$$\mathbf{K}_{BqR} = \frac{mV_{BqR}^2}{2} \mathbf{e}_V. \quad (2.115)$$

Khi đó, tính đến (2.114), ngoại năng cơ của vật thể \mathbf{B} sẽ bằng:

$$\mathbf{W}_{Bng}(R) = U(R) + \mathbf{W}_{ly} + \mathbf{K}_{BqR} = \mathbf{K}_{BqR}, \quad (2.116)$$

còn ngoại năng tổng bằng:

$$W_{Bng}(R) = U(R) + W_{ly} + K_{BqR} = 2U(R) + K_{BqR}. \quad (2.117)$$

Ta có hiệu:

$$\Delta W_{Bng} = W_{Bng} - |W_{Bng}(R)| = 2U(R) + K_{BqR} - K_{BqR} = 2U(R). \quad (2.118)$$

Và vì hiệu này $\neq 0$ nên $\frac{1}{2}$ ngoại năng (2.118) phải chuyển thành nội năng của vật thể **B** khiến nội năng toàn phần của nó tăng lên một lượng tương ứng:

$$W_{Bn\Sigma}(R) = W_{Bn0} + U(R), \quad (2.119)$$

ở đây W_{Bn0} là nội năng tổng của vật thể **B** trong trạng thái rơi tự do, trước khi bị tác động. Trong khi đó, ngoại năng tổng của nó sẽ giảm đi cùng một lượng như vậy, ta có ngoại năng toàn phần:

$$W_{Bng\Sigma}(R) = W_{Bng}(R) - U(R). \quad (2.120)$$

Thay $W_{Bng}(R)$ từ (2.117) vào (2.120), ta được:

$$W_{Bng\Sigma}(R) = K_{BqR} + U(R) = \frac{mV_{BqR}^2}{2} + U(R) \quad (2.121)$$

và do đó, biểu thức năng lượng toàn phần của nó sẽ có dạng:

$$W_B(R) = W_{Bn\Sigma}(R) + W_{Bng\Sigma}(R). \quad (2.122)$$

Thay (2.120) vào (2.122) ta được:

$$W_B(R) = W_{Bn\Sigma}(R) + \frac{mV_{BqR}^2}{2} + U(R) \quad (2.123)$$

cũng tức là phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo chuyển động của chúng và do đó, trạng thái năng lượng lớn nhất phải ứng với quỹ đạo có bán kính nhỏ nhất; càng ra xa tâm trường lực thế, năng lượng toàn phần càng giảm. Sự gia tăng năng lượng

toàn phần này là do được tiếp nhận thêm từ bên ngoài “hệ hai vật” chứ không có nguyên nhân nội tại. Nếu bán kính của 2 vật thể thỏa mãn điều kiện (2.76) mà tại R_K , đạt tới sự cân bằng giữa nội năng và ngoại năng tương ứng với vận tốc quỹ đạo $V_{BqK} = c$ thì ta có thể viết:

$$W_B(R_K) = W_{Bn\Sigma}(R_K) + \frac{mc^2}{2} + U(R_K), \quad (2.124)$$

và theo nguyên lý nội năng tối thiểu, ta có:

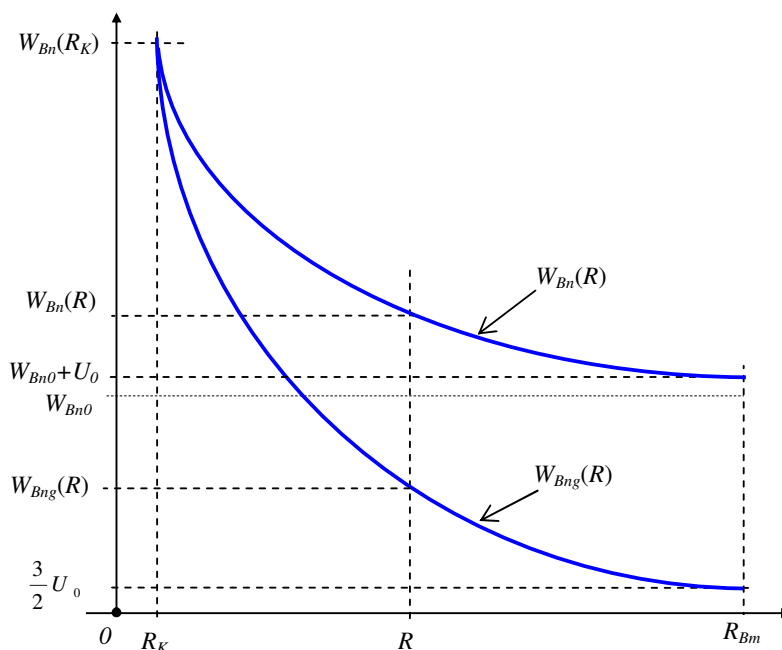
$$W_{Bn\Sigma}(R_K) = \frac{mc^2}{2} + U(R_K) = \frac{W_B(R_K)}{2} \quad (2.125)$$

hay
$$W_B(R_K) = mc^2 + 2U(R_K). \quad (2.126)$$

Như vậy, khi chuyển động theo quán tính, công thức (2.126) cho ta giới hạn tối đa năng lượng toàn phần mà thực thể vật lý có thể có được khi điều kiện (2.76) được thỏa mãn. Trong trường hợp chung nhất (2.123), ta chỉ có $W_B(R) < W_B(R_K)$. Tuy xét về mặt hình thức, biểu thức (2.126) hoàn toàn giống như biểu thức (2.79) nhưng về nội dung có chút khác biệt, đó là năng lượng toàn phần của vật thể **B** theo (2.79) không giống như với năng lượng toàn phần theo (2.126) ở chỗ nó luôn là hằng số đối với mọi khoảng cách giữa 2 vật thể; trong khi đó (2.126) lại chỉ cho ta giới hạn tối đa năng lượng toàn phần của một thực thể vật lý chuyển động theo quán tính. Thay $U(R)$ từ biểu thức (2.113) vào biểu thức (2.126), với lưu ý $R = R_K$ và $V_{BqR} = c$, rồi giản ước đi ta được:

$$W_B(R_K) = 3mc^2. \quad (2.127)$$

Từ (2.127) có thể thấy năng lượng toàn phần của thực thể vật lý trong trường hợp này tối đa có thể lớn hơn 3/2 lần so với khi nó rơi tự do; biểu đồ trên Hình 2.14 biểu diễn tương quan giữa các thành phần năng lượng trong đó.



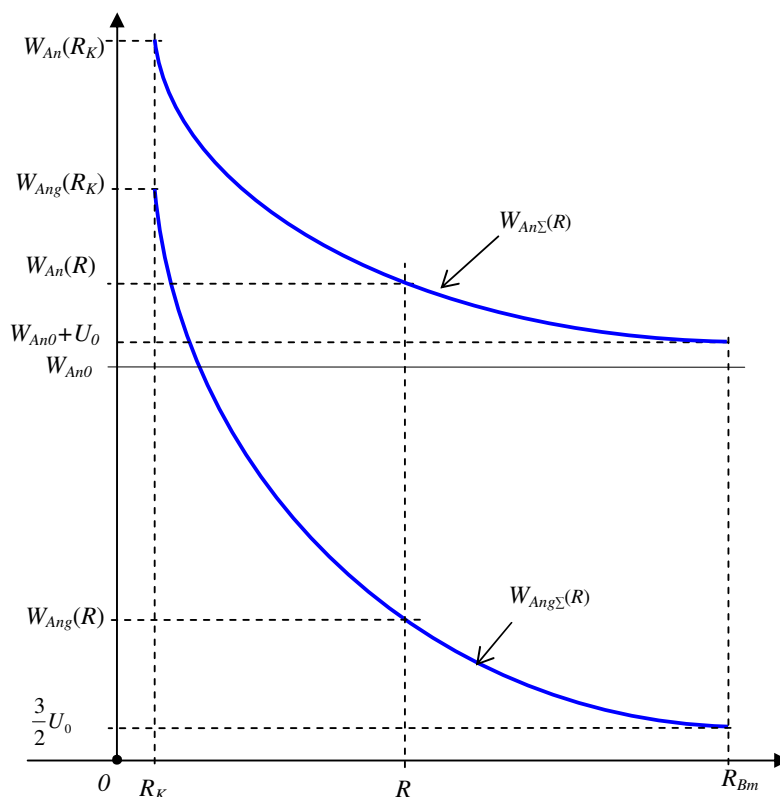
Hình 2.14. Biểu đồ năng lượng của vật thể **B** chuyển động theo quán tính trong HQC của vật thể **A**.

+ Khi HQC đặt trên vật thể **B**, vật thể **A** sẽ chuyển động theo quán tính so với vật thể **B** với vận tốc $V_{AqR} = V_{BqR}$, ta vẫn có biểu thức cho vận tốc và do đó là cho động năng, thế năng cũng như năng lượng tổng giống như trong trường hợp HQC được đặt trên vật thể **A**, chỉ cần thay đổi các chỉ số dưới “**B**” thành “**A**”. Duy có ngoại năng tổng của vật thể **A** tại thời điểm khi $R = R_K$ là không thể đến được giá trị cực đại vì khi đó, chính vật thể **B** – nơi đặt HQC sẽ vỡ vụn ra giống như trường hợp rơi tự do vừa xét chứ không phải vật thể **A**. Vì khi thay đổi HQC từ vật thể **A** sang vật thể **B**, các biểu thức xác định động năng và thế năng của chúng không hề thay đổi nên ngoại năng của chúng phải bằng nhau là lẽ đương nhiên. Lúc này, biểu thức năng lượng toàn phần của vật thể **A** vẫn còn ở dạng tương tự như (2.124) và sẽ chỉ khác ở nội năng $W_{An\Sigma}(R)$:

$$W_A(R_K) = W_{An\Sigma}(R_K) + \frac{mV_{AqR}^2}{2} + U(R_K). \quad (2.128)$$

Tuy nhiên, khác với trường hợp trước, do ngoại năng chỉ có thể đạt đến giá trị xác định theo (2.121) nên ngoại năng của vật thể A không thể nào đạt tới được giá trị cân bằng với nội năng của nó (xem trên Hình 2.15), mặc dù vận tốc quán tính của A có thể vẫn đạt tới c , khi đó, ta có:

$$W_A(R_K) = W_{An\Sigma}(R_K) + \frac{1}{2}mc^2 + 2U(R_K). \quad (2.129)$$



Hình 2.15. Biểu đồ năng lượng của vật thể A chuyển động theo quán tính trong HQC của vật thể B .

Cần lưu ý rằng khác với chuyển động rơi tự do, khi năng lượng toàn phần của “hệ 2 vật” luôn là hằng số trong chuyển động theo quán tính, bất kể khoảng cách giữa chúng có là bao nhiêu, việc chuyển từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác nhất thiết phải có tác động từ bên ngoài nên năng lượng toàn phần của các thực thể vật lý sẽ phải thay đổi. Nếu tác động từ bên ngoài có xu hướng cấp thêm năng lượng, vật thể sẽ di chuyển vào quỹ đạo bên trong với mức năng lượng cao hơn; ngược lại, nếu tác động có xu hướng lấy bớt đi năng lượng, vật thể sẽ phải chuyển ra quỹ đạo bên ngoài với mức năng lượng thấp hơn. Từ đây có thể thấy bản thân khái niệm năng lượng cao hay thấp không đồng nghĩa với độ cao hay thấp tính từ bề mặt của vật thể (Trái đất chẳng hạn) như đối với quan niệm hiện nay của vật lý mà là tương đương với độ lớn của chính năng lượng mà vật thể đang có, và do đó khi độ cao càng lớn, mức năng lượng càng thấp. Vì vậy, cái gọi là “nguyên lý thế năng cực tiểu” là không phù hợp với bản chất của hiện tượng mà phải là “thế năng cực đại”.

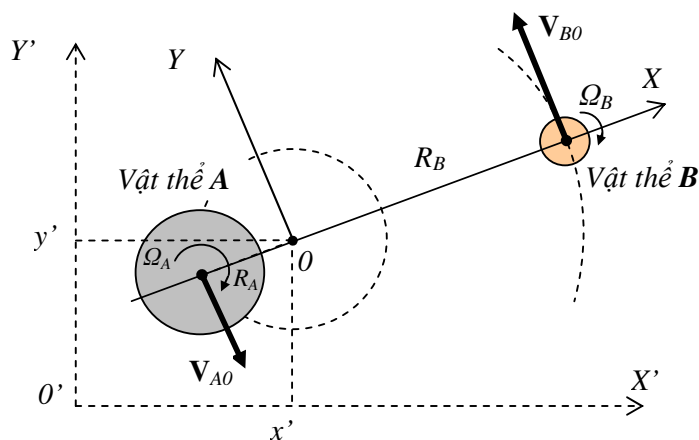
Nhưng điều quan trọng hơn cả là độ cao hay thấp đó không hề có ý nghĩa về sự “ưu tiên” nào đó đối với “thấp” hay “cao” mà hoàn toàn phụ thuộc vào tác động từ bên ngoài – dù là chuyển vào quỹ đạo bên trong hay ra quỹ đạo bên ngoài – để vào được các quỹ đạo bên trong phải cần cấp thêm năng lượng nhiều hơn so với năng lượng cần phải lấy bớt đi để ra các quỹ đạo bên ngoài. Nếu ngay từ ban đầu, hệ 2 vật này đã bị cách ly hoàn toàn thì chẳng có bất cứ lý do gì để quỹ đạo chuyển động của chúng phải ở vị trí gần nhau nhất mà, trái lại, chúng sẽ phải rơi tự do lên nhau như đã được xem xét tới ở mục trên.

b/ Năng lượng tổng.

Cũng giống với trường hợp rơi tự do, ta cần lựa chọn HQC khối tâm để xác định năng lượng tổng của 2 thực thể vật lý như năng lượng chỉ của một thực thể duy nhất. Sơ đồ đặt HQC khối tâm ảo cũng là sơ đồ trên Hình 2.10. Trong cơ học

Newton, người ta sử dụng một HQC ảo $X'O'Y'$ như được chỉ ra trên Hình 2.16, gọi là “đứng yên” so với khối tâm O của hệ, khi đó quỹ đạo của mỗi vật thể sẽ là một đường tròn với bán kính R_A và R_B tương ứng, theo đó $R_A + R_B = R$ – hai vật thể sẽ chuyển động quay tròn quanh khối tâm của chúng. Tuy nhiên, một HQC ảo như vậy hoàn toàn không cho ta một thông tin gì, đặc biệt là về mặt năng lượng, vì đó chỉ là HQC hình học ảo hay quá lắm cũng chỉ là HQC vật lý ảo mà thôi. Vấn đề sẽ khác đi nếu ta sử dụng HQC khối tâm ảo XOY , với trục OX là trục thực trùng với đường nối khối tâm của 2 vật thể A và B . Trong HQC này, như vừa khảo sát ở mục trên, trong chuyển động theo quán tính, khoảng cách giữa 2 vật thể không thay đổi và vì thế, vị trí của khối tâm của chúng cũng cố định trên khoảng cách đó nên động năng tịnh tiến của chúng phải $=0$, nhưng có thể có động năng quay:

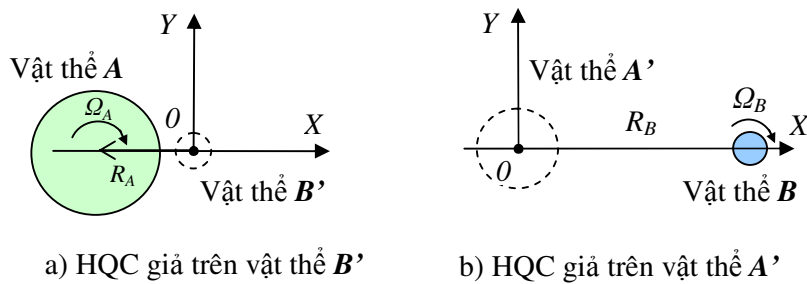
$$K_{\Omega A} = \frac{J_A \Omega_A^2}{2} \text{ và } K_{\Omega B} = \frac{J_B \Omega_B^2}{2}. \quad (2.130)$$



Hình 2.16. Chuyển động theo quán tính trong HQC ảo.

Nhưng như đã biết, động năng quay lại không phải là thành phần của ngoại năng mà là của nội năng của các thực thể vật lý.

Bây giờ, để có thể xác định được thế năng, ta cũng sẽ phải sử dụng tới HQC khối tâm giả giống như trường hợp trước (xem Hình 2.17). Khối lượng hấp dẫn của các vật thể giả được xác định theo các biểu thức (2.86) và (2.99), do đó, thế năng của các vật thể A và B tương ứng bằng:



Hình 2.17. Xác định năng lượng tổng của hệ 2 thực thể vật lý

$$U(R_A) = \frac{\alpha_{hA}}{R_A} \mathbf{e}_{FB'A} ; \quad U(R_B) = \frac{\alpha_{hB}}{R_B} \mathbf{e}_{FA'B} \quad (2.131)$$

trong đó
$$\alpha_{hA} = \gamma M_A M'_B ; \quad \alpha_{hB} = \gamma M'_A M_B \quad (2.132)$$

với M'_B và M'_A được xác định theo các biểu thức (2.86) và (2.99) tương ứng. Không khó khăn gì có thể chứng minh được:

$$U_A(R_A) + U_B(R_B) = U(R) . \quad (2.133)$$

Mặt khác, vì khoảng cách giữa 2 vật thể không thay đổi, có nghĩa là các thế năng này đã không sinh công, nên theo định luật quán tính tổng quát, phải tồn tại năng lượng bằng về giá trị nhưng ngược lại về hướng với các thế năng tương ứng:

$$\mathbf{W}_{lyA} = -U_A(R_A) \text{ và } \mathbf{W}_{lyB} = -U_B(R_B) ,$$

vì vậy, năng lượng tổng của cả hệ trong HQC khối tâm sẽ bằng:

$$W_{qt}(R) = W_{An}(R) + W_{Bn}(R) + K_{\Omega A} + K_{\Omega B} + 2U(R). \quad (2.134)$$

Ở đây cũng lưu ý rằng nội năng của các thực thể vật lý A và B cũng không thay đổi khi chuyển sang HQC ảo. Năng lượng tổng của hệ 2 thực thể vật lý xác định theo (2.134) chính là nội năng tổng của hệ 2 thực thể vật lý đó chuyển động theo quán tính với nhau, khi xét hệ đó chỉ như một thực thể vật lý duy nhất trong quan hệ với các thực thể vật lý khác. Nói cách khác, việc sử dụng HQC khối tâm với trục thực đi qua tâm của mỗi vật thể như vậy đã cho phép tính đến tác động của trường lực thế ngoài lên hệ 2 vật thể khi xem xét năng lượng tổng của hệ đó; đây là ưu thế mà các HQC quán tính, đặc biệt là các HQC quán tính theo nghĩa cổ điển: “đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều”, không thể có được.

Nếu so sánh với biểu thức xác định năng lượng tổng của hệ 2 vật thể trong chuyển động rơi tự do (2.107), ta thấy có sự khác biệt cơ bản đó là sự phụ thuộc của năng lượng tổng (2.134) vào bán kính quỹ đạo R_{AB} – bán kính này càng lớn, năng lượng tổng càng nhỏ, và ngược lại, bán kính này càng nhỏ, năng lượng tổng càng lớn – hoàn toàn phụ thuộc vào năng lượng trao đổi từ bên ngoài hệ.

c/ Tác dụng quỹ đạo tối thiểu.

Khác với rơi tự do, chuyển động trên quỹ đạo trong trường lực thế cần phải được tuân thủ một trạng thái năng lượng xác định, nếu không, trạng thái chuyển động đó sẽ bị phá vỡ. Như vậy, tương ứng với khoảng thời gian đúng bằng chu kỳ chuyển động của vật thể trên quỹ đạo:

$$T_R = \frac{2\pi R}{V_{BqR}} \quad (2.135)$$

là một tác dụng H_R phải được thực hiện. Thay biểu thức động năng quỹ đạo (2.115) vào (1.22) rồi giản ước đi ta được:

$$H_R = 2\pi m_x V_{BqR} R. \quad (2.136)$$

Mặt khác, từ (2.112) ta có thể viết:

$$V_{BqR} = \sqrt{\frac{\alpha_{hx}}{m_x R}}. \quad (2.137)$$

Thay (2.137) vào (2.136) ta được:

$$H_R = 2\pi \sqrt{m_x \alpha_{hx} R} \quad (2.138)$$

Từ đây, có thể xác định được bán kính quỹ đạo theo tác dụng quỹ đạo tương ứng:

$$R = \frac{H_R^2}{4\pi^2 m_x \alpha_{hx}}. \quad (2.139)$$

Biểu thức (2.139) cho ta thấy tác dụng tối thiểu sẽ phải ứng với quỹ đạo nhỏ nhất $R = R_K$, mà ở quỹ đạo này, vận tốc quỹ đạo đạt tới giá trị tới hạn c nên từ biểu thức (2.112), ta có:

$$R_K = \frac{\alpha_{hx}}{m_x c^2}. \quad (2.140)$$

Thay (2.140) vào (2.138) ta được:

$$H_{Rk} = \theta_{hx} = \frac{2\pi\alpha_{hx}}{c}. \quad (2.141)$$

Có thể viết lại (2.141) dưới dạng:

$$\bar{\theta}_{hx} = \frac{\theta_{hx}}{2\pi} = \frac{\alpha_{hx}}{c}. \quad (2.142)$$

Từ đây có thể thấy vì không thể tồn tại một tác dụng nào của trường hấp dẫn có thể nhỏ hơn được giá trị tính theo biểu thức (2.142) nên cũng có nghĩa là tác dụng quỹ đạo (2.136) cũng bị lượng tử hóa và chỉ có thể viết:

$$H_R = 2\pi m_x V_{BqR} R = n\theta_{hx} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2.143)$$

Và do đó, cả mô men động lượng quỹ đạo của vật thể cũng bị lượng tử hóa:

$$L_n = m_x V_{BqR} R = n\tilde{\theta}_{hx}. \quad (2.144)$$

Tương ứng với mỗi vật thể khác nhau, ta lại có một giá trị tác dụng tối thiểu khác nhau, cũng như một giá trị mô men động lượng quỹ đạo khác nhau. Có thể triển khai (2.141) thành dạng thuận tiện hơn:

$$\theta_{hx} = \frac{2\pi\gamma.M_0}{c} M_x = k_\theta M_x, \quad (2.145)$$

ở đây đại lượng k_θ chỉ còn phụ thuộc vào vật thể đặt HQC và có giá trị bằng:

$$k_\theta = \frac{2\pi\gamma M_0}{c}. \quad (2.146)$$

Đối với vật thể đặt HQC là Trái đất, ta có:

$$k_\theta = \frac{2\pi \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 5,978 \times 10^{24}}{3 \times 10^8} \approx 8,35 \times 10^6 \text{ (J.s/kg)}.$$

Khi đó, tác dụng tại quỹ đạo tương ứng với bán kính Trái đất $R_0 \approx 6,38 \times 10^6 \text{ m}$ theo công thức (2.143) sẽ là:

$$H_R = 2\pi V_{BqR} R m_x = 2\pi \cdot 7,9 \times 10^3 \cdot 6,378 \times 10^6 m_x \approx 3,167 \times 10^{11} m_x = n\theta_{hx}$$

Từ đây, ta có:

$$n = \frac{2\pi V_{BqR} R_0}{k_\theta M_x} m_x \approx \frac{2\pi V_{BqR} R_0}{k_\theta} \approx 37800$$

Có thể tính được bán kính quỹ đạo tiếp theo ứng với $n+1 = 37801$ từ biểu thức (2.139):

$$R_{n+1} = \frac{(n+1)^2 \theta_{hx}^2}{4\pi^2 m_x \gamma M_0 M_x} = \frac{(n+1)^2 k_\theta^2}{4\pi^2 \gamma M_0} = r_0 (n+1)^2, \quad (2.147)$$

ở đây r_0 cũng không còn phụ thuộc vào vật thể chuyển động nữa:

$$r_0 = \frac{k_\theta^2}{4\pi^2 \gamma M_0}. \quad (2.148)$$

Thay các giá trị tương ứng vào (2.148), ta được:

$$r_0 \approx \frac{8,38^2 \times 10^{12}}{4\pi^2 \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 5,978 \times 10^{24}} \approx 4,466 \times 10^{-3} \text{ (m)},$$

và do đó, ta có $R_l \approx 4,466 \times 10^{-3} \cdot (37\ 801)^2 \approx 6\ 381\ 537 \text{m}$. Sự chênh lệch giữa 2 bán kính quỹ đạo liền kề này vào khoảng $>300 \text{m}$ tức là cỡ 0,0005% bán kính quỹ đạo. Khi đó, mỗi quỹ đạo cũng sẽ tương ứng với một mức năng lượng bằng động năng quỹ đạo \mathbf{K}_n có modul bằng:

$$W_{xn} = K_{xn} = \frac{m_x V_{xqR}^2}{2} = \frac{\alpha_{hx}}{2R} = \frac{\gamma M_0 M_x}{2r_0 n^2} = v_0^2 \frac{M_x}{n^2} = \frac{W_{0x}}{n^2}, \quad (2.149)$$

ở đây ký hiệu
$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma M_0}{2r_0}} \quad (2.150)$$

cũng là đại lượng chỉ phụ thuộc vào vật thể đặt HQC;

$$W_{0x} = v_0^2 M_x. \quad (2.151)$$

Với trường hợp Trái đất đang xét, ta có:

$$v_0 \approx \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \cdot 6 \times 10^{24}}{2 \cdot 4,466 \times 10^{-3}}} \approx 2,11 \times 10^8 \text{ (J/kg)}^{1/2}.$$

Từ đây cũng có thể xác định được bán kính tác dụng R_{ij} của các thiên thể trong Vũ trụ lên chuyển động của các vệ tinh nhân tạo trên quỹ đạo của chúng theo khái niệm đã nhắc tới ở mục 1.5. Giả sử thế năng tương tác giữa một thiên thể có khối lượng hấp dẫn M_j nào đó với vệ tinh có khối lượng hấp dẫn M_x có dạng:

$$U_{jx}(R_{ij}) = \frac{\gamma M_j M_x}{R_{ij}} \quad (2.152)$$

và thế năng này có thể chuyển hoàn toàn thành động năng cho vệ tinh, theo biểu thức (1.21), ta có thể viết:

$$H_{jx} = U_{jx}(R_{ij})T_x \geq \theta_{hx} \quad (2.153)$$

với T_x là chu kỳ quay của vệ tinh trên quỹ đạo gần Trái đất. Khi đó, sau khi thay (2.152) vào (2.153), có tính đến (2.145), rồi biến đổi đi ta được:

$$R_{ij} \leq \frac{\gamma T_x}{k_\theta} M_j = k_{Rx} M_j, \quad (2.154)$$

ở đây ký hiệu $k_{Rx} = \frac{\gamma T_x}{k_\theta}, \quad (2.155)$

và gọi là *hằng số tác dụng quỹ đạo* đối với vật thể có chu kỳ chuyển động trên quỹ đạo bằng T_x . Giả sử $T_x \approx 7000s$, ta có:

$$k_{Rx} = \frac{2,6,67 \times 10^{-11} \cdot 7 \times 10^3}{8,35 \times 10^6} \approx 1,1 \times 10^{-13} \text{ (m/kg)}. \quad (2.156)$$

Các công thức (2.153) – (2.156) cho phép tính toán các nhiễu động quỹ đạo của vệ tinh gây nên bởi các thiên thể một cách đơn giản hơn so với cơ học cổ điển. Ví dụ, nếu $M_j = 4,89 \times 10^{24} \text{ kg}$ = khối lượng của sao Kim, ta có:

$$R_{ij} \leq 1,1 \times 10^{-13} \cdot 4,89 \times 10^{24} \approx 5,38 \times 10^{11} \text{ (m)}.$$

Có nghĩa là mọi vệ tinh nhân tạo của Trái đất đều nằm trong bán kính tác dụng của sao Kim vì khoảng cách xa nhất của nó tới Trái đất cũng chỉ là $2,6 \times 10^{11}$ m. Nhưng đối với một ngôi sao có khối lượng tương đương Mặt trời – cỡ 10^{30} kg, song lại ở cách Trái đất 10.000 năm ánh sáng $\sim 9,46 \times 10^{17}$ m, thì

$$R_{ij} \leq 1,1 \times 10^{-13} \times 10^{30} \approx 1,1 \times 10^{17} \text{ (m)},$$

có nghĩa là nó sẽ không ảnh hưởng tới quỹ đạo của các vệ tinh Trái đất.

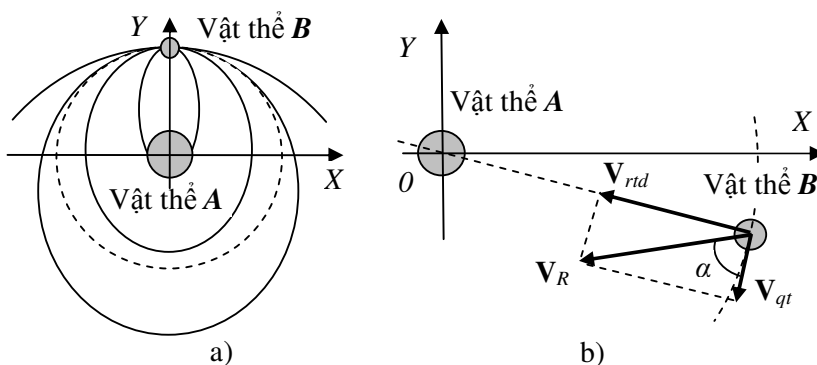
Tóm lại, trong trường hấp dẫn của Trái đất hay của bất kỳ một thiên thể nào khác, cũng tồn tại các lượng tử quỹ đạo theo đó mọi vật thể sẽ chuyển động theo quán tính, không tiêu tốn năng lượng. Tuy nhiên trên thực tế, một mặt, do Trái đất (hoặc hầu hết các thiên thể khác) đều có bầu khí quyển gây nên lực cản khí động học đối với các quỹ đạo thấp; mặt khác, do hình dạng của chúng không hoàn toàn là hình cầu, cấu trúc địa chất cũng không đồng nhất, hơn nữa, các quỹ đạo đều ở rất xa ($n \gg 1$) so với “quỹ đạo thấp nhất” ($n=1$), do kích thước của các thiên thể đều lớn hơn rất nhiều so với bán kính quỹ đạo này, kết quả là những nhiễu động vừa nói tới đã tạo ra sự biến động có thể lớn hơn nhiều so với khoảng cách giữa 2 quỹ đạo liền kề, khiến tính lượng tử quỹ đạo này, kể cả đối với các vệ tinh nhân tạo, cũng không dễ gì có thể hình thành được. Chính vì vậy, đối với các vật thể vĩ mô, tính lượng tử quỹ đạo đã không thể hiện ra, tuy nhiên, với các thực thể vật lý vi mô như các hạt sơ cấp mà chúng ta sẽ xem xét tới trong Chương III, vấn đề sẽ hoàn toàn khác, ở đó các vật thể trên quỹ đạo chỉ có cùng một loại là các electron, trong khi điện tích của hạt nhân cũng chỉ giới hạn ở mức từ 1 (với hydrozen) đến 110 (với Ununium), do đó các đại lượng k_θ , r_0 và v_0 xác định bởi các biểu thức (2.141), (2.143) và (2.144) tương ứng là phổ biến đối với một lớp rộng các hiện tượng và sự vật, ở đó, ta sẽ thấy tính lượng tử này rõ nét như thế nào. Nhưng qua

đây cũng thấy được tính thống nhất của thế giới vật chất về phương diện các quy luật vận động chung nhất.

3. Chuyển động cong trong trường lực thế.

Giả sử vào thời điểm ban đầu, tại một khoảng cách R nào đó, vật thể B bị một lực tác động F như đã nói tới ở mục 2.2.2 ở ngay bên trên, nhưng thành phần quỹ đạo không thỏa mãn điều kiện (2.112) mà có thể lớn hơn, hoặc nhỏ hơn. Sau khi kết thúc tác động của lực F này, vật thể B sẽ phải chuyển động lệch khỏi đường nối tâm của 2 vật thể và cũng lệch cả so với quỹ đạo quán tính đã biết, kết quả là sẽ hình thành nên một quỹ đạo cong mà trong HQC hình học sẽ là đường elip, parapol hay hyperpol, tùy thuộc vào cách thức tác động của lực F ban đầu như được mô tả trên Hình 2.18a. Khi đó, trong HQC của vật thể A , vật thể B có vận tốc ban đầu V_R lệch so với phương của vận tốc quán tính V_{qt} tại điểm đó một góc α , ta có thể phân tích V_R thành 2 thành phần: V_{rd} theo phương của lực trường thế và V_{qt} theo phương vuông góc với lực trường thế đó như được chỉ ra trên Hình 2.18b, ta có:

$$V_R^2 = V_{rd}^2 + V_{qt}^2. \tag{2.157}$$



Hình 2.18. Chuyển động cong trong trường lực thế

Ta có nhận xét là thành phần V_{rtd} tương ứng với động năng rơi tự do, còn thành phần V_{qt} tương ứng với động năng chuyển động theo quán tính của vật thể B . Không đi sâu vào xem xét dạng chuyển động, chúng ta viết biểu thức năng lượng toàn phần của vật thể B trong HQC của vật thể A bằng:

$$\begin{aligned} W_B &= W_{Bn}(R) + W_{Bng}(R) = W_n(R) + \frac{mV_{rtd}^2}{2} + \frac{mV_{qt}^2}{2} + U(R) = \\ &= W_n(R) + \frac{m}{2}(V_{rtd}^2 + V_{qt}^2) + U(R) = W_n(R) + \frac{mV_R^2}{2} + U(R), \end{aligned} \quad (2.158)$$

với lưu ý là khối lượng quán tính m được xác định theo biểu thức (2.30). Vì giả thiết là một hệ kín (tất nhiên là sau khi kết thúc tác động của lực \mathbf{F}) nên năng lượng toàn phần của hệ, từ thời điểm đó trở đi, phải là đại lượng bảo toàn, do đó, các thành phần năng lượng chỉ chuyển hóa qua lại lẫn nhau trong quá trình chuyển động của vật thể B . Tuy nhiên, khác với rơi tự do là chuyển động hướng tâm, chuyển động này có thành phần động năng quỹ đạo đã khiến cho nó không rơi tự do được, nhưng vì có thành phần động năng rơi tự do nên nó cũng không thể chuyển động theo quán tính được. Nhưng đã có thành phần rơi tự do, có nghĩa là có sự chuyển hóa qua lại giữa nội năng và ngoại năng, vì vậy, hiệu giữa động năng và thế năng không còn là hằng số được nữa.

Quá trình chuyển hóa năng lượng trên đây sẽ dẫn đến việc thất thoát năng lượng cơ không thể tránh khỏi, ít nhất cũng là chuyển một phần năng lượng cơ vào thành nội năng của thực thể vật lý đó, do hiệu suất trao đổi năng lượng luôn luôn chỉ có thể <1 , còn nếu lại xét tới tính “mở” của bất kỳ một hệ vật chất nào nữa, thì kết quả là những chuyển động theo quỹ đạo cong, tùy thuộc vào tình huống cụ thể, sẽ kết thúc ở trạng thái chuyển động theo quán tính (hoặc nằm yên trên bề mặt của nhau, hoặc chuyển động trên một quỹ đạo nào đó với mức năng lượng tương ứng gần nhất).

4. Chuyển động quay và tự quay.

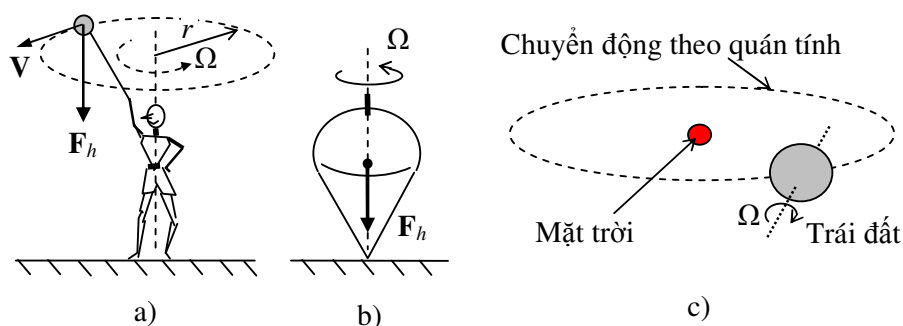
a) Chuyển động quay trong trường lực thế

Ở mục trên, chúng ta đã xét tới chuyển động theo quán tính của các vật thể trong không gian vật chất mà từ góc nhìn của không gian vật lý, theo quan niệm cổ điển, những chuyển động như vậy vẫn được coi là quay. Tuy nhiên, trong mục này chúng ta sẽ xem xét hiện tượng quay với đúng nghĩa của nó – quay trong trường lực thế, trong không gian vật chất chứ không phải trong không gian vật lý hay không gian hình học.

Quay là hiện tượng chuyển động của vật thể trong không gian vật chất có khoảng cách không thay đổi tới một điểm bất kỳ khác với tâm của trường lực thế, hoặc một đường thẳng của không gian đó; điểm hoặc đường thẳng đó tương ứng gọi là tâm quay hay trục quay. Có thể biểu diễn hiện tượng này tương ứng trên Hình 2.19a) và b) – ở đây, trường lực thế là trường hấp dẫn của Trái đất. Ta sẽ giải thích hiện tượng quay của vật thể hoàn toàn không dùng tới khái niệm “quán tính tự thân” – “khối lượng quán tính” như là “cái có sẵn” bên trong mỗi vật thể mà, trái lại, ta sẽ gắn chuyển động của các vật thể với trường lực thế. Trên Hình 2.19a, vật thể bị buộc vào sợi dây chỉ có thể quay theo quỹ đạo tròn là nhờ có lực của người giữ sợi dây truyền cho nó, và cũng có nghĩa là đã cấp cho nó năng lượng quay bởi nếu không, nó sẽ phải rơi xuống đất theo phương thẳng đứng của trọng lực. Khối lượng quán tính của vật thể trong trường hấp dẫn của Trái đất được xác định theo công thức (2.32) cho thấy nó bằng khối lượng hấp dẫn của chính nó. Lực ly tâm xuất hiện trong trường hợp này hoàn toàn là lực thực chứ không phải là lực ảo, chỉ có điều nó không phải là lực quán tính mà là lực được sinh ra do năng lượng của người truyền cho vật thể. Cần lưu ý rằng mọi vật thể trên mặt đất, nếu bị tác động bởi một xung lực nào đó song song với bề mặt của Trái đất mà không có lực cản thì nó sẽ chuyển động “tròn” đều xung quanh Trái

đất – một dạng chuyển động theo quán tính với vận tốc xác định cho tới khi giá trị của vận tốc này không vượt quá 7,9km/s. Nhưng chính sợi dây đã cản trở việc này, và vì vậy, đã gây nên lực hướng tâm. Nói cách khác, lực hướng tâm trong trường hợp này chỉ là lực phản tác động chứ không phải là lực tác động như lực trường thế hướng tâm của Mặt trời tác động lên Trái đất trong chuyển động theo quán tính như trên Hình 2.19c). Động năng quay lúc này bằng:

$$K_{\Omega} = \frac{J\Omega^2}{2}. \quad (2.159)$$



Hình 2.19. Các dạng chuyển động quay

b) Hiện tượng tự quay của vật thể.

Nếu điểm quay hoặc trục quay đi qua khối tâm của vật thể mà vật thể đó lại nằm trong trường lực thế của thực thể vật lý khác thì chuyển động đó gọi là tự quay (xem Hình 2.19b). Thật ra khái niệm “tự quay” chỉ là cách nói không có một nội dung chính xác nào vì không có bất cứ vật thể nào tự mình có thể quay được cả mà luôn cần sự tương tác với bên ngoài. Cũng giống như trong trường hợp trước, lực hướng tâm cũng chỉ xuất hiện sau khi có ngẫu lực tác động lên con quay, tức chỉ là lực phản tác động. Tuy nhiên, điểm khác biệt ở đây là nếu ma sát tại chân con quay với mặt đất và lực cản của không khí có thể bỏ qua thì con quay

sẽ quay mãi mãi không bao giờ dừng. Điều này cũng không phải vì con quay có sẵn một khối lượng quán tính tự thân nào đó mà chính do trường lực thế của Trái đất cùng với ngẫu lực ban đầu tác động lên con quay đã làm việc đó – chúng đã cung cấp cho con quay một động năng quay mà động năng này lại là nội năng của con quay. Nếu không có cả 2 yếu tố này, con quay không thể nào duy trì được sự quay của mình. Chẳng hạn, tưởng tượng chỉ có một con quay đơn độc trong Vũ trụ thì khái niệm “quay” đối với nó sẽ biến mất – khối lượng quán tính = 0 cũng tức là động năng quay bằng không (cũng có thể xem “nghịch lý xô nước” của Newton ở Phụ lục 5). Thêm nữa, khối lượng hấp dẫn được phân bố trong con quay hoàn toàn đối xứng qua trục quay của nó nên nếu khi quay, năng lượng của nó được bảo toàn thì cũng đồng nghĩa với việc bảo toàn hướng của trục quay – tác động của lực hấp dẫn từ phía các vật thể khác lên con quay luôn đối xứng qua trục quay của nó. Cũng chính vì lý do này mà hướng của trục quay sẽ không thay đổi khi con quay rơi vào trường hấp dẫn của bất kỳ một thực thể vật lý nào khác. Dựa trên tính chất này, người ta chế tạo các con quay hồi chuyển được áp dụng rộng rãi trong các phương tiện định hướng cho thiết bị bay trong không gian. Động năng quay trong trường hợp này cũng được xác định theo công thức (2.159). Trên Hình 2.19c) biểu diễn đồng thời chuyển động tự quay quanh mình của Trái đất và chuyển động theo quán tính trên quỹ đạo của nó để tiện so sánh. Hai dạng chuyển động này trong cơ học cổ điển đều được coi là chuyển động “tròn đều”, còn ở đây – chuyển động quanh Mặt trời của Trái đất lại gần như là chuyển động theo quán tính hay gần như “thẳng đều”.

2.3. Năng lượng của “hệ 2 vật” trong trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3.

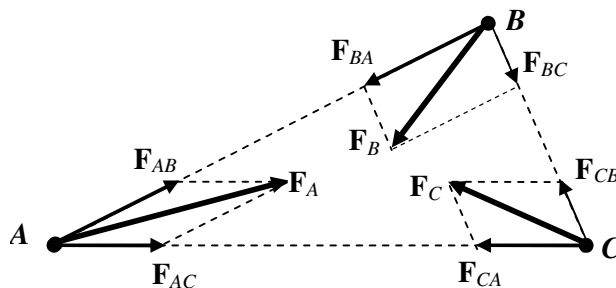
Giả sử có 3 thực thể vật lý A , B và C có các khối lượng hấp dẫn M_A , M_B và M_C tương ứng, nằm cách nhau ở các khoảng r_{AB} , r_{BC} và r_{AC} , hình thành tam giác ABC

như được chỉ ra trên Hình 2.20. Lực tác động lên từng vật theo các cặp **A-B**, **A-C** và **B-C** có dạng:

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA} = -\gamma \frac{M_A M_B}{r_{BA}^2} \mathbf{e}_{FBA}, \quad (2.160)$$

$$\mathbf{F}_{AC} = -\mathbf{F}_{CA} = -\gamma \frac{M_A M_C}{r_{CA}^2} \mathbf{e}_{FCA}, \quad (2.161)$$

$$\mathbf{F}_{BC} = -\mathbf{F}_{CB} = -\gamma \frac{M_B M_C}{r_{CB}^2} \mathbf{e}_{FCB}. \quad (2.162)$$



Hình 2.20. Tương tác giữa 3 thực thể vật lý

Lực tác động tổng hợp lên mỗi vật khi đó bằng:

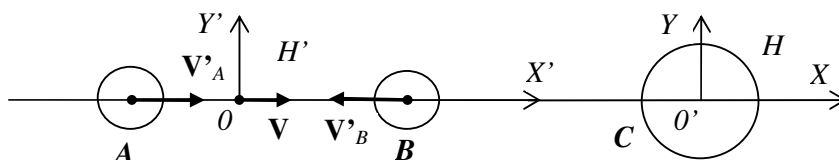
$$\mathbf{F}_A = \mathbf{F}_{AB} + \mathbf{F}_{AC}; \quad \mathbf{F}_B = \mathbf{F}_{BA} + \mathbf{F}_{BC}; \quad \mathbf{F}_C = \mathbf{F}_{CB} + \mathbf{F}_{CA}. \quad (2.163)$$

Để giải bài toán này một cách tổng quát là một việc rất khó, nên ta sẽ chỉ dừng lại ở một số trường hợp cụ thể, thường gặp trong thực tế.

1. Khối lượng hấp dẫn của thực thể vật lý thứ 3 (C) lớn hơn nhiều so với khối lượng hấp dẫn của 2 thực thể vật lý A và B đang xét.

Ta có 2 trường hợp:

+ Có thể bỏ qua tương tác giữa các thực thể vật lý **A** và **B**, chỉ còn tương tác giữa các thực thể vật lý đó với thực thể vật lý **C**, về thực chất, khoảng cách giữa vật thể **C** với 2 vật thể còn lại đủ nhỏ để lực hấp dẫn của chúng đủ lớn. Để đơn giản, ta giả thiết rằng các vật thể **A**, **B**, **C** nằm trên cùng một đường thẳng như trên Hình 2.21, khi đó, có thể bỏ qua đặc tính véc tơ mà chỉ quan tâm tới modul của các đại lượng.



Hình 2.21. Năng lượng của hệ 2 thực thể vật lý trong trường hấp dẫn của thực thể vật lý thứ 3

Trong HQC thực **H** đặt trên vật thể thứ ba (**C**) có khối lượng hấp dẫn là M_C , các vật thể **A** và **B** có vận tốc chuyển động tương ứng là V_A và V_B nên sẽ có động năng tương ứng là:

$$K_A = \frac{m_{AC}V_A^2}{2} \quad \text{và} \quad K_B = \frac{m_{BC}V_B^2}{2}, \quad (2.164)$$

do vậy, tổng động năng sẽ bằng

$$K_{AB} = K_A + K_B, \quad (2.165)$$

còn thế năng so với nó tương ứng là

$$U_{AC} = \frac{\alpha_{AC}}{R_{AC}} \quad \text{và} \quad U_{BC} = \frac{\alpha_{BC}}{R_{BC}}. \quad (2.166)$$

Trạng thái năng lượng của mỗi thực thể vật lý trong HQC **H'** này, ngoài động năng và thế năng đó, còn có nội năng của mỗi thực thể vật lý nữa, tương ứng là W_{An} và W_{Bn} – là các đại lượng bất biến không phụ thuộc vào HQC.

Nếu tính đến vận tốc chuyển động \mathbf{V} của HQC khối tâm H' của hệ 2 vật thể \mathbf{A} và \mathbf{B} so với HQC H ta có:

$$V_A = V'_A + V \quad \text{và} \quad V_B = V - V'_B \quad (2.167)$$

Thay (2.167) vào (2.164), sau đó vào (2.165) rồi biến đổi đi ta được:

$$K_{AB} = \frac{(m_{AC} + m_{BC})V^2}{2} + (m_{AC}V'_A - m_{BC}V'_B)V + \left(\frac{m_{AC}V'^2_A}{2} + \frac{m_{BC}V'^2_B}{2} \right). \quad (2.168)$$

Mặt khác, theo phương pháp tính khối lượng quán tính tương đối ở mục 2.1.4, ta có thể viết:

$$m_{AC} = \frac{M_A M_C}{M_A + M_B + M_C} \approx M_A = m_A, \quad (2.169)$$

$$m_{BC} = \frac{M_B M_C}{M_A + M_B + M_C} \approx M_B = m_B, \quad (2.170)$$

Thay các biểu thức (2.169) và (2.170) vào (2.168) ta được thành phần thứ nhất bằng:

$$K_H = K_{(A+B)C} = \frac{(M_A + M_B)M_C}{M_A + M_B + M_C} \frac{V^2}{2} = \frac{m_{(A+B)C}V^2}{2}, \quad (2.171)$$

có thể thấy đây chính là động năng chuyển động trong HQC H của hệ 2 vật thể có khối lượng hấp dẫn (đặt tại khối tâm O của chúng) đúng bằng tổng khối lượng hấp dẫn của 2 vật thể \mathbf{A} và \mathbf{B} ; thành phần thứ hai có dạng:

$$(m_{AC}V'_A - m_{BC}V'_B)V \approx (m_A V'_A - m_B V'_B)V \quad (2.172)$$

mà từ điều kiện của HQC tâm quán tính (1.30) có thể thấy là nó bằng không; còn thành phần thứ ba bằng:

$$K_{(AB)H} = \frac{M_C}{M_A + M_B + M_C} \left(\frac{m_A V_A'^2}{2} + \frac{m_B V_B'^2}{2} \right) \approx K_{(AB)H'} \quad (2.173)$$

ở đây
$$K_{(AB)H'} = \frac{m_A V_A'^2}{2} + \frac{m_B V_B'^2}{2} = K_{AH'} + K_{BH'} \quad (2.174)$$

với
$$K_{AH'} = \frac{m_A V_A'^2}{2} \text{ và } K_{BH'} = \frac{m_B V_B'^2}{2}. \quad (2.175)$$

Từ biểu thức (2.173), ta thấy động năng của 2 vật thể **A** và **B** trong HQC H' nhưng được xác định trong HQC H nhỏ hơn một chút so với khi được xác định trong chính HQC H' (biểu thức (2.174)). Tính đến các biểu thức (2.171) – (2.173), ta viết lại biểu thức (2.168):

$$K_{AB} = K_H + K_{(AB)H}. \quad (2.176)$$

Biểu thức (2.176) về cơ bản là trùng với kết quả của cơ học cổ điển.

+ Lực hấp dẫn với thực thể vật lý thứ 3 (**C**) nhỏ hơn nhiều so với lực hấp dẫn của 2 thực thể vật lý **A** và **B** đang xét. Trong trường hợp này, có thể bỏ qua lực tương tác với vật thể thứ 3 và coi như chuyển động của 2 vật thể **A** và **B** chỉ do lực tương tác giữa 2 vật đó quyết định, và do đó, vật thể thứ 3 chỉ coi như “quan sát viên” – nơi đặt HQC H , nhưng khối lượng quán tính chung của 2 vật thể vẫn tuân theo biểu thức (2.169) và (2.170) nên, về mặt năng lượng, ta vẫn có các biểu thức từ (2.171) đến (2.176). Về mặt chuyển động, cơ bản ta quay về với “bài toán 2 vật trong trường xuyên tâm” cổ điển.

2. Khối lượng hấp dẫn của thực thể vật lý thứ 3 quá nhỏ so với khối lượng hấp dẫn của 2 thực thể vật lý A và B.

Trong trường hợp này, lực tác động lên mỗi thực thể vật lý **A** và **B** chỉ do lực hấp dẫn giữa chúng mà có thể bỏ qua lực tác động của thực thể vật lý **C**, do đó,

để tính khối lượng quán tính chung của mỗi thực thể vật lý A và B đó đối với thực thể vật lý C , có thể bỏ qua thực thể vật lý C :

$$m_{A(BC)} \approx m_{AB} = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B}; \quad m_{B(AC)} \approx m_{BA} = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B}. \quad (2.177)$$

Nếu cho rằng các thực thể vật lý A , B và C cũng nằm trên cùng một đường thẳng như trên Hình 2.21, tương tự như (2.164), ta có thể viết các biểu thức cho động năng của 2 thực thể vật lý A và B trong HQC H đặt trên vật thể C :

$$K'_A = \frac{m_{AB} V_A^2}{2} \quad \text{và} \quad K'_B = \frac{m_{BA} V_B^2}{2}. \quad (2.178)$$

Thay (2.178) vào (2.165), với lưu ý $m_{AB} = m_{BA}$, ta có:

$$K'_{AB} = \frac{m_{AB}}{2} (V_A^2 + V_B^2) \quad (2.179)$$

Thay biểu thức (2.167) vào (2.179), có tính đến (2.175) và (2.177), rồi rút gọn lại, ta được:

$$K'_{AB} = m_{AB} (V + V'_A - V'_B) V + a K_{AH'} + b K_{BH'}, \quad (2.180)$$

trong đó ký hiệu:

$$a = \frac{M_A}{M_A + M_B} < 1 \quad \text{và} \quad b = \frac{M_B}{M_A + M_B} < 1. \quad (2.181)$$

So sánh (2.180) với các biểu thức (2.176) và (2.178), có thể thấy rằng động năng của hệ 2 thực thể vật lý trong 2 trường hợp này không như nhau, cụ thể là thành phần thứ hai của (2.180) luôn luôn nhỏ hơn thành phần thứ nhất của (2.176), vì các hệ số a và b đều < 1 ; đối với thành phần thứ nhất của (2.180), ta có nhận xét rằng nếu $M_A = M_B = M$, thì $m_{AB} = M/2$ và $V'_A = V'_B$ nên chỉ còn bằng $\frac{1}{2} K_H$ tức là chỉ

bằng một nửa động năng của cả hệ 2 vật thể A và B . Tóm lại, trong trường hợp này, động năng nhận được trong HQC H sẽ nhỏ hơn trong trường hợp (1) ở trên.

Như vậy, có thể thấy khối lượng hấp dẫn của vật thể thứ ba ảnh hưởng rất rõ tới trạng thái năng lượng của hệ 2 vật thể bao gồm cả nội năng của hệ trong HQC khối tâm của nó; chỉ khi khối lượng hấp dẫn của vật thể thứ ba này lớn hơn nhiều so với khối lượng hấp dẫn của các vật thể đang xem xét thì kết quả mới quay trở về với kết quả của cơ học cổ điển. Nói cách khác, nếu xem xét chuyển động của các vật thể trong phạm vi Trái đất thì các kết quả của cơ học cổ điển là có thể chấp nhận được, nhưng nếu từ HQC Trái đất để xem xét các thiên thể như các ngôi sao trong Vũ trụ thì sai lệch sẽ là rất lớn và cần phải có sự điều chỉnh thích hợp. Những kết quả thí nghiệm trên Trái đất không thể áp dụng được khi chuyển sang nghiên cứu các thiên thể. Biến đổi Galileo chỉ đáp ứng các thông số động học chứ không áp dụng được cho các thông số động lực học bao gồm cả động năng.

Nhận xét sự khác biệt giữa 3 cơ học về phương diện trạng thái năng lượng.

+ Với cơ học Newton, năng lượng toàn phần được bảo toàn của cơ hệ chỉ bao gồm động năng và thế năng chứ không có nội năng của từng vật thể. Riêng việc tính đến được thế năng là vì bài toán được xét trong HQC tuyệt đối. Ngoài ra, vì không có giới hạn đối với vận tốc chuyển động nên động năng có thể $\rightarrow \infty$, và bán kính của vật thể có thể tiến $\rightarrow 0$ nên thế năng cũng cho phép $\rightarrow \infty$. Hơn nữa, năng lượng được coi là đại lượng vô hướng trong khi bỏ qua nội năng của vật thể nên nảy sinh “nghịch lý động năng” (xem Phụ lục 9) không gỡ bỏ đi được, trong khi định luật bảo toàn cơ năng về thực chất cũng chỉ là “ảo giác” (xem Phụ lục 10). Ngoài ra, do các biến đổi Galileo chỉ có tác dụng đối với những đại lượng động học nên với các đại lượng động lực học bao gồm cả năng lượng, về nguyên tắc, không thể áp dụng được. Thêm nữa, hiện tượng quán tính được coi là “tự thân” nên đã không thể giải được nghịch lý “hiệu ứng con muỗi” ở Phụ lục 5, và

việc phải chấp nhận HQC quán tính đã khiến “động lực học chỉ là ảo giác” (xem Phụ lục 6).

Cuối cùng, trạng thái thế năng cực tiểu được coi là trạng thái mà khoảng cách tới tâm của trường lực thế là nhỏ nhất đã gây nên một sự hiểu lầm không đáng có về cái gọi là “nguyên lý thế năng cực tiểu”.

+ Với cơ học tương đối tính, năng lượng toàn phần bao gồm nội năng và động năng nhưng không chứa thế năng vì chỉ được sử dụng HQC quán tính với nghĩa chuyển động thẳng đều theo đó, vật thể được xem xét trong trạng thái chuyển động hoàn toàn tự do, không phải trong trường lực thế (thế năng bằng không). Trong một số tài liệu, người ta tùy tiện làm phép cộng thêm thế năng vào biểu thức năng lượng toàn phần của Einstein mà quên mất rằng trong trường hợp này, trường lực thế thông thường khiến HQC trở nên phi quán tính không còn áp dụng thuyết tương đối hẹp được nữa. Thêm vào đó, với biểu thức khối lượng phụ thuộc vào vận tốc:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} \quad (2.182)$$

cho phép động năng cũng có thể tiến tới vô cùng khi $V \rightarrow c$. Điều này được xem như để cảnh báo rằng giới hạn vận tốc của chuyển động của mọi vật có khối lượng không vượt qua được vận tốc ánh sáng, nhưng như vậy rõ ràng ở đây bài toán cân bằng năng lượng đã không được đặt ra và việc cho phép động năng $\rightarrow \infty$ cũng không khác gì với việc cho phép thế năng $\rightarrow \infty$ trong cơ học Newton. Bên cạnh đó, phải kể đến một sự thật khó tin là chính bản thân công thức $E=mc^2$ lại vẫn chưa hề được chứng minh (xem Phụ lục 19). Thêm nữa, cũng giống như cơ học Newton, cơ học tương đối cũng coi năng lượng chỉ là đại lượng vô hướng, và mặc dù đã tính đến nội năng của vật thể, “nghịch lý động năng” (Phụ lục 9) vẫn là thách đố đối với nó. Còn nữa, cái gọi là “biến đổi Lorentz” cũng không khác gì với

biến đổi Galileo từ góc độ các đại lượng động học thuần túy và vẫn chấp nhận “quán tính tự thân” nên cũng không thể hóa giải được “nghịch lý con muỗi” ở Phụ lục 5, và do vẫn phải ràng buộc với HQC quán tính nên “động lực học chỉ là ảo giác” như được chỉ ra ở Phụ lục 6.

+ Với CDM, năng lượng toàn phần được xem xét một cách đầy đủ các thành phần: nội năng, động năng và thế năng, và hơn thế nữa, lại tính đến mối tương quan biện chứng giữa chúng và với HQC mà trong đó năng lượng được xem xét, vì thế có thể coi các biểu thức năng lượng toàn phần của cơ học Newton và cơ học tương đối tính chỉ là trường hợp riêng của CDM, và ngoài ra, trong khi cả 2 cơ học trên đều cho phép năng lượng có thể $\rightarrow \infty$ thì CDM lại loại bỏ khả năng đó. Biểu thức năng lượng toàn phần của thực thể vật lý $W = mc^2 + 2U(R_K)$ được xem xét khi thực thể vật lý đó trong trạng thái động và hơn thế nữa, trong sự tương tác với các thực thể vật lý khác thông qua trường lực thế nên tổng quát hơn biểu thức $E=mc^2$ chỉ đúng với vật thể hoàn toàn tự do – một hiện tượng không bao giờ tồn tại trong thực tế, đặc biệt là đối với thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử. Năng lượng của các thực thể vật lý được đánh giá lại có tính đến trường lực thế mà chúng tồn tại trong đó, về thực chất, lớn gấp 2 lần so với công thức của Einstein đã bù đắp thêm 100% năng lượng thấy được xung quanh ta, và do đó, cùng với hiệu ứng “tự quay quang học” ở mục 1.3.7 đã góp phần xóa đi cái gọi là “vật chất tối” và “năng lượng tối” đầy bí hiểm – được coi là chiếm tới 95% trong Vũ trụ.

Hơn thế nữa, việc coi năng lượng là một đại lượng véc tơ với sự phân biệt rõ ràng 2 khái niệm *năng lượng cơ* xác định theo tổng véc tơ và *năng lượng tổng* xác định theo tổng modul cùng với khái niệm *năng lượng liên kết* đã giúp gỡ bỏ những nghịch lý không thể giải được trong khuôn khổ 2 cơ học trên.

Bên cạnh đó, các HQC với các trạng thái năng lượng khác nhau không thể tương đương nhau cho dù là HQC quán tính, xét trên tổng thể. Chỉ riêng vận tốc

chuyển động không thôi chưa nói lên được điều gì, kể cả chuyển động với vận tốc ánh sáng. Nếu bằng cách nào đó có thể “cưỡi trên lưng” photon để quan sát Trái đất thì năng lượng của Trái đất cũng chẳng vì thế mà thay đổi bao nhiêu so với khi quan sát nó từ “trên lưng” một ... con sên! Nhưng vấn đề sẽ khác đi nếu ta quan sát Trái đất từ ... Mặt trời! – khi đó, khối lượng quán tính chung của Trái đất với Mặt trời gần bằng khối lượng hấp dẫn của Trái đất và việc Trái đất chuyển động với vận tốc xấp xỉ vận tốc ánh sáng trong trường lực thế của Mặt trời sẽ khiến cho nội năng của Trái đất giảm sút nhanh chóng làm cho nó tự vỡ vụn ra! Hay nói một cách chính xác hơn là chính lực trường thế của Mặt trời sẽ nghiền nát Trái đất nếu Trái đất “dám” chuyển động với vận tốc lớn như vậy!

Điều cần được khẳng định phải là: **“mọi quy luật vật lý xảy ra không phụ thuộc vào HQC mà từ đó con người nhận thức nó”** – đây mới chính là nguyên lý tương đối theo quan điểm của CDM và vì thế, cái được gọi là “nguyên lý tương đối” cho rằng mọi quy luật vật lý đều xảy ra như nhau trong các HQC quán tính, một mặt, giới hạn nhận thức của chúng ta gói gọn trong cái gọi là HQC quán tính – chuyển động thẳng đều trong không gian hình học – một hiện tượng không bao giờ tồn tại trong Tự nhiên, mặt khác, cũng chính vì thế lại “tự vô hiệu hóa mình” khi không được phép tính đến tương tác trong trường lực thế giữa các thực thể vật lý, đến các yếu tố động lực học mà chỉ dừng lại ở các yếu tố động học thuần túy nhờ các biến đổi Galileo hay biến đổi Lorenz một cách máy móc. Nhưng điều quan trọng hơn cả là bản thân nguyên lý tương đối ấy lại chỉ đúng trong một phạm vi hẹp, khi có thể coi chuyển động trên một phần quỹ đạo là thẳng đều, nên việc sử dụng nó làm tiên đề thứ nhất cho cả cơ học Newton lẫn cơ học Einstein khiến cho cả 2 cơ học này cũng chỉ đúng trong phạm vi hẹp đó mà thôi. Khi mở rộng bài toán ra trên phạm vi toàn quỹ đạo chuyển động của vật thể hay toàn Vũ trụ, cả 2 cơ học đó đều không còn đúng nữa. Đây là chưa kể đến thuyết tương đối rộng đã

sử dụng nguyên lý tương đương làm tiên đề thứ 2 trong khi sự tương đương giữa khối lượng hấp dẫn với khối lượng quán tính (gọi là “tương đương yếu”) hay giữa hiện tượng hấp dẫn với hiện tượng chuyển động có gia tốc (gọi là “tương đương mạnh”) chỉ xảy ra trong HQC khối tâm mà thôi, tức là trong trường hợp cá biệt, khi HQC được đặt trên các vật thể có khối lượng hấp dẫn lớn hơn nhiều so với các vật thể khác chuyển động trong đó, nó mới có thể được coi gần đúng là HQC khối tâm và thuyết tương đối rộng mới được nghiệm đúng. Khi mở rộng bài toán ra phạm vi nhiều thiên thể có khối lượng tương đương nhau, khối tâm của cả hệ không nằm trên một vật thể nào trong chúng nên HQC lúc này chỉ là HQC ảo thuần túy – nó không cho ta thông tin về sự trao đổi năng lượng thật xảy ra trong hệ – nguyên lý tương đương yếu thì đúng nhưng nguyên lý tương đương mạnh thì không còn tác dụng nữa.

Ngoài ra, có thể thấy rằng vì không có khái niệm quán tính tự thân nên khối lượng quán tính được xác định theo công thức (1.54) chỉ còn phụ thuộc vào lực tác động cũng như gia tốc của chuyển động, do đó, các công thức về năng lượng được dẫn ra hoàn toàn đã tính đến các yếu tố chuyển động này ở mọi vận tốc từ rất nhỏ cho tới vận tốc tới hạn c . Điều này không có nghĩa là khối lượng quán tính hoàn toàn không phụ thuộc vào vận tốc chuyển động mà chỉ có nghĩa là nó đã phụ thuộc vào tương quan giữa lực tác động với gia tốc chuyển động đó rồi nên nếu tương quan này phụ thuộc vào vận tốc chuyển động thì khối lượng quán tính cũng sẽ phụ thuộc, nhưng sự thay đổi này nếu có thì cũng không ảnh hưởng gì tới các kết quả tính toán của chúng ta ở đây. Trong Chương V, chúng ta sẽ còn quay trở lại vấn đề này khi xem xét tương tác giữa các vật thể chuyển động với vận tốc lớn xấp xỉ vận tốc tới hạn c theo đó, sự biến thiên của lực tương tác không trùng với gia tốc chuyển động của các vật thể tham gia tương tác dẫn đến sự phụ thuộc của khối lượng quán tính vào vận tốc chuyển động.

Thêm nữa, từ việc phân tích trạng thái năng lượng của các thực thể vật lý trong các dạng chuyển động khác nhau, có thể rút ra kết luận là đối với chuyển động thẳng (rơi tự do hay theo quán tính), hiệu của modul động năng với modul thế năng là đại lượng bảo toàn – đây có thể sẽ là một đặc tính thuận lợi cho việc nghiên cứu chuyển động sau này. Trong khi đó, đối với chuyển động theo quán tính, trạng thái năng lượng của hệ phụ thuộc rất lớn vào năng lượng được trao đổi với các thực thể vật lý ở bên ngoài hệ. Đặc biệt là đối với chuyển động cong, do thường xuyên có sự chuyển hóa giữa các thành phần năng lượng với hiệu suất luôn luôn <1 , nên năng lượng cơ sẽ phải giảm dần, và kết quả là chuyển động cong này sẽ phải kết thúc ở một dạng chuyển động theo quán tính có mức năng lượng cơ gần nhất.

Cuối cùng, việc áp dụng nguyên lý tác động tối thiểu cho phép xác định khả năng lượng tử hóa quỹ đạo chuyển động của các thực thể vật lý vĩ mô cũng như lý do khiến sự lượng tử hóa đó đã không thể hiện ra được. Điều này tuy không có nhiều ý nghĩa thực tiễn, cho dù có thể nhờ đó xác định được nhiều động quỹ đạo chuyển động của một vật thể nào đó do ảnh hưởng của các thực thể vật lý khác nhau trong Vũ trụ vô cùng, vô tận, nhưng về phương pháp luận, nó đã chỉ ra sự nhất quán giữa thế giới vĩ mô với thế giới vi mô mà hiện vẫn đồng nhất khái niệm “vi mô” với khái niệm “lượng tử” mà, như ta đã thấy, đó chỉ là một cách nhìn phiến diện. Thêm vào đó, quan niệm hoàn toàn trái ngược về cái gọi là “thế năng cực tiểu” so với cơ học Newton, khi phát triển sang lĩnh vực tương tác điện, sẽ giải tỏa được “nghịch lý mức năng lượng” của cơ học lượng tử (xem Phụ lục 14) đồng thời giúp giải quyết bài toán về cấu trúc vi mô một cách tường minh và nhất quán với các cấu trúc vĩ mô.

Chương III.

TƯƠNG TÁC ĐIỆN.

“Vật lý! Hãy cân trọng với siêu hình!”

Isaac Newton

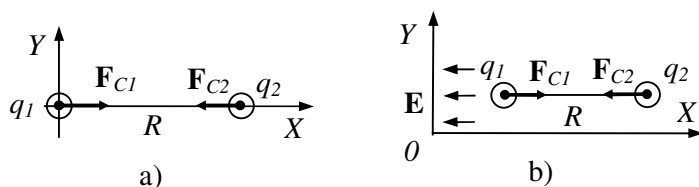
3.1. Tương tác điện tĩnh.

1. Định luật Coulomb đối với điện tích điểm.

Khi có 2 chất điểm **A** và **B** với điện tích q_1 và q_2 (còn gọi là điện tích điểm) hình thành một hệ có thể coi là cô lập (xem Hình 3.1a), giữa chúng có lực tương tác gọi là lực Coulomb, hay *lực điện tĩnh*; trong HQC bán thật đặt trên 1 trong 2 điện tích đó, nó có dạng:

$$F_c = k_c \frac{q_1 q_2}{R^2}, \tag{3.1}$$

ở đây $k_c = 1/4\pi\epsilon_0 \approx 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ – hằng số điện tĩnh; $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ (F/m)}$; R – khoảng cách giữa 2 điện tích điểm.



Hình 3.1. Tương tác điện tĩnh – lực Coulomb

Các điện tích trong biểu thức (3.1) có thể (+) mà cũng có thể (-) nên, dấu của lực tương tác cũng có thể (+) hay (-), vì vậy khác với lực hấp dẫn, lực Coulomb có thể có 2 trạng thái: đẩy nhau đối với các điện tích cùng dấu và hút nhau đối với các điện tích trái dấu. Trong trường hợp chung, có thể biểu diễn lực điện tĩnh (3.1) dưới dạng véc tơ:

$$\mathbf{F}_C = k_C \frac{|q_1 q_2|}{R^2} \mathbf{e}_F, \quad (3.2)$$

với \mathbf{e}_F là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng tác động của lực \mathbf{F}_C . Ta có khái niệm *cường độ trường điện tĩnh* của một điện tích Q tại một điểm tương ứng có một điện tích thử q_x nào đó, bằng cách chia lực tác động của nó lên điện tích đó xác định theo (3.2) cho chính giá trị của điện tích thử q_x :

$$\mathbf{E}_Q = \frac{\mathbf{F}_{Qq}}{|q_x|} = k_C \frac{|Q|}{R^2} \mathbf{e}_F, \quad (3.3)$$

khi đó, (3.3) chỉ còn phụ thuộc vào điện tích Q và khoảng cách R tới nó. Lực điện tĩnh, do đó còn có thể được viết dưới dạng:

$$\mathbf{F}_{Qq} = |q_x| \mathbf{E}_Q. \quad (3.4)$$

Công thức (3.1) cũng được áp dụng khi hướng của điện trường ngoài của các điện tích khác \mathbf{E} hoàn toàn trùng với hướng tương tác của các điện tích đó với nhau (xem Hình 3.1b), chỉ cần lưu ý tới nguyên lý xếp chồng các tương tác theo đó, lực tác động tổng hợp lên mỗi điện tích bằng:

$$\mathbf{F}_\Sigma = |q_x| (\mathbf{E} + \mathbf{E}_Q). \quad (3.5)$$

Như vậy, tương tự như với tương tác hấp dẫn, cũng tồn tại tác nhân gây tương tác, chỉ có điều ở đây không phải là khối lượng hấp dẫn mà là *điện tích*. Song, bản thân điện tích cũng phải được hiểu giống như khối lượng hấp dẫn ở chỗ nó cũng là đại lượng đặc trưng không chỉ cho riêng phần “vật thể” mà còn cho cả phần “trường” của một thực thể vật lý thống nhất.

Ta chấp nhận 2 tiên đề đối với 2 hạt cơ bản.

Tiên đề 1. Electron và positron là 2 hạt cơ bản trong đó, tác động của positron là chủ động – quy ước gọi là “mang điện tích (+)” còn tác động của electron là bị động – quy ước gọi là “mang điện tích (-)”; các hạt này chỉ có tương tác điện không có tương tác hấp dẫn. Điều này đã được biết tới ở mục 1.3.1 “hạt cơ bản”. Có một số bằng chứng thực nghiệm ủng hộ cho tiên đề này.

+ Thứ nhất, khối lượng của electron (e^-) và positron (e^+) xác định được bằng thực nghiệm:

$$m_{e^+} = m_{e^-} = m_e \approx 9,109548 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad (3.6)$$

chỉ có thể theo một cách duy nhất đó là sử dụng hiện tượng quán tính trong trường điện từ, mà như thế có nghĩa là chỉ xác định được *khối lượng quán tính* chứ không phải là *khối lượng hấp dẫn* của chúng! Trong khi đó, đối với một số hạt sơ cấp như proton, neutron... về nguyên tắc có thể thông qua các phép đo gián tiếp, không nhất thiết phải sử dụng tới chuyển động của chúng để xác định khối lượng hấp dẫn, ví dụ như thông qua nguyên tử lượng và số Avogadro. Việc cho rằng 2 hạt electron và positron đều có khối lượng hấp dẫn là xuất phát từ quan niệm từ thời Newton cho rằng bất kỳ vật thể nào cũng đều hấp dẫn lẫn nhau (vì vậy mới có tên gọi là định luật “vạn vật hấp dẫn”), và hơn thế nữa, khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn trong các thí nghiệm không hiểu sao lại cứ luôn luôn bằng nhau – gọi là “nguyên lý tương đương” như đã được đề cập đến ở Chương II; nhưng như đã chứng minh ở mục 2.1.4, các quan niệm này không còn đúng nữa, vì vậy không có lý do gì ngăn cản chúng chỉ có khối lượng quán tính trong trường điện mà không có khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn – chúng không tương tác hấp dẫn với nhau!

Căn cứ vào các thí nghiệm đo khối lượng quán tính của electron và positron, có thể nói rằng kết quả đo được theo (3.6) chính là *khối lượng quán tính riêng* của

chúng trong HQC của phòng thí nghiệm. Khi đó, giữa chúng có *khối lượng quán tính chung* cũng được xác định theo biểu thức (2.16).

+ Thứ hai, bản thân cái gọi là “khối lượng hấp dẫn” nếu có (?) thì có lẽ cũng chỉ có thể gây nên tương tác “hấp dẫn” giữa chúng tính theo công thức (2.1) bằng:

$$F_N = \frac{6,67 \times 10^{-11} \cdot 9,1^2 \times 10^{-62}}{R^2} \approx \frac{5,28 \times 10^{-69}}{R^2} \text{ (N)}, \quad (3.7)$$

trong khi đó, tương tác điện tính theo (3.1) với điện tích $q_{e^+} = -q_{e^-} = e \approx 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ bằng:

$$F_C = \frac{9 \times 10^9 \cdot 1,6^2 \times 10^{-38}}{R^2} \approx \frac{2,3 \times 10^{-28}}{R^2} \text{ (N)}. \quad (3.8)$$

Chia (3.8) cho (3.7) ta được: $\frac{F_C}{F_N} \approx 4 \times 10^{40}$. (3.9)

Có nghĩa là tương tác điện lớn gấp 4×10^{40} lần tương tác hấp dẫn giữa chúng (nếu có) nên, về nguyên tắc, có thể bỏ qua tương tác hấp dẫn với sai số (nếu có) cũng không vượt quá 10^{-40} . Ngay kể cả tương tác hấp dẫn giữa chúng với Trái đất (nếu có) cũng chỉ cho ta giá trị bằng $9,1 \times 10^{-31} \cdot 9,8 \approx 9 \times 10^{-30} \text{ (N)}$, trong khi tương tác điện giữa e^- và e^+ ở cự ly nguyên tử (10^{-10} m) đạt tới $2,3 \times 10^{-8} \text{ N}$, tức là lớn gấp 10^{21} lần – cũng hoàn toàn có thể bỏ qua.

+ Thứ ba, khối lượng quán tính của e^- và e^+ là nhỏ nhất trong tất cả các khối lượng quán tính của các hạt sơ cấp đo được bằng thực nghiệm. Việc khối lượng của neutrino có giá trị $< 10^{-35} \text{ kg}$ chỉ là giả định về phương diện lý thuyết chứ chưa có bất cứ một thí nghiệm nào xác nhận cả mà, về nguyên tắc, sẽ không thể nào xác nhận được, vì nó là một hạt trung hòa về điện nên không thể dùng điện trường hay từ trường vào mục đích này; hơn nữa, sự tồn tại của nó ở vận tốc ánh sáng

cũng đã chứng tỏ rằng nó cũng được hình thành giống như photon mà thôi – ta sẽ xem xét đến ở mục 3.3 tiếp theo.

+ Thứ tư, trong tất cả các cuộc va chạm năng lượng cao hiện được biết đến, chỉ có 2 hạt này là hoàn toàn không thấy bị phân chia; các hạt quark huyền thoại nếu có cũng chỉ tồn tại bên trong hadron chứ không ở dạng tự do để có thể ghi nhận được (người ta cho rằng đã tìm thấy quark ở trạng thái tự do, nhưng tính hiện thực của những thông báo kiểu này liệu có giống như việc “tìm thấy pentaquark” cách đây không lâu không?); hơn thế nữa, khối lượng của các quark giả định đó cũng rất lớn. Thứ nữa, các hạt e^- và e^+ này hoặc là “biến mất” một cách bí hiểm thành cái gọi là “năng lượng” (của “chẳng cái gì cả!”) – hiện tượng “hủy hạt”, hoặc kết hợp với một số hạt sơ cấp để trở thành các hạt sơ cấp khác chứ tuyệt nhiên không để lại dù chỉ là một “mảnh vỡ” nào.

Tiên đề 2. Với thế giới các thực thể vật lý, số lượng hạt electron luôn luôn bằng số lượng hạt positron. Về thực chất, tiên đề này chỉ là hệ quả của quy luật vận động thứ nhất của vật chất, vì nếu số lượng của chúng không bằng nhau thì thế giới vật chất đã không thể thống nhất – sự cân bằng âm dương chỉ có thể bị phá vỡ trong một phạm vi hẹp, có tính cục bộ, nhưng không thể bị phá vỡ trên tổng thể – như đã được nói tới ở mục 1.3.1.

2. Tương tác Coulomb đối với các vật thể tích điện.

Khác với tương tác hấp dẫn, các điện tích trong tương tác điện không tồn tại độc lập bên trong vật thể mà luôn có xu hướng phân bố trên bề mặt của vật thể. Điện trường của các vật thể tích điện, do đó, được gây nên bởi sự chồng chập của tất cả các điện tích $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots$ trên bề mặt này, nếu các vật thể này không tự quay quanh mình chúng. Lực tương tác giữa một vật thể tích điện đó với một điện tích điểm q_x được xác định bởi tổng véc tơ các lực tương tác thành phần (khi các

vật thể này quay, sẽ xuất hiện trường điện động mà sẽ được xem xét tới sau ở mục 3.3):

$$\mathbf{F}_x = \sum \mathbf{F}_{xi} = k_c |q_x| \sum \frac{|q_i|}{R_i^2} \mathbf{e}_{Fxi}. \quad (3.10)$$

Tuy nhiên, vì bất kỳ vật thể nào, ngoài e^+ và e^- , cũng đều tham gia vào tương tác hấp dẫn nên sẽ phải tồn tại trường lực thể hỗn hợp điện-hấp dẫn mà sẽ được xem xét tới ở mục 3.5; ở đây, ta chỉ nghiên cứu riêng tương tác điện thôi. Khi đó, cường độ trường điện tĩnh tại một điểm đã cho ứng với điện tích q_x cũng được xác định bởi (3.3).

Bên cạnh đó, trong điện động lực học, với giả thiết điện tích Q được phân bố đều và liên tục trên bề mặt của một vật thể với mật độ là:

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{\sum_i q_i}{S}, \quad (3.11)$$

trong đó S là diện tích bề mặt, người ta có được định luật Ostrogratsky-Gauss:

$$\oint_s E dS = \frac{Q}{\epsilon_0}, \quad (3.12)$$

ở đây s là một mặt kín bất kỳ bao quanh điện tích Q . Đối với vật thể hình cầu bán kính R_0 , ta có thể tính được từ (3.12):

$$E = 4\pi k_c \sigma, \quad (3.13)$$

còn đối với mặt phẳng tích điện thì:

$$E = 2\pi k_c \sigma. \quad (3.14)$$

Từ đây có khái niệm *điện thế* của bề mặt cầu tích điện:

$$\varphi_0 = ER_0 \quad (3.15)$$

hay *hiệu điện thế* của 2 mặt phẳng tích điện cách nhau một khoảng bằng d :

$$U_{AB} = Ed. \quad (3.16)$$

Định luật (3.12) cùng các công thức (3.13), (3.14) và (3.16) đóng vai trò quan trọng trong tính toán kỹ thuật điện. Tuy nhiên, ngay giả thiết về sự phân bố liên tục của điện tích trên bề mặt của vật thể đã là một sự gần đúng hóa, vì trên thực tế, điện tích chỉ có thể phân bố rời rạc với các bước “lượng tử” khoảng cách không thể nhỏ hơn khoảng cách giữa các nguyên tử hay phân tử của vật liệu cấu tạo nên vật thể ($>10^{-9}$ m) và với lượng tử điện tích bằng $\pm e$.

Bằng cách mô hình hóa trên máy tính điện tử đối với tụ điện phẳng có kích thước hữu hạn $L \times L$ với khoảng cách giữa 2 bản cực là d , tác giả đã có thể tính được độ sai lệch giữa mô hình phân bố điện tích liên tục (định luật Ostrogratsky-Gauss) so với mô hình phân bố điện tích rời rạc này bởi một công thức đơn giản:

$$\gamma \geq 90,031d/L \approx 90d/L (\%). \quad (3.17)$$

Dấu “=” trong công thức (3.17) ứng với điểm chính giữa 2 má tụ điện phẳng, còn dấu “>” ứng với phần không gian còn lại bên trong kích thước $L \times L$. Công thức (3.17) có thể sử dụng để đánh lại giá sai số của các thiết bị được dùng để nghiên cứu các hạt sơ cấp như buồng Willson hay các khối phổ kế v.v... Từ các kết cấu cụ thể thực tế với $d/L \approx 0,1$ cho thấy sai số này không hề nhỏ: $\gamma \geq 9\%$! Không những thế, nó còn cảnh báo về những sai lệch cả về khái niệm “điện thế” bề mặt (3.15) mà hiện nay vẫn được dùng trong các phép đo thuộc lĩnh vực kỹ thuật điện, vật lý nguyên tử cũng như vật lý hạt nhân. Những sai lệch kiểu này thuộc loại sai số phương pháp (sai số hệ thống) mà hiện nay không được các nhà vật lý thực nghiệm tính đến, vì bản thân các thiết bị đo đã được nhà sản xuất khắc độ theo

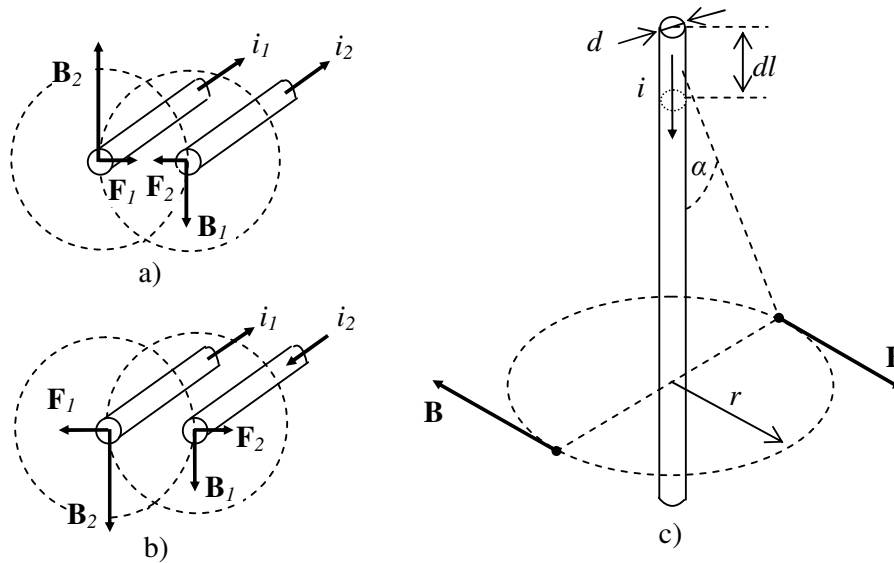
quy luật (3.12), (3.14) hay (3.16); vậy mà các hằng số vật lý trong lĩnh vực hạt sơ cấp vẫn được xem là chỉ có sai số $<10^{-5}$, thậm chí -10^{-9} !(?)

3.2. Tương tác điện động.

1. Sự phát sinh từ trường của các điện tích chuyển động.

Từ thực nghiệm với 2 dây dẫn đặt song song cách nhau một khoảng bằng R , giữa chúng có tương tác tuân theo định luật Ampere:

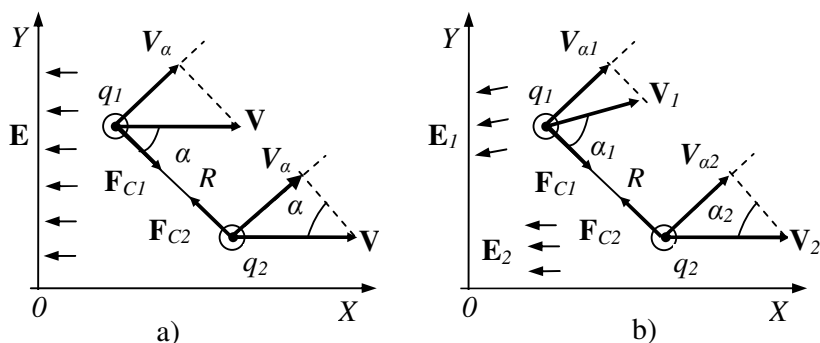
$$F_A = -\mu_0 \frac{i_1 i_2}{2\pi r} l, \tag{3.18}$$



Hình 3.2. Quan niệm từ trường sinh ra bởi dòng điện.

ở đây $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ là độ từ thẩm của chân không; i_1, i_2 là các dòng điện chạy trong dây dẫn; r là khoảng cách giữa 2 dây dẫn song song; l là chiều dài đoạn dây dẫn tương đương quãng đường dịch chuyển của các điện tích trong một khoảng thời gian nào đó như được chỉ ra Hình 3.2a, b. Dấu (-) trong biểu thức (3.18) nói lên rằng 2 dòng điện cùng chiều hút nhau, và ngược lại – ngược chiều đẩy nhau.

Ngoài ra, có thể thấy rằng ngoài tương tác điện tĩnh với nhau, nếu hệ 2 điện tích còn nhận được tác động từ một điện trường ngoài \mathbf{E} lệch một góc α so với hướng tương tác giữa 2 điện tích, ví dụ trường hợp của tia cathod chẳng hạn, dẫn đến chuyển động như được chỉ ra trên Hình 3.3, thì chuyển động của mỗi điện tích có thể coi như một dòng điện và do đó, có thể áp dụng công thức (3.18). Trong những trường hợp như thế, dường như lại xuất hiện một lực có “bản chất khác” ngoài lực Coulomb (là lực Ampere vừa nói ở trên) tác động lên các điện tích đó.



Hình 3.3. Tương tác điện động giữa 2 điện tích điểm chuyển động

Bằng chứng khác nữa là sự lệch hướng của điện tích chuyển động trong “từ trường” nam châm vĩnh cửu hay cuộn dây có dòng điện chạy qua và rồi chính bản thân các nam châm vĩnh cửu cũng tương tác với nhau bởi “lực từ” mà về bản chất được coi là sinh ra do chuyển động của các điện tích bên trong cấu trúc vi mô của vật liệu tạo nên các nam châm đó. Bên cạnh đó, các đo đạc thực nghiệm xác định mối liên quan trực tiếp giữa dòng điện i (chuyển động của điện tích q) với “từ trường” của nó được đặc trưng bởi “từ cảm” \mathbf{B} (xem Hình 3.2c) đã đi đến công thức của định luật Biot-Savart:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i[\mathbf{e}_0 d\mathbf{l}]}{R^2}, \quad (3.19)$$

ở đây \mathbf{e}_0 là véc tơ đơn vị hướng từ $d\mathbf{l}$ tới điểm đang xét. Tất cả những gì biểu diễn trên Hình 3.2 là được thực hiện trong HQC đặt trên Trái đất mà các dây dẫn đứng yên trên đó. Trong công thức (3.19), quãng đường được sử dụng như một véc tơ $d\mathbf{l}$ là đã mắc phải lỗi lôgic hình thức như đã được đề cập đến ở Chương I, mục 1.3.3 và Phụ lục 8. Để tránh lỗi này, cần sử dụng chính dòng điện với tư cách là một véc tơ, bởi theo định nghĩa, dòng điện là dòng chuyển động của các điện tích:

$$\mathbf{i} = \frac{q}{t} \mathbf{e}_i, \quad (3.20)$$

với \mathbf{e}_i là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng chuyển động của các điện tích và vì vậy, ta có thể viết lại biểu thức (3.19) ở dạng:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[\mathbf{e}_0 \mathbf{i}]}{R^2} dl. \quad (3.21)$$

Khái niệm “từ trường” được đưa vào, một mặt, đúng là rất thuận tiện cho đo đạc cũng như tính toán, phù hợp với trực giác của chúng ta nhưng, mặt khác, lại gây nên một sự hiểu lầm tai hại về bản chất của sự vật và hiện tượng – “từ trường” cũng được hiểu một cách “bình đẳng” với điện trường và chúng được Maxwell biểu diễn gần như đối xứng trong các phương trình của mình, và thậm chí làm xuất hiện “đơn cực từ” – \mathbf{N} hoặc \mathbf{S} trong các phương trình của Dirac, bình đẳng như các “đơn điện tích” (–) hoặc (+) vậy. Chỉ tiếc là cuộc săn lùng đơn cực từ như là một bằng chứng cho tính đúng đắn của thuyết Thống nhất Lớn (Grand Unified Theory) cho đến nay vẫn không hé mở được bất cứ một tia hy vọng nào, nếu như không nói rằng nó không thể tồn tại như sẽ được thấy ở mục tiếp theo ngay đây.

2. Cơ sở hình thành trường điện động.

a) Tương tác giữa 2 điện tích chuyển động.

Một câu hỏi được đặt ra là liệu có phải điện tích chuyển động thật sự sẽ sinh ra “từ trường” hay chỉ đơn giản vẫn chính là trường điện nhưng là trường điện động với lực tác động xác định theo (3.18) trong đó dòng điện được thay bằng số điện tích trong một đơn vị thời gian: q_1, q_2 ? Cụ thể là khi đó, để cho đơn giản, nếu giả thiết $V_1 = V_2 = V$, lực Ampere (3.18) sẽ có dạng:

$$F_A = -k_A \frac{q_1 q_2}{r^2} V^2 \quad (3.22)$$

Ở đây, ngụ ý là thật ra chẳng có “từ trường” nào được sinh ra cả, tức là về bản chất của hiện tượng, chứ không phải vấn đề về ngôn từ hay cách mô phỏng theo trực giác nữa. Có thể thấy rất rõ là ngay cả khi tương tác Coulomb xảy ra không phải với trường hợp điện tích điểm mà là với các vật thể có kích thước hữu hạn thì lực tổng hợp cuối cùng cũng đã không còn giữ nguyên dạng (3.1) mà chuyển thành dạng (3.4), khi đó nếu $\mathbf{E}=\text{const}$, ta có một trường điện đều và đồng nhất thay vì bất đồng nhất hướng tâm. Vấn đề không thể chối cãi là dù “trường điện” hay “trường từ” theo nghĩa cổ điển thì nguyên nhân cũng chỉ có một – đó là sự tương tác giữa các điện tích, còn việc các điện tích này đứng yên hay chuyển động chỉ khiến cho cách thức tương tác của chúng là thay đổi mà thôi. Và như ở mục 1.1.3 về vận động, đã có nhận xét là một sự vận động phức hợp không chỉ đơn thuần là tổng các vận động thành phần mà là một tổ hợp hữu cơ giữa các vận động thành phần đó theo quy luật lượng đổi-chất đổi: khi các điện tích đứng yên – “lượng vận động” là nhỏ nhất, còn khi chúng chuyển động – “lượng vận động” đã thay đổi dẫn đến sự thay đổi về chất – xuất hiện lực Ampere. Ta có thể lấy ví dụ về áp suất của chất khí lên thành ống dẫn để so sánh. Nếu khí không chuyển động, ta có áp suất của khí lên thành ống dẫn là p_1 ; nếu dùng bơm đẩy cho khí chuyển động, áp suất của khí lên thành ống dẫn là $p_2 < p_1$, tức là sẽ xuất hiện một lực tác động theo phương vuông góc với lực đẩy của bơm – một lực có bản chất khác?

Hoàn toàn không phải như vậy. Dù là lực để đẩy khí chuyển động hay là lực mà khí tác động lên thành ống dẫn, xét cho cùng, vẫn chỉ là lực tương tác lẫn nhau giữa các phân tử khí mà thôi.

Mặt khác, theo quan niệm về thực thể vật lý như một dạng tồn tại của vật chất ở mục 1.1.1 và 1.3.1 thì nó phải bao gồm 2 phần không thể tách rời:

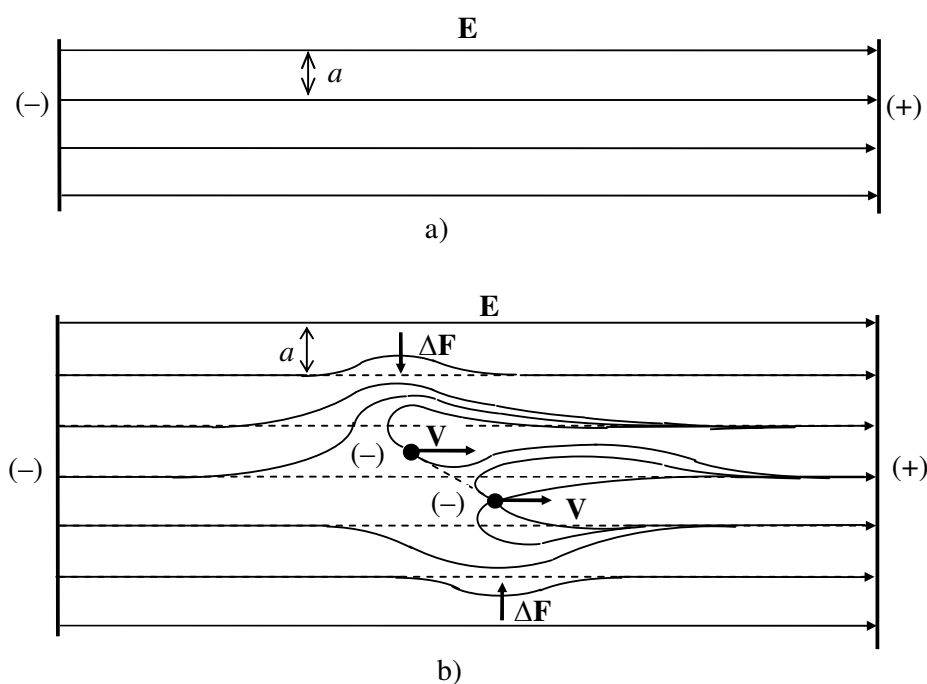
$$\text{vật thể} + \text{trường} = \text{điện tích} + \text{trường điện};$$

sẽ không có chỗ cho cấu trúc:

$$\text{“tù tích”} + \text{trường từ} = \text{vật thể} + \text{trường}$$

(“tù tích” = đơn cực từ), vì “trường từ” đã không tồn tại như là *trường* của một thực thể vật lý thì cũng có nghĩa là “tù tích” cũng không có lý do gì để tồn tại như một *vật thể* cả. Sự khẳng định ngược lại cũng đúng: vì “tù tích” đã không tồn tại như là một *vật thể* (mọi cuộc săn lùng nó cho đến nay đều thất bại) thì cũng có nghĩa là “trường từ” cũng không có lý do gì để tồn tại như *trường* của một thực thể vật lý cả. Vậy thì, xét về bản chất của tương tác, chỉ có tương tác điện mới là tương tác cơ bản và hơn thế nữa, cái đang tồn tại có chăng cũng vẫn chỉ là trường điện, nhưng là trường điện của các điện tích chuyển động – ta sẽ gọi nó là *trường điện động*, để phân biệt với *trường điện tĩnh*, còn tương tác tương ứng được gọi là *tương tác điện động*. Tuy nhiên, có sự khác biệt cơ bản giữa 2 trường lực thể này, đó là với trường điện tĩnh, 2 điện tích cùng dấu luôn đẩy nhau còn với trường điện động, tùy thuộc vào hướng chuyển động của các điện tích này mà chúng có thể đẩy nhau nếu chuyển động cùng chiều, hay hút lẫn nhau nếu ngược chiều. Điều gì đã xảy ra vậy? Tại sao lại không phải là ngược lại? Hơn thế nữa, tương tác này chỉ xuất hiện khi tương tác Coulomb giữa các điện tích lệch so với hướng chuyển động của các điện tích đó, tức là cũng lệch so với hướng của trường điện ngoài? Trước hết, ta sẽ thử phân tích thuần túy từ góc độ lôgic hình thức.

Giả sử tồn tại một trường điện tĩnh đồng nhất như được biểu diễn trên Hình 3.4a với các đường sức song song và cách đều nhau một khoảng bằng a . Giả sử trong trường điện này bây giờ có 2 điện tích cùng dấu (-) khiến cho điện trường bị biến dạng, song nếu cường độ của trường điện này đủ lớn thì sự biến dạng này chỉ mang tính cục bộ như được chỉ ra trên Hình 3.4b.



Hình 3.4. Sự hình thành lực điện động do chuyển động của các điện tích

Tuy nhiên, theo định luật tác động phản-tác động, sự biến dạng này của trường điện E sẽ dẫn đến lực phản tác động ΔF của nó lên cặp 2 điện tích này gần như đối xứng nhau, gây nên lực ép chúng lại với nhau. Lực ép này đóng vai trò giống như lực cản của môi trường đối với một vật thể chuyển động, nó sẽ càng lớn nếu các điện tích chuyển động càng nhanh, tương đương với sự xuất hiện thêm lực hút giữa chúng F_A . Như vậy, xét về bản chất, cái được gọi là “từ trường”

chỉ là một cách gọi khác đi của trường điện do những điện tích chuyển động gây nên, hay đơn giản là trường điện động chứ không phải là một trường lực thế có bản chất khác. Tương tự như vậy, trong trường hợp với 2 dây dẫn có dòng điện chạy qua, các điện tích trong dây dẫn chuyển động không chỉ dưới tác động của chỉ trường điện ngoài, mà còn có sự tác động của các nguyên tử kim loại trong dây dẫn.

Để có thể định lượng, ta sẽ biểu diễn lại từ cảm phụ thuộc vào dòng điện theo biểu thức (3.21) thành sự phụ thuộc vào điện tích Q bằng cách thay (3.20) vào (3.21), với ký hiệu:

$$[\mathbf{e}_0 \mathbf{e}_i] = \mathbf{e}_B \sin \alpha, \quad (3.23)$$

trong đó \mathbf{e}_B là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng của từ trường \mathbf{B} , còn α là góc giữa 2 véc tơ \mathbf{e}_0 và \mathbf{e}_i , ta được:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|Q| \sin \alpha}{R^2 t} \mathbf{e}_B dl. \quad (3.24)$$

Nếu lưu ý rằng t là thời gian để điện tích Q chuyển động được quãng đường l , tức là một cách gần đúng có thể viết: $t = l/V$, ta có thể viết lại (3.24) dưới dạng:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|Q| V_\alpha}{R^2 l} \mathbf{e}_B dl, \quad (3.25)$$

với $V_\alpha = V \sin \alpha$. Sau khi lấy tích phân cả 2 vế của biểu thức (3.25) theo cả quãng đường l , ta được:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|Q| V_\alpha}{R^2} \mathbf{e}_B. \quad (3.26)$$

Được biết, lực từ tác động lên một điện tích chuyển động bằng:

$$\mathbf{F}_A = |q_x| [\mathbf{VB}]. \quad (3.27)$$

Thay (3.26) vào (3.27), với ký hiệu

$$[\mathbf{e}_V \mathbf{e}_B] = [\mathbf{e}_i \mathbf{e}_B] = \mathbf{e}_F \sin \alpha, \quad (3.28)$$

trong đó \mathbf{e}_F là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng của lực tác động \mathbf{F}_A , còn α là góc giữa 2 véc tơ \mathbf{e}_V và \mathbf{e}_B , ta được:

$$\mathbf{F}_A = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|q_x Q| V_\alpha^2}{R^2} \mathbf{e}_F, \quad (3.29)$$

Nếu lưu ý rằng $\epsilon_0 \mu_0 = 1/c^2$, có thể dễ dàng biến đổi biểu thức (3.29) về dạng:

$$\mathbf{F}_A = k_C \frac{V_\alpha^2}{c^2} \frac{|q_x Q|}{R^2} \mathbf{e}_F. \quad (3.30)$$

Nếu ký hiệu
$$\frac{V_\alpha}{c} = \beta_\alpha, \quad (3.31)$$

và
$$k_A = \beta_\alpha^2 k_C \quad (3.32)$$

gọi là *hằng số điện động*, rồi thay vào (3.30) ta được biểu thức tương tự như (3.2):

$$\mathbf{F}_A = k_A \frac{|q_x Q|}{R^2} \mathbf{e}_F. \quad (3.33)$$

So sánh các biểu thức (3.2) với (3.33) vừa nhận được, ta có:

$$\frac{F_A}{F_C} = \beta_\alpha^2 < 1. \quad (3.34)$$

Trong trường hợp chung, theo lý thuyết hiện hành, tương tác giữa các điện tích có dạng tổng quát:

$$\mathbf{F}_L = |q_x| (\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}) \quad (3.35)$$

gọi là lực Lorenz. Viết lại (3.35) theo hình thức luận (3.2), ta được:

$$\mathbf{F}_L = \frac{|q_x Q|}{R^2} (k_C \mathbf{e}_E + k_A \mathbf{e}_A) = k_L \frac{|q_x Q|}{R^2} \mathbf{e}_L, \quad (3.36)$$

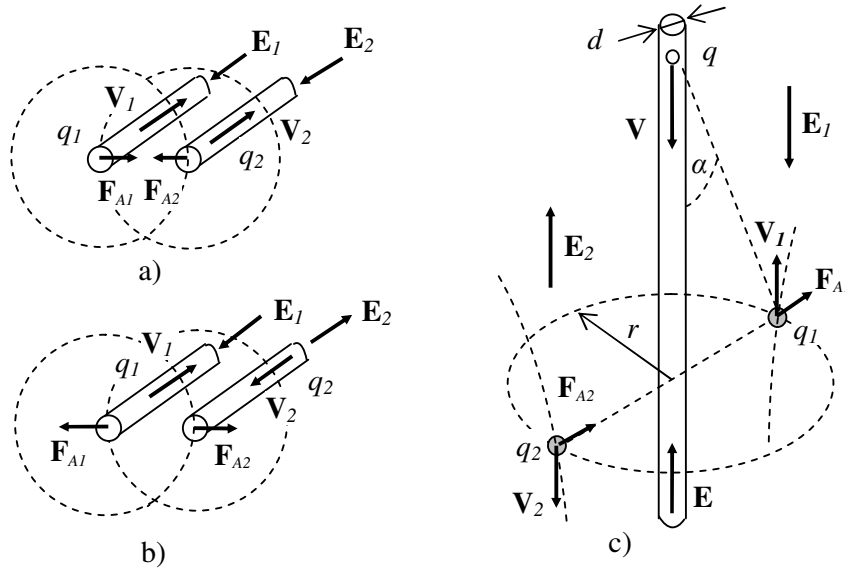
ở đây \mathbf{e}_L là véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng của lực tác động \mathbf{F}_L ;

$$k_L = \sqrt{k_C^2 + 2k_C k_A \cos \varphi + k_A^2} = k_C \xi \quad (3.37)$$

trong đó φ là góc giữa các véc tơ lực Coulomb \mathbf{F}_C và lực Ampere \mathbf{F}_A ,

$$\xi = \sqrt{1 + 2\beta_\alpha^2 \cos \varphi + \beta_\alpha^4}. \quad (3.38)$$

Như vậy, xét về hình thức luận, các biểu thức (3.2), (3.33) và (3.36) là tương đương nhau chỉ khác nhau ở hệ số tỷ lệ tương ứng là k_C , k_A và k_L .



Hình 3.5. Trường điện động của các điện tích chuyển động

Vấn đề đặt ra là chỉ với ngôn ngữ của “trường điện động” theo các hình thức luận đó, liệu có thể biểu diễn được hiện tượng “từ” thay cho ngôn ngữ của “từ trường” hay không? Hãy trở lại với thí dụ minh họa trên Hình 3.2 và biểu diễn lại

nó trên Hình 3.5, với điều kiện loại bỏ hoàn toàn các đại lượng đặc trưng cho cái gọi là “từ trường” là từ cảm \mathbf{B}_1 , \mathbf{B}_2 và \mathbf{B} ; bên cạnh đó, ta thay các “dòng điện” \mathbf{i}_1 , \mathbf{i}_2 và \mathbf{i} chỉ đơn giản là các “điện tích” tương ứng q_1 , q_2 và q chuyển động với vận tốc trung bình tương ứng là \mathbf{V}_1 , \mathbf{V}_2 và \mathbf{V} . Không khó khăn gì để có thể nhận thấy rằng với các công thức đã dẫn đối với trường điện động, toàn bộ quá trình động lực học đều được xác định một cách tường minh và đơn trị. Trên Hình 3.5c, ta “đặt vào” các vị trí tương ứng các điện tích q_1 , q_2 đang chuyển động dưới tác động của các điện trường \mathbf{E}_1 và \mathbf{E}_2 tương ứng, để xác định đặc tính động lực học của “trường điện động” của các điện tích q thay vì từ cảm \mathbf{B} của “từ trường”. Khi đó, cường độ trường điện động vẫn sẽ được xác định theo biểu thức (3.3), cụ thể là:

$$\mathbf{E}_L = \frac{\mathbf{F}_L}{|q_x|} = k_L \frac{|Q|}{r^2} \mathbf{e}_{F_L}. \quad (3.39)$$

Như vậy, việc mô tả tương tác vẫn thực hiện được một cách bình thường và xét về bản chất vật lý, chẳng có lý do gì phải đưa “từ trường” vào như một dạng vật chất tồn tại khách quan để gây nên sự hiểu lầm cả. Còn nếu việc đưa vào vật lý khái niệm này chỉ để thuận tiện cho tính toán và đo đạc giống như việc đưa vào khái niệm “dòng điện” thì lại là chuyện khác hẳn! – bản chất vật lý không vì thế mà thay đổi. Thậm chí kể cả hiện tượng cảm ứng điện từ: “từ trường biến thiên làm xuất hiện sức điện động biến thiên trong một dây dẫn” cũng vẫn có thể giải thích được nhờ tương tác giữa các điện tích và điện trường của chúng, bỏ qua khái niệm trung gian là “từ trường”.

Tóm lại, đúng như đã nhận định ngay từ ban đầu ở mục 1.3.4, tương tác điện mới là tương tác cơ bản chứ không phải “tương tác từ” hay lại càng không phải “tương tác điện từ” với nghĩa là một hiện tượng hợp nhất giữa điện và từ theo kiểu Maxwell. Vấn đề là ở chỗ chúng ta đang quan tâm tới bản chất vật lý của

hiện tượng và sự vật chứ không phải cách thức do chúng ta thể hiện chúng như thế nào – sao Hôm hay sao Mai thì vẫn chỉ là sao Kim thôi mà!

Nói cách khác, hệ phương trình Maxwell giờ đây không thể được xem như một mô hình của thực tại khách quan nữa mà chỉ là mô hình toán thuận tiện, đóng vai trò công cụ tính toán hữu hiệu đối với tương tác điện trong kỹ thuật giống như định luật Ohm và định luật Kirchoff đối với dòng điện vậy. Hơn thế nữa, trong việc tiếp cận tới sự thống nhất điện – hấp dẫn, hình thức luận “điện từ” này hoàn toàn không tương thích, gây nên những khó khăn khiến một thiên tài như Einstein đã phải dành suốt 30 năm cuối đời một cách vô vọng, cho dù đã phải chấp nhận thêm một chiều không gian nữa theo thuyết Kaluza-Klein với không gian 4 chiều (thay vì chỉ có 3 như đã được khẳng định ở mục 1.1.2) – khởi đầu cho một “kỷ nguyên không gian n chiều” của vật lý, theo đó $(n - 3)$ chiều còn lại bị “cuộn” lại theo kiểu Klein, hoặc “tàng hình” theo kiểu Randall một cách đầy bí hiểm! Chính vì vậy, cần phải tìm kiếm một hình thức luận khác phù hợp hơn, làm mô hình của không gian vật chất thật sự – đó chính là hình thức luận Newton (2.2) và Coulomb (3.2) hay Lorenz (3.36).

3.3. Sự thống nhất về hình thức luận giữa điện và hấp dẫn

Xét từ phương diện hình thức, các biểu thức của tương tác điện (3.2), (3.33), (3.36) và của tương tác hấp dẫn (2.2) hoàn toàn giống nhau, điều này gợi ý cho ta viết một biểu thức chung cho cả 2 tương tác, cụ thể là:

$$\mathbf{F}_{AB} = \chi \frac{M_A M_B}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_{FAB}, \quad (3.40)$$

ở đây \mathbf{F}_{AB} là lực trường thế tổng quát giữa 2 vật thể có đơn vị là N; χ là hằng số tương tác có đơn vị là $\text{N.m}^2/\text{kg}^2$; M_A, M_B là các *tác nhân tương tác* có thứ nguyên trùng với thứ nguyên của khối lượng nên vẫn sử dụng đơn vị là kg. Tương tự như

với tương tác hấp dẫn, ta cũng đưa ra khái niệm *cường độ trường tổng quát* \mathbf{g}_χ của một thực thể vật lý A nào đó:

$$\mathbf{g}_\chi = \frac{\chi M_A}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_{FAB}. \quad (3.41)$$

Như vậy, biểu thức (3.40) có thể gọi là *định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát* cho cả điện và hấp dẫn.

+ Đối với tương tác hấp dẫn, ta có $\chi_N = \gamma$ – là *hằng số hấp dẫn* và M_A, M_B là *tác nhân hấp dẫn* trùng với các khối lượng hấp dẫn trong công thức (2.2).

+ Đối với tương tác Coulomb ta có *tác nhân điện tĩnh*:

$$M_A = @|q_A|; \quad M_B = @|q_B| \quad (3.42)$$

với:
$$@ = \frac{m_{e^+}}{q_{e^+}} \approx \frac{9,1 \times 10^{-31}}{1,6 \times 10^{-19}} \approx 5,69 \times 10^{-12} \text{ kg/C} \quad (3.43)$$

được gọi là *hằng số điện-hấp dẫn*; m_{e^+}, q_{e^+} tương ứng là *khối lượng quán tính riêng* và điện tích của positron. Biểu thức (3.42) nói lên rằng điện tích $q=1\text{C}$ đối với trường điện, tương đương với khối lượng hấp dẫn bằng @kg đối với trường hấp dẫn có hằng số hấp dẫn bằng χ_C - gọi là *hằng số điện tĩnh*, ở đây

$$\chi_C = \frac{k_C}{@^2}. \quad (3.44)$$

Thay giá trị @ từ (3.43) vào (3.44), ta được $\chi_C \approx 2,78 \times 10^{32} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$. Để so sánh, nên nhớ rằng γ trong biểu thức (2.2) chỉ là $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ do đó tỷ số $\chi_C/\gamma \approx 4 \times 10^{42}$ – một sự khác biệt rất lớn.

Tương tự như đối với trường hấp dẫn, ta cũng có khối lượng quán tính riêng trong HQC khối tâm của trường điện:

$$m_A = M_A = @ q_A, \quad m_B = M_B = @ q_B \quad (3.45)$$

và khối lượng quán tính chung trong HQC đặt trên mỗi điện tích bằng cách thay (3.45) vào (2.16), ta được:

$$m_d = @ \frac{q_A q_B}{q_A + q_B} = @ q_{AB}, \quad (3.46)$$

ở đây
$$q_{AB} = \frac{q_A q_B}{q_A + q_B} \quad (3.47)$$

gọi là *điện tích chung* trong chuyển động giữa 2 điện tích và do đó, các điện tích q_A, q_B được gọi là *điện tích riêng* trong HQC khối tâm của 2 điện tích đó. Khi đó, gia tốc chuyển động của điện tích trong trường điện tĩnh sẽ bằng:

$$\mathbf{g}_C = \frac{\mathbf{F}_C}{m_d} \quad (3.48)$$

+ Đối với tương tác Ampere, nhân cả 2 vế của (3.44) với β_α^2 và lưu ý biểu thức (3.32), ta có:

$$\beta_\alpha^2 \chi_C = \frac{\beta_\alpha^2 k_C}{@^2} = \frac{k_A}{@^2}. \quad (3.49)$$

Từ đây, tương tự như (3.44) có thể viết:

$$\chi_A = \beta_\alpha^2 \chi_C \quad (3.50)$$

và gọi là *tham số điện động*, còn *tác nhân điện động* cũng được xác định giống như với tác nhân điện tĩnh (3.42). Lưu ý rằng theo quy ước, chiều của dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích (+) – tương ứng với vận tốc là V , nên đối với dòng điện của điện tích (-) có cùng chiều với dòng điện của điện tích (+) thì vận tốc chuyển động của điện tích (-) sẽ ngược lại bằng $-V$. Trong trường hợp 2 điện tích e^- và e^+ quay tròn xung quanh tâm quán tính của chúng, nếu tính tới quy ước

này, có thể coi như cả hai “cùng chuyển động” với vận tốc V so với HQC phòng thí nghiệm. Hệ số β_a trong thực tế thường là vào khoảng từ 10^{-11} (đối với các điện tích chuyển động trong dây dẫn) cho đến ~ 1 (đối với các hạt trong máy gia tốc); có nghĩa là so với hằng số hấp dẫn γ , hằng số điện động cũng phải lớn hơn $>10^8$ lần. Như vậy, có thể thấy tương tác điện (kể cả tĩnh lẫn động) với tương tác hấp dẫn rất giống nhau về hình thức luận chỉ khác nhau về cường độ và có thể là cả về dấu nữa: tương tác điện có thể đẩy nhau hoặc có thể hút nhau, nhưng điều này không làm thay đổi hình thức của công thức (3.36) vì khi đó, chỉ có hướng của véc tơ đơn vị \mathbf{e}_L là thay đổi mà thôi.

Hơn thế nữa, cũng chính vì χ_C và χ_A lớn hơn γ (cũng tức là χ_N) quá nhiều như vậy nên có lý do để có thể cho rằng tương tác hấp dẫn, về nguyên tắc, chỉ là “tàn dư” của tương tác điện giữa 2 điện tích trái dấu, khi 2 điện tích này kết hợp với nhau bằng một cách nào đấy khiến cho chúng trở thành một thực thể vật lý trung hòa về điện (khái niệm “trung hòa về điện” này sẽ được chính xác hoá ở mục 3.4.1 tiếp theo). Nhưng khi đó, có 2 trở ngại lớn cần phải vượt qua, thứ nhất, đó là tương tác hấp dẫn chỉ có thể hút nhau mà không thể đẩy nhau giống như tương tác điện và, thứ hai, điện tích q khi chuyển động sinh ra lực từ (từ trường) hoặc chí ít ra thì cũng là “lực điện động”, trong khi khối lượng M chuyển động vẫn chỉ là lực hấp dẫn, không sinh ra lực nào khác?

*) Đối với trở ngại thứ nhất, ta có 2 lý do để hóa giải.

+ Nếu sự trung hòa về điện là tuyệt đối với nghĩa “không còn dư lại bất cứ một tác động về điện nào”, có nghĩa là các cặp e^- và e^+ sẽ không còn khả năng tương tác với các cặp e^- và e^+ nào khác nữa, hoặc giữa các vật thể trung hòa tuyệt đối về điện không còn có tương tác với nhau nữa, hay nói cách khác, tương tác “tàn dư” = 0 đồng nghĩa với vật thể không còn tồn tại nữa. Điều này trái với logic và không phù hợp với thực tế. Vì mọi vật thể đều hấp dẫn lẫn nhau nên chúng tỏ

không thể có sự trung hòa điện tích tuyệt đối, và do đó, xét trên tổng thể – chính sự trung hòa về điện của e^-e^+ đã sinh ra cái gọi là tương tác hấp dẫn – một dạng *tương tác điện tàn dư* theo quy luật vận động thứ 2 của vật chất: “lượng đổi-chất đổi”!

+ Với n hạt e^- và n hạt e^+ , không khó khăn gì để tính ngay ra số lượng tương tác đẩy nhau của các điện tích cùng dấu bằng 2 lần tổ hợp chập:

$$2C_n^2 = \frac{n!}{(n-2)!} = n(n-1)$$

nhưng lại có tới n^2 tương tác hút nhau giữa các điện tích trái dấu, do đó, sẽ còn “dư”: $n^2 - n(n-1) = n$ số tương tác hút nhau trên tổng thể. Nói cách khác, xét về tổng thể, số lượng tương tác hút nhau sẽ chiếm ưu thế so với số lượng tương tác đẩy nhau và đây là nguyên nhân dẫn đến tính “hấp dẫn” của “tương tác điện tàn dư” trên tổng thể. Có thể hình dung một thí nghiệm tưởng tượng là nếu “thả” một cách ngẫu nhiên 100 e^+ và 100 e^- vào một thể tích nào đó được cách ly hoàn toàn khỏi các điện tích khác thì tất cả 200 điện tích này chắc chắn sẽ co cụm lại mà không có điện tích nào rời bỏ “bầy đàn” đi nơi khác cả. Tất nhiên, nếu xét một cách chi ly với giả thiết Vũ trụ là đồng nhất, đẳng hướng và đối xứng tuyệt đối thì tổng véc tơ của tương tác đẩy nhau luôn bằng tổng véc tơ của tương tác hút nhau, song rất tiếc, điều giả thiết này lại mâu thuẫn với tính chất của không gian vật chất như đã xét tới ở mục 1.1.2 và vì vậy, bất cứ sự bất đồng nhất cục bộ nào cũng đều làm xuất hiện sự “hấp dẫn” lẫn nhau giữa chúng và do đó, “tương tác điện tàn dư” chỉ có thể là hút nhau mà không thể đẩy nhau – tương tác hấp dẫn có cơ sở để được hình thành. Mà như vậy, cái gọi là “sự thống nhất điện-hấp dẫn” về thực chất chỉ mang ý nghĩa hình thức luận toán học – một dạng của nhận thức, chứ bản

thân điện và hấp dẫn vốn dĩ đã là 2 cấp độ biểu hiện của chỉ cùng một tương tác cơ bản: *tương tác điện* mà thôi.

*) Đối với trở ngại thứ hai, nếu coi tác nhân gây nên trường điện là điện tích thì, xét về mặt lôgic, tác nhân gây nên trường hấp dẫn phải là “hấp dẫn tích” mới đúng, tức là khối lượng hấp dẫn chỉ là một cách gọi khác. Nhưng nếu cái gọi là “hấp dẫn tích” này bây giờ được cấu thành từ 2 điện tích cơ bản trái dấu nhau – electron và positron thì “từ trường” mà các e^- và e^+ này gây ra phải luôn ngược chiều nhau, mà như thế sẽ dẫn đến triệt tiêu lẫn nhau – kết quả là “hấp dẫn tích” với cấu trúc là cặp e^-e^+ hoặc vật thể cấu thành từ các hấp dẫn tích đó khi chuyển động sẽ không gây ra một “trường phụ” nào khác, hay một “tương tác phụ” nào khác là điều hoàn toàn có thể hiểu được.

Để có thể thực hiện được bước thống nhất tiếp theo về bản chất, ta cần phải xem xét tiếp các cơ chế khả dĩ trong tương tác của e^- và e^+ ở mục 3.4 sau đây và Chương IV tiếp theo. Tuy nhiên, nhờ có sự thống nhất về hình thức luận giữa tương tác điện với tương tác hấp dẫn, nên tất cả các công thức diễn giải cho tương tác này ở Chương II vẫn sẽ được áp dụng ở đây.

3.4. Lý thuyết về dipol-R và các hạt sơ cấp hình thành từ DR.

Như chúng ta đã biết, e^- và e^+ là 2 điện tích bằng nhau nhưng trái dấu nên chúng chỉ có thể hút nhau tương tự như lực hấp dẫn vậy. Khi đó, hoàn toàn có thể áp dụng các kết quả của Chương II cho trường hợp này, chỉ cần lưu ý tới giá trị hằng số điện tĩnh $\chi_c \approx 2,78 \times 10^{32} \text{N.m}^2/\text{kg}^2$ và các khối lượng quán tính riêng được xác định theo (3.2):

$$m_e = m_{e^+} = M_{e^+} = m_{e^-} = M_{e^-} = @e \approx 9,1 \times 10^{-31} \text{kg}. \quad (3.51)$$

và khối lượng quán tính chung của chúng theo (3.34):

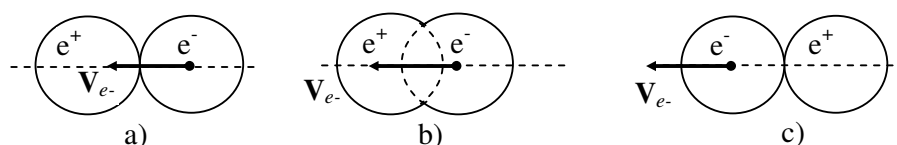
$$m_d = @ \frac{e}{2} \approx 4,55 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad (3.52)$$

Có 2 dạng chuyển động cơ bản mà chúng có thể thực hiện đó là rơi tự do và chuyển động theo quán tính, tương ứng sẽ hình thành nên dipol-R, ký hiệu là DR và dipol-Q, ký hiệu là DQ. Để đơn giản, tạm thời sẽ không xét đến vấn đề tự quay của các điện tích cơ bản này. Trong mục này ta sẽ nghiên cứu lý thuyết về DR và các hạt sơ cấp được hình thành từ DR.

1. Trạng thái năng lượng của e^- và e^+ trong chuyển động rơi tự do.

a) Sự hình thành DR.

Giả sử chúng ta cũng có các điều kiện như ở mục 2.1, khi đó, e^- và e^+ sẽ rơi tự do lên nhau với khối lượng quán tính chung xác định theo (2.51), và bởi vì chuyển động của chúng là chuyển động hướng tâm, trên cùng một đường thẳng nên tương tác điện động giữa chúng xác định theo (3.18) = 0, chỉ còn tương tác Coulomb theo (3.1). Tại thời điểm “va chạm” (xem Hình 3.6a) xuất hiện một tình huống hết sức đặc biệt, không xảy ra đối với bất cứ một vật thể nào khác, đó là do e^+ và e^- không có cấu trúc nội tại nên va chạm không thể xảy ra theo nghĩa là phải xuất hiện lực đẩy từ “bên trong” của vật thể chống lại chuyển động của vật thể khác, về thực chất, nhằm “bảo vệ” không gian nội vi của mình. Mà một khi không có lực đẩy, chỉ có lực hút thì không có lý do gì có thể cản trở chuyển động tiếp theo của e^+ và e^- – chúng sẽ đi xuyên qua nhau – va chạm thực chất không xảy ra (xem Hình 3.6b, c)!



Hình 3.6. “Va chạm” hướng tâm giữa e^+ và e^-

Quy luật lượng đổi-chất đổi đã quy định sự kiện này – một khả năng độc nhất vô nhị, không có ở bất cứ một dạng thực thể vật lý nào khác được cấu thành nên từ các hạt cơ bản đó. Tuy nhiên, khi e^- xuất hiện ở phía bên đối diện của e^+ thì hướng của thế năng trở nên ngược chiều với hướng của động năng và vì vậy, chuyển động của e^- sẽ bị cản trở khiến cho chuyển động này trở nên chậm dần. Từ giờ phút này, xảy ra quá trình ngược lại với rơi tự do, tức là ngoại năng chuyển dần thành nội năng và kết quả là khi động năng triệt tiêu thì thế năng cũng chỉ còn lại giá trị U_0 ban đầu ở bán kính tác dụng R_m . Quá trình lại lặp lại từ đầu giống như dao động không tắt của một con lắc.

b) Năng lượng toàn phần của DR.

Năng lượng toàn phần của dipol dạng rơi tự do này W_{DR} có thể được xác định theo các biểu thức (2.107) – (2.110). Sau khi thay các giá trị tương ứng, ta được:

$$W_{DR} = 2W_{en}(r_e) + K_{e^+e^-}(r_e) + U(2r_e), \quad (3.53)$$

ở đây ký hiệu:

$$K_{e^+e^-}(r_e) = \frac{1}{2}(m_e V_{eK}^2 + m_e V_{eK}^2). \quad (3.54)$$

Thay $V_{AK} = c/2$ vào (3.54), ta được:

$$K_{e^+e^-} = \frac{m_e c^2}{4}. \quad (3.55)$$

Thay các biểu thức (3.54) và (3.55) vào (3.53) ta được kết quả cuối cùng:

$$W_{DR} = 2W_{en}(r_e) + \frac{m_e c^2}{4} + U(2r_e). \quad (3.56)$$

Nhưng vì đối với e^-e^+ , trạng thái cân bằng giữa nội năng và ngoại năng xảy ra đồng thời nên, theo nguyên lý nội năng tối thiểu, có thể viết lại (3.56) dưới dạng:

$$W_{DR} = \frac{m_e c^2}{2} + 2U(2r_e). \quad (3.57)$$

Mặt khác, căn cứ vào (2.47) ta có thể viết lại (3.57) dưới dạng:

$$W_{DR} = m_e c^2 \approx 9,1 \times 10^{-31} \cdot 9 \times 10^{16} \approx 8,19 \times 10^{-14} \text{ J}. \quad (3.58)$$

Đây chính là năng lượng tổng của DR trong HQC khối tâm của hệ e^-e^+ khi không có trường lực thế ngoài. Trong trường hợp có trường lực thế ngoài, các e^- và e^+ không thể hoàn toàn rơi tự do lên nhau được mà phải chuyển động dưới tác động tổng hợp với trường lực thế ngoài đó, kết quả là có thể hình thành nên các DR nhưng với $R_{dip} \ll R_m$ mà ở mục sau chúng ta sẽ thấy.

c) Kích thước của các điện tích cơ bản trong chuyển động rơi tự do

Như chúng ta đã biết ở Chương II, mục 2.2.1, trong chuyển động rơi tự do khi không có thực thể vật lý thứ 3, năng lượng toàn phần của các thực thể vật lý được bảo toàn, chỉ có sự chuyển hóa nội năng thành ngoại năng, tức là nội năng giảm đi theo khoảng cách. Nhưng thế nào là nội năng tăng hay giảm đối với một hạt cơ bản không có cấu trúc nội tại? Có lẽ có 3 khả năng: hoặc là kích thước của nó, hoặc là động năng tự quay quanh mình nó phải thay đổi, hoặc là cả hai cùng thay đổi một lúc? Vì vấn đề tự quay của các hạt cơ bản này tạm thời chưa xét đến nên chỉ còn lại một khả năng. Ta sẽ xem xét khả năng này, có nghĩa là bán kính của e^+ và e^- sẽ là một hàm của khoảng cách R . Kích thước của chúng sẽ phải là lớn nhất tương ứng với khoảng cách R_K tại thời điểm “va chạm”. Nếu tại thời điểm “va chạm” này, nội năng cân bằng với ngoại năng tương ứng, ta có thể viết:

$$\frac{m_d c^2}{2} = \frac{\alpha_d}{R_K} - U_0 = \frac{\alpha_d}{2r_e} - U_0. \quad (3.59)$$

với U_0 là thế năng ban đầu của e^- và e^+ khi động năng của chúng =0 tại bán kính tác dụng R_m . Và vì $U_0 \approx 0$ nên từ (3.59) có thể viết:

$$r_e \approx \frac{\alpha_d}{m_d c^2} \approx \frac{2,3 \times 10^{-23}}{4,55 \times 10^{-31} \cdot 9 \times 10^{16}} \approx 5,6 \times 10^{-15} \text{ m.} \quad (3.60)$$

Như vậy, kích thước của e^- và e^+ trong DR xác định theo (3.61) là lớn nhất trong suốt quá trình chuyển động của chúng, tương ứng với nội năng lúc này chỉ còn bằng khoảng $\frac{1}{2}$ nội năng ban đầu. Từ đây suy ra kích thước ban đầu của chúng ở bán kính tác dụng R_m nhỏ hơn 2 lần giá trị tính theo (3.60), tức là:

$$r_{e0} = \frac{1}{2} r_e \approx 2,8 \times 10^{-15} \text{ m.} \quad (3.61)$$

Trên thực tế, không thể tồn tại cặp e^-e^+ cô lập như giả thiết ban đầu và do đó, chiều dài ban đầu cũng không thể đạt tới R_m mà chỉ có thể ở giá trị R_{dip} nhỏ hơn nhiều, tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể. Nhưng như thế cũng có nghĩa là ngay từ lúc ban đầu, e^- và e^+ đã nhận được năng lượng từ bên ngoài tương ứng với R_{dip} này:

$$\Delta W = U(R_{dip}) - U_0 \quad (3.62)$$

do đó, nội năng của chúng sẽ tăng thêm một lượng đúng bằng ΔW đó:

$$W_{en}(R_{dip}) = W_{en0} + \Delta W. \quad (3.63)$$

Khi đó, bán kính của e^+ và e^- thay vì bằng r_e được xác định từ (3.61) sẽ phải nhỏ đi và phải được xác định lại theo trạng thái cân bằng mới với:

$$U(2r'_e) = \alpha_d \left(\frac{1}{2r'_e} - \frac{1}{R_{dip}} \right). \quad (3.64)$$

Sau khi thay biểu thức động năng (2.41) tại thời điểm $V_F = c$ vào vị trí của thế năng của (3.64) và biến đổi đi, ta được:

$$\frac{m_d c^2}{2} + \frac{\alpha_d}{R_{dip}} = \frac{\alpha_d}{2r'_e}. \quad (3.65)$$

Từ đây có thể rút ra được bán kính mới của e^+ và e^- ở trạng thái năng lượng này:

$$r'_e = \frac{\alpha_d}{m_d c^2} \frac{1}{1 + \frac{2\alpha_d}{R_{dip} m_d c^2}} = r_e \frac{1}{1 + \frac{2r_e}{R_{dip}}}. \quad (3.66)$$

Nếu năng lượng từ bên ngoài DR đủ lớn để có thể “ép” nó tới kích thước R_{dip} đủ nhỏ thì bản thân e^+ và e^- cũng giảm kích thước của mình xuống tương ứng. Nếu $R_{dip} = 2r_e$, theo (3.66), ta có $r'_e = 1/2 r_e$; nếu R_{dip} bị ép tiếp xuống bằng $2r'_e = r_e$, ta lại có $r''_e = 1/2 r'_e = 1/4 r_e \dots$ Nếu thay ký hiệu r'_e, r''_e, \dots tương ứng bằng ký hiệu $r_e^{(1)}, r_e^{(2)}, \dots$, ta có thể viết biểu thức tổng quát cho n lần “ép” kích thước của DR theo cùng một cách như vậy:

$$r_e^{(n)} = \frac{r_e}{2^n}. \quad (3.67)$$

Sự giảm kích thước này là tuyệt đối và hoàn toàn hiện thực có kèm theo sự tăng nội năng của hạt chứ không phải như sự “co ngắn Lorenz” trong thuyết tương đối hẹp – một hiện tượng có tính chất hình thức luận của không gian toán học, hoàn toàn tương đối, phụ thuộc vào việc quan sát từ một HQC hình học nhất định mà không kèm theo bất cứ sự chuyển hóa năng lượng nào. Khi đó, ta có năng lượng toàn phần của mỗi điện tích, xuất phát từ (3.57) bằng:

$$W_{roi}^{(n)} = m_d c^2 + \frac{\alpha_d}{r_e^{(n)}}. \quad (3.68)$$

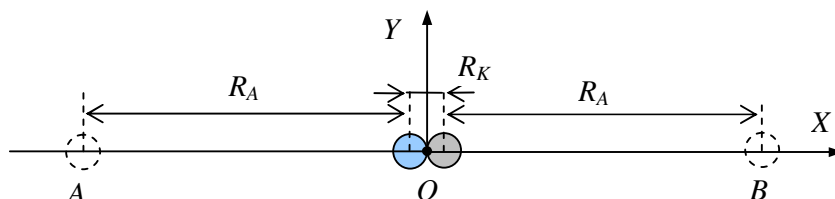
Sau khi thay (3.67) vào (3.68), có tính đến (3.61), ta được:

$$W_{roi}^{(n)} = m_d c^2 (1 + 2^n), \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (3.69)$$

Chính vì thế, năng lượng của DR này có thể lớn hơn rất nhiều so với tổng năng lượng của mỗi hạt e^+ hoặc e^- ban đầu theo biểu thức (3.58), khi bằng cách nào đó chúng nhận thêm năng lượng từ bên ngoài.

Lưu ý thêm là sự giảm kích thước của e^+ và e^- theo (3.67) không phải là một hiện tượng đặc thù của riêng các hạt cơ bản mà còn là khả năng của một số vật thể có cấu trúc quỹ đạo hành tinh như nguyên tử, hệ Mặt trời... (có thể xem lại mục 2.2.2) vì đối với chúng, nội năng của chúng cũng càng lớn khi chúng nhận thêm năng lượng từ bên ngoài, để chuyển vào quỹ đạo bên trong, mà điều này thì tương đương với sự giảm kích thước của cả hệ. Tuy nhiên, mức độ tăng năng lượng đến cỡ như biểu thức (3.69) thì duy nhất chỉ có ở các hạt cơ bản này.

d) Tần số dao động của DR.



Hình 3.7. Rơi tự do của e^- và e^+ trong HQC khối tâm ảo

Cặp e^-e^+ như vậy hình thành một DR có chiều dài thay đổi từ 0 đến R_{dip} , và hơn nữa với sự đảo cực theo chu kỳ. Để xác định chu kỳ này, ta sẽ xem xét phương trình chuyển động của e^- và e^+ trong HQC khối tâm chung của chúng nhưng được chia thành 3 phân đoạn (xem Hình 3.7). Phân đoạn 1 bắt đầu từ khoảng cách R_A với vận tốc ban đầu $V_0=0$ cho tới khi chúng tiếp xúc với nhau ở khoảng cách $R_K = 2r_e^-$ lực tương tác giữa chúng tuân theo định luật Coulomb (3.1); phân đoạn 2 bắt đầu từ khoảng cách này với vận tốc V_K cho tới khi chúng đi xuyên hẳn qua nhau ở vị trí phía đối diện – lực tương tác giữa chúng không còn

tuân theo (3.1) nữa; phân đoạn 3 bắt đầu từ vị trí này cho tới khoảng cách $R_B=R_A$ – chuyển động chậm dần tới vận tốc $=0$ và lực tương tác vẫn lại tuân theo (3.1).

Ta có nhận xét rằng thứ nhất, nếu đảm bảo $R_A \gg R_K$ thì có thể bỏ qua thời gian cho phân đoạn 2 vì vận tốc trung bình trong phân đoạn này rất lớn; thứ hai, vì thời gian chuyển động ở phân đoạn 1 và 3 là như nhau, do đó, toàn bộ thời gian cho chuyển động từ A đến B có thể coi như chỉ bằng 2 lần thời gian của một trong 2 phân đoạn này, còn chu kỳ dao động sẽ bằng 2 lần khoảng thời gian đó. Vì vậy, ta chỉ cần xem xét phân đoạn 1 mà thôi. Phương trình chuyển động trên phân đoạn này của e^- trong HQC khối tâm ảo XOY có dạng:

$$m_e \frac{dV}{dt} = F_C = -\frac{\alpha_d}{R^2}. \quad (3.70)$$

Có thể biến đổi (3.70) về dạng:

$$d\left(\frac{m_e V^2}{2}\right) = -\frac{\alpha_d}{R^2} dR. \quad (3.71)$$

Lấy tích phân cả 2 vế của (3.71):

$$\int d\left(\frac{m_e V^2}{2}\right) = -\int \frac{\alpha_d}{R^2} dR, \quad (3.72)$$

ta được:
$$\frac{m_e V^2}{2} = \frac{\alpha_d}{R} + C_1. \quad (3.73)$$

Tính tới điều kiện ban đầu $R_0 = R_A$ và $V_0 = 0$, có thể xác định được hằng số tích phân C_1 , rồi thay vào (3.73), ta có:

$$\frac{m_e V^2}{2} = \alpha_d \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_A} \right). \quad (3.74)$$

Biến đổi (3.74) về dạng:

$$V = \sqrt{\frac{2\alpha_d}{m_e R_A}} \sqrt{\frac{R_A - R}{R}} = V_f \sqrt{\frac{R_A - R}{R}}, \quad (3.75)$$

ở đây ký hiệu
$$V_f = \sqrt{\frac{2\alpha_d}{m_e R_A}}. \quad (3.76)$$

Viết lại (3.75) khi thay vận tốc V bằng đạo hàm của quãng đường dR/dt :

$$\sqrt{\frac{R}{R_A - R}} dR = V_f dt \quad (3.77)$$

thì lấy tích phân cả 2 vế theo phân đoạn 1 từ R_A tới R_K :

$$\int_{R_A}^{R_K} \sqrt{\frac{R}{R_A - R}} dR = \int_0^{t_1} V_f dt.$$

ta được:
$$R_A \arctan \sqrt{\frac{R_A - R_K}{R_K}} - \sqrt{R_K (R_A - R_K)} = V_f t_1. \quad (3.78)$$

Từ đây rút ra t_1 , và do đó có thể xác định được chu kỳ dao động của DR bằng $4t_1$:

$$T_{DR} = \frac{4R_A}{V_f} \arctan \sqrt{\frac{R_A - R_K}{R_K}} - \frac{4\sqrt{R_K (R_A - R_K)}}{V_f}. \quad (3.79)$$

Nếu $R_{dip} \approx 2R_A$, và vì $R_A \gg R_K$ ta có thể viết gần đúng:

$$T_{DR} \approx \frac{\pi R_{dip}}{V_f}. \quad (3.80)$$

Thay (3.76) vào (3.80) rồi rút gọn lại, ta được:

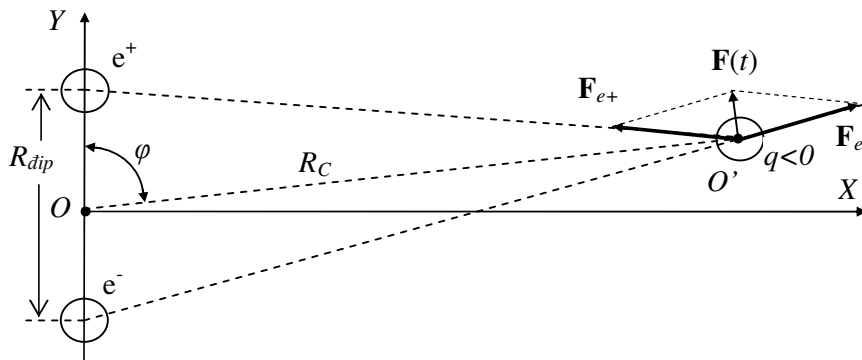
$$T_{DR} \approx \sqrt{\frac{\pi^2 m_d}{\alpha_d}} R_{dip}^{3/2}. \quad (3.81)$$

Từ đây có thể tính được tần số dao động của DR:

$$f_{DR} \approx \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\alpha_d}{m_d}} R_{dip}^{-3/2}. \quad (3.82)$$

2. Trạng thái trung hòa về điện của DR.

Trước hết, xét một cách định tính, vì chuyển động của 2 hạt e^+ và e^- của DR thuộc dạng dao động có chu kỳ, trong khi tương tác của chúng lại ngược chiều nhau, nên từ một khoảng cách nào đó đủ lớn so với chiều dài R_{dip} của DR, theo nguyên lý tác động tối thiểu, 2 tương tác ngược chiều nhau này sẽ phải triệt tiêu nhau, dẫn đến trạng thái trung hòa về điện – khối lượng quán tính của DR trong trường điện = 0. Ta sẽ xác định điều kiện này. Giả sử có một DR với chiều dài R_{dip} , tần số dao động f_{DR} và một điện tích $q < 0$ ở cách tâm O của nó một khoảng bằng $R \gg R_{dip}$ như được chỉ ra trên Hình 3.8 – ở đây HQC được lựa chọn là HQC khối tâm ảo của DR với một trục thực đi qua tâm của e^- và e^+ . Khi đó, lực tác động của DR lên e^- là một hàm của thời gian:



Hình 3.8. Tương tác của DR với điện tích q trên khoảng cách

$$\mathbf{F}(t) = \mathbf{F}_0 \cos \omega t, \quad (3.83)$$

ở đây $\omega = 2\pi f_{DR}$ (3.84)

là vận tốc góc quay của véc tơ $\mathbf{F}(t)$ quanh gốc O' – tâm của q ; f_{DR} và \mathbf{F}_0 tương ứng là tần số dao động và biên độ của lực tác động. Phương trình chuyển động của điện tích q này có dạng:

$$\ddot{x} = a_0 \cos \omega t, \quad (3.85)$$

với
$$a_0 = \frac{F_0}{m_d}, \quad (3.86)$$

ω cũng là vận tốc góc quay của điện tích q . Ở đây, F_0 được xác định từ lý thuyết về dipol điện:

$$F_0 = k_c \frac{eqR_{dip}}{R_c^3} \sqrt{3 \cos^2 \varphi + 1} = \frac{\psi(\varphi)}{R_c^3} \quad (3.87)$$

với
$$\psi(\varphi) = k_c eqR_{dip} \sqrt{3 \cos^2 \varphi + 1}. \quad (3.88)$$

Từ đây, có thể thấy $\psi(\varphi)$ là hàm phụ thuộc vào hướng của DR, nó sẽ đạt cực đại khi $\cos \varphi = 1$, ứng với $\varphi = 0$:

$$\psi_{\max} = 2k_c eqR_{dip} = \frac{2q}{e} \alpha_d R_{dip}, \quad (3.89)$$

và rơi vào cực tiểu khi $\cos \varphi = 0$, ứng với $\varphi = \pi/2$:

$$\psi_{\min} = k_c eqR_{dip} = \frac{q}{e} \alpha_d R_{dip}. \quad (3.90)$$

Tức là biên độ lực tác động F_0 của DR đạt cực đại tại hướng trùng với chiều dài R_{dip} của nó, và cực tiểu tại hướng vuông góc với chiều dài đó. Nhưng như thế cũng có nghĩa là, theo định luật tác động-phản tác động, lực tác động từ phía điện trường của điện tích q lên DR cũng đạt cực đại hay cực tiểu theo đúng các hướng đó. Giải (3.85) ra ta được:

$$x(t) = x_m \cos \omega t, \quad (3.91)$$

ở đây x_m là biên độ dao động của điện tích q với tần số góc ω :

$$x_m = -\frac{a_0}{\omega^2}. \quad (3.92)$$

Vì vận tốc ở đây là đại lượng biến thiên theo thời gian:

$$\dot{x}(t) = -\omega x_m \sin \omega t \quad (3.93)$$

nên động năng cũng là đại lượng biến thiên theo thời gian:

$$K(t) = \frac{m_d \dot{x}^2(t)}{2} = \frac{m_d \omega^2 x_m^2}{2} \sin^2 \omega t. \quad (3.94)$$

Nếu coi hiệu suất tác động $\eta=1$, theo nguyên lý tác động tối thiểu (1.24), thay (3.94) vào ta có:

$$D = m_d \omega^2 x_m^2 \int_0^{T_{DR}} \sin^2(\omega t) dt = \frac{m_d \omega^2 x_m^2 T_{DR}}{2} \geq h. \quad (3.95)$$

Thay F_0 từ (3.87) vào (3.86), rồi thay (3.86) vào (3.92), và cuối cùng là thay (3.84) và (3.92) vào (3.95), rồi giản ước đi, ta được:

$$D = \frac{\psi^2(\varphi)}{8\pi^2 m_d R^6} \frac{1}{f_{DR}^3} \geq h. \quad (3.96)$$

Điều này có nghĩa là nếu $D < h$ (3.97)

thì q (và lẽ dĩ nhiên là cả DR nữa) sẽ ngừng dao động – trạng thái như vậy được gọi là *trung hòa về điện* của DR. Có nghĩa là mặc dù DR vẫn tác động lên q và ngược lại, nhưng không có tác dụng gì đối với trạng thái chuyển động của chúng – toàn bộ tác động này sẽ chuyển thành nội lực của q và DR như đã biết. Có thể xác định được tần số dao động của DR để xảy ra hiện tượng trung hòa về điện này

theo mọi hướng từ biểu thức (3.97), sau khi đã thay giá trị của D từ (3.96) với $\psi(\varphi)$ được thay bởi (3.89), và $R = R_T$, ta có:

$$f_{DR} > \sqrt[3]{\frac{\psi_{\max}^2}{8\pi^2 m_d R_T^6 h}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha_d^2}{2\pi^2 e^2 m_d h} \frac{q^2 R_{dip}^2}{R_T^6}} = b \frac{(qR_{dip})^{2/3}}{R_T^2}, \quad (3.97)$$

ở đây ký hiệu
$$b = \sqrt[3]{\frac{\alpha_d^2}{2\pi^2 e^2 m_d h}}. \quad (3.98)$$

Nếu chấp nhận tác dụng tối thiểu bằng hằng số Planck $h=6,63 \times 10^{-34}$ J.s, ta có

$$b \approx \sqrt[3]{\frac{2,3^2 \times 10^{-56}}{2\pi^2 \cdot 1,6^2 \times 10^{-38} \cdot 4,55 \times 10^{-31} \cdot 6,63 \times 10^{-34}}} \approx 1,5 \times 10^{15} \text{ (C}^{-2/3} \cdot \text{m}^{4/3}/\text{s)}.$$

Vì vậy, nếu R_{dip} có kích thước nhỏ hơn 10 lần kích thước hạt nhân hydrozen (cỡ $\sim 10^{-16}$ m) và tại khoảng cách tương đương kích thước hạt nhân đó: $R_T = 10^{-15}$ m, theo (3.99), DR sẽ ở trạng thái trung hòa về điện đối với hạt nhân hydrozen khi $f_{DR} > 2 \times 10^{23}$ Hz. Mặt khác, từ (3.97) có thể rút ra được bán kính tác dụng trường điện của DR đối với một điện tích q nào đó:

$$R_T = \sqrt{\frac{b}{f_{DR}}} (qR_{dip})^{1/3}. \quad (3.99)$$

3. Những hạt sơ cấp được hình thành từ DR.

Ở ngoài bán kính tác dụng được xác định theo biểu thức (3.99), tương tác điện của DR đã bị trung hòa, do đó phần năng lượng điện “tàn dư” sẽ trở thành một dạng năng lượng mới gọi là năng lượng hấp dẫn như đã nói ở trên, và kết quả là DR này sử dụng như một “khối lượng hấp dẫn” trong trường hấp dẫn với lực tương tác tuân theo định luật vạn vật hấp dẫn của Newton (2.1), và do đó, ta sẽ gọi chúng là *graviton* với nghĩa là *hấp dẫn tích* của trường hấp dẫn, gần như *điện tích*

của trường điện vậy (graviton ở đây hoàn toàn không liên quan gì tới khái niệm “lượng tử trường hấp dẫn” của vật lý hiện hành). Tạm thời những tính toán lý thuyết chưa kết nối được 2 tương tác điện và hấp dẫn với nhau mà mới chỉ dừng lại ở dự đoán về bản chất của chúng, song điều này không hạn chế chúng ta đi tiếp, vì rất may là 2 tương tác này lại quá khác xa nhau về độ lớn như đã nói ở trên, nên một lý thuyết như vậy nếu có tìm thấy thì cũng chỉ sử dụng vào giai đoạn chuyển tiếp tại lân cận bán kính tác dụng R_T mà thôi.

Trong Chương II, mục 2.1.5, chúng ta đã làm quen với kết quả tác động của lực hấp dẫn khi lực này tuân theo định luật (2.1) hay về tổng quát là biểu thức (3.40), tức là theo tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách. Vấn đề là ở đây, lực tương tác giữa DR với một điện tích q nào đó lại không tuân theo định luật tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách (3.1), mà lại tỷ lệ nghịch với lập phương khoảng cách theo biểu thức (3.87) và hơn thế nữa lại còn bị “điều biến” theo thời gian theo quy luật (3.83). Nếu xét riêng động năng chuyển động của DR thì biểu thức cho động năng (2.41) của vật thể trong trường điện vẫn còn có thể áp dụng được. Nhưng với thế năng thì vấn đề lại trở nên phức tạp hơn vì lúc này, biểu thức thế năng của vật thể trong trường hấp dẫn (2.46) không còn áp dụng được nữa. Do vậy, cách ứng xử của DR sẽ rất khác nhau đối với 2 vùng không gian khác nhau bị phân cách bởi bán kính tác dụng R_T này.

Ngoại năng của DR bên ngoài bán kính R_T này bây giờ biến thành ngoại năng của graviton trong trường hấp dẫn. Tuy nhiên, giữa ngoại năng của DR với ngoại năng của một thực thể vật lý khác trong trường hấp dẫn theo biểu thức (2.74) hay (2.121) có sự khác biệt rất lớn, đó là thành phần động năng của graviton không được sinh ra do sự chuyển hóa của thế năng của nó trong trường hấp dẫn như đối với các thực thể vật lý có tương tác hấp dẫn khác, mà trái lại, chỉ do sự chuyển hóa động năng của DR trong trường điện mà thành. Nói cách khác,

dường như nội năng của DR chỉ là năng lượng điện, trong khi ngoại năng của nó lại gồm 2 phần: năng lượng điện ở cự ly $<R_T$ và năng lượng “hấp dẫn” ở phạm vi $>R_T$. Đối với điện năng, có cả “nội” và có cả “ngoại” là phù hợp với quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập rồi, khỏi phải bàn nữa; nhưng đối với năng lượng hấp dẫn, dường như mới chỉ hình thành được “ngoại năng” mà chưa có “nội năng”, tức là chưa thỏa mãn quy luật đó? Hoàn toàn không phải như vậy. Cái gọi là “năng lượng điện tàn dư” về thực chất đã tiềm ẩn ngay từ trong cơ chế của tương tác điện giữa e^- và e^+ , và vì vậy, khi hình thành graviton, một phần của năng lượng điện tàn dư này trở thành ngoại năng hấp dẫn của DR như đã thấy, thì đồng thời một phần khác bên trong bán kính R_T cũng phải chuyển thành nội năng hấp dẫn của nó, không thể khác được. Có 2 trường hợp có thể xảy ra.

+ *Trường hợp thứ nhất*, nếu mọi điện tích đều nằm bên ngoài bán kính tác dụng điện R_T của DR, và do đó, DR này coi như được giải phóng hoàn toàn khỏi trường điện với cường độ điện trường rất lớn để chuyển sang trường hấp dẫn với cường độ trường nhỏ hơn nhiều, nên nó sẽ phải chuyển động với vận tốc cũng lớn hơn nhiều, song sự tăng tốc này chỉ có giới hạn. Giới hạn này quyết định bởi sự cân bằng giữa nội năng và ngoại năng hấp dẫn trong trường hấp dẫn mới này. Nhưng như vậy, tương đương với việc DR chỉ có thể chuyển động với vận tốc không vượt quá vận tốc tới hạn theo nguyên lý nội năng tối thiểu đã nói tới ở Chương I, mục 1.2.4 và cũng là vận tốc c đã được dùng để tính toán năng lượng ở Chương II, mục 2.2. Do đó, động năng của các graviton khác nhau sẽ chỉ còn khác nhau ở khối lượng hấp dẫn m_{gr} mới được hình thành của chúng mà thôi. Đó chính là các hạt γ có năng lượng lớn hơn tổng năng lượng của 2 hạt e^- và e^+ cấu thành: $W_\gamma \geq 2m_e c^2$ (xem biểu thức (3.69)), và vì vậy, nó cũng lý giải sự khác biệt về năng lượng rất lớn giữa hạt γ với photon (xem mục 3.5.3 tiếp theo). Mặt khác, cũng chính cấu trúc DR này của hạt γ đã giải thích được vì sao nó có thể bị phân rã

thành e^- và e^+ khi đi qua gần hạt nhân mà vốn được coi là “sự sinh hạt từ năng lượng” – một khái niệm hết sức siêu hình, trong khi đối với photon, hiện tượng đó lại không xảy ra.

+ *Trường hợp thứ hai*, nếu các điện tích khác vẫn còn nằm trong bán kính tác dụng điện R_T của DR, chuyển động của DR này thực chất là trong trường lực thế hỗn hợp điện-hấp dẫn, và do đó, tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể mà nó sẽ ứng xử một cách khác nhau. Nếu các DR này đều tồn tại trong phạm vi bán kính tác dụng của nhau, chúng là các “linh kiện” để lắp ghép nên tất cả các hạt sơ cấp sẽ được biết tới ở chương IV – quá trình hình thành lực tương tác hạt nhân mạnh, mà về thực chất, lại chỉ là lực tương tác điện ở cự ly gần. Nếu vì “lý do nào đó” (theo ngôn ngữ của vật lý hiện hành là do “tương tác yếu”), các DR này bị tách ra khỏi bán kính tác dụng của nhau, chúng sẽ trở thành các hạt γ hoặc neutrino ν_e, ν_μ và ν_τ vốn được coi là sinh ra từ các phân α - β , μ -mezon và Tauon (τ) tương ứng, vì lúc này, chúng chỉ còn tương tác hấp dẫn như ở trường hợp trước.

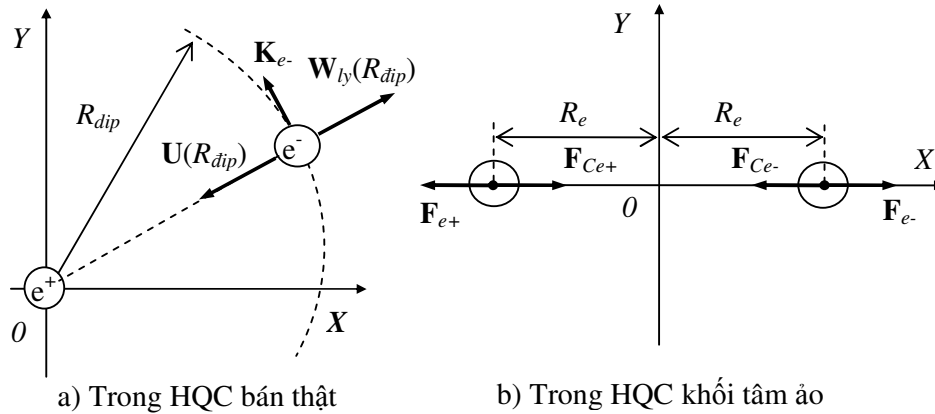
3.5. Lý thuyết về dipol-Q và photon.

1. *Trạng thái năng lượng của DQ.*

Giả sử bằng cách nào đó, e^- và e^+ hình thành nên chuyển động theo quán tính trong HQC bán thật đặt tại một trong 2 điện tích đó ở khoảng cách R_{dip} – gọi là bán kính của DQ. Theo định luật quán tính tổng quát, phải có một nguồn năng lượng từ bên ngoài hệ $W_{ly}(R_{dip})$ bằng về giá trị nhưng ngược về hướng với thế năng $U(R_{dip})$ như được chỉ ra trên Hình 3.9a. Khi đó, năng lượng toàn phần của nó sẽ có dạng tương tự như biểu thức (2.123):

$$W_{e^-}(R_{dip}) = W_{e^-n\Sigma}(R_{dip}) + \frac{m_d V_{eq}^2}{2} + U(R_{dip}). \quad (3.100)$$

Tương tự như vậy, ta cũng sẽ có năng lượng của e^+ khi chuyển HQC sang e^- .



Hình 3.9. Chuyển động theo quán tính của e^- và e^+ – DQ

Để xác định năng lượng tổng của hệ 2 điện tích này, cần quan sát từ HQC khối tâm ảo với 1 trục thực đi qua trọng tâm của chúng như đã xét với 2 thực thể vật lý trong trường hấp dẫn, ta sẽ thấy chúng đứng yên, đối xứng nhau qua khối tâm chung O (xem Hình 3.9b). Khi đó, theo định luật quán tính tổng quát, phải có lực tác động có nguồn gốc từ bên ngoài hệ, trực đối với lực Coulomb:

$$\mathbf{F}_{e^+} = -\mathbf{F}_{Ce^+} \quad \text{và} \quad \mathbf{F}_{e^-} = -\mathbf{F}_{Ce^-}. \quad (3.101)$$

Năng lượng tổng của DQ trong HQC khối tâm của nó được xác định theo biểu thức (2.134), với lưu ý là 2 vật thể e^- và e^+ bây giờ có năng lượng hoàn toàn như nhau, và vì tạm thời chưa tính đến khả năng tự quay của e^- và e^+ nên động năng tự quay của chúng có thể bỏ qua, ta có thể viết:

$$W_{DQn}(R_e) = 2W_{en}(R_{dip}) + 2U_d(R_e). \quad (3.102)$$

Lưu ý rằng (3.102), về thực chất, đã tính đến tương tác của DQ với điện trường ngoài thông qua biểu thức (3.101), và do vậy, tương đương với nội năng của DQ trong tương tác đó. Nếu lưu ý trong trạng thái rơi tự do, trước khi có tác động để e^- và e^+ chuyển động theo quán tính, năng lượng tổng của mỗi điện tích

trong HQC bán thật tương ứng đặt tại các điện tích đó có thể xác định tương tự như công thức (2.79):

$$W_e = m_d c^2 + 2U_d(R_K) \quad (3.103)$$

với việc thay
$$U_d(R_K) = \frac{m_d c^2}{2} \quad (3.104)$$

vào biểu thức (3.104), ta có thể nhận được:

$$W_e = 2m_d c^2 = m_e c^2 \approx 9,1 \times 10^{-31} \cdot 9 \times 10^{16} \approx 8,19 \times 10^{-14} \text{ J}. \quad (3.105)$$

Khi đó, nội năng của e^- và e^+ vào thời điểm ban đầu W_{en0} chỉ sai khác với năng lượng tổng này một lượng đúng bằng thế năng ban đầu của chúng ở bán kính tác dụng R_T bằng $U_0 \approx 0$, nên có thể coi như nội năng ban đầu W_{en0} của chúng cũng được xác định theo biểu thức (3.105). Do đó, tương tự như (2.119), sau khi thay (3.105) vào, ta được:

$$W_{en}(R_{dip}) = m_e c^2 + U_d(R_{dip}). \quad (3.106)$$

Nếu tính đến yếu tố động năng quỹ đạo của vật thể trong chuyển động theo quán tính bằng $\frac{1}{2}$ thế năng của nó trên quỹ đạo đó (có thể suy ra trực tiếp từ biểu thức (2.112) ở Chương II), ta có thể viết lại các biểu thức (3.106) và (3.102) dưới dạng:

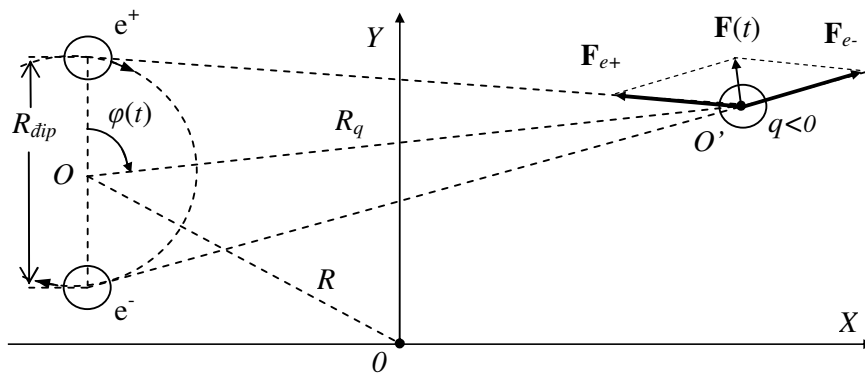
$$W_{en}(R_{dip}) = m_e c^2 \left(1 + \frac{1}{2} \beta_q^2\right), \quad (3.107)$$

$$W_{DQn}(R_e) = 2m_e c^2 \left(1 + \frac{3}{2} \beta_q^2\right). \quad (3.108)$$

ở đây $\beta_q = V_{qR_e} / c$.

Vấn đề liên quan tới ngoại năng của DQ. Ta hãy xét tương tác của DQ với một điện tích q tại khoảng cách $R_q < R_T$ trong HQC đặt tại tâm Trái đất có bán kính R được mô tả trên Hình 3.10. Nhưng vì bản thân DQ chỉ có tương tác điện mà không có tương tác hấp dẫn trong phạm vi bán kính tác dụng điện R_T , nên

trong HQC nhân tạo đặt tại tâm Trái đất (có thể coi như không có tương tác điện), vấn đề năng lượng của DQ so với Trái đất ở khoảng cách nhỏ hơn bán kính tác dụng của tương tác điện R_T cũng sẽ phải bỏ qua; ta chỉ còn ngoại năng tổng của DQ trước khi trung hòa trong HQC bán thật đặt tại điện tích q bằng tổng động năng và thế năng của DQ trong trường điện của điện tích q đó:



Hình 3.10. Tương tác của DQ với điện tích q trên khoảng cách R_q trong HQC Trái đất có trường điện không đáng kể.

$$W_{DQng}(R_q) = \frac{m_{DQ} V_{DQ}^2}{2} + U_d(R_q), \quad (3.109)$$

ở đây
$$m_{DQ} = m_{e^+} + m_{e^-} = 2m_e; \quad (3.110)$$

V_{DQ} là vận tốc chuyển động khối tâm của DQ trong HQC gắn với điện tích q ; $U_d(R_q)$ là thế năng của DQ trong trường điện của điện tích q .

2. Tần số quay của DQ.

Việc xác định tần số dao động f_{DQ} của DQ sẽ khó khăn hơn so với của DR, do rất khó chọn HQC phù hợp. Trong HQC khối tâm riêng của DQ có một trục thực trùng với đường nối tâm của e^- và e^+ , các e^- và e^+ này sẽ đứng yên tương đối so với nhau như đã được chỉ ra trên Hình 3.9b, do vậy tần số quay của DQ sẽ $=0$;

trong HQC bán thật đặt tại điện tích q , do bản thân điện tích q cũng dao động với tần số góc ω nên HQC này cũng dao động theo và vì vậy cũng không cải thiện được gì nhiều; do đó, có lẽ sử dụng HQC nhân tạo đặt tại tâm Trái đất sẽ phù hợp hơn. Cụ thể là khi đó, tương tác điện giữa các điện tích với Trái đất (có thể coi như có điện trường ở mức độ không đáng kể) có thể bỏ qua như ở Hình 3.10. Khi đó, có thể xác định tần số quay của DQ:

$$f_{DQ} = \frac{1}{T} = \frac{V_{eqR_e}}{\pi R_{dip}}. \quad (3.111)$$

Có thể thấy là trong HQC này, vận tốc quỹ đạo của e^- và e^+ nhỏ hơn 2 lần vận tốc quỹ đạo của chúng trong HQC bán thật đặt tại một trong 2 điện tích đó xác định theo biểu thức (2.112), do chu kỳ quay không thay đổi nhưng bán kính quỹ đạo lại giảm 2 lần ($R_e = \frac{1}{2} R_{dip}$):

$$V_{eqR_e}^2 = \frac{V_{eqR_{dip}}^2}{4} = \frac{\alpha_d}{4m_d R_{dip}}. \quad (3.112)$$

Thay (3.112) vào (3.111) và rút gọn lại, ta được:

$$f_{DQ} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\alpha_d}{m_d} R_{dip}^{-3/2}}. \quad (3.113)$$

Từ điều kiện trung hòa về điện của DQ, tương tự như với DR, không khó khăn gì để có thể thấy rằng biểu thức dạng (3.97) vẫn có hiệu lực:

$$f_{DQ} > b \frac{R_{dip}^{2/3}}{R_T^2}. \quad (3.114)$$

Thay f_{DQ} từ (3.113) và b từ (3.98) vào (3.114), rồi biến đổi đi, ta được:

$$R_{dip} < \sqrt[13]{\frac{2\pi^2 m_d h}{\alpha_d}} R_T^{12/13} = k_R R_T^{12/13}, \quad (3.115)$$

ở đây ký hiệu
$$k_R = \sqrt[13]{\frac{2\pi^2 m_d h}{\alpha_d}} \quad (3.116)$$

là một hằng số không phụ thuộc vào trạng thái chuyển động của DQ. Thay các giá trị tương ứng vào (3.116), ta được:

$$k_R \approx \sqrt[13]{\frac{2\pi^2 \cdot 4,55 \times 10^{-31} \cdot 6,63 \times 10^{-34}}{2,3 \times 10^{-28}}} \approx \sqrt[13]{1,29 \times 10^{-35}} \approx 2,07 \times 10^{-3} \text{ m}^{13/11}.$$

Từ đây có thể tính được ở cự ly kích thước phân tử $R_T = 10^{-9} \text{ m}$, điều kiện để DQ trung hòa về điện là:

$$R_{dip} < 2,07 \times 10^{-3} \times (10^{-9})^{12/13} \approx 1,035 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

3. Sự hình thành photon.

a) Tần số quay của photon.

Như đã lưu ý ở mục 2.2.4 về việc tự quay của các vật thể chỉ có nghĩa trong trường lực thế, mà giờ đây, DQ đã trở nên trung hòa về điện trong trường điện ngoài, nên tốc độ quay của nó chỉ còn bị quyết định bởi trường hấp dẫn nữa mà thôi. Tuy nhiên, do DQ đã bị “cách ly” khỏi trường điện, mà e^- và e^+ khi xét một cách riêng rẽ, không có quán tính trong trường hấp dẫn, song nếu xem chúng như một thực thể thống nhất có tương tác trong trường hấp dẫn giống như graviton đã nói ở trên, thì nội năng của nó trong trường hấp dẫn sẽ cũng phải cân bằng với ngoại năng hấp dẫn của nó, và kết quả là photon cũng sẽ phải chuyển động với vận tốc tối hạn c giống như graviton. Khối lượng quán tính giờ đây là trong trường hấp dẫn m_{ph} chứ không còn trong trường điện m_d nữa. Bản thân khối lượng

quán tính m_{ph} có thể được coi như gồm 2 phần bằng nhau, tương ứng với e^- và e^+ , đối xứng nhau qua tâm quay. Khi đó, lực hướng tâm tác động lên e^- và e^+ của DQ vẫn được xác định theo (3.1) phải cân bằng với lực ly tâm của khối lượng $m_{ph}/2$ có bán kính $R_{dip}/2$ tự quay trong trường hấp dẫn (lưu ý vì điện trường ngoài đã bị cách ly rồi):

$$\frac{\alpha_d}{R_{dip}^2} = \frac{(m_{ph}/2)V_{ph}^2}{R_{dip}/2}. \quad (3.117)$$

Từ đây, có thể rút ra được tốc độ quay của photon V_{ph} :

$$V_{ph} = \sqrt{\frac{\alpha_d}{m_{ph}R_{dip}}}, \quad (3.118)$$

Từ đây, có thể xác định được tần số quay của photon f_{ph} theo chu kỳ quay T_{ph} :

$$f_{ph} = \frac{1}{T_{ph}} = \frac{V_{ph}}{\pi R_{dip}}. \quad (3.119)$$

Thay (3.118) vào (3.119) rồi rút gọn lại, ta được:

$$f_{ph} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\alpha_d}{m_{ph}}} R_{dip}^{-3/2}. \quad (3.120)$$

Nếu chia tần số quay của f_{ph} này cho tần số quay của DQ f_{DQ} ở biểu thức (3.113), ta được:

$$\frac{f_{ph}}{f_{DQ}} = 2 \sqrt{\frac{m_d}{m_{ph}}}. \quad (3.121)$$

Như ở mục tiếp theo chúng ta sẽ thấy $m_{ph} < m_d$, nên từ (3.121) có thể suy ra $f_{ph} > f_{DQ}$, có nghĩa là trong trường hấp dẫn, e^- và e^+ sẽ quay nhanh hơn trước khi DQ chuyển thành photon, nhưng lực ly tâm của chúng giờ đây là lực ly tâm trong trường hấp

dẫn chỉ đủ để cân bằng với lực điện tĩnh giữa chúng theo đẳng thức (3.117), nên khoảng cách R_{dip} giữa chúng không hề thay đổi.

b) Trạng thái năng lượng của photon.

Việc DQ quay với vận tốc góc đủ lớn như được xem xét ở mục trên, sẽ hình thành một vật thể trung hoà về điện và xuất hiện tương tác hấp dẫn, mà điều này cũng tương đương với việc DQ chuyển từ không gian vật chất này sang một không gian vật chất khác *không đồng nhất với nhau*, kết quả là định luật bảo toàn động lượng không còn tác dụng vì tính đồng nhất của không gian bị phá vỡ vào thời điểm chuyển tiếp đó. Cụ thể là tổng động lượng ban đầu của DQ không bằng động lượng của photon được hình thành sau đó – đây là điều mà lý thuyết hiện hành không tính đến được do quan niệm về một “quán tính tự thân” – như nhau trong trường hấp dẫn cũng như trong trường điện:

$$m_{e^+} \mathbf{V}_{e^+} + m_{e^-} \mathbf{V}_{e^-} \neq m_{ph} \mathbf{c}, \quad (3.122)$$

với \mathbf{c} là vận tốc chuyển động của photon trong trường hấp dẫn. Thậm chí việc áp dụng định luật bảo toàn động lượng của vật lý hiện hành đã dẫn đến kết luận là khi 2 hạt e^+ và e^- “hủy nhau” sẽ phải sinh ra 2 photon chuyển động ngược chiều nhau! Tuy nhiên, với năng lượng thì khác, nói theo ngôn ngữ của cơ học hiện hành, chính tính đồng nhất của “thời gian” đã dẫn đến định luật bảo toàn năng lượng, và vì vậy, nó có thể ứng dụng được để giải bài toán này.

Ngoại năng của DQ sau khi trung hòa, trở thành photon sẽ không còn chứa thành phần thế năng trong trường điện $U_d(R_T)$ nữa mà thế năng này hoàn toàn chuyển thành thế năng trong trường hấp dẫn của Trái đất $U_h(R)$ xác định theo biểu thức (2.46), còn động năng trong trường điện (với khối lượng quán tính trong trường điện m_{DQ}) chuyển hóa thành động năng trong trường hấp dẫn (với khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn m_{ph}) nhưng tỷ lệ giữa thế năng và động

năng không còn như trước nữa, ta chỉ có thể viết biểu thức ngoại năng của photon giống như với bất kỳ một thực thể vật lý nào khác có tương tác hấp dẫn:

$$W_{phng}(R) = \frac{m_{ph}c^2}{2} + U_h(R), \quad (3.123)$$

ở đây, vì khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn của photon cũng bằng khối lượng hấp dẫn của nó, do HQC của Trái đất (hoặc của bất kỳ một vật thể nào tương đương) có khối lượng hấp dẫn $M \gg M_{ph} = m_{ph}$ trong đó photon được hình thành, nên có thể coi là HQC khối tâm chung của nó với photon (xem mục 2.1.4) và do đó, ta có thể biểu diễn thế năng của photon trong trường hấp dẫn ở dạng:

$$U_h(R) = \frac{\gamma M}{R} m_{ph} \quad (3.124)$$

Tuy nhiên, nếu đem so sánh biểu thức ngoại năng của photon (3.123) với ngoại năng của một thực thể vật lý khác trong trường hấp dẫn theo biểu thức (2.74) hay (2.121), ta thấy có sự khác biệt rất lớn, đó là thành phần động năng của photon không được sinh ra do sự chuyển hóa của thế năng của nó trong trường hấp dẫn như đối với các thực thể vật lý có tương tác hấp dẫn khác, mà trái lại, chỉ do sự chuyển hóa động năng của DQ trong trường điện mà thành. Và do đó, động năng của các photon cũng giống như của các graviton, chỉ khác nhau khác nhau ở khối lượng hấp dẫn m_{ph} của chúng mà thôi. Chính vì vậy, vận tốc của ánh sáng mới không bao giờ phụ thuộc vào vận tốc của vật thể mà nó phản xạ (tiên đề 2 của thuyết tương đối hẹp là có cơ sở); điều này hoàn toàn tuân theo quy luật “lượng đổi-chất đổi” của vật chất đã nói tới ở Chương I, mục 1.2.2. Thay (3.124) vào (3.123) rồi rút gọn lại, ta được:

$$W_{phng}(R) = \frac{m_{ph}}{2} \left(c^2 + 2 \frac{\gamma M}{R} \right). \quad (3.125)$$

Để dàng nhận thấy rằng số hạng thứ 2 bên trong dấu ngoặc đơn của biểu thức (3.125) chính là bình phương vận tốc vũ trụ cấp II – vận tốc thoát của một vật thể từ khoảng cách R tới tâm của vật thể có khối lượng hấp dẫn M nơi photon được sinh ra:

$$V_{II} = \sqrt{\frac{2\mathcal{M}}{R}} = \sqrt{2gR}. \quad (3.126)$$

Trong trường hợp ngoại năng của DQ không thay đổi sau khi đã biến thành photon, có thể cân bằng ngoại năng của DQ theo (3.109) với ngoại năng của photon theo (3.125), rồi rút ra khối lượng quán tính cho photon trong trường hấp dẫn:

$$m_{ph} = 2 \frac{V_{DQ}^2 + V_{dII}^2}{c^2 + V_{II}^2} m_e, \quad (3.127)$$

ở đây ký hiệu
$$V_{dII} = \sqrt{\frac{2U_d(R_q)}{m_{DQ}}}, \quad (3.128)$$

và thể theo hình thức luận (3.126) cũng có thể coi như (3.128) là vận tốc thoát của một điện tích thử (ở đây là DQ) ra khỏi trường điện của điện tích q từ khoảng cách R_q – nơi có “DQ-tiền photon” đang tồn tại ở đó. Từ biểu thức (3.127) có thể thấy vì $c \gg V_{DQ}$ nên khối lượng quán tính của photon luôn nhỏ hơn tổng khối lượng quán tính riêng của 2 hạt e^+ và e^- cấu thành nên nó: $m_{ph} < 2m_e$ và vì thế, về bản chất nó khác hẳn với các tia γ được hình thành nên từ DR như đã thấy ở mục 3.4.1 mà theo lý thuyết hiện hành vẫn đồng nhất nó với photon – một sự thiếu nhất quán xét từ phương diện năng lượng.

Cuối cùng, cần xác định năng lượng toàn phần của photon trong trường hấp dẫn bằng:

$$W_{ph}(R) = W_{phn}(R) + W_{phng}(R). \quad (3.129)$$

Vì photon chuyển động với vận tốc tới hạn nên theo nguyên lý nội năng tối thiểu, ta phải có:

$$W_{ph}(R) = 2W_{phng}(R) = m_{ph}c^2 + 2U_h(R), \quad (3.130)$$

với lưu ý là thành phần thứ 2 trong công thức (3.130) này liên quan tới thế năng trong trường hấp dẫn ngay tại điểm phát sinh photon chứ không phải tại bán kính tới hạn của trường hấp dẫn như ở công thức (2.79) hay (2.126). Nói cách khác, trong trường hấp dẫn, chuyển động của photon không phải rơi tự do, cũng chẳng phải theo quán tính và do vậy, chỉ còn có thể là chuyển động cong. Nhưng như vậy cũng có nghĩa là năng lượng toàn phần của photon không thể là hằng số trong suốt quá trình chuyển động được, trái lại, do có sự thất thoát năng lượng trong quá trình chuyển hóa giữa các dạng năng lượng khi chuyển động, năng lượng toàn phần của nó sẽ phải giảm dần theo khoảng cách như đã được nói tới ở Chương II, mục 2.2.3. Sự giảm năng lượng này đồng nghĩa với sự giảm khối lượng quán tính m_{ph} của photon trong trường hấp dẫn. Có thể thấy rõ điều này, nếu thay biểu thức (3.124) vào (3.130), có tính đến (3.126):

$$W_{ph}(R) = m_{ph}(c^2 + V_H^2). \quad (3.131)$$

Lưu ý trong điều kiện trên bề mặt Trái đất, $V_H \approx 11,2\text{km/s}$, trường hấp dẫn chỉ gây ra một sai lệch cỡ:

$$\delta \approx 100 \frac{V_H^2}{c^2} \approx 100 \frac{11,2^2 \times 10^6}{9 \times 10^{16}} = 1,4 \times 10^{-7} \%$$

so với năng lượng của photon được đánh giá từ thuyết tương đối, và ngay cả đối với photon được sinh ra trên bề mặt của Mặt trời với vận tốc thoát $V_H = 617,7\text{ km/s}$, sai lệch cũng chỉ có:

$$\delta \approx 100 \frac{V_H^2}{c^2} \approx 100 \frac{617,7^2 \times 10^6}{9 \times 10^{16}} \approx 4,3 \times 10^{-4} \%$$

Nhưng vấn đề sẽ khác đối với các ngôi sao neutron có vận tốc thoát lớn hơn hàng trăm lần, khi đó, năng lượng của photon trên thực tế sẽ bị sai lệch đáng kể so với tính toán theo công thức của Einstein.

Nếu tính đến giả thuyết của Planck:

$$W_{ph} = hf_{ph}, \quad (3.132)$$

kết hợp với biểu thức (3.129), ta có thể viết:

$$hf_{ph} = m_{ph}(c^2 + V_H^2) \quad (3.133)$$

Từ đây có thể biểu diễn khối lượng quán tính của photon trong trường hấp dẫn theo tần số quay của nó:

$$m_{ph} = \frac{hf_{ph}}{c^2 + V_H^2}. \quad (3.134)$$

d) Chuyển động của photon trong trường hấp dẫn.

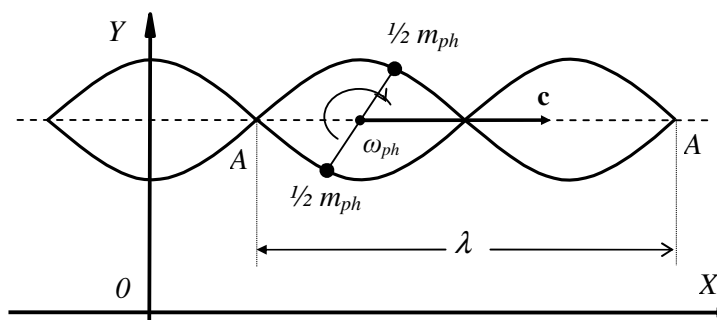
Cần lưu ý rằng photon có khối lượng hấp dẫn nên cũng có khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn, trong khi DQ chỉ có khối lượng quán tính trong trường điện mà không có khối lượng hấp dẫn, hơn nữa, vì tương tác điện và tương tác hấp dẫn rất khác xa nhau về cường độ như đã nói ở trên, nên ta phải xem xét chuyển động của nó riêng rẽ trong từng loại trường một.

+ Hình dáng quỹ đạo.

Tuy photon có cấu trúc là DQ gồm e^- và e^+ , nhưng khi đã rời xa các điện tích ở khoảng cách lớn hơn bán kính tác dụng R_T , nó chỉ còn khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn như ta đã biết. Khi đó, có thể biểu diễn nó dưới dạng một “quả tạ cầm tay” có chiều dài bằng R_{dip} , với khối lượng bằng m_{ph} phân đều cho 2 nửa của nó và quay quanh khối tâm O như trên Hình 3.11; khối tâm này lại chuyển động với vận tốc c . Lại một lần nữa, có thể thấy sự khác biệt rất lớn giữa

không gian vật lý với không gian vật chất được quy định bởi trường lực thế – “cái mà ta nhìn thấy” có thể chưa phải là “cái thật sự đang xảy ra”! Trong mô hình này, tần số của photon $\omega_{ph} = 2\pi f_{ph}$ chính là tần số quay của photon trong HQC thật của Trái đất hay của bất kỳ một vật thể vĩ mô nào mà photon chuyển động trong đó. Một photon như vậy sẽ có “bước sóng” bằng:

$$\lambda = \frac{c}{f_{ph}} . \tag{3.135}$$



Hình 3.11. Mô hình chuyển động của photon trong trường hấp dẫn

Thay f_{ph} từ biểu thức (3.117) vào (3.135) rồi giản ước đi, ta được:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot c}{V_{ph}} R_{dip} . \tag{3.136}$$

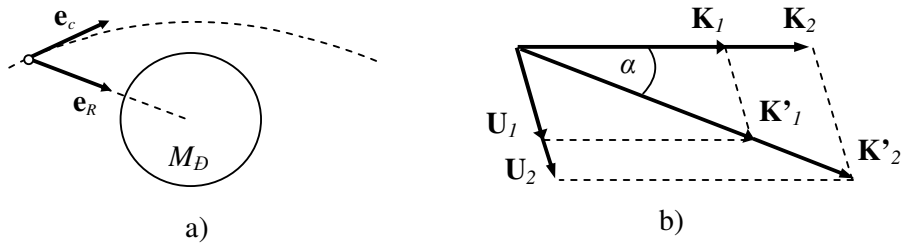
Vì $V_{ph} < c$, nên từ biểu thức (3.136) có thể thấy $\lambda > \pi R_{dip}$.

+ Hiện tượng tia sáng bị bẻ cong trong trường hấp dẫn mạnh.

Đây còn gọi là hiện tượng thấu kính hấp dẫn đã được biết tới trong thiên văn học. Ngay ở đây cũng thấy có sự khác biệt giữa tác động của trường điện và trường hấp dẫn lên photon: trong khi trường điện (của các nguyên tử trong thủy tinh) khiến các photon bị lệch hướng với những góc và vận tốc khác nhau, thì

trong trường hấp dẫn, tất cả các photon với mọi tần số đều bị lệch hướng như nhau và, tất nhiên, với vận tốc không thay đổi (xem Hình 3.12a). Điều này thật dễ hiểu nếu lưu ý rằng cả động năng lẫn thế năng của photon trong trường hấp dẫn đều tỷ lệ thuận với khối lượng của nó trong trường hấp dẫn đó (đừng quên khối lượng quán tính của photon trong trường hấp dẫn bằng chính khối lượng hấp dẫn của nó: $m_{ph} = M_{ph}$):

$$\mathbf{K} = \frac{c^2}{2} \mathbf{e}_c m_{ph} \quad \text{và} \quad \mathbf{U} = \frac{\gamma M_D}{R} \mathbf{e}_R M_{ph}. \quad (3.137)$$



Hình 3.12. Sự lệch hướng của photon trong trường hấp dẫn

Như vậy, đối với 2 photon có tần số khác nhau, tức là có năng lượng khác nhau, ta vẫn luôn luôn có:

$$\mathbf{K}_1 = \frac{c^2}{2} \mathbf{e}_c m_{ph1}; \quad \mathbf{K}_2 = \frac{c^2}{2} \mathbf{e}_c m_{ph2} \quad (3.138)$$

và

$$\mathbf{U}_1 = \frac{\gamma M_D}{R} \mathbf{e}_R M_{ph1}; \quad \mathbf{U}_2 = \frac{\gamma M_D}{R} \mathbf{e}_R M_{ph2}. \quad (3.139)$$

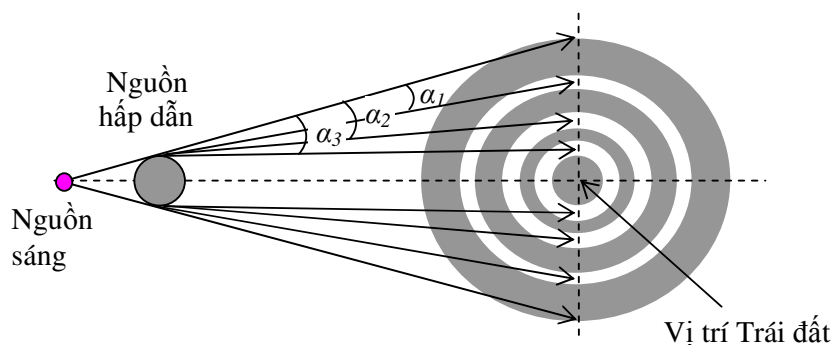
Từ đây, dễ dàng thấy được rằng:

$$\frac{\mathbf{K}_1}{\mathbf{K}_2} = \frac{\mathbf{U}_1}{\mathbf{U}_2} = \frac{m_{ph1}}{m_{ph2}} = \frac{M_{ph1}}{M_{ph2}}. \quad (3.140)$$

Điều này cũng có nghĩa là từ Hình 3.12b, có thể suy ra góc lệch của cả 2 photon với 2 tần số khác nhau đều bằng α – chính là điều mà các kết quả quan sát thiên văn đã xác nhận. Tuy nhiên, điều đáng nói ở đây là sự lệch hướng của tia sáng này hoàn toàn không liên quan gì tới việc “cong” của cái gọi là “không-thời gian” cả.

+ *Hiện tượng nhiễu xạ hấp dẫn.*

Sự tương tác yếu của photon với các thiên thể có khối lượng hấp dẫn lớn đã dẫn đến sự lệch hướng của nó như vừa nói ở trên. Tuy nhiên, cũng giống như sự lệch hướng của photon trong trường điện đã được xét tới trong bài “Nguyên lý tác động tối thiểu và cơ học lượng tử” [7], góc lệch hướng chuyển động của photon trong trường hấp dẫn thuần túy (không có tương tác điện) cũng không thể liên tục mà chắc chắn phải theo những lượng tử góc hữu hạn $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3$. Vì vậy, việc quan sát hiện tượng này từ Trái đất sẽ thu được bức tranh nhiễu xạ giống như đối với photon khi bay qua một vật chắn (xem Hình 3.13). Hiệu ứng này không nằm trong khuôn khổ của cả cơ học lượng tử lẫn thuyết tương đối rộng.

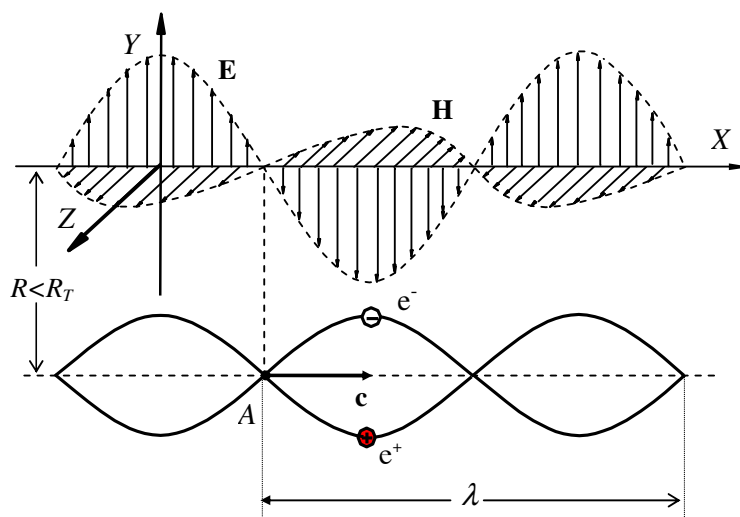


Hình 3.13. Hiện tượng nhiễu xạ hấp dẫn trong Thiên văn

e) *Chuyển động trong trường điện.*

Khi photon chuyển động trong phạm vi bán kính tác dụng R_T gần các điện tích khác, như mục 3.2.2 “cơ sở hình thành trường điện động” chúng ta đã biết:

khi các điện tích chuyển động trong trường điện, giữa chúng sẽ xuất hiện tương tác điện động mà theo ngôn ngữ của vật lý hiện hành (điện động lực học Maxwell) gọi là “từ trường” đặc trưng bởi véc tơ cường độ từ trường \mathbf{H} vuông góc với véc tơ cường độ điện trường \mathbf{E} . Lúc này, cần phải tính đến cấu trúc DQ của photon với cặp $e^- - e^+$, và vì vậy, trong phạm vi bán kính tác dụng R_T này, ngoài các đường cong biểu diễn quỹ đạo chuyển động của các e^- và e^+ giống như đối với photon trong trường hấp dẫn, còn có thể mô tả cả sự biến thiên phân trường của các điện tích này trong HQC ảo XYZ , theo một hướng bất kỳ nào đó (ví dụ, trùng với phương chuyển động của photon) như trên Hình 3.14.



Hình 3.14. Chuyển động của HẠT photon tạo nên “sóng điện từ”.

Ở đây có thể thấy các véc tơ cường độ điện trường \mathbf{E} và “từ trường” \mathbf{H} vuông góc với nhau trong HQC ảo XOY đặt cách trục chuyển động của photon một khoảng bằng $R < R_T$. Không khó khăn gì để có thể nhận ra rằng tại mặt phẳng vuông góc với phương chuyển động của photon, cắt qua điểm giao A của các quỹ đạo chuyển động của e^- và e^+ , cường độ điện trường \mathbf{E} triệt tiêu, còn khi các quỹ

đạo này ở xa nhau nhất – cường độ điện trường đạt cực đại, lưu ý véc tơ \mathbf{E} hướng từ điện tích (+) sang điện tích (-). Nói cách khác, đồng hành cùng với phần vật thể của các e^- và e^+ là phần trường điện bị biến thiên của chúng như một thực thể vật lý thống nhất. Bên cạnh đó, chuyển động của các điện tích này còn có thể được xem như những dòng điện, và hơn thế nữa, là những dòng điện khép kín được tách biệt bởi các điểm giao với trục X , vì vậy “từ trường” do do chúng “sinh ra” hoàn toàn giống như từ trường của vòng dây có dòng điện chạy qua. Khi đó, véc tơ cường độ từ trường \mathbf{H} đương nhiên phải vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo chuyển động của các điện tích, và cũng tức là vuông góc với nhau như các phương trình Maxwell đã mô tả.

Nhưng khác với sóng điện từ của Maxwell, sóng điện từ ở đây về thực chất không tồn tại một cách độc lập với các hạt cơ bản e^- và e^+ trong suốt quá trình lan truyền của nó, trái lại, nó chỉ là phần trường đồng hành cùng với các hạt này khi chúng kết hợp với nhau để trở thành photon như đã thấy, và cái gọi là “véc tơ cường độ điện trường \mathbf{E} ” hay “véc tơ cường độ từ trường \mathbf{H} ” tại HQC ảo vừa nói đó cũng vẫn chỉ là ảo, nếu trong phạm vi bán kính tác dụng của photon, không có điện tích nào tồn tại. Nói cách khác, “song hành” với cặp e^-e^+ – photon này, chỉ là một “tiềm năng” của một “sóng điện từ”, nó sẽ chỉ được thể hiện ra khi có các điện tích ở đó. Chính vì vậy, các phương trình Maxwell chỉ là công cụ tính toán một cách thuận lợi những thông số nhất định của hiện tượng điện từ, nhưng hoàn toàn không phải là mô hình của một thực tại vật lý cụ thể như đối với cơ học Newton.

g) Nhận xét.

+ Với cấu trúc này, lưỡng tính sóng-hạt của photon hoàn toàn có thể lý giải được, hơn thế nữa, nó còn giúp ta hiểu được vì sao điện động lực học lượng tử (QED) lại có thể thành công đến vậy trong việc giải thích các hiện tượng liên quan

đến ánh sáng (nhiều xạ, giao thoa...) nhờ cách tính xác suất theo phương pháp của Pheymann – bản thân chiều dài R_{dip} của photon quay với tần số f_{ph} đã đóng vai trò làm “véc tơ biên độ xác suất” đó, còn “pha” của véc tơ đó chính là tương ứng với pha của photon – một sự trùng hợp ngẫu nhiên? Ta sẽ còn quay lại “tính chất sóng” này của photon khi nó tương tác với trường lực thế tại khe hẹp của màn chắn ở mục 3.4c sau đây.

+ Trong thí nghiệm của Michelson-Morley, các photon chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái đất hầu như không bị ảnh hưởng của Mặt trời hay Thiên hà, do lực hấp dẫn của chúng đối với photon quá nhỏ so với lực hấp dẫn của Trái đất, và thời gian chuyển động của các photon trong thí nghiệm quá nhỏ so với thời gian thay đổi sự ảnh hưởng vốn cũng đã quá nhỏ bé của các lực đã nói; chính vì vậy, cho dù sau khi đã phản xạ lại từ các gương theo các con đường khác nhau của thiết bị thí nghiệm, tất cả các photon đều không hề bị ảnh hưởng do chuyển động của Trái đất xung quanh Mặt trời hay của Mặt trời quanh nhân Thiên hà. Kết quả của thí nghiệm Michelson-Morley hoàn toàn phù hợp với bản chất hạt của photon. Trong một số tài liệu, người ta thường nói tới kết quả của thí nghiệm này như là “bằng chứng của việc tốc độ ánh sáng không phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của nguồn sáng” là sai với sự thật. Trái lại, nhiều nhất nó cũng chỉ là bằng chứng cho sự không tồn tại của cái gọi là “gió ether” mà thôi. Còn nếu photon là hạt như chúng ta đã thấy, thí nghiệm này chẳng nói lên được điều gì cả, hay nói cách khác, nếu photon là hạt thì kết quả của thí nghiệm đương nhiên phải như vậy.

+ Bên cạnh đó, từ biểu thức (3.133), có thể rút ra được vận tốc của photon trong trường hấp dẫn có vận tốc thoát tại vị trí đó là V_{II} bằng:

$$c = \sqrt{\frac{hf_{ph}}{m_{ph}} - V_{II}^2} . \quad (3.141)$$

Từ biểu thức (3.141) có thể thấy nếu trường hấp dẫn quá yếu, có thể coi như vận tốc thoát $V_H \sim 0$, tức là vận tốc của photon xấp xỉ bằng vận tốc ánh sáng trong “chân không” theo nghĩa cổ điển. Nhưng nói chung, trong chân không theo nghĩa “không gian thuần” đã nói tới ở mục 1.1.2, theo công thức (3.141), photon có vận tốc nhỏ hơn so với trong “chân không lý tưởng” của vật lý cổ điển khi $V_H = 0$. Nói cách khác, nếu phép đo vận tốc ánh sáng được thực hiện trên một phi thuyền ở cách xa Trái đất và các thiên thể khác, kết quả đo được chắc chắn sẽ phải lớn hơn giá trị $c = 299.792.458$ m/s; còn trên bề mặt của lỗ đen, vận tốc của ánh sáng phải $\equiv 0!$ – nghĩa là nó chẳng có cơ may nào thoát ra cả.

+ Cần phải lưu ý lại rằng năng lượng toàn phần của photon bao gồm cả 2 thành phần: năng lượng điện ở cự ly nhỏ hơn bán kính tác dụng R_T của DQ và năng lượng hấp dẫn ở cự ly lớn hơn bán kính đó. Đó chính là nguyên nhân vì sao photon vẫn tương tác với các điện tích khác khi ở cự ly gần (khi va chạm hoặc đi qua chúng ở khoảng cách nhỏ hơn bán kính tác dụng); gần đây, người ta đã tạo ra được môi trường trong đó, photon chuyển động với vận tốc chỉ vài m/s, thậm chí gần như dừng hẳn – nếu photon thật sự trung hòa hoàn toàn về điện thì không thể có được hiện tượng này, và ngay cả tương tác của nó với electron hay positron cũng không có nốt.

Tóm lại, photon được hình thành từ DQ trong một điều kiện nhất định chứ không phải do electron “bức xạ” ra khi nó chuyển mức trong nguyên tử như trong lý thuyết hiện hành. Cơ chế “bức xạ” photon của các nguyên tử sẽ được xem xét tới ở mục 3.6 mà, về thực chất, cũng chỉ là hiện tượng phản xạ photon của các chất mà thôi. Photon không đồng nhất với năng lượng mà chỉ là một loại hạt sơ cấp có năng lượng giống như bất kỳ một thực thể vật lý nào khác; nó cũng không hề là “lượng tử trường điện từ” nào cả. Điều này giúp giải tỏa những bất cập, thậm chí đến phi lý do cơ chế “bức xạ photon” gây nên, ví dụ như bất cập của “mức

năng lượng nguyên tử” ở Phụ lục 14, đặc biệt là cơ chế “hủy hạt” sinh ra năng lượng và sự “sinh hạt” từ năng lượng (?) một cách siêu hình, để rồi biến năng lượng từ một tính chất của vật chất trở thành một substance tương đương với vật chất, hay kể cả là trở nên một “dạng tồn tại của vật chất” một cách cố kết với nghĩa không được cấu tạo từ các hạt cơ bản. Và qua đây, cũng thấy rõ không cần phải gán cho photon cái gọi là “hạt mang tương tác điện” đầy bí hiểm đến mức phải coi là “ảo” hay “ma quái” nào hết. Tức là cái gọi là “lượng tử hóa trường điện từ” trong đó, các “photon ảo” đóng vai trò “hạt mang tương tác” chỉ là một cách gán ghép nhân tạo theo ý muốn chủ quan của con người, do con người tưởng tượng ra nhằm lý giải hiện thực khách quan chứ không phải là chính tồn tại khách quan đó (điều này có khác gì người xưa cho rằng sét là do “ông Thần sét” tạo ra?).

4. Tương tác của photon với các vật thể.

a) Khái niệm chung.

Trong cơ học, sự va chạm của các vật thể về thực chất là do tương tác đẩy nhau giữa các e^- ở lớp ngoài cùng của các nguyên tử và phân tử cấu tạo nên vật thể gây nên. Các công thức (2.57) và (2.58) ở Chương II, cho ta thấy sự thay đổi vận tốc của các vật thể sau khi va chạm trong HQC không nằm trên bất kể vật thể nào trong chúng. Tuy nhiên, với photon, tình thế đã thay đổi. Với cấu trúc DQ cùng với cơ chế tự duy trì sự cân bằng giữa nội năng và ngoại năng trong trường hấp dẫn, vận tốc chuyển động của photon luôn là hằng số nên sự thay đổi năng lượng của nó sau khi va chạm chỉ có thể do thay đổi tần số f_{ph} của nó mà thôi. Tuy nhiên, cũng chính cấu trúc DQ này của photon khiến cho những va chạm của nó với các vật thể vĩ mô có cấu trúc nguyên tử hay phân tử trở nên phức tạp hơn nhiều. Sự va chạm của photon với bề mặt của các vật thể, về thực chất, là sự va chạm của e^- và e^+ trong cấu trúc DQ của nó với những nguyên tử và phân tử này. Kết quả của va chạm sẽ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố trong đó phải kể đến trạng

thái động học của các e^- và e^+ trong photon cũng như của các e^- trong cấu trúc nguyên tử của vật thể, trạng thái nhiệt động của chính các nguyên tử v.v..

Chính vì vậy, việc xem xét va chạm của từng photon riêng lẻ với vật thể là một bài toán phức tạp, không đơn trị, mang tính xác suất, và sẽ là một đề tài nghiên cứu cho nhiều thế hệ. Trong phần này, chúng ta chỉ giới hạn bài toán trong phạm vi mà những hiệu ứng nhận được có tính chất đại diện thống kê, có tính phổ quát đối với một tập hợp photon chứ không phải với từng photon. Chẳng hạn như định luật phản xạ và khúc xạ của ánh sáng, hiệu ứng Dopler v.v.. không thể coi là đúng cho từng photon riêng lẻ vừa nói được. Ta có nhận xét rằng xét về tổng thể theo nghĩa thống kê, có thể coi ánh sáng như tập hợp các e^- và e^+ chạy theo quỹ đạo đã được mô tả trên Hình 3.14, và vì dạng chuyển động của e^- và e^+ này đối với mọi photon đều giống nhau và khoảng cách giữa 2 điểm trên đường trung bình (còn gọi là “nút sóng”) chính là bước sóng λ của chúng, nên có thể không cần quan tâm cụ thể tới từng hạt e^- hay e^+ nữa (hoặc quy định tại các “nút” đó chỉ là các e^- , hoặc chỉ là các e^+ , không quan trọng) mà chỉ phải đánh dấu các “nút” này trong quá trình va chạm của cả tập hợp thống kê những photon nói trên, và trên suốt đường truyền của tia sáng. Như đã nhận xét ở mục 3.5.3e, ở đây không có khái niệm vật thể “bức xạ” photon như vật lý hiện hành mà luôn luôn chỉ là phản xạ các photon tới. Tuy nhiên, tùy thuộc vào cách thức trao đổi năng lượng giữa photon và vật thể mà nó va chạm, ta có thể phân biệt một số trường hợp tương tác đặc trưng:

+ *Hiện tượng phản xạ của photon từ một vật thể, nhưng năng lượng của photon phản xạ không thay đổi (va chạm đàn hồi) hoặc chỉ thay đổi thuần túy do động năng chuyển động của vật thể mà nó va chạm, gọi là hiện tượng **phản xạ thụ động**.*

Với tình huống thứ nhất, tần số của photon đương nhiên không thay đổi, nên không cần xem xét. Ở tình huống thứ hai, ta có hiệu ứng Doppler do gương chuyển động sẽ được xem xét ở mục (b) sau đây, nhờ đó có thể giải tỏa được bất cập ở Phụ lục 21. Vấn đề là bản thân hiệu ứng Doppler lúc đầu chỉ đặt ra đối với âm thanh – quá trình thuần túy là sóng lan truyền do dao động của không khí khi có sự chuyển động tương đối giữa nguồn phát và máy thu, và sau đó là “sóng điện từ” theo các phương trình của Maxwell với sự chính xác hóa nhờ thuyết tương đối hẹp. Tuy nhiên, photon như đã biết lại là một hạt thật sự chứ không phải là sóng, nhưng là hạt có cấu trúc đặc biệt, được hình thành từ DQ, nên trong quá trình chuyển động, đã tạo ra “sóng điện từ” như vừa được mô tả trên Hình 3.14. Điều này cũng lý giải được việc sử dụng hình thức luận “sóng điện từ” Maxwell là có tính hợp lý nhất định.

+ *Hiện tượng phản xạ của photon từ một vật thể, nhưng năng lượng của photon phản xạ thay đổi do trao đổi năng lượng trực tiếp với các nguyên tử hay phân tử cấu tạo nên vật thể đó, gọi là hiện tượng **phản xạ tích cực**.*

Hiện tượng này được sẽ được xem xét ở mục 4.2, nhờ đó cũng giải tỏa được bất cập về “mức năng lượng nguyên tử” ở Phụ lục 14 do vật lý hiện thời vẫn cho rằng các vật thể có thể “bức xạ photon” (bản thân các vật thể này được gọi là “nguồn bức xạ”), mà những photon này lại được đồng nhất với năng lượng (tính chất của thực thể vật lý) chứ không phải là một thực thể vật lý như mọi thực thể vật lý khác.

Bên cạnh sự va chạm của photon với bề mặt của các vật thể này còn tồn tại một dạng tương tác nữa của photon khi chúng bay ngang qua mép hay khe của một tấm chắn gây nên hiện tượng “nhiều xạ”, và với 2 khe – là hiện tượng “giao thoa” mà vật lý hiện hành vẫn đồng nhất với “tính chất sóng” hết sức siêu hình như được chỉ ra ở Phụ lục 1. Khác với tương tác do va chạm vừa nói ở trên có

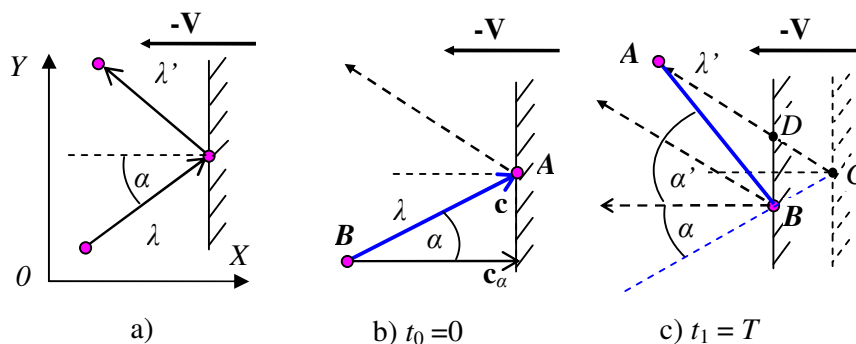
kèm theo sự thay đổi năng lượng của photon, tương tác dạng này chỉ khiến cho photon bị lệch hướng chuyển động với những *lượng tử góc* hữu hạn tuân theo nguyên lý tác động tối thiểu, nhưng không làm thay đổi năng lượng của nó, nên có thể xem xét riêng rẽ đối với từng photon như ở mục (d) và gọi chung là những “biểu hiện giống như sóng” của photon.

Ta sẽ lần lượt nghiên cứu các hiện tượng này theo cách nhìn nhận photon không phải là sóng mà thuần túy là hạt, nhưng có cấu trúc DQ đã nói. Do đó, mặc dù vẫn tồn tại khái niệm “bước sóng” hay “tần số” của photon, nhưng nội dung của nó đã thay đổi phù hợp với cấu trúc DQ này của photon.

b) Sự phản xạ của photon từ bề mặt gương chuyển động

+ Hiệu ứng Doppler dọc.

Giả sử trong HQC gắn với Trái đất có một gương chuyển động với vận tốc V vuông góc với mặt phẳng của gương, và lập thành một góc α với tia sáng chiếu tới như được chỉ ra trên Hình 3.15a, trên đó ký hiệu bước sóng của photon tới là λ còn bước sóng của photon phản xạ là λ' .



Hình 3.15. Hiệu ứng Doppler dọc với gương chuyển động

Giả sử trong HQC Trái đất, photon chuyển động về phía gương với thành phần vận tốc $c_a = c \cdot \cos\alpha$ và tại thời điểm $t_0 = 0$, “nút” A va chạm vào gương như

trên Hình 3.15b. Sau một khoảng thời gian bằng một chu kỳ T của photon, “nút” B đến lượt mình sẽ va chạm vào gương, trong khi “nút” A đã rời bỏ gương với cùng một vận tốc c_α như trước lúc va chạm (xem Hình 3.15c) theo định luật phản xạ, nếu thỏa mãn điều kiện $c_\alpha > V$, tức là thành phần vận tốc của photon theo hướng chuyển động của bề mặt gương (theo trục OX) phải lớn hơn vận tốc chuyển động của chính bản thân gương, vì nếu $c_\alpha = V$, photon sẽ “trượt” dọc theo bề mặt gương mà không va chạm được với nó; còn nếu $c_\alpha < V$, photon sẽ không thể đuổi kịp gương nên đương nhiên va chạm cũng không thể xảy ra. Từ đây suy ra:

$$\alpha > \arccos \beta . \quad (3.142)$$

Điều này về nguyên tắc hoàn toàn có thể kiểm tra được bằng thực nghiệm.

Có thể dễ dàng tính được tổng độ dịch chuyển của cả “nút” B và gương theo trục X trong khoảng thời gian đó bằng:

$$c_\alpha T + VT = \lambda_\alpha = \lambda \cos \alpha . \quad (3.143)$$

Trong khi đó, do “nút” A đã rời bỏ gương theo cùng chiều chuyển động của gương nên nó chỉ còn cách “nút” B theo trục X một khoảng bằng hiệu:

$$c_\alpha T - VT = \lambda'_\alpha = \lambda' \cos \alpha \quad (3.144)$$

với giả thiết góc phản xạ vẫn bằng góc tới α . Điều này có nghĩa là sau khi phản xạ từ gương, khoảng cách giữa 2 “nút” A và B bị rút ngắn lại, mà khoảng cách này lại chính là bước sóng của photon phản xạ, ký hiệu là λ' với hình chiếu của nó theo cùng một góc nghiêng α lên trục X là $\lambda'_\alpha = \lambda' \cos \alpha$.

Từ các biểu thức (3.143) và (3.144), có thể rút ra được mối quan hệ giữa bước sóng của photon phản xạ với bước sóng của photon tới:

$$\lambda' = \frac{\cos \alpha - \beta}{\cos \alpha + \beta} \lambda, \quad (3.145)$$

ở đây ký hiệu $\beta = v/c$. Từ đây cũng có thể viết biểu thức quan hệ cho tần số:

$$f' = \frac{\cos \alpha + \beta}{\cos \alpha - \beta} f. \quad (3.146)$$

Để tiện đánh giá, ta sẽ so sánh biểu thức này với biểu thức nhận được từ thuyết tương đối cho tần số của photon phản xạ f'' :

$$f'' = \frac{1 + \beta^2 + 2\beta \cos \alpha}{1 - \beta^2} f. \quad (3.147)$$

Biểu thức (3.147) được rút ra trực tiếp từ các biến đổi Lorentz mà không đặt ra bất cứ hạn chế nào đối với quan hệ giữa α và β . Có thể thấy ngay rằng nếu ánh sáng chiếu vuông góc với bề mặt gương, tức là $\alpha=0$, hay $\cos \alpha = 1$, thì 2 biểu thức (3.146) và (3.147) cho ra cùng một kết quả:

$$f' = f'' = \frac{1 + \beta}{1 - \beta} f \quad (3.148)$$

Nhưng vấn đề sẽ khác nhiều, nếu $\alpha=\pi/2$, hay $\cos \alpha = 0$, tức là ánh sáng đi “sượt” qua gương mà không va chạm được với nó, theo thuyết tương đối [5] phải có:

$$f'' = \frac{1 + \beta^2}{1 - \beta^2} f, \quad (3.149)$$

mà điều này là không thể, vì chẳng có lý do gì để tần số $f'' > f$ cả, trái lại phải đúng như kết quả nhận được từ biểu thức (3.146) mới là hợp lý. Chỉ riêng điều này thôi cũng chứng tỏ biểu thức (3.147) nhận được từ thuyết tương đối là kém chính xác hơn so với biểu thức chúng ta vừa nhận được, khi xem photon là hạt chứ không phải là sóng.

Trong trường hợp gương chuyển động theo chiều ngược lại, cùng chiều với thành phần vận tốc c_α của photon, ta có biểu thức tương tự như (3.145), nhưng với dấu ngược lại:

$$f' = \frac{\cos \alpha - \beta}{\cos \alpha + \beta} f. \quad (3.150)$$

Trên đây, chúng ta mới chỉ xét đến sự thay đổi tần số của photon phản xạ và góc phản xạ “giả định” của nó theo định luật phản xạ, nhưng chưa đề cập đến góc phản xạ thực tế α' của nó so với bề mặt phản xạ, với tư cách là một “tia sáng” được hình thành từ các “nút”, sau khi đã phản xạ từ bề mặt gương như được chỉ ra trên Hình 3.15c. Bằng cách giải tam giác ABC với lưu ý là cạnh $AC = cT$, cạnh $BC = VT/\cos \alpha$ và góc $\widehat{C} = 2\alpha$, ta được:

$$\widehat{B} = \alpha - \frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{\cos \alpha - \beta}{\cos \alpha + \beta} \cot g(\alpha)\right). \quad (3.151)$$

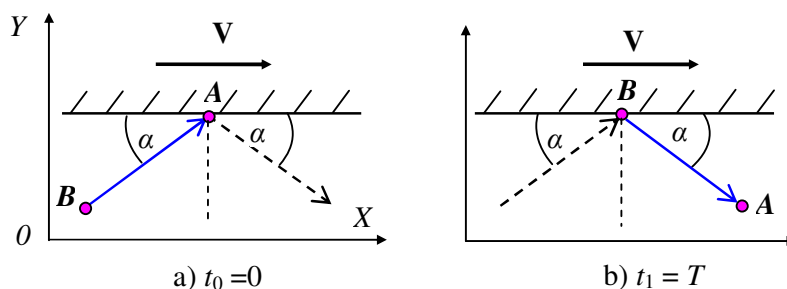
Từ tam giác đều BCD và góc \widehat{B} vừa tính được, có thể rút ra được góc phản xạ thực tế của photon cần tìm:

$$\tan \alpha' = \frac{\cos \alpha + \beta}{\cos \alpha - \beta} \tan \alpha. \quad (3.152)$$

+ Hiệu ứng Dopler ngang.

Giả sử trong HQC gắn với Trái đất có một gương chuyển động với vận tốc \mathbf{V} song song với mặt phẳng của gương, và có một tia sáng chiếu tới lập thành một góc α với bề mặt gương như được chỉ ra trên Hình 3.16a. Vì gương chuyển động song song với bề mặt của nó, nên quan hệ của các “nút” sóng với bề mặt gương là tương đương nhau ở mọi thời điểm – tại thời điểm $t_I = T$, “nút” \mathbf{B} rơi lên bề mặt gương tại đúng vị trí trong HQC XOY mà “nút” \mathbf{A} đã rơi lên trước đó (xem Hình 3.16b). Kết quả là chuyển động của gương không gây nên một ảnh hưởng nào tới

tần số, cũng như hướng thực tế của photon phản xạ. Điều này hoàn toàn trùng với các kết quả nhận được từ cơ học cổ điển và thuyết tương đối hẹp.

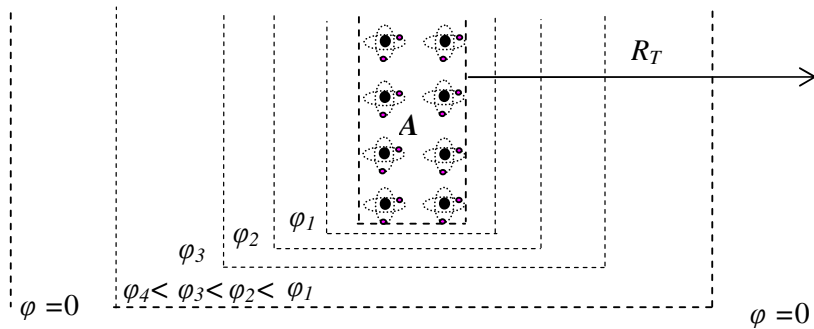


Hình 3.16. Hiệu ứng Dopler ngang với gương chuyển động

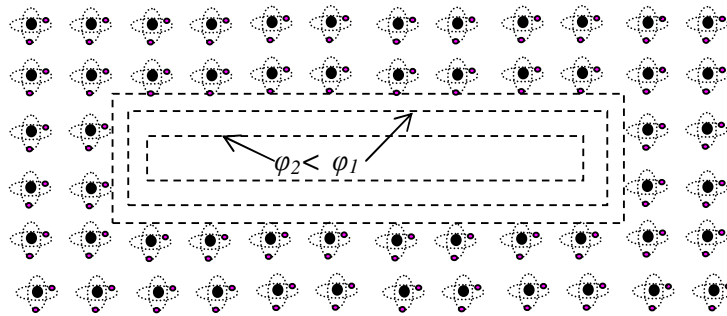
c) *Tính chất sóng của photon.*

Trước tiên cần phải nhắc lại rằng photon chỉ trung hòa về điện ở khoảng cách lớn hơn bán kính tác dụng R_T của DQ cầu thành nên nó, còn khi xuất hiện các điện tích trong phạm vi này, nếu thỏa mãn nguyên lý tác động tối thiểu (1.24), giữa chúng với photon sẽ xuất hiện tương tác điện làm lệch hướng chuyển động của photon. Đó chính là trường hợp đối với các mép tấm chắn (A) được làm từ một vật liệu nào đấy, và chính các nguyên tử hay phân tử của vật liệu này đã tạo nên một trường điện lân cận mép tấm chắn đó với một bán kính tác dụng nào đó, cho dù ở khoảng cách xa hơn bán kính này, trường điện này có thể vẫn được trung hòa (xem Hình 3.17a). Đối với trường hợp có khe hẹp hay lỗ nhỏ bên trong tấm chắn như được mô tả trên Hình 3.17b, trường điện trong đó có thể được tăng cường hơn, nên có thể gây nên tương tác mạnh hơn đối với photon. Về nguyên tắc, càng gần mép tấm chắn, trường điện càng lớn – khả năng làm lệch hướng chuyển động của photon càng lớn, và ngược lại, càng xa mép đó – trường điện càng yếu – khả năng làm lệch này càng kém. Tuy nhiên, góc lệch của photon do tác động của trường điện này tuân theo nguyên lý tác động tối thiểu (1.24), nên chỉ có thể hữu hạn và hoàn toàn xác định. Do đó, có thể mô phỏng trường điện này như một “thấu

kính lõm”, mà đúng hơn là một thấu kính lõm được ghép nên từ vài “tấm” có tiêu cự khác nhau, tương ứng với các góc lệch của photon khi bay qua khe $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3$ như được mô tả trên Hình 3.18. Các góc lệch này được cụ thể hóa cho mép khe hẹp này ở dạng:



a) Trường điện tại lân cận tâm chắn



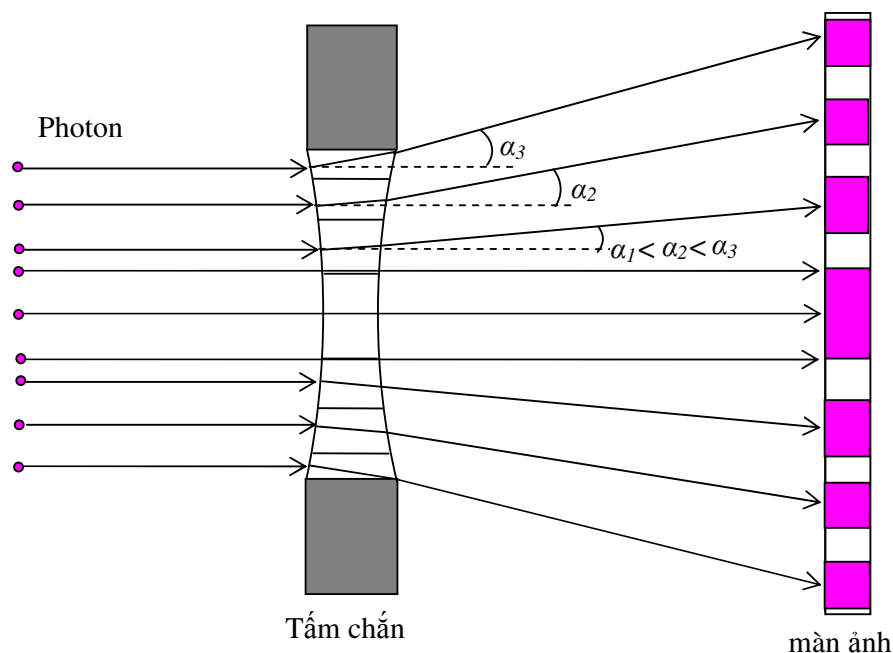
b) Trường điện tại khe hẹp

Hình 3.17. Trường điện tại lân cận tâm chắn hoặc khe hẹp

$$\sum_{n=1} S_{kn} \sin^2 \alpha_{kn} = n \frac{h}{m_p h c} = n \frac{h}{p_c} = n \lambda, \quad (3.153)$$

ở đây λ là bước sóng của photon. Từ đây có thể viết α_{kn} như là hàm của “bước sóng” λ :

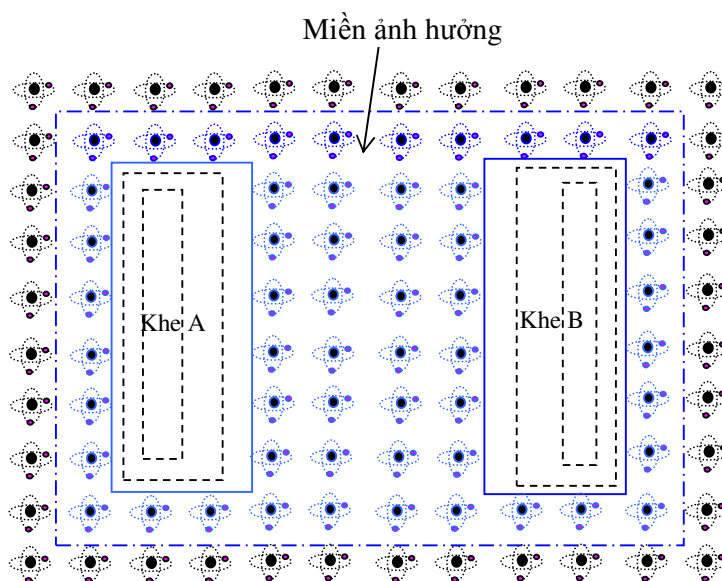
$$\alpha_{kn} = F(\lambda, d, \dots), \quad (154)$$



Hình 3.18. Mô hình “thấu kính lõm” của trường điện tại khe hẹp

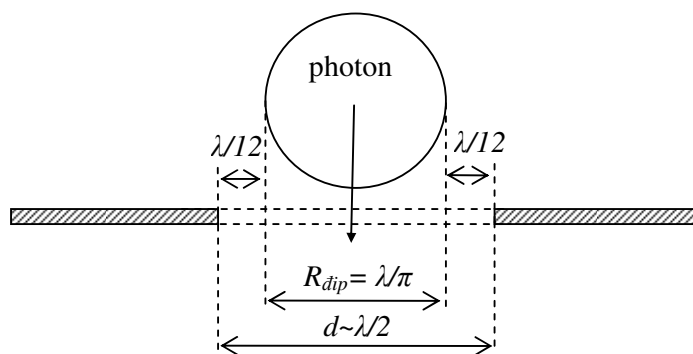
Đối với trường hợp 2 khe hẹp có khoảng cách không quá xa nhau, ngoài trường điện của mỗi khe còn có sự ảnh hưởng qua lại giữa 2 trường điện này. Vấn đề là ở chỗ mỗi khi có một photon bay qua một khe nào đó mà bị lệch đi một góc thì, theo định luật tác động-phản tác động, trường điện của khe đó cũng bị thay đổi đi một lượng tương đương với một tác dụng mà photon đã nhận được từ trường điện đó. Nhưng sự thay đổi này lập tức gây nên “phản ứng dây chuyền” lên các phân tử của vật liệu, mà khâu yếu nhất chính là phần dải phân cách giữa 2 khe, khiến cho trường điện của khe bên cạnh cũng thay đổi tương ứng. Ở các vùng còn lại, do có một khối lượng lớn các phân tử của vật liệu cấu thành, nên tác động nói trên không gây ảnh hưởng nào. Trên Hình 3.19, biểu diễn trường điện trong 2 khe hẹp nhờ các đường đẳng thế. Có thể thấy cường độ trường điện tại lân cận dải phân cách nhỏ hơn hẳn cường độ trường điện tại 3 cạnh còn lại của mép khe. Nói

cách khác, mỗi một photon bay qua 1 khe mà bị lệch đi một góc xác định, sẽ để lại “dấu ấn” của mình lên cả 2 khe thông qua các phân tử của vật liệu cấu tạo nên dải phân cách giữa 2 khe, nên bức tranh nhận được trên màn ảnh có vẻ như do 2 photon qua 2 khe tạo nên – photon dường như bị “phân thân” khi đi qua 2 khe hẹp. Chính vì vậy, khu vực xung quanh 2 khe hẹp *A* và *B* cùng dải phân cách giữa chúng được khoanh lại trên hình vẽ và gọi là “miền ảnh hưởng”. Vì tác động của trường điện lên photon, và ngược lại, chỉ vừa đủ gây nên một tác dụng tối thiểu khiến photon bị lệch khỏi chuyển động ban đầu đi vừa đủ một “lượng tử góc”, nên mọi cố gắng phát hiện xem photon bay qua khe nào (*A* hay *B*?) đều khiến cho bức tranh “giao thoa” biến mất là điều có thể hiểu được. Sự can thiệp này đã vô tình vô hiệu hóa tác động qua lại của photon với khe hẹp, làm lệch hướng bay của photon không theo góc lệch do trường điện của khe hẹp quy định cho nó...



Hình 3.19. Trường điện tại 2 khe hẹp của tấm chắn

Một bằng chứng thực nghiệm khẳng định cho tính đúng đắn của mô hình này chính là hiện tượng ánh sáng chui qua được lỗ có đường kính nhỏ hơn bước sóng của nó được phát hiện cách đây không lâu (năm 1989) một cách hoàn toàn tình cờ trên một cái rây nano làm từ vàng. Trước hết, bản thân đường kính của photon theo biểu thức (3.139) chỉ là $R_{dip} \approx \lambda/\pi$, nên việc nó có thể chui qua một lỗ có đường kính $< \lambda/2$ là hoàn toàn có thể, với điều kiện là trường điện của lỗ phải được làm yếu đi bằng một cách nào đó để không gây nên được một tác dụng lệch hướng nào cho photon. Và ở đây, chính cách tạo lỗ trên rây nano đã khiến cho xung quanh các lỗ đều có các dải phân cách rất hẹp đã phát sinh điều kiện đó, cũng tức là làm giảm bán kính tác dụng của mép lỗ lên photon khi photon bay qua nó. Cụ thể là nếu đảm bảo bán kính tác dụng đó $< \lambda/12$ thì với đường kính lỗ bằng $\lambda/2$, một photon có bước sóng cỡ λ hoàn toàn có cơ may để chui qua mà không có bất cứ sự “nhiều xạ” nào như được chỉ ra trên Hình 3.20.



Hình 3.20. Photon chui qua lỗ có đường kính nhỏ hơn bước sóng của nó.

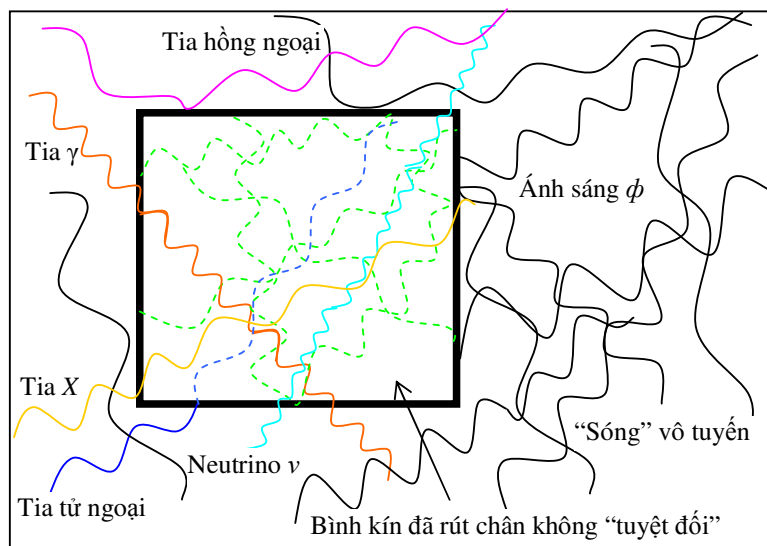
Việc sử dụng toán học để mô hình hóa trường điện tại mép khe này, cũng như trong 2 khe hẹp chưa thực hiện được, nhưng điều này không ảnh hưởng tới việc hiểu đúng bản chất của quá trình vật lý xảy ra ở đây, và hy vọng việc này sẽ được thực hiện trong một ngày gần đây.

5. *Trạng thái cân bằng nhiệt động học của Vũ trụ.*

Trong Vũ trụ, photon tràn ngập khắp nơi với phổ rất rộng từ vài phần Hz tới 10^{18} Hz tương ứng với bước sóng từ vài chục ngàn km tới dưới 0,1 nm và cùng với graviton (tia γ và neutrino) hình thành nên cái gọi là *bức xạ*, chúng có khả năng len lỏi vào mọi góc ngách, tồn tại cùng với các dạng vật chất khác nhau (ngay cả bên trong không gian nội vi của một thực thể vật lý nào đó). Việc cách ly hoàn toàn một vùng không gian nào đó khỏi “biên” bức xạ này là không thể (kể cả trong buồng chân không của các máy gia tốc hạt) vì, như chúng ta đã biết, khoảng cách giữa các nguyên tử của bất kỳ một chất nào cũng vào khoảng 10^{-9} m trong khi kích thước của chính các nguyên tử lại rất nhỏ - chỉ vào khoảng 10^{-11} m, vì vậy, đối với photon (được hiểu là với tất cả các bước sóng có thể có), tia γ và neutrino, thế giới vật chất gần như “trong suốt” – một dạng vật chất này có thể ngăn cản được một số bước sóng này nhưng lại trở nên “trong suốt” đối với các bước sóng khác – kết quả là luôn luôn có một số bức xạ nào đó chui lọt qua những “bức tường” tường chừng “bất khả xâm phạm”. Khi thực hiện hút chân không, chúng ta chỉ có thể đưa ra khỏi bình chứa các phân tử và nguyên tử khí nhưng các bức xạ thì không có cách gì có thể “hút” chúng ra được nên vẫn cứ tồn tại ở trong đó. Số lượng bức xạ cũng như năng lượng của chúng hoàn toàn phụ thuộc vào trạng thái cân bằng nhiệt động của môi trường và bản thân bình chứa. Có những photon với năng lượng lớn (bước sóng ngắn) có thể đi xuyên qua vỏ bình nhưng sau đó bị mất năng lượng (bước sóng dài ra) nên bị nhốt lại trong đó (kiểu “hiệu ứng nhà kính”), thành ra mọi cố gắng “hút chân không tuyệt đối” là vô nghĩa.

Trên Hình 3.21, mô tả hiện tượng này một cách định tính trong đó tia γ hay neutrino đi xuyên qua một cách dễ dàng; một số photon đi vào trong bình rồi phản xạ trở lại như tia X; số khác không có khả năng xuyên qua vỏ bình nên phản xạ ngay trở lại như ánh sáng khả kiến hay tia hồng ngoại; một số khác nữa vào được

trong bình nhưng mất năng lượng nên không thoát ra ngoài được như tia tử ngoại; và có cả một số photon có khả năng lượn vòng qua bình như sóng vô tuyến v.v.. Như vậy, trong một trạng thái cân bằng nhiệt động của một hệ thực thể vật lý nói riêng, và của toàn Vũ trụ nói chung, photon cùng với tia γ và neutrino đóng vai trò trung gian, trung chuyển năng lượng từ vật thể này sang vật thể khác và kết quả là hình thành nên một trạng thái cân bằng nhiệt động tương ứng với phổ năng lượng tần số của photon – phổ này gần như giống nhau ở mọi hướng ngoại trừ những hướng trùng với một ngôi sao nào đó trong bán kính tác dụng R_m như đã nói tới ở Chương I, mục 1.3.1, vì tất cả các bức xạ ở bên ngoài bán kính R_m đều sẽ bị phân rã hoàn toàn trước khi đến được với chúng ta.



Hình 3.21. Việc cách ly một vùng không gian nào đó hoàn toàn khỏi “biển photon” là không thể.

Việc mô tả “biển photon” này đã được thực hiện một cách thành công nhờ thống kê Bose-Einstein như đã biết, theo đó có thể xác lập được mối quan hệ giữa hằng số Planck h với các thông số nhiệt động lực học. Khi đó, nếu xem xét từ góc

độ toàn Vũ trụ vô cùng, vô tận, thì đây chính là *bức xạ nền* mà những người ủng hộ thuyết Big Bang cho rằng nó là một trong 3 “bằng chứng thực nghiệm” có tính thuyết phục của lý thuyết đó; 2 bằng chứng khác là Vũ trụ phải là hữu hạn nếu không “bầu trời sẽ phải sáng về đêm” ở Phụ lục 29 và “sự dịch chuyển đỏ” – định luật Hubble đều có thể được giải thích thỏa đáng bởi cấu trúc DQ của photon nói trên. Cụ thể là hãy thử tưởng tượng ngồi bên trong một quả cầu nóng sáng, ta sẽ đo được bức xạ tương ứng với nhiệt độ của quả cầu đó ở mọi hướng là như nhau. Bây giờ giả sử bán kính của quả cầu đó tăng dần lên $R \rightarrow R_m$, sẽ xuất hiện hiện tượng “dịch chuyển đỏ” – bức xạ nhận được tương ứng với nhiệt độ ngày một thấp dần đi, và nếu như quả cầu đó hoàn toàn trống rỗng, thì khi bán kính của nó đạt tới R_m , nhiệt độ đo được tại tâm của quả cầu sẽ phải bằng 0°K vì các photon phản xạ lại từ mặt trong của quả cầu đến ta đã mất hết năng lượng. Như vậy, có thể thấy cái gọi là *bức xạ nền* tương ứng với nhiệt độ $2,7^\circ\text{K}$ đo được chính là do tất cả các thiên thể trong thiên cầu bán kính R_m quanh chúng ta xác lập nên – những bức xạ bên ngoài thiên cầu bán kính đó không đến được với chúng ta. Nói cách khác, “bức xạ nền” hoàn toàn không liên quan gì đến cái gọi là “Big Bang” cả.

3.6. Nhận xét.

1. Việc chấp nhận tiên đề cho rằng electron và positron là các hạt cơ bản chỉ có tương tác điện chứ không có tương tác hấp dẫn đã làm xuất hiện khả năng coi tương tác hấp dẫn chỉ là “tương tác điện tàn dư” ở cự ly lớn hơn bán kính tác dụng của trường điện – một thể hiện của quy luật “đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập” và quy luật “lượng đổi-chất đổi” – sự đấu tranh giữa “bị động” và “thụ động” ở một mức độ nào đó sẽ dẫn đến sự thay đổi về chất: điện \rightarrow hấp dẫn. Điều này về thực chất đã thống nhất được 2 tương tác này mà không cần phải viện dẫn

thêm bất cứ một giả thiết nào khác, cũng như bất cứ một công cụ toán học có tính nhân tạo nào khác.

2. Sự tách bạch “tương tác từ” ra khỏi cái gọi là “tương tác điện từ” và đặt nó vào đúng vị trí nguyên thủy của nó là “tương tác điện động” đã tạo điều kiện để phát biểu “định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát” cho cả tương tác điện lẫn tương tác hấp dẫn, dựa theo định luật vạn vật hấp dẫn của Newton. Theo quan điểm này, định luật của Newton chỉ nên gọi là “định luật hấp dẫn”, còn định luật tổng quát này mới có thể gọi là “định luật vạn vật hấp dẫn”.

3. Photon là một loại hạt sơ cấp có cấu trúc mà không hề là kết quả của sự “hủy hạt” nào cả. Sự tồn tại của nó chỉ là hệ quả của 2 tiên đề đã được chấp nhận ở đầu chương III này và quan niệm về khối lượng quán tính phụ thuộc cũng như trạng thái năng lượng của vật thể trong chuyển động theo quán tính ở Chương II. Điều này giúp làm sáng tỏ cơ chế của “sự dịch chuyển đỏ” và “bức xạ nền” chỉ liên quan tới sự già hóa của photon do chuyển động phi quán tính trong trường hấp dẫn chứ không liên quan gì tới “định luật Hubble” hay “Big Bang” cả. Mặt khác, cấu trúc này của photon hoàn toàn giải thích được “lượng tính sóng-hạt” của ánh sáng trong khuôn khổ điện động lực học cổ điển mà không cần tới cơ học lượng tử.

CÁC KÝ HIỆU ĐƯỢC SỬ DỤNG

\mathbf{a} – gia tốc tổng hợp của vật thể chuyển động (m/s^2)

\mathbf{a}_F – gia tốc chuyển động của vật thể dưới tác động của lực va chạm (m/s^2)

$\mathbf{a}_A, \mathbf{a}_B$ – gia tốc tuyệt đối của vật thể chuyển động trong HQC ảo (khối tâm) dưới tác động của lực va chạm (m/s^2)

$\mathbf{a}_{AB}, \mathbf{a}_{BA}$ – gia tốc tương đối của vật thể chuyển động trong HQC thực dưới tác động của lực va chạm (m/s^2)

\mathbf{B}, B - từ cảm (T)

c – vận tốc chuyển động tới hạn của các dạng vật chất khi ngoại năng cân bằng với nội năng (m/s)

\mathbf{C}, C – vận tốc lan truyền tương tác của trường lực thế (m/s)

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ – điện tích của electron

$\mathbf{e}_V, \mathbf{e}_F$ – véc tơ đơn vị có hướng trùng với hướng của vận tốc hay lực tác động tương ứng

\mathbf{E}, E – véc tơ và modul cường độ điện trường (V/m)

f – tần số dao động (Hz)

$\mathbf{g}_A, \mathbf{g}_B$ – gia tốc tuyệt đối của chuyển động trong trường lực thế với HQC khối tâm ảo (m/s^2)

$\mathbf{g}_{AB}, \mathbf{g}_{BA}$ – gia tốc tương đối của vật thể chuyển động trong trường lực thế với HQC thực (m/s^2)

\mathbf{g}_γ – cường độ của trường hấp dẫn (m/s^2)

$\mathbf{g}_{\gamma A}, \mathbf{g}_{\gamma B}$ – cường độ tuyệt đối của trường hấp dẫn (m/s^2)

$\mathbf{g}_{\gamma AB}, \mathbf{g}_{\gamma BA}$ – cường độ tương đối của trường hấp dẫn (m/s^2)

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{J.s}$ – hằng số Planck

\mathbf{H}, H - cường độ từ trường (A/m)

$k_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{N.m}^2/\text{C}^2$ – hằng số điện tĩnh

\mathbf{K}, K – động năng của vật thể chuyển động (J)

L – Lagrangien (J)

$L(r)$ - mômen động lượng (J.s)

$m, m_{\vec{a}}, m_M, m_Y$ – tương ứng là khối lượng quán tính chung trong trường hấp dẫn, trường điện, trường hạt nhân mạnh và yếu (kg)

m_A, m_B – khối lượng quán tính riêng trong HQC ảo (kg)

M_A, M_B – tương ứng là khối lượng hấp dẫn của vật thể A và B (kg)

M_F – mô men lực (N.m)

M_q – mômen quay (N.m)

\mathbf{N} – lực đẩy của các vật thể trong tiếp xúc bề mặt với nhau (N)

\mathbf{p}, p – động lượng của vật thể chuyển động (kg.m/s)

\mathbf{P} – công suất (W)

q, Q – điện tích (C)

R – bán kính của các vật thể hoặc khoảng cách giữa chúng (m)

S – diện tích bề mặt (m²)

T – chu kỳ dao động (s)

T – nhiệt độ tuyệt đối (°K)

U_{ab} – hiệu điện thế (V)

$\mathbf{U}(R), U(R)$ – thế năng của vật thể trong trường lực thế (J)

\mathbf{V}, V – vận tốc chuyển động (m/s)

\mathbf{W}, W – năng lượng (J)

$\alpha_h = \gamma M_A M_B$ – hằng số tương tác của trường hấp dẫn (N.m²)

$\alpha_{\vec{a}} = k_e e^2$ – hằng số tương tác của trường tĩnh điện (N.m²)

$\beta = V/c$

$\gamma = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ – hằng số hấp dẫn

$\theta = 2,18 \times 10^{-36} \text{ J.s}$ – tác dụng tối thiểu

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ – hằng số điện môi của chân không

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ - độ từ thẩm của chân không

KHÁI QUÁT

Vật lý học có thể coi như bắt đầu từ khi Galileo phát biểu “nguyên lý quán tính” cho đến nay đã được gần 350 năm. Trải qua cơ học Newton, điện động lực học Maxwell, cơ học tương đối tính Einstein, cơ học lượng tử rồi lý thuyết trường lượng tử và lý thuyết siêu dây, siêu đối xứng... vật lý học những tưởng ngày một tiến đến gần hơn tới chân lý, tới một lý thuyết hợp nhất toàn bộ các tương tác có trong Tự nhiên. Tuy nhiên, điều đó đã và sẽ không thể xảy ra được vì “tòa lâu đài” vật lý vốn được xây nên từ một “nền móng” không vững chắc, dẫn đến hiện tượng “nghiêng” như chính tháp Pisa, nơi mà Galileo đã thực hiện thí nghiệm “roi tự do” nổi tiếng của mình. “Nền móng” không vững chắc đó chính là nền tảng tư tưởng siêu hình, kỳ thị với phép biện chứng duy vật với các khái niệm cơ bản như vật chất, không gian, thời gian, vận động, quán tính v.v.. Nổi cộm lên là quan niệm về một sự “tồn tại tự thân” chứ không phải là “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau” như bản chất của thế giới tự nhiên. Và thay vì đi tìm đến với cội nguồn của các hiện tượng từ cách nhìn tổng quát mang tính triết học, người ta đã né tránh những vấn đề “gai góc” ấy, để cuối cùng phải chấp nhận siêu hình như một “cứu cánh” duy nhất và do đó đã vô tình tự biến vật lý thành một công cụ ngụy biện cho những “ý tưởng điên rồ”, về thực chất, đi ngược lại với tinh thần của khoa học – mặc dù Newton vĩ đại đã có lời cảnh báo: “Vật lý hãy cẩn trọng với siêu hình!”. “Tự nhiên vốn dĩ như vậy” – một câu nói cửa miệng chỉ để tự an ủi cho sự bất lực của chúng ta hơn là thừa nhận những nghịch lý và bất cập ngày càng chất chồng nhiều lên trong vật lý, đẩy khoa học đến với Thượng đế. Bản thân cái gọi là “lý thuyết hợp nhất các tương tác” cũng không nhất quán về “tiêu chí hợp nhất”. “Hợp nhất theo kiểu Maxwell” có tiêu chí là mô tả các tương tác khác nhau, tưởng chừng như độc lập với nhau chỉ bằng một lý thuyết chứ không “phát minh” ra tương tác mới, ví dụ hợp nhất 2 hiện tượng điện và từ, hay 2 hiện tượng điện từ và yếu. Trong khi đó,

việc “hợp nhất” tương tác điện từ, yếu và mạnh (lý thuyết “thống nhất lớn”) và hợp nhất thêm tương tác hấp dẫn (lý thuyết hấp dẫn lượng tử - “lý thuyết của tất cả”) lại theo một “tiêu chí” khác, cụ thể là tìm kiếm điểm hội tụ của các tương tác theo thang năng lượng mà ở đó, các tương tác vốn khác nhau về cường độ sẽ trở nên tương đương nhau và “trở về” thành chỉ có một tương tác duy nhất – “siêu lực” – một loại tương tác đã “cũ” của Tự nhiên (cách đây 13,7 tỷ năm theo thuyết Big Bang!) mà hiện nay không còn bóng dáng nữa – có thể gọi đây là “hợp nhất theo kiểu Darwin – Thuyết Tiến hóa”.

Trên cơ sở phương pháp luận biện chứng duy vật triệt để, tác giả cố gắng trình bày lại những phần cốt lõi nhất của vật lý học theo một trình tự nhất quán, từ cách nhìn thế giới vật chất như một thể thống nhất, phụ thuộc lẫn nhau, không chấp nhận tồn tại tự thân, không phân biệt vi mô hay vĩ mô, loại bỏ ra khỏi vật lý những khái niệm siêu hình vốn đã ăn sâu, bám rễ một cách dai dẳng. Nội dung đó hình thành nên CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC (viết tắt là CDM) tiến tới lý thuyết thống nhất các tương tác có trong Tự nhiên chỉ theo một tiêu chí nhất quán – tiêu chí “Maxwell” – gọi là THUYẾT VẬN ĐỘNG (viết tắt là TVĐ). Tuy mục tiêu của TVĐ không chỉ là các quy luật vận động của riêng *tồn tại khách quan* mà còn cả *tồn tại chủ quan* nữa, nhưng trong phạm vi công trình này, chúng ta sẽ chỉ làm quen với dạng tồn tại thứ nhất của vật chất đó là tồn tại khách quan. Phần nghiên cứu về tồn tại chủ quan hiện mới đang trong giai đoạn phôi thai và nó sẽ là Phần II của CDM nhằm lý giải các hiện tượng “tâm linh” bấy lâu nay bị coi là đối lập với vật chất và mang màu sắc “mê tín dị đoan”. Tuy nhiên, việc phân định chủ quan hay khách quan chỉ là nhằm mục đích đơn giản hóa trong quá trình nghiên cứu của chúng ta chứ không phải có một ranh giới rạch ròi giữa 2 đối tượng đó của thế giới vật chất thống nhất. Ngược lại, sự độc lập tương đối này sẽ biến mất khi phần thứ hai của CDM được hoàn thành và khi đó sẽ có những điều

chính thích hợp, và cũng chỉ khi đó ta mới có quyền nói về một *lý thuyết thống nhất* – TVĐ.

Để dễ so sánh, ta có thể hình dung “Tòa lâu đài” vật lý được xây dựng trong suốt gần 4 thế kỷ qua dựa trên “nền móng” của khái niệm TỒN TẠI TỰ THÂN với 5 tiên đề chính là:

Tiên đề 1 – “Quán tính tự thân” là khả năng của vật thể tự thân chống lại chuyển động do ngoại lực và duy trì trạng thái chuyển động thẳng đều của mọi vật thể khi không có ngoại lực tác động, vì thế, đã đề cập tới chuyển động dù ở bất kỳ dạng nào đều phải cần tới “khối lượng quán tính” – không thể nào khác được; đó chính là “sợi xích sắt” kết nối toàn bộ mọi đối tượng vật lý và chính cả bản thân vật lý.

Tiên đề 2 – “Không gian và thời gian” ở hai cấp độ: cấp độ tuyệt đối theo đó tồn tại không gian và thời gian tuyệt đối chứa đựng trong đó toàn bộ thế giới vật chất và độc lập với thế giới vật chất đó (cơ học Newton) và cấp độ tương đối theo đó tồn tại không gian và thời gian tương đối, gắn chặt với nhau, nhưng phụ thuộc vào vật chất trên danh nghĩa nhưng, về thực chất, lại chỉ mới là không gian hình học – kết quả của tư duy trừu tượng chứ chưa phải là chính thực tại khách quan – không gian vật chất.

Tiên đề 3 – “Nguyên lý tương đối” với 3 cấp độ: cấp độ 1 theo đó các quy luật vật lý đều như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính với mọi giá trị vận tốc kể cả vô cùng lớn, hay còn gọi là nguyên lý tương đối Galileo; cấp độ 2 được Einstein bổ xung thêm tiên đề về sự không phụ thuộc vận tốc ánh sáng vào chuyển động của HQC quán tính, về thực chất, dẫn đến sự giới hạn vận tốc chuyển động của mọi vật thể trong HQC quán tính bởi vận tốc ánh sáng trong chân không; còn cấp độ 3 được Einstein mở rộng ra cho mọi HQC với việc công nhận thêm nguyên lý tương đương như một tiên đề.

Có 2 tiên đề cơ bản dành cho thế giới vi mô:

Tiên đề 4 – “lưỡng tính sóng-hạt” theo đó mọi đối tượng vật lý đều có tính chất sóng và tính chất hạt.

Tiên đề 5 – “lượng tử hóa năng lượng” theo đó năng lượng không liên tục mà chỉ có thể được trao đổi theo từng “khối phần nhỏ” gọi là “lượng tử” năng lượng $\varepsilon = hv$ với h là hằng số Planck và ν là tần số bức xạ.

Ngoài ra, còn hàng loạt các tiên đề khác nhau ở mỗi lĩnh vực khác nhau mà giữa chúng chẳng có gì là chung cả ví dụ như nguyên lý tương đương và vận tốc ánh sáng không phụ thuộc vào chuyển động của hệ quy chiếu trong cơ học tương đối; quy tắc lượng tử hóa quỹ đạo, nguyên lý cấm Pauli, nguyên lý bất định Heidelberg, nguyên lý bảo toàn tính chẵn lẻ, v.v.. và v.v.. trong cơ học lượng tử.

Chất “kết dính” để xây dựng toàn bộ “tòa lâu đài vật lý” cho đến nay là một thứ “phương pháp luận hỗn tạp”: nửa duy vật, nửa duy tâm; nửa duy thực, nửa duy linh; nửa biện chứng, nửa siêu hình... Trong khi đó, CDM *lấy phép biện chứng duy vật triệt để làm nền tảng* – vừa là tiên đề, xét từ góc độ các phạm trù và các khái niệm cơ bản, vừa là “chất kết dính” để xây dựng vật lý mới, xét từ góc độ phương pháp luận; thêm nữa, đã gạt ra bên lề cả 3 tiên đề chính vốn là “kiềng 3 chân” của vật lý và 2 tiên đề cơ bản của cơ học lượng tử, thay vào đó là 2 quy luật vận động chung nhất của thế giới vật chất: *quy luật “đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập”* và *quy luật “lượng đổi - chất đổi”*. Một lý thuyết thống nhất các dạng vận động của vật chất không thể được vận hành bởi các quy luật “riêng phần”, phân biệt “vi mô” hay “vĩ mô”, cơ hay điện... và thêm nữa, không thể có quá nhiều quy luật hay tiên đề có tính chất cá biệt.

Đối với cơ học cổ điển, trên cơ sở 2 quy luật phổ biến nhất của mọi sự vận động đó, có tính đến các khái niệm đã được thừa nhận rộng rãi của phần tĩnh học, CDM đưa ra những thay đổi quan trọng, về thực chất là *tổng quát hóa định luật 1 và 2 của động lực học* được nghiệm đúng với mọi hệ quy chiếu, còn hệ quy chiếu quán tính với nghĩa là hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều trong không gian hình

học chỉ được coi như một gần đúng hóa vì trên thực tế nó không tồn tại. Chỉ tồn tại hệ quy chiếu quán tính theo nghĩa là trạng thái năng lượng được bảo toàn trong suốt thời gian chuyển động. Điều này thực hiện được nhờ vào việc phát hiện ra **bản chất của hiện tượng quán tính và các nguyên lý bảo toàn và chuyển hóa năng lượng mới**. Sự nhất quán của các định luật này trong cả thế giới vĩ mô và vi mô đã dẫn đến một cách nhìn khác hẳn về các quá trình xảy ra trong nguyên tử và hạ nguyên tử. Và chính bản chất của hiện tượng quán tính mới được phát hiện này tương chừng như chẳng liên quan gì đến hiện tượng sóng điện từ lại cho phép ta nhìn được vào sâu hơn vào **bản chất của ánh sáng** và xác định được **cấu trúc** của nó, nhờ vậy, loại bỏ hẳn khái niệm “sóng điện từ” như một thực thể vật lý “siêu hình”. Ánh sáng chỉ là hạt chứ chưa bao giờ là sóng, và tất cả các hạt cũng vẫn luôn luôn là hạt (!) chứ chẳng “kèm theo một sóng vật chất nào” như giả thuyết của de Brookline cả. Các bức tranh “nhiều xạ” hay “giao thoa” hoàn toàn được giải thích trên cơ sở **nguyên lý tác động tối thiểu** của hạt mà không cần viện dẫn tới một tính chất sóng nào. Tất cả những điều này không những chỉ dẫn đến việc loại bỏ sóng điện từ và sóng vật chất như một thực thể vật lý mà còn **đặt dấu chấm hết cho lưỡng tính sóng - hạt** siêu hình, đầy nghịch lý vốn làm chỗ dựa cho cơ học lượng tử. Tuy nhiên, mục đích của công trình này không phải là phê phán hệ thống lý thuyết hiện hành nên chỉ trong một số trường hợp thật cần thiết, muốn làm nổi bật lên những ý tưởng mới, tác giả mới đề cập tới các khiếm khuyết của hệ thống đó, còn các nghịch lý và bất cập của nó được trình bày riêng trong phần Phụ lục chỉ mang tính chất tham khảo.

Đi xa hơn nữa, CDM còn dự đoán cấu trúc của các hạt hạ nguyên tử với các tương tác hạt nhân mạnh và yếu chỉ là các biến tướng khác nhau của chính tương tác Coulomb và cuối cùng, khâu then chốt nhất đối với vật lý hiện đại là kết nối giữa hấp dẫn với các tương tác khác thì ở đây, nó lại được tự động hình thành mà không cần “sáng chế” ra bất cứ một “chiều” dư nào của không gian. Chính quy

luật “lượng đổi – chất đổi” đã khiến các tương tác Coulomb khi thì xuất hiện dưới dạng “tương tác mạnh”, “tương tác yếu”, khi thì dưới dạng “tương tác hấp dẫn” còn khi thì lại xuất hiện dưới dạng “tương tác điện từ”, và cả 4 tương tác này có thể biến hóa lẫn nhau. Chính vì thế, có thể nói CDM hướng tới lý thuyết thống nhất cả 4 tương tác theo tiêu chí “Maxwell”. Theo CDM, chỉ có một tương tác duy nhất – tương tác Coulomb là *tương tác cơ bản* và tương ứng với nó là 2 hạt thật sự *cơ bản* là electron và positron. Từ đây, có thể đưa ra ***định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát*** cho cả điện và hấp dẫn, làm tiền đề để tổng quát hóa cả tương tác hạt nhân mạnh và yếu. Ngoài ra, một số hiệu ứng được coi là “đặc quyền” của thuyết tương đối như co ngắn chiều dài, thời gian chậm lại, tăng khối lượng của những vật thể chuyển động thì nay chúng cũng được tự động hình thành trong phạm vi CDM. Không những thế, công thức $E=mc^2$ cũng được chứng minh chỉ là trường hợp riêng khi có thể bỏ qua trường lực thế mà vật tồn tại trong đó; trong trường hợp chung, quan hệ giữa năng lượng và khối lượng quán tính có dạng: $W=mc^2+2U(R_K)$ với $U(R_K)$ là thế năng cực đại của trường lực thế mà vật thể đang xem xét tồn tại ở đó, ứng với trạng thái cân bằng giữa nội năng và ngoại năng của vật thể đó; ví dụ trong trường hấp dẫn của Trái đất, năng lượng toàn phần của một thực thể vật lý sẽ phải là $W=2mc^2$, tức là lớn hơn 2 lần khi nó hoàn toàn tự do theo cách tính của Einstein..

Điểm khác biệt căn bản nữa giữa CDM với các lý thuyết vật lý hiện tại, bao gồm cả thuyết thống nhất hấp dẫn lượng tử là ở chỗ CDM hoàn toàn dựa trên những “***y nghĩ lành mạnh***” được quy định bởi phép biện chứng duy vật triệt để, nên loại bỏ được về nguyên tắc những quan niệm siêu hình về thế giới và từ bỏ dứt khoát “con đường” đến với Thượng đế. Chính vì thế, khác với cách trình bày những lý thuyết vật lý đơn thuần khác, tác giả đã cố diễn giải tương đối chi tiết những nét khái quát nhất không có, hoặc chưa hoàn chỉnh trong phép biện chứng duy vật cổ điển Mác-Lê mà lẽ ra phải được trình bày trong một chuyên mục riêng

về triết học. Thêm nữa, do sự khủng hoảng nền tảng tư tưởng của vật lý học hiện đại sâu sắc đến mức không thể luận giải các vấn đề về triết học độc lập với những phát kiến mới của khoa học tự nhiên, nên chỉ có thể đặt triết học và vật lý học lên cùng một “bàn cân” để chúng bổ khuyết cho nhau thì mới có hy vọng vượt ra khỏi “con đường hầm không lối thoát”. ***Cần phải thay đổi thế giới quan đến tận gốc rễ và toàn diện trên cơ sở phép biện chứng duy vật triệt để***, với mục tiêu nhìn sự vật trong tổng thể các mối quan hệ phụ thuộc lẫn nhau, không bỏ qua bất kỳ một chi tiết nhỏ nhặt nào. Nhưng cũng chính vì lý do này mà CDM cần có những thế hệ tiếp nối để tiếp tục hoàn thiện và phát triển tới tất cả các “ngóc ngách” của vật lý học. Tuy nhiên, “con đường” mới được “khai phá” này chắc chắn sẽ giúp chúng ta tiến được xa hơn, gần hơn tới “chân lý”. Cũng không loại trừ là ngay lúc này đây có thể xuất hiện một lý thuyết khác ở mức nhận thức cao hơn CDM, và nếu có như vậy thì cũng là bình thường vì nhận thức vốn chỉ là quá trình tiệm cận đến chân lý mà không bao giờ đến được chân lý đó.

Nói một cách hình tượng, công trình này có mục đích đặt lại “nền móng” cho “tòa lâu đài vật lý” mà Galileo và Newton đã trót đặt sai những “viên gạch” đầu tiên khiến cho nó bị “nghiêng”, mà để khắc phục tình trạng “nghiêng” này, bao thế hệ các nhà khoa học kế tiếp nhau đã phải chận vật “chống đỡ” và “gia cố” bằng đủ mọi giải pháp có thể có, bất chấp cả siêu hình lẫn duy tâm; chỉ tiếc là càng “xây cao”, “tòa tháp” càng “nghiêng” mạnh, lại càng phải tiếp tục “chống đỡ” và “gia cường” chỗ này, chỗ kia... Chính việc đặt lại nền móng như vậy đã tạo điều kiện để có thể xây dựng lại “Tòa lâu đài” vật lý chắc chắn hơn, cao lên hơn nữa! Cũng chính vì vậy, tác giả cố gắng tập trung trình bày tương đối kỹ hơn phần tương tác hấp dẫn làm cơ sở cho các phần tương tác tiếp theo mà, về thực chất, đều có một điểm chung có tính quyết định đó là *tương tác trong trường lực thế*.

Cuối cùng, nỗ lực của tác giả là cố gắng gìn giữ những gì là “tinh hoa” của tri thức nhân loại trong suốt hơn 2500 năm qua, chỉ bổ khuyết, sửa chữa những bất

hợp lý, những gì trái với lôgic và “suy nghĩ lành mạnh”, trái với bản chất của hiện tượng mặc dù, về mặt hình thức, có vẻ như mọi việc xảy ra như chúng đang có. Xét từ góc độ này, cơ học Newton chỉ là trường hợp riêng của CDM khi có thể bỏ qua yếu tố này hay yếu tố khác, nó không bị loại trừ mà vẫn đúng trong điều kiện hạn chế về không gian và thời gian, trong điều kiện khi độ lớn của lực trường thế gắn kết các vật thể với nhau có thể được bỏ qua để chấp nhận quan niệm về sự tồn tại tự thân; lý thuyết trường điện từ của Maxwell, cơ học tương đối tính của Einstein và lý thuyết trường lượng tử trong phạm vi CDM, một mặt, chỉ còn được coi là những hình thức luận toán học làm công cụ tính toán các thông số của các quá trình vật lý mà *không phải là phương tiện để mô phỏng các quá trình đó*, mặt khác, chúng cũng chỉ có thể ứng dụng được trong một phạm vi hẹp cả về không gian, thời gian lẫn độ lớn của tác động; riêng đối với cơ lượng tử, Einstein thiên tài đã có lý khi nói “*Chúa không chơi xúc xắc*” – quả đúng vậy! Chính quan niệm *sự tồn tại tự thân* đã khiến mọi nỗ lực áp dụng những quy luật cơ giới của Newton vào vật lý nguyên tử, kể cả quang học cũng như vật lý hạt nhân đã không thành công, vì trong thế giới vĩ mô, tương tác hấp dẫn của các thiên thể thường quá nhỏ bé so với những tương tác khác trên Trái đất, nên giả thiết về sự tồn tại tự thân đó còn có thể chấp nhận được với một sai số nằm trong phạm vi mà các thiết bị đo có thể đảm bảo được. Tuy nhiên, khi trường lực thế đã đủ mạnh như trường điện hay hạt nhân, thì không có cách gì loại bỏ chúng đi được nữa, và như vậy, đáng lẽ ra phải quay trở về với *bản chất* của sự vật là *sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau*, thì người ta lại loay hoay với *hình thức* biểu hiện của chúng – “lưỡng tính sóng-hạt” và sự “lượng tử quỹ đạo” của electron trong nguyên tử đầy kịch tính. Cái được gọi là “sự nhòe lượng tử” bởi nguyên lý bất định Heidelberg chỉ là một cách nhìn lệch lạc, về thực chất, lại được xuất phát cũng từ chính “lưỡng tính sóng-hạt” đó, mặc dù nó hoàn toàn được rút ra từ “nguyên lý tác động tối thiểu” – một thể hiện của quy luật lượng đôi-chất đôi trong vật lý.

Khác hoàn toàn với vật lý hiện đại, CDM lấy phương châm rất “cổ hủ” làm kim chỉ nam đó là: “*những gì đơn giản là dấu hiệu của chân lý*”. Để hiểu được CDM, chỉ cần tốt nghiệp Đại học bất cứ ngành nào liên quan tới khoa học – kỹ thuật, vì các công cụ toán học được sử dụng ở đây chỉ là các phép toán giải tích thông thường, và các hiện tượng vật lý được sử dụng chủ yếu nằm trong các giáo trình vật lý cơ sở của những năm đầu Đại học, chỉ có một số ít trong đó là mới được phát hiện trong những năm gần đây.

Tuy nhiên, việc tính toán chi tiết các cấu trúc hạ nguyên tử chưa thực hiện được vì có rất nhiều thông số cũ trước đây, theo quan điểm của CDM, không còn sử dụng được nữa, trong khi đó, có những hằng số mới xuất hiện cần các thí nghiệm để xác định mà với điều kiện hiện nay của cá nhân tác giả thì không thể làm gì được. Mặc dù vậy, tác giả cũng đã phác thảo một số định hướng theo đó có thể dự đoán những cấu trúc khả dĩ có thể có, với những hiệu ứng mà CDM tiên đoán không có trong phạm vi các lý thuyết hiện hành, ví dụ như hiệu ứng nhiễu xạ-hấp dẫn trong thiên văn, cấu trúc của các loại hạt sơ cấp, v.v.. Chính vì vậy, tác giả mới đặt tên cho cuốn sách này là CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC với hy vọng rằng đi trên con đường này, với sự hợp tác và nỗ lực của cộng đồng các nhà khoa học, chúng ta sẽ đến được với THUYẾT VẬN ĐỘNG – một lý thuyết thống nhất như đã được nói tới ở ngay phần đầu.

Tất cả nội dung trên được thể hiện trong 4 chương và Phụ lục:

Chương I – trình bày lại toàn bộ các phạm trù cơ bản cùng các quy luật vận động của vật chất trong khuôn khổ của triết học duy vật biện chứng trật đẽ; các khái niệm cơ bản, các nguyên lý và định luật cơ bản của vật lý học.

Chương II – trình bày tương tác hấp dẫn, hiện tượng quán tính trong trường hấp dẫn, các trạng thái năng lượng của thực thể vật lý và cách sử dụng các HQC khác nhau để nghiên cứu tương tác giữa các thực thể vật lý.

Chương III – trình bày tương tác điện và lý thuyết về dipol, photon và sự thống nhất tương tác điện – hấp dẫn.

Chương IV – trình bày tương tác hỗn hợp điện – hấp dẫn và nguyên tử; giả thuyết về multipol, hạt nhân và thống nhất các tương tác hạt nhân với tương tác điện; liệt kê những vấn đề còn tồn đọng của CDM và phác họa ý tưởng giải quyết chúng.

Trong phần Phụ lục trình bày 28 nghịch lý và bất cập của vật lý hiện nay và cách giải quyết trong khuôn khổ CDM; khái niệm *nghịch lý* được tác giả sử dụng để chỉ những hiện tượng và sự vật *trái với tư duy biện chứng duy vật triệt để*; còn những hiện tượng, tuy trước đây bị coi là nghịch lý nhưng, theo tiêu chí như vậy, không còn là nghịch lý nữa, được liệt kê ở phần cuối của Phụ lục.

**LIỆT KÊ NHỮNG KHÁI NIỆM VÀ Ý TƯỞNG KHÁC BIỆT SO VỚI
CÁC TÀI LIỆU TRUYỀN THỐNG**

Chương I.

1. Khái niệm vật chất
2. Khái niệm không gian
3. Khái niệm vận động
4. Khái niệm thời gian
5. Trật tự lôgíc các phạm trù triết học cơ bản
6. Khái niệm thực thể vật lý
7. Khái niệm hạt cơ bản
8. Hệ quy chiếu
9. Đại lượng véc tơ và tổng các đại lượng véc tơ
10. Đặc tính vô hướng của quãng đường
11. Khái niệm năng lượng
12. Đặc tính véc tơ của năng lượng
13. Khái niệm ngoại năng và quan hệ biện chứng giữa nội năng và ngoại năng
14. Khái niệm cơ năng và định luật bảo toàn năng lượng toàn phần
15. Nguyên lý hữu hạn
16. Nguyên lý nội năng tối thiểu
17. Nguyên lý cho-nhận năng lượng
18. Nguồn gốc của hiện tượng quán tính
19. Khái niệm chuyển động theo quán tính
20. Nguyên lý tác động tối thiểu
21. Mô men động lượng ảo của hệ các vật thể ở khoảng cách xa nhau
22. Định luật quán tính tổng quát

23. Định luật 2 tổng quát của động lực học

Chương II.

24. Khái niệm khối lượng quán tính chung
25. Khái niệm khối lượng quán tính riêng
26. Quan hệ giữa khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn
27. Khái niệm động năng (chỉ có nghĩa trong trường lực thế)
28. Sự phá vỡ định luật bảo toàn động lượng trong các va chạm lệch tâm
29. Biểu thức năng lượng toàn phần của thực thể vật lý và biểu đồ diễn biến năng lượng trong chuyển động rơi tự do
30. Biểu thức năng lượng toàn phần của thực thể vật lý và biểu đồ diễn biến năng lượng trong chuyển động theo quán tính
31. Tính lượng tử quỹ đạo của trường hấp dẫn
32. Khái niệm tự quay (chỉ có nghĩa trong trường lực thế)

Chương III.

33. Khái niệm electron và positron không có khối lượng hấp dẫn
34. Khái niệm cường độ trường và từ cảm
35. Hình thức luận của trường điện động – từ trường
36. Định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát (điện và hấp dẫn)
37. Bán kính tác dụng của dipol trong trường điện
38. Khái niệm “hấp dẫn tích” hình thành từ dipol
39. Sự đi xuyên qua nhau của electron và positron
40. Sự phụ thuộc kích thước các hạt cơ bản vào trạng thái năng lượng
41. Cấu trúc của photon
42. Giả thuyết về va chạm giữa photon với các thực thể vật lý khác
43. Giả thuyết về biểu hiện như sóng của hạt photon

- 44. Hiệu ứng “nhiều xạ hấp dẫn” trong thiên văn học
- 45. Trạng thái năng lượng của nguyên tử

Chương IV.

- 46. Sự hình thành các hạt sơ cấp từ DR
- 47. Cấu trúc MP của các hạt sơ cấp
- 48. Giả thuyết về sự hình thành tương tác mạnh từ tương tác giữa các DR ở cự ly nhỏ hơn bán kính tác dụng
- 49. Giả thuyết về sự hình thành tương tác yếu từ kết quả nguội dần của phản ứng tạo thành các hạt sơ cấp
- 50. Giả thuyết về vận tốc lan truyền tương tác của trường lực thể lớn hơn vận tốc ánh sáng
- 51. Tương tác giữa các vật thể chuyển động nhanh

LỜI KẾT

“Vì tôi đứng trên vai những người khổng lồ”

Isaac Newton

Việc phải trình bày một cuốn sách mà nội dung của nó, về thực chất, chủ yếu lại chỉ dựa vào những vấn đề chưa được đăng tải ở bất cứ một tạp chí nào, chưa từng được công nhận ở bất cứ đâu, hơn thế nữa, lại còn đang cần phải được nghiên cứu tiếp, là một việc làm xưa nay hiếm, trái với trình tự thông thường đã được chấp nhận rộng rãi. Nhiều người cũng đã khuyên tác giả gửi đăng một số nội dung cơ bản vào những tạp chí nước ngoài có uy tín, nếu được chấp nhận thì trên cơ sở đó mới tổng hợp lại thành một cuốn sách. Tác giả cũng đã từng thử gửi bài nhưng, rất tiếc, bản dịch sang tiếng Anh có chất lượng quá thấp, vì bản thân mình không thạo tiếng Anh, còn các trung tâm dịch thuật lại thiếu các chuyên gia chuyên ngành nên rút cuộc không đem lại kết quả gì. Tuy nhiên, cho dù có được các bản dịch khả dĩ đi chăng nữa thì khả năng được chấp nhận đăng trong các tạp chí có uy tín là rất mong manh vì nội dung mà tác giả sửa đổi hoàn toàn không phù hợp một chút nào với trào lưu tư tưởng của thời đại với nghĩa là dường như nó quá tầm thường; thậm chí đã có một vài báo cáo được gửi cho các hội nghị vật lý toàn quốc thôi mà cũng đã bị từ chối.

Thật ra, xét về mặt phương pháp luận, khi phải đối mặt với một hiện tượng đặc biệt, không giống như những hiện tượng thông thường khác, việc áp dụng các giải pháp thông thường mới là chính là phi lôgic, trái lại, cần phải có các cách tiếp cận khác, cũng phải đặc biệt tương ứng. Nội dung của cuốn sách này làm thay đổi vật lý học ngay từ gốc rễ của nó bao gồm từ nền tảng tư tưởng cho tới các khái niệm, quy luật ... (tới hơn 50 hạng mục đã được liệt kê) kể từ Galileo với nguyên lý quán tính, nguyên lý tương đối trở lại đây – đó là việc mà trong lịch sử của khoa học vật lý chưa ai từng làm như vậy cả. Einstein đã làm cuộc cách mạng lần

thứ nhất với thuyết tương đối hẹp, nhưng lại vẫn quan niệm về “sự tồn tại tự thân” và do đó vẫn giữ lại nguyên lý quán tính và nguyên lý tương đối, chỉ chấp nhận thêm tiên đề “vận tốc ánh sáng trong HQC quán tính không phụ thuộc vào chuyển động của nguồn sáng”. Khi làm cuộc cách mạng lần thứ hai với thuyết tương đối rộng, Einstein từ bỏ HQC quán tính nhưng lại vẫn công nhận nguyên lý tương đương – trường hấp dẫn tương đương với “trường quán tính”, nhưng như thế có khác gì vẫn công nhận tồn tại “khối lượng quán tính tự thân” – nguyên nhân dẫn đến cái gọi là “trường quán tính” đó và chính bản thân cái gọi là HQC quán tính nữa – kết quả của quan niệm “tồn tại tự thân”? Đó là một động thái xét cho cùng là không triệt để.

Với cơ học lượng tử, tình trạng còn tồi tệ hơn khi vừa chấp nhận “sự tồn tại tự thân”, lại vừa chỉ thỏa mãn với *hình thức biểu hiện* của các hiện tượng như “lượng tính sóng-hạt, “lượng tử hóa quỹ đạo”, thay vì phải từ bỏ ngay chính “sự tồn tại tự thân” mà quay về với “sự tồn tại phụ thuộc” vốn là bản chất của thế giới tự nhiên. Tình hình cũng không hề được cải thiện hơn khi người ta tìm mọi cách gắn kết với thuyết tương đối hẹp để cho ra đời điện động lực học lượng tử, rồi lý thuyết trường lượng tử, và bước tiếp theo là tìm mọi cách gắn nó với thuyết tương đối rộng bất chấp tính “bất hợp tác” có căn nguyên từ chính bản chất của 2 lý thuyết này. Sự “cố kiết” đó dẫn đến việc “sáng chế ra” những “không gian $n > 3$ chiều một cách nhân tạo, hoàn toàn rời xa bản chất vật lý. Tóm lại, kiểu gì thì vẫn còn lại ít nhất một yếu tố bất định của quá khứ tồn đọng đó là “khối lượng quán tính tự thân” (hệ quả tất yếu của “sự tồn tại tự thân”) đây bí ẩn.

Chính vì tính hy hữu này của CDM, tác giả mới quyết định lựa chọn một giải pháp cũng “hy hữu”, chẳng giống ai, là tập hợp tất cả các nghiên cứu của mình, cho dù là chưa hoàn chỉnh và còn lâu mới đầy đủ, thành một cuốn sách có tính hệ thống hơn với hy vọng, như đã nói tới ở ngay lời mở đầu, là sẽ có ai đó

hiều được tác giả, giúp dịch ra tiếng Anh làm cơ sở lấy ý kiến của cộng đồng khoa học Quốc tế.

Sau 4 chương và Phụ lục, mặc dù vấn đề thống nhất 4 tương tác không được đặt ra ngay từ đầu như là một mục tiêu cuối cùng cần phải đạt tới, nhưng tự nó đã dần dần được hình thành và, cũng hoàn toàn khác với cách thống nhất của trào lưu hiện đại, sự thống nhất tương tác điện với tương tác hấp dẫn lại xảy ra trước và trong không gian 3 chiều chứ không cần tới 4 chiều như Kluiza-Klein hay 10 chiều như lý thuyết siêu dây, siêu đối xứng mà thể hiện của nó là “định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát”; sau đó là thống nhất tương tác điện với tương tác hạt nhân mà, về thực chất, là chứng minh tương tác này chỉ là tương tác điện ở cự ly gần.

Có thể coi như sự thống nhất này là bằng chứng cho tính đúng đắn của các quan điểm “triết học duy vật biện chứng triết đề” đã mở đầu cho CDM. Hãy thử hình dung nếu không có sự thống nhất giữa không gian nội vi và không gian ngoại vi của cùng một thực thể vật lý thì làm sao rút ra được quan hệ biện chứng giữa nội năng và ngoại năng của nó? Và rồi từ đó lại có tác động ngược trở lại với thuộc tính không gian thể hiện ở sự thay đổi kích thước của vật thể tùy thuộc vào nội năng của thực thể vật lý tương ứng đó? Nếu không có sự thu nhỏ kích thước đó một cách “ngoạn mục” như vậy thì làm sao các dipol-R có thể hình thành nên tương tác mạnh hay yếu đây? và rồi cả số phận của tất cả các hạt sơ cấp được biết đến trong vật lý hạt nhân nữa? Và cũng chính các DR này lại còn hình thành nên cái gọi là “hấp dẫn tích”, tức là đã tạo ra “lượng tử” tương tác hấp dẫn một cách hết sức tự nhiên nữa? Đây là chưa kể đến việc loại bỏ lưỡng tính sóng-hạt đã vô hiệu hóa cơ học lượng tử vốn lấy nó làm điểm tựa, đặt nguyên lý bất định của Heidelberg ra ngoài cái gọi là “sự nhòe lượng tử” với nghĩa là bản chất ngẫu nhiên của sự vật và hiện tượng – “Chúa không chơi xúc sắc” – về mặt này, Einstein thiên tài bằng trực giác phi phạm đã rất có lý! Cơ học lượng tử chỉ còn là một

“công cụ tính toán” một số các đặc tính của “thế giới vi mô” chứ không phải là “công cụ để mô phỏng” thế giới đó như có người vẫn lầm tưởng.

Cuối cùng, về phần tài liệu tham khảo, do chỉ là một nhà vật lý hoàn toàn nghiệp dư mà thời gian nghiên cứu lại quá dài (trong gần 35 năm), không thường xuyên, phạm vi nghiên cứu lại quá rộng, trải qua nhiều biến động về hoàn cảnh và điều kiện sống, nên tác giả không thể nhớ hết những tài liệu mình đã tiếp cận được trong thư viện của trường đại học bách khoa Kiev, thư viện KHKT TW Kiev (Ucrainna), thư viện Học viện KTQS, thư viện KHKT TW Hà nội v.v.. cùng nhiều nguồn tài liệu khác nhau nữa. Chính vì vậy, những gì đã liệt kê được chỉ là một phần rất nhỏ, tác giả rất mong được lượng thứ vì đã thất lễ khi sử dụng những ý tưởng, hay kết quả của ai đó mà đã không chỉ ra được xuất xứ.

Tóm lại, với tất cả những gì đã được trình bày trong cuốn sách này, hy vọng sẽ tạo ra được một sự khởi đầu mới, sẽ ngày càng có nhiều nhà khoa học bước đi trên CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC này, để vật lý học có cơ hội “lật sang một trang mới” ngay trong những thập niên đầu tiên của thế kỷ XXI này. Cho dù chưa được nhiều, nhưng tác giả cũng liệt kê lại những kết quả có thể được xem là chính yếu nhất, có ảnh hưởng trực tiếp tới sự phát triển theo một hướng khác của vật lý học, đó là:

1. Phân biệt không gian vật chất với không gian vật lý và không gian toán học.
2. Loại thời gian ra khỏi các phạm trù cơ bản của triết học và tách nó ra khỏi không gian vật chất và không gian vật lý.
2. Tìm ra bản chất đích thực của hiện tượng quán tính.
3. Quan hệ giữa khối lượng quán tính m và khối lượng hấp dẫn M_A, M_B :

$$m = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B}$$

4. Chuyển động theo quán tính trong không gian vật chất.

5. Định luật rơi tự do tổng quát: $g = \chi_N \frac{M_A + M_B}{R_{AB}^2}$

6. Nguyên lý tác động tối thiểu: $D = \int_{t_0-\tau}^{t_1-\tau} 2Kdt \geq h$

7. Định luật quán tính tổng quát của động lực học trong mọi HQC vật chất.

8. Định luật 2 tổng quát của động lực học trong mọi HQC vật chất:

$$\mathbf{a} = g \frac{\mathbf{F} + \mathbf{F}_H}{F_H}$$

9. Ba nguyên lý trao đổi và chuyển hóa năng lượng.

10. Năng lượng của thực thể vật lý trong trường lực thế: $W = mc^2 + 2U$

11. Định luật vạn vật hấp dẫn tổng quát ($\chi = \chi_N, \chi_C, \chi_A$ hoặc χ_H):

$$\mathbf{F} = \chi \frac{M_A M_B}{R_{AB}^2} \mathbf{e}_F$$

12. Quan hệ giữa bán kính tác dụng của vật thể R với kích thước r của nó:

$$R = r + \frac{C}{r}$$

13. Cấu trúc của neutrino và bức xạ γ : Dipol-R.

14. Cấu trúc của photon: Dipol-Q.

15. Cấu trúc của các hạt sơ cấp: Multipol.

Thay cho lời kết, để có thể hình dung dễ dàng hơn tình trạng của “Tòa lâu đài Vật lý” được xây dựng từ hơn 350 năm qua theo quan điểm của “Con đường mới”, tác giả mạo muội trình bày bản phác họa “tòa lâu đài” này theo đó, “nền móng” của nó gồm: quan niệm về “sự tồn tại tự thân”, tư tưởng của Galileo về quán tính tự thân, HQC quán tính, nguyên lý tương đối, cùng sự pha trộn với tư tưởng duy vật máy móc và duy tâm siêu hình. Trên cơ sở đó, “lâu đài vật lý” được đặt ở giữa có các “tầng” tương ứng với các lý thuyết của Newton, Maxwell,

Einstein, cơ học lượng tử v.v...; các “cột chống” để “lâu đài” không bị “nghiêng” được bố trí ở bên phải và “tỳ” một cách tạm bợ lên chính “nền móng” vừa được nói ở trên; các “sợi cáp treo” để “giằng” cho “tòa tháp khỏi sụp đổ” được bố trí lệch về bên trái và kết nối với ... THƯỢNG ĐẾ ở trên cùng – một kết cục tất yếu không thể tránh khỏi; tư tưởng của Đạo Phật cũng lẫn quất ở đâu đó (?) được mô tả bởi một đám mây trôi dạt dờ... Cụ thể “*Tòa lâu đài vật lý từ Galileo đến ... Thượng đế*” có thể được xây dựng như sau:

Ở tầng thứ nhất, cơ học Newton được hình thành, nhưng để cứu vãn sự bấp bênh do “HQC quán tính” – một thực thể ảo gây nên, ông đưa vào *không gian, thời gian tuyệt đối* và *nguyên lý tương đối* làm “cột chống”. Cũng ở tầng này, Maxwell đã xây dựng điện động lực học một cách rất thành công, nhưng vẫn phải dựa thêm vào “cột chống” *ether* nữa mới “trụ lại” được.

Lên tầng thứ hai, thoát tiên, Einstein xây dựng thuyết tương đối hẹp nhờ việc “kê” thêm một “viên gạch” $c = \text{const}$, song để tránh “độ nghiêng”, ông dùng thêm một “cột chống” là *không-thời gian 4 chiều*. Cùng một lúc với Einstein thì Bohr và những người khác đã dựng nên cơ học lượng tử (cổ điển), nhưng bằng cách khác là “kê” thêm “lượng tử tác dụng” – *hằng số Planck*. Tuy nhiên, để duy trì tòa tháp, lúc này không thể đơn thuần sử dụng các “cột chống” được nữa mà phải sử dụng tới “công nghệ” khác đó là “cáp treo” – một “sợi cáp” như vậy được hình thành chính là *lượng tử hóa quỹ đạo* – đối với các điện tử trong nguyên tử được phép có những quỹ đạo dừng, không bức xạ năng lượng (?). Nhưng biết “treo” lên đâu bây giờ? Câu trả lời có lẽ là duy nhất: “Thượng đế”! Đó là lý do Thượng đế xuất hiện trong bức phác họa với hình dạng một đám mây trên ở cùng.

Lên tầng thứ ba, một mặt, Einstein đã dựng nên *thuyết tương đối rộng* nhưng buộc phải dùng thêm tới 2 “cột chống”: *nguyên lý tương đương* và *tenxơ Riemann*; mặt khác, Schrodinger, Heilbert, và rất nhiều người khác kế tiếp

nhau, nhờ áp dụng “công nghệ cáp treo” mới tiên tiến hơn, đã xây dựng dần dần nên *lý thuyết trường lượng tử* và rồi là *sắc động lực học* với số lượng “cáp treo” tăng vượt bậc: *lượng tính sóng-hạt, hạt ảo, đối xứng, chuẩn hóa, chân không lượng tử*, v.v.. Hai “căn hộ” cộc cạch đặt trên cùng một tầng gác này đã dẫn đến nghịch lý EPR đảo điên một thời, với sự thắng thế, tất nhiên, của những ai “về phe” Thượng đế toàn năng!

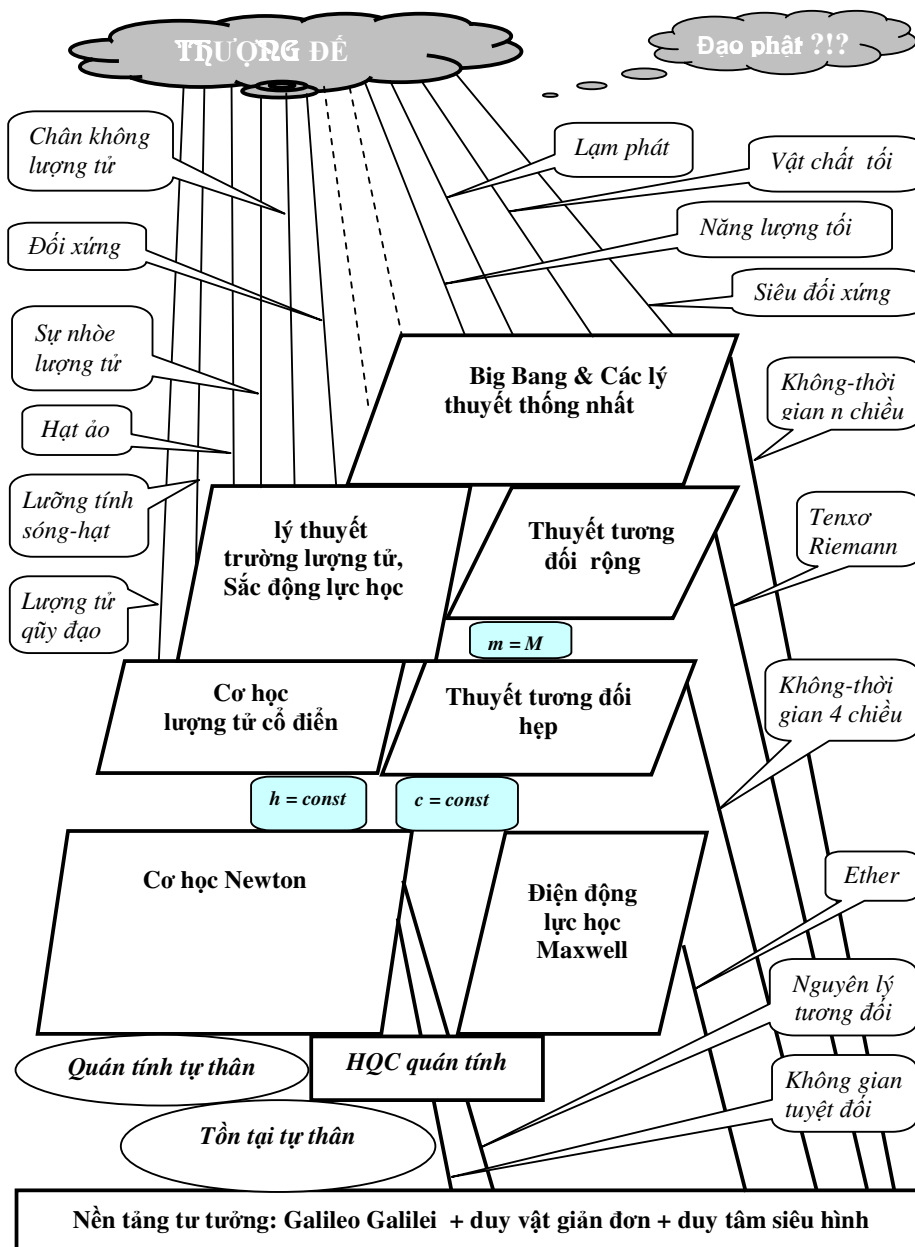
Cả Einstein, cả những người chống đối ông đều có tham vọng xây tiếp tầng thứ ba: *lý thuyết thống nhất các tương tác*. Tuy nhiên, vì chối bỏ Thượng đế, kiên trì với quan điểm: “Thượng đế không chơi xúc xắc”, chỉ với không-thời gian n chiều theo cách của Kaluza-Klein, Einstein đành phải “dứt áo ra đi” dang dở trong sự cô độc. Tầng thứ tư này, đành phải nhường lại cho hậu thế: Freedman, Glashow, Salam, Weinberg, Hawking, v.v.. họ đã hạn chế chỉ với 1 “cột chống”: *không-thời gian n chiều*, vì phương pháp dùng các “cột chống” đã lỗi thời, mà chuyển hoàn toàn sang “công nghệ cáp treo” hiện đại với điểm giữ cáp tuyệt đối vững chắc: Thượng đế toàn năng. Các “sợi cáp” bây giờ đạt tới số lượng kỷ lục: *siêu đối xứng, tái chuẩn hóa, lạm phát, vật chất tối, năng lượng tối, vật chất ảo, thời gian ảo*, v.v.. và v.v.. không kể xiết.

Tại sao lại không thể **xây lại** một một tòa tháp khi biết rằng nền móng của nó không đủ vững chắc? Bằng chứng là có quá nhiều cột chống đỡ và cả cáp treo, nhờ vào bàn tay toàn năng của Thượng đế? Có lẽ, xét từ góc độ phương pháp luận, trong trường hợp “tiền vá quá tiền xăm” này, nên đập đi xây lại từ một nền móng khác đã được gia cường có phải hơn chẳng? Hoặc chí ít ra cũng là lựa chọn việc đầu tiên phải làm là **củng cố lại nền móng** trước khi xây lại, hoặc sửa sang lại các tầng tháp để giải phóng các “cột chống” cũng như các “cáp treo” rất “mất mỹ quan đô thị” và tất nhiên là không mấy chắc chắn khi tiếp tục muốn xây cao

thêm nữa. “Con đường mới của vật lý học” là sự cố gắng của tác giả theo cách tư duy đó.

Điều đáng nói là ở chỗ xuất phát điểm của “Con đường mới” lại chỉ hoàn toàn dựa vào quan niệm kinh điển đã có của chủ nghĩa duy vật biện chứng cũng như của Đạo Phật về *sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau* của mọi thực thể vật lý – điều mà tất cả các nhà vật lý cho đến nay đều cố né tránh do tính phức tạp khi phải chấp nhận nó. Tuy nhiên, sự né tránh này cũng đồng nghĩa với việc né tránh bản chất thật sự của thế giới vật chất và kết quả là phải liên tục chấp nhận những quan niệm siêu hình, trái với Tự nhiên trong quá trình nhận thức. Song, điều tưởng chừng như quá phức tạp ban đầu ấy một khi đã được giải tỏa (nhờ phủ nhận bản chất tự thân của hiện tượng quán tính) đã khiến cho vật lý theo “Con đường mới” này bỗng nhiên trở nên “trong sáng” và đơn giản một cách lạ thường – không còn những quan niệm siêu hình, không còn ranh giới giữa vi mô với vĩ mô, không còn các loại tương tác khác nhau về bản chất mà chỉ là các cách thức biểu hiện khác nhau của chỉ một tương tác duy nhất: “tương tác điện” theo hai quy luật vận động phổ biến của vật chất: “đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập” và “lượng đổi-chất đổi”! Hơn thế nữa, tất cả các thực thể vật lý từ các hạt sơ cấp cho tới các hành tinh, sao hay thiên hà cũng đều được cấu thành nên chỉ từ hai hạt cơ bản: electron và positron – điều mà vật lý hiện tại dựa vào sự tồn tại tự thân và những quan niệm siêu hình về thế giới đã không thể nào ngờ tới được; sự ám ảnh về một Big Bang do đó cũng biến mất luôn.

Cuối cùng, tác giả chỉ mong rằng sẽ ngày càng có nhiều nhà vật lý nhận ra được những điều hơn lẽ thiệt đó để rồi góp sức xây dựng lại vật lý theo CON ĐƯỜNG MỚI này vì bản thân tác giả tự nhận thấy mình “tài hèn sức mọn”, không thể nào đảm đương được.



MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
CÁC KÝ HIỆU ĐƯỢC SỬ DỤNG.....	6
KHÁI QUÁT.....	8
Chương I. CƠ SỞ CỦA VẬT LÝ HỌC.....	18
1.1. Các phạm trù cơ bản	18
1. <i>Vật chất</i>	18
2. <i>Không gian</i>	19
3. <i>Vận động</i>	24
4. <i>Nhận xét</i>	28
1.2. Các quy luật vận động cơ bản.....	29
1. <i>Quy luật đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập</i>	29
2. <i>Quy luật lượng đổi-chất đổi</i>	30
1.3. Các khái niệm cơ bản của vật lý học.....	30
1. <i>Vật thể, trường và hạt cơ bản</i>	30
2. <i>Chuyển động cơ học và hệ quy chiếu</i>	35
3. <i>Đại lượng vô hướng và đại lượng véc tơ</i>	42
4. <i>Tương tác và năng lượng</i>	49
5. <i>Lực, lực trường thế và hiện tượng quán tính</i>	62
6. <i>Tác động, tác dụng và nguyên lý tác động tối thiểu</i>	69
7. <i>Xung lực, động lượng, tâm quán tính và khối tâm</i>	73
1.4. Các định luật cơ bản của động lực học.....	78

CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC	316
1. Định luật quán tính tổng quát.....	78
2. Định luật gia tốc.....	80
3. Định luật tác động – phản tác động.....	85
1.5. Nhận xét.....	86
Chương II. TƯƠNG TÁC HẤP DẪN.....	88
2.1. Định luật vạn vật hấp dẫn và khối lượng quán tính trong trường hấp dẫn.....	88
1. Định luật vạn vật hấp dẫn.....	88
2. Khối lượng quán tính chung.....	89
3. Khối lượng quán tính riêng và quan hệ của nó với khối lượng quán tính chung.....	91
4. Khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn.....	92
5. Kết quả tác động của trường lực thế.....	99
6. Kết quả tác động của lực va chạm.....	101
2.2. Các trạng thái năng lượng của “hệ hai vật”.....	109
1. Chuyển động rơi tự do.....	110
2. Chuyển động theo quán tính.....	122
3. Chuyển động cong trong trường lực thế.....	137
4. Chuyển động quay và tự quay	139
2.3. Trạng thái năng lượng của “hệ hai vật” trong trường lực thế của thực thể vật lý thứ 3.....	141
1. Khi khối lượng hấp dẫn của thực thể vật lý thứ 3 lớn hơn nhiều so với khối lượng hấp dẫn của 2 thực thể vật lý đang xét.....	142
2. Khi khối lượng hấp dẫn của thực thể vật lý thứ 3 nhỏ hơn nhiều	

CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC	317
<i>so với khối lượng hấp dẫn của 2 thực thể vật lý đang xét</i>	145
Nhận xét sự khác biệt giữa 3 cơ học về phương diện trạng thái năng lượng	147
Chương III. TƯƠNG TÁC ĐIỆN	153
3.1. Tương tác điện tĩnh	153
1. <i>Định luật Coulomb đối với chất điểm tích điện</i>	153
2. <i>Định luật Coulomb đối với các vật thể tích điện</i>	157
3.2. Tương tác điện động	160
1. <i>Sự phát sinh từ trường của điện tích chuyển động</i>	160
2. <i>Cơ sở hình thành trường điện động</i>	162
3.3. Sự thống nhất về hình thức luận giữa tương tác điện và hấp dẫn	170
3.4. Lý thuyết về dipol DR các hạt sơ cấp hình thành từ DR	175
1. <i>Trạng thái năng lượng của DR</i>	176
2. <i>Trạng thái trung hòa về điện của DR</i>	184
3. <i>Những hạt sơ cấp được hình thành từ DR</i>	187
3.5. Lý thuyết về dipol-Q và photon	190
1. <i>Trạng thái năng lượng</i>	190
2. <i>Tần số quay của DQ</i>	193
3. <i>Sự hình thành photon</i>	195
4. <i>Tương tác của photon với các vật thể</i>	209
5. <i>Trạng thái cân bằng nhiệt động học của Vũ trụ</i>	221
Chương 4. TƯƠNG TÁC HỖN HỢP ĐIỆN-HẤP DẪN VÀ	

CON ĐƯỜNG MỚI CỦA VẬT LÝ HỌC	318
NHỮNG VẤN ĐỀ TỒN ĐỘNG	225
4.1. Trường lực thế hỗn hợp điện hấp dẫn	225
4.2. Giả thuyết về nguyên tử hydrozen	229
4.3. Giả thuyết về tương tác hạt nhân	237
<i>1. Sự hình thành multipol</i>	237
<i>2. Bảng sắp xếp thứ tự các hạt sơ cấp</i>	238
<i>3. Sự hình thành tương tác mạnh và yếu</i>	241
4.4. Những vấn đề còn tồn đọng	245
<i>1. Trường hấp dẫn của những vật thể chuyển động nhanh</i>	245
<i>2. Tính mặc định của chuyển động theo quán tính</i>	249
<i>3. Hình học bất đồng nhất</i>	249
<i>4. Mô hình các nguyên tử với chỉ số nguyên tử lớn</i>	250
<i>5. Tương tác mạnh và cấu trúc của các hạt sơ cấp</i>	251
<i>6. Các hiệu ứng tương đối tính</i>	251
<i>7. Các hiệu ứng thiên văn học</i>	252
LIỆT KÊ NHỮNG KHÁI NIỆM VÀ Ý TƯỞNG KHÁC BIỆT	255
LỜI KẾT	258
PHỤ LỤC	267
TÀI LIỆU THAM KHẢO	310
BẢNG CHỈ DẪN	313

PHỤ LỤC**Các hiện tượng được coi là bất cập hay nghịch lý**

Những mục có dấu () là đề xuất của tác giả; những mục có dấu (**) là nghịch lý đối với vật lý hiện thời nhưng không phải là nghịch lý theo quan điểm của tác giả.*

1. Lượng tính sóng – hạt
2. Chuyển động theo quán tính*
3. Xô nước của Newton
4. Sóng điện từ - dao động của ether hay của chân không*
5. Nghịch lý “hiệu ứng con muỗi”*
6. Động lực học chỉ là ảo giác*
7. Chân không chứa năng lượng*
8. Quỹ đường là đại lượng vô hướng hay véc tơ?*
9. Năng lượng là đại lượng vô hướng hay véc tơ?*
10. Nghịch lý động năng*
11. Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng chỉ là “ảo giác”*
12. Cấu trúc của electron
13. Điện tích phân số của quark
14. Mức năng lượng của nguyên tử*
15. Hạt mang tương tác vừa hút vừa đẩy*
16. Con mèo Schrodinger
17. Hạt “biết” trước mọi khả năng dịch chuyển khả dĩ
18. Vận tốc ánh sáng là hằng số
19. Nghịch lý anh em sinh đôi
20. Công thức $E = mc^2$ chưa hề được chứng minh*

21. Hiệu ứng Doppler dọc*
22. Vật chất, không gian và thời gian có điểm bắt đầu
23. Quay mà lại không được hiểu là ... quay!
24. Giới hạn của toán học*
25. Giới hạn của thực nghiệm*
26. Sự tồn tại tự thân của các tính chất*
27. Bằng chứng về vật chất tối và năng lượng tối*
28. Một lý thuyết tổng quát nhưng lại dựa trên tiên đề cục bộ*.
29. Nghịch lý hấp dẫn theo lý thuyết hấp dẫn Newton**
30. Nghịch lý Olbers (1823) – bầu trời sáng về đêm**
31. Con lắc Foucault **

1. *Lưỡng tính sóng – hạt*

Khái niệm *sóng* liên quan tới tính không định xứ và là *dao động* của “môi trường”; khái niệm *hạt* liên quan tới tính định xứ và chuyển động theo quỹ đạo xác định của vật thể – ***hai tính chất*** này vốn là của ***hai dạng*** đối tượng vật lý ***khác nhau*** – một hạt đơn lẻ và môi trường (một tập hợp nhiều hạt có liên hệ với nhau) và của ***hai*** hiện tượng ***khác nhau*** chứ không không phải của ***cùng một*** đối tượng nên không thể nói rằng đó là 2 mặt đối lập của cùng một hiện tượng – không áp dụng được quy luật “đấu tranh và thống nhất giữa các mặt đối lập”. Chính vì chỉ một đối tượng thì không thể có đồng thời cả 2 tính chất loại trừ nhau này – về thực chất là “râu ông nọ cắm cằm bà kia”.

Hạt là cái mà chúng ta có thể “nhìn thấy” được; “sóng” được gắn với hạt trong khái niệm “lưỡng tính sóng – hạt” này – chúng ta không thể nhìn thấy thậm chí cũng không thể hình dung ra được. Trong thí nghiệm “khe Young”, chúng ta có bộ phận phát (hạt hoặc “sóng” – photon, electron...), có tấm chắn với 2 khe hẹp

và màn chắn đặt sau tấm chắn đó và... hết! Khoảng không gian giữa bộ phận phát với tấm chắn và giữa tấm chắn với màn chắn là “cái gì” – không ai biết! Mọi cố gắng để “biết” đều dẫn đến sự biến mất của cái gọi là “tính chất sóng” – dường như các photon hay electron không những “biết trước” được có 1 khe hay 2 khe mà còn “nhận biết” được có sự “theo dõi” và tức khắc “ra quyết định là sóng hay là hạt”!!!

Theo CDM, chuyển động của hạt không thể lệch hướng một góc tùy ý mà theo những lượng tử góc hữu hạn và xác định, do đó, sau khi tương tác với trường lực thế của khe hẹp, những hạt bay qua khe sẽ chỉ rơi vào những khu vực xác định mà ta cho rằng đó là những “vân giao thoa” – dấu hiệu của ... “sóng vật chất” (xem mục 3.5.4c).

2. Chuyển động theo quán tính*

Nếu không có lực tác động hoặc 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 mà lại không bị lực tác động của các vật thể khác: 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 (theo nghĩa của hình học Euclid) 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?

Theo CDM, chuyển động theo quán tính không phải là chuyển động thẳng đều theo nghĩa trong không gian Euclid mà là “thẳng đều” trong không gian vật chất – trường lực thế. Nếu trường lực thế này là hướng tâm như thực tế đối với hầu hết các thiên thể và các nguyên tử thì không gian vật chất tương ứng với nó là không gian cầu, do đó, chuyển động “thẳng đều” ở đây, là chuyển động theo quỹ đạo “tròn” có tâm trùng với tâm của trường lực thế. Hơn thế nữa, vì cái được coi là “mặc định” ở đây là “trường lực thế” chứ không phải là “dạng chuyển động” và vì vậy, tùy thuộc vào dạng của trường lực thế mà sẽ có dạng chuyển động tương ứng chứ không phải là ngược lại. Nếu trường lực thế là hướng tâm thì chuyển động “tròn” đều trong không gian vật chất không hề tiêu tốn năng lượng nên trong chuyển động này, tổng hợp lực tác động lên vật thể bằng không (xem mục 1.1.2).

3. *Xô nước của Newton*

Theo định luật quán tính của Newton, khi một xô nước quay sẽ xảy ra hiện tượng mặt nước võng xuống còn nước trong xô dồn ép ra bên thành xô nước, người ta nói rằng xuất hiện lực ly tâm và không những thế, hiện tượng này vẫn xảy ra dù chỉ có một cái xô nước đơn độc trong Vũ trụ - chuyển động phi quán

tính là tuyệt đối. Tuy nhiên, mọi phân tích tỷ mỉ sự biến thiên vận tốc ở đây chỉ khẳng định gia tốc hướng tâm $a=V^2/R$ mà không sao tìm ra được gia tốc ly tâm, theo đó có thể tính được lực ly tâm nhờ định luật 2 Newton.

Tương tự như vậy, sự phình ra ở xích đạo Trái đất là do Trái đất tự quay quanh mình nó và cũng là kết quả của lực ly tâm. Trong thí nghiệm dùng sợi dây quay một viên đá theo đường vòng tròn cũng như trong chuyển động quay của vệ tinh nhân tạo xung quanh Trái đất, người ta có thể phân tích từ sự biến thiên của vận tốc chuyển động ra được gia tốc hướng tâm mà không thể nào chứng minh được gia tốc *ly tâm*, do đó, lực ly tâm giống như lực quán tính, chỉ có thể là “lực ảo”! Nhưng từ một nguyên nhân “ảo” lẽ nào lại sinh ra một kết quả thực?

Lời giải thật ra rất đơn giản. Vấn đề chỉ là HQC và quan niệm chuyển động nào được coi là mặc định: đứng yên, thẳng đều hay rơi tự do? Nếu coi chuyển động thẳng đều là mặc định thì khi cái xô quay, nước trong xô có xu hướng chuyển động thẳng đều nên tự nó đã “ép” vào thành xô gây nên hiện tượng đó và vì vậy, theo HQC gắn với cái xô sẽ xuất hiện lực quán tính, còn trong HQC của Trái đất, thì chỉ có lực hướng tâm. Hơn thế nữa, nếu giả thiết chỉ có một cái xô nước đơn độc “trong Vũ trụ”, theo CDM, không còn khái niệm *không gian ngoài vi* của nó nữa và vì vậy, khái niệm *trường lực thế* của nó cũng biến mất. Khi đó, nếu chỉ xét từ HQC của cái xô nước thì chẳng còn hiện tượng “quay” nào nữa và do vậy mặt nước trong xô vẫn bằng phẳng như bình thường. Tuy nhiên, vấn đề là người ta vẫn cứ cố “giả sử bằng cách nào đó quay xô nước độc nhất trong Vũ trụ ấy” để chứng minh rằng chuyển động phi quán tính là tuyệt đối do mặt nước trong xô sẽ võng xuống. Song, đó chẳng qua chỉ là sự “cố đấm ăn xôi” mà thôi vì khi tìm cách “quay” xô nước, giả thiết về cái “xô nước độc nhất” đã không còn được tôn trọng nữa – phải có lực từ đâu đó tác động lên xô nước, và chính nhờ lực tác động này mà nước trong xô sẽ dồn ra thành xô chứ chẳng phải vì chuyển động phi quán tính nào cả. Điều này cũng giống như việc quay trên quỹ đạo đối với các vệ

tinh hay hành tinh, ở đây nguyên nhân gây nên sự quay đó không phải là lực hướng tâm mà là tác động của một lực khác đã cân bằng với lực hướng tâm đó.

4. Sóng điện từ - dao động của ether hay của chân không*

Theo thuyết trường điện từ Maxwell, sóng điện từ cần được lan truyền trong một môi trường... Xét về phương diện toán học, nghiệm của các phương trình Maxwell là một hàm biến thiên trong không gian của hệ trục tọa độ Đề các X, Y, Z thì có thể được, nhưng về mặt vật lý, nếu chấp nhận một “sóng điện từ” thật sự thì buộc phải có môi trường cho nó “lan truyền”- dẫn đến “khủng hoảng ether” vì ether lại cần đến những tính chất huyền hoặc mà không ai có thể chấp nhận được. Loại bỏ ether, người ta đưa ra khái niệm “trường điện từ” – sóng điện từ là dao động của trường điện từ này. Nhưng khái niệm “vận tốc ánh sáng trong chân không” vẫn tồn tại, tức là chân không vẫn tồn tại. Vấn đề vẫn còn đó – chân không – không gian trống rỗng – sóng điện từ là dao động của chân không? Để né tránh tình trạng khó chịu này, người ta đưa vào khái niệm “trường điện từ” và để cho nó đóng vai trò môi trường truyền sóng thay cho ether hoặc chân không. Nhưng vấn đề vẫn còn đó – sóng điện từ vốn là sóng ngang mà sóng ngang chỉ có tồn tại trong chất rắn, như thế chẳng hóa ra trường điện từ cũng “rắn” hay sao? Chắc mọi người sẽ phản đối rằng đã có “bằng chứng thực nghiệm” về việc lan truyền “sóng điện từ” với việc phát minh ra radio. Nhưng hãy xem xét kỹ, thật ra chúng ta đã có được “bằng chứng” gì cơ chứ? - một máy được gọi là “phát”, một máy được gọi là “thu”, các dòng điện và điện áp biến thiên trong hai máy đó và...hết! Cái mà máy “phát” ra hoặc “thu” về, hay cái tồn tại trong khoảng giữa hai máy “thu” và “phát” đó là cái gì có ai “thấy tận mắt” không? Không ai cả! Tuy nhiên, điều đáng ghi nhận ở đây là những gì mà giác quan của chúng ta có thể cảm thụ được là rất hạn chế. Vì vậy, việc phải phải sử dụng tới trí óc tưởng tượng

hoặc nhờ tới các thiết bị kỹ thuật là điều tất yếu. Song cũng chính vì thế mà khi xuất hiện các nghịch lý, hay bất cập, chúng ta cần phải tư duy lại, nếu không, sẽ hiểu sai bản chất của thế giới này.

Theo CDM, chẳng có sóng điện từ nào cả mà chỉ có các hạt photon bay trong trường lực thế (với vận tốc $c = 300.000$ km/s trong trường hấp dẫn và với vận tốc nhỏ hơn nhiều trong trường tĩnh điện hoặc hạt nhân), vì vậy, chẳng cần tới môi trường truyền sóng nào hết (xem mục 3.4.3).

5. 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. Đúng 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 :

$$K_M = \frac{M_M V^2}{2}. \quad (P5.1)$$

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

$$K_D = \frac{M_D V^2}{2}. \quad (P5.2)$$

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:

$$\Delta K_D = \frac{M_D \Delta V^2}{2}, \quad (P5.3)$$

còn của con muỗi sẽ bằng:

$$\Delta K_M = \frac{M_M \Delta V^2}{2}, \quad (\text{P5.4})$$

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”?

Theo CDM, nếu động năng xét từ góc độ là khả năng tương tác giữa các vật thể thì cần tính qua khối lượng quán tính chung của con muỗi trong trường hấp dẫn của Trái đất - nó cũng đúng bằng khối lượng quán tính của Trái đất trong trường lực thế của con muỗi và bằng:

$$m = \frac{M_M M_D}{M_M + M_D} \approx M_M = 2 \times 10^{-6} \text{kg}.$$

và vì vậy, sự gia tăng động năng của Trái đất do mấy cái vỗ cánh của con muỗi cũng chỉ là 10^{-6}J , hoàn toàn phù hợp với tính toán của ta khi đứng trên Trái đất (xem khối lượng quán tính mục 2.1.4). Còn nếu động năng xét từ góc độ là kết quả của tương tác giữa các vật thể, thì việc “con muỗi vỗ cánh” để tăng vận tốc từ V_1 lên V_2 hoàn toàn khác với việc tác động thẳng lên Trái đất làm cho nó tăng vận tốc lên tương tự (ví dụ như lắp động cơ tên lửa đẩy Trái đất), khi đó, cần năng lượng khổng lồ!

Nguyên nhân sâu xa là ở chỗ các biến đổi Galileo (theo nguyên lý tương đối Galileo) và biến đổi Lorenz (theo nguyên lý tương đối Einstein) chỉ tác động lên các đại lượng động học như quãng đường (x, y, z), thời gian (t) và vận tốc $V(t)$ chứ không liên quan 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.

6. 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 lực 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 học** 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.

7. Chân không chứa năng lượng*

Chân không thoát đầu vốn được hiểu đồng nghĩa với không gian trống rỗng, không “chứa” vật chất, độc lập với vật chất. Thuyết tương đối rộng đã “gắn” không gian với thời gian và vật chất, và kết quả là được: hấp dẫn = không-thời

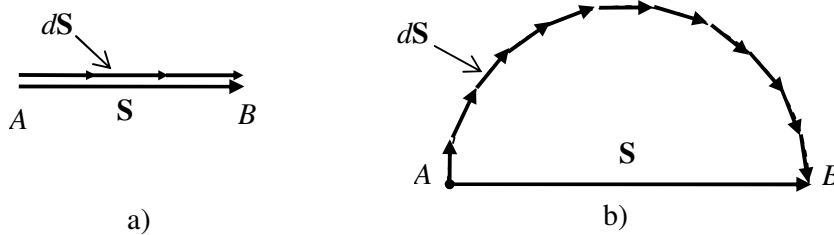
gian cong. Chân không lại có được một “vai diễn” mới: lực hấp dẫn. “Chân không lượng tử” – một không gian trống rỗng trong cơ học lượng tử nhưng chứa đầy “năng lượng” – các cặp hạt-phản hạt “ảo” xuất hiện rồi biến mất rất “náo nhiệt” và “sôi động”, và một số trong chúng trở thành hạt-phản hạt thực thụ, v.v..

Khái niệm năng lượng trong công thức $E = mc^2$ được chính Einstein gán cho một ý nghĩa là “sự chuyển hóa khối lượng thành năng lượng” mà khối lượng vốn vẫn được ông coi là thước đo lượng vật chất chứa trong vật thể (Hawking cũng thừa nhận quan điểm này). Năng lượng do đó đã trở thành một substance tương đương với vật chất, có thể biến thành vật chất và ngược lại, vật chất có thể biến thành năng lượng. Lý thuyết “Big bang” cũng chỉ là hệ quả của quan điểm này. Tuy nhiên, năng lượng trong công thức $E = mc^2$ của Einstein được đồng nhất với “bức xạ” – một dạng năng lượng điện từ, hay còn gọi là photon – thì có thể tham gia vào quá trình thuận nghịch ấy. Trong khi đó, “năng lượng” để gây ra Big Bang lại là một dạng hoàn toàn khác – một dạng “năng lượng” chỉ để sinh ra “vật chất” vào thời điểm đó, để rồi từ đó đến nay không bao giờ còn thấy xuất hiện trở lại nữa???

Theo CDM, trước hết chẳng có “chân không” nào cả, sau nữa là chẳng có năng lượng nào tồn tại độc lập với vật chất (xem mục 1.2.3) mà trái lại, nó chỉ là một trong các đặc tính của những dạng tồn tại khác nhau của vật chất mà thôi. Chính việc đồng nhất photon hay các bức xạ nhiệt theo lý thuyết nhiệt động học (công thức Planck) với năng lượng là nguyên nhân gây nên sự nhầm lẫn tai hại này. CDM đã chỉ ra rằng photon hay bức xạ nhiệt cũng chỉ là một loại thực thể vật lý có cấu trúc và bản thân chúng có một hữu hạn năng lượng nhất định. Công thức $W = mc^2 + 2U$ không hàm ý về sự chuyển hóa qua lại giữa vật chất và năng lượng nào cả, mà chỉ nói lên rằng một thực thể vật lý có quán tính trong trường lực thế U sẽ hàm chứa một năng lượng W được xác định theo công thức đó.

8. Quãng đường là đại lượng vô hướng hay véc tơ?*

Trong vật lý, người ta vẫn coi quãng đường là đại lượng véc tơ (ký hiệu là $d\mathbf{S}$ hay \mathbf{S}) khi biểu diễn chuyển động của một vật thể từ điểm A đến điểm B trong một khoảng thời gian nhất định nào đó. Tuy nhiên, điều này chỉ đúng khi vật thể chuyển động thẳng như Hình P1a; nếu nó chuyển động theo một đường cong, ví dụ như $\frac{1}{2}$ đường tròn được chỉ tra trên Hình P1b, vấn đề sẽ khác: tổng các véc tơ $d\mathbf{S}$ là véc tơ \mathbf{S} có chiều dài bằng $2r$ không phải là quãng đường mà vật thể đi được trong khoảng thời gian đó πr . Điều này chứng tỏ rằng quãng đường không phải là đại lượng véc tơ!



Hình P1. Quãng đường không phải là đại lượng véc tơ

Nhưng khi đó, một vấn đề mới lại được đặt ra liên quan tới khái niệm vận tốc chuyển động vốn là một đại lượng véc tơ, theo vật lý hiện hành được xác định bởi giới hạn:

$$\mathbf{V}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{S}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{S}}{dt}. \quad (\text{P8.1})$$

Vậy thì làm thế nào để biểu diễn được véc tơ vận tốc từ một đại lượng không phải là véc tơ? Rút cục, quãng đường là đại lượng vô hướng hay véc tơ đây?

Theo CDM, quãng đường không phải véc tơ mà chỉ là một đại lượng vô hướng, vì vậy, nghịch lý với quãng đường ở trên sẽ không còn nữa; bất cập xảy ra

với vận tốc trong trường hợp này sẽ được giải tỏa nếu thay biểu thức (P8.1) bằng biểu thức khác có ý nghĩa vật lý hơn đó là:

$$\mathbf{V}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} \mathbf{e}_A = \frac{dS}{dt} \mathbf{e}_A \quad (\text{P8.2})$$

ở đây \mathbf{e}_A là véc tơ đơn vị có hướng tiếp tuyến với quỹ đạo ngay tại điểm A , ứng với vị trí của vật thể tại thời điểm t , còn S chỉ là đại lượng vô hướng trong không gian véc tơ nhưng *sự biến thiên của nó lại có hướng*, và hướng này được xác định bởi chính véc tơ đơn vị \mathbf{e}_A .

9. 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:

$$K = \frac{mV^2}{2} \quad (\text{P9.1})$$

cũng chỉ có thể có nghĩa theo hướng của vận tốc còn theo 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 “lượng tính véc tơ-vô hướng” kiểu như “lượng sóng-hạt”?

Theo quan điểm của CDM, năng lượng cũng là đại lượng véc tơ tuy nhiên, còn phân biệt năng lượng cơ và năng lượng tổng (xem lại mục 1.2.3) và vì vậy, sự băn khoăn về động năng và thế năng ở trên hoàn toàn được giải tỏa. Riêng đối với nội năng tổng, theo định nghĩa, chỉ là đại lượng thống kê giống như nội lực tổng, thành ra không nên coi nó là đại lượng véc tơ – điều này hoàn toàn không mâu thuẫn với bản chất véc tơ của năng lượng. Việc cho rằng động năng tính theo (P8.1) có nguyên nhân sâu xa từ khái niệm quãng đường là đại lượng véc tơ vừa nói tới ở trên đã dẫn đến công thức động năng vô hướng này; mà không chỉ có thế, nó còn là nguyên nhân trực tiếp dẫn đến quan niệm “công của lực dịch chuyển vật thể trên một quãng đường” cũng là đại lượng vô hướng nốt: $A = \mathbf{F} \cdot \mathbf{S}$. Tuy nhiên, khi thay quãng đường trong công thức này là đại lượng vô hướng thì công cũng sẽ trở thành véc tơ giống như năng lượng vậy, và điều này mới là hợp lẽ.

10. Nghịch lý động năng*

Có một con tàu chuyển động thẳng đều với vận tốc V_1 so với một HQC quán tính H nào đó (mặt đất chẳng hạn) và trên con tàu đó, có một vật có khối

lượng m chuyển động với vận tốc \mathbf{V}_2 so với con tàu; góc giữa 2 véc tơ vận tốc này cho bằng α . Từ đây suy ra, véc tơ vận tốc chuyển động của vật đó so với HQC quán tính H bằng:

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_2 \quad (\text{P10.1})$$

có nghĩa là modul của nó bằng:

$$V^2 = V_1^2 + 2V_1V_2\cos\alpha + V_2^2 \quad (\text{P10.2})$$

Từ đây có thể tính được động năng của vật so với HQC H :

$$K = \frac{mV^2}{2}. \quad (\text{P10.3})$$

Tuy nhiên, vì năng lượng, và do vậy, cả động năng vốn được coi là đại lượng vô hướng nên có thể viết biểu thức động năng chuyển động của vật trong HQC H này như một tổng vô hướng:

$$K' = K_1 + K_2 \quad (\text{P10.4})$$

trong đó:

$$K_1 = \frac{mV_1^2}{2} \quad (\text{P10.5})$$

và

$$K_2 = \frac{mV_2^2}{2}. \quad (\text{P10.6})$$

Thay (P10.5) và (P10.6) vào (P10.4), ta được:

$$K' = \frac{m}{2}(V_1^2 + V_2^2) = \frac{m}{2}V'^2, \quad (\text{P10.7})$$

ở đây ký hiệu

$$V_1^2 + V_2^2 = V'^2 \quad (\text{P10.8})$$

So sánh (P10.7) với (P10.2) ta thấy có sự sai khác giữa 2 vận tốc tương đối:

$$\Delta V^2 = V^2 - V'^2 = 2V_1V_2\cos\alpha, \quad (\text{P10.9})$$

và chênh lệch giữa 2 giá trị động năng tính theo 2 cách là:

$$\Delta K^2 = K^2 - K'^2 = \frac{m}{2}(V^2 - V'^2) = \frac{m}{2}\Delta V^2. \quad (\text{P10.10})$$

Thay (P10.9) vào (P10.10), ta được:

$$\Delta K = \sqrt{|mV_1V_2\cos\alpha|}. \quad (\text{P10.11})$$

Giả sử cho $V_1 = V_2 = V_0$ và $\alpha = \pi$, từ (P10.2) ta có $V = 0$, do đó $K = 0$; trong khi đó, theo (P10.7) ta lại được $K' = mV^2/2 = mV_0^2$. Vậy thật ra động năng của vật thể so với HQC H cần phải xác định theo cách nào mới là đúng?

Theo CDM, vấn đề sẽ khác đi nếu phải xét tới nguồn gốc của động năng chứ không thể cộng một cách tùy tiện – “cảnh râu ông nọ cắm cằm bà kia” được. Động năng của vật thể trong HQC của con tàu xác định theo (P10.6) là đúng, nhưng động năng xác định theo biểu thức (P10.5) chẳng có nghĩa gì cả vì vận tốc V_I ở đây là vận tốc của con tàu so với HQC H chứ không phải vận tốc của vật thể đó so với HQC H ; trong HQC H này, vận tốc của nó là V phải được xác định theo (P10.1), nên chỉ có một cách duy nhất để xác định động năng của nó trong HQC H là theo biểu thức (P10.3) mà thôi.

11. Định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng chỉ là “ảo giác”*

Có một vấn đề không thể không đề cập đến, đó là định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng – vốn được coi như một trong những quy luật nền tảng của vật lý học. Tuy nhiên, đối với cơ học Newton, năng lượng được coi là bảo toàn chỉ bao gồm động năng và thế năng; còn đối với cơ học Einstein, có thêm thành phần nội năng nhưng lại biến mất thành phần thế năng. Kết quả là *cái được bảo toàn chưa hề là năng lượng toàn phần của thực thể vật lý* – điều này có khác gì “ảo giác”?

Hãy bắt đầu từ cơ năng của một vật thể trong trường lực thế, theo ngôn ngữ của cơ học Newton, là tổng của động năng và thế năng:

$$W_c = K + U . \quad (P11.1)$$

Nhưng thế năng hấp dẫn lại quy ước luôn mang dấu (-) vì các vật thể hút nhau, mà động năng lại luôn (+) nên:

$$W_c = \frac{mV^2}{2} - \frac{\alpha_h}{R} . \quad (P11.2)$$

Các biểu thức này được áp dụng cho mọi trường hợp của cơ học Newton. Và hơn thế nữa, nếu 2 vật thể là một hệ kín thì cái gọi là “cơ năng” xác định theo (P11.1) được xem như là đại lượng phải được bảo toàn (theo “định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng”).

Ta thử xem xét kỹ lại trước hết là đối với chuyển động rơi tự do. Cái được gọi là “cơ năng” theo biểu thức (P11.2) về thực chất chỉ là sự chênh lệch của thế năng (của trường lực thế) và động năng do nó sinh ra và vì vậy, nếu cho rằng năng lượng không bị thất thoát trong quá trình chuyển hóa từ thế năng thành động năng thì đương nhiên hiệu số này phải là hằng số. Nhưng việc nó là hằng số là một chuyện, còn nó có đúng là cơ năng hay không lại là chuyện khác. Giả như không áp đặt dấu cho thế năng (<0) mà chỉ dừng lại ở biểu thức (P11.1) thì khái niệm “cơ năng” còn có thể chấp nhận được với nghĩa là năng lượng đặc trưng cho trạng thái cơ học của vật thể. Tuy nhiên, khi quy định dấu cho một đại lượng, về thực chất, đã quy định chiều cho đại lượng đó: động năng và thế năng có chiều ngược nhau. Nhưng như thế có khác gì thừa nhận cơ năng là đại lượng véc tơ mà không phải là đại lượng vô hướng cho dù là chỉ có 2 hướng cực đoan: >0 hay <0? – Một sự thiếu nhất quán! Song, một khi đã nói đến hướng thì động năng trong công thức (P11.1) lại phải có hướng trùng với hướng của thế năng mới phải lẽ, vì vận tốc chuyển động của các vật thể luôn hướng về phía nhau, cùng với hướng của lực

trường thế - kết quả của thế năng này? Vì vậy, biểu thức (P11.2) không hề là cơ năng của vật thể. Có thể lấy ví dụ về trường hợp khi 2 vật thể ở xa nhau vô hạn, thế năng ~ 0 và động năng ban đầu $=0$, tức là hiệu (P11.2) ~ 0 , thì trong suốt quá trình rơi tự do về phía nhau, hiệu này luôn luôn $=0$ chẳng phải là điều gì lạ – toàn bộ thế năng chuyển hóa thành động năng – và chỉ có vậy thôi. Nhưng chẳng lẽ vì cơ năng của vật thể phải bảo toàn thì lại cho rằng nó phải $=0$ hay sao? Mà một khi cơ năng $=0$ thì vật thể phải không chuyển động mới đúng chứ? Vì không thể nào lại có thể chuyển động mà với năng lượng $=0$ được! Nhưng vật lại vẫn chuyển động, không những thế còn chuyển động mỗi lúc một nhanh hơn, và điều tệ hại hơn nữa là lực trường thế ngày một mạnh hơn – chẳng lẽ không phải vì thế năng ngày một lớn hơn sao? Kết cục là cả động năng, cả thế năng đều tăng mà lại cho rằng cơ năng $=0$ thì hợp lý làm sao được? Sự khác biệt về trạng thái năng lượng rất rõ rệt: thoát đầu ~ 0 – là điều đã quá rõ, nhưng về sau lại đạt những giá trị khổng lồ, thể hiện ra khi 2 vật va chạm nhau – điều này lại không thể chối cãi, (khủng long đã chẳng tuyệt diệt vì năng lượng này đó sao?).

Trường hợp chuyển động theo quỹ đạo tròn. Biểu thức (P11.1) quả thật cũng là một hằng số trong suốt quá trình chuyển động, hơn thế nữa, càng ở quỹ đạo bên trong, “cơ năng” càng lớn – điều này về định tính là hợp lý, cho dù vẫn bị lúng túng bởi dấu (–) của nó:

$$W_c = -\frac{\alpha_h}{2R} \quad (\text{P11.3})$$

Về thực chất, nếu năng lượng <0 , các vật tất phải hút nhau dẫn đến chuyển động về phía nhau thì mới phải, nhưng ở đây, khoảng cách giữa 2 vật luôn luôn không đổi – điều này phải chứng tỏ rằng theo phương nối tâm 2 vật thể, lực tác động tổng hợp lên nó phải $=0$ – tương đương với cơ năng theo phương đó $=0$. Ở đây, chỉ tồn tại chuyển động theo quỹ đạo tròn với động năng quỹ đạo bằng:

$$K = \frac{mV^2}{2} \quad (\text{P11.4})$$

Tức là có chuyển động thì có cơ năng tương ứng với nó – đó mới chính là điều hợp logic. Tóm lại, trong trường hợp này, biểu thức (P11.1) hoàn toàn chẳng ăn nhập gì với cái gọi là “cơ năng” của vật thể cả, trái lại, cơ năng của chuyển động tròn đều trên quỹ đạo phải là biểu thức (P11.4) và chỉ có thế mà thôi.

Trong cả 2 trường hợp, đều không đề cập đến năng lượng tổng hay năng lượng toàn phần của thực thể vật lý, vì vậy, định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng, xét cho cùng, cũng mới chỉ là “ảo giác” mà thôi.

Từ quan điểm của CDM, năng lượng là đại lượng véc tơ chứ không phải là đại lượng vô hướng và hơn thế nữa lại phân biệt rất rõ năng lượng tổng, năng lượng toàn phần, năng lượng cơ (“cơ năng” trong cơ học Newton), năng lượng liên kết v.v.. trong đó định luật bảo toàn năng lượng được phát biểu cho năng lượng toàn phần chứ không phải cho các thành phần của nó. Nếu xét theo quan điểm của CDM, biểu thức (P11.1) chỉ được xem như một tính chất của chuyển động thẳng bao gồm rơi tự do và chuyển động trên quỹ đạo (theo quán tính) chứ hoàn toàn không liên quan gì tới tổng năng lượng của thực thể vật lý cả. Cũng vẫn biểu thức đó, trong chuyển động cong (quỹ đạo elíp), nó không còn là đại lượng bảo toàn nữa trong khi đại lượng được bảo toàn chắc chắn vẫn là năng lượng tổng.

12. Cấu trúc của electron

Electron trong lý thuyết trường điện từ được coi là điện tích điểm, tức là không có kích thước với lý do là mọi kích thước gán cho nó đều dẫn đến nghịch lý: lực nào đã giữ lại điện tích trên bề mặt của nó? Và hơn thế nữa, “điện tích nguyên tố” không còn bằng 1 nữa mà phải nhỏ hơn nhiều để “phủ” đầy bề mặt! Từ đây, người ta đành chấp nhận khái niệm điện tích điểm để né tránh nghịch lý

khi coi điện tử có cấu trúc. Nhưng “tránh vô dưa lại gặp vô dưa”, điện tích điểm lại có năng lượng bằng vô cùng – hiện tượng phân kỳ không hề thú vị hơn. Thôi thì đành “tái chuẩn hóa” vậy – các nhà vật lý đành để cho “nữ hoàng” toán học “chiếm đoạt lý trí” của mình.

Theo CDM (xem mục 1.3.3), electron không có cấu trúc nhưng không phải không có kích thước; có kích thước nhưng không phải là điện tích bị “rải” đều theo kích thước đó và do đó có thể bị chia thành các phần nhỏ. Ta có thể hình dung 2 nửa trái bóng cao su – bên trong màu đen còn bên ngoài màu trắng, một trong hai nửa đó bị lộn theo chiều ngược lại (đen ra ngoài, còn trắng vào trong) tương ứng với positron, còn nửa kia (trắng ở ngoài, đen ở trong) – electron. Khi bị tác động mạnh tới mức độ nào đó, các nửa trái bóng này sẽ bị lộn ngược lại tương ứng với sự biến hóa từ electron thành positron hoặc ngược lại, từ positron thành electron chứ không bị xé nhỏ ra thành từng mảnh nhỏ. Hay có thể dùng một hình ảnh khác để so sánh đó là “mắt bão” – một vùng tĩnh lặng không có gió được nhìn thấy khá rõ ràng trong các bức ảnh con bão chụp từ vệ tinh – “mắt bão” không hề được cấu tạo từ các cái gọi là “mắt bão nhỏ hơn” nào hết – đó chỉ đơn thuần là giới hạn của một trạng thái vật lý tuân theo quy luật lượng đổi-chất đổi. “Mắt bão” là một khái niệm cho một đối tượng toàn vẹn không thể bị phân chia nhỏ hơn nữa mà thôi!

13. Điện tích phân số của quark

Mặc dù điện tích của electron đã được coi là “cơ bản” nhưng điện tích của quark lại còn “cơ bản” hơn: bằng $1/3$! Tại sao lại bằng $1/3$ – chứ không phải 1? Trong các va chạm năng lượng cao, người ta vẫn không thu được các hạt quark tự do để xem điện tích của chúng có đúng là phân số $1/3$ hay không. Một số các thí nghiệm gần đây trên các máy gia tốc lớn cho là “đã ghi nhận được quark tự do”,

về thực chất, chỉ có tính “nhân tạo” – dường như xuất phát từ mong muốn của người làm thí nghiệm hơn là một tồn tại khách quan. “Sự phát hiện ra pentaquark” vào những năm 2003 – 2005 mới đây là một ví dụ.

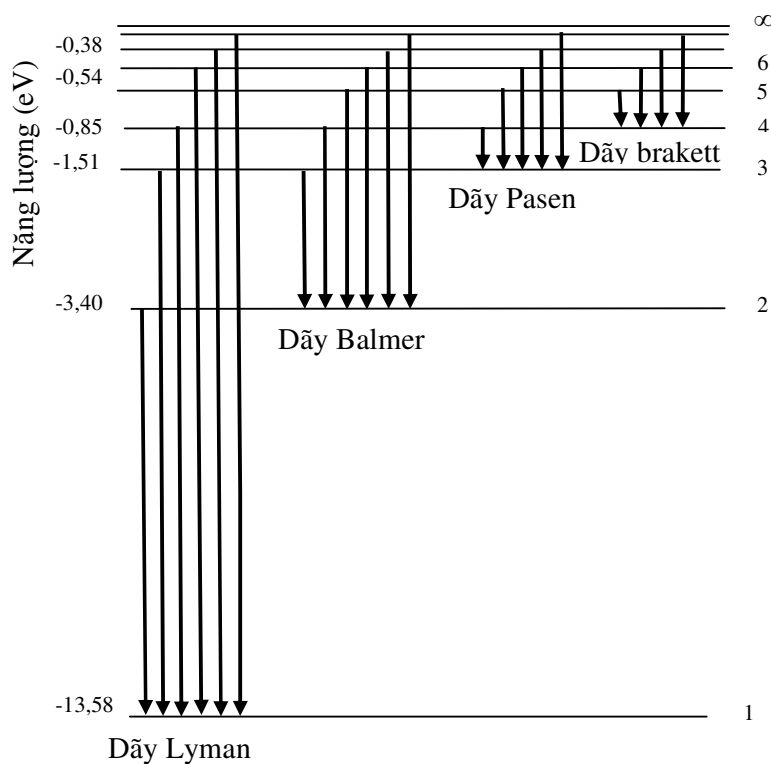
Theo CDM, các hạt quark này không tồn tại, chỉ tồn tại các dipol và các kết cấu được hình thành từ các dipol này mà thôi.

14. 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 P2. 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 P2. 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.

Theo CDM, để điện tử có thể chuyển động ở quỹ đạo gần hạt nhân hơn, nó phải có năng lượng toàn phần lớn hơn, càng ở quỹ đạo cách xa hạt nhân, năng lượng này càng giảm và giảm dần cho tới cực tiểu, tương ứng với điện tử tự do. Khi nhiệt độ tăng lên, tức là động năng của các nguyên tử H tăng lên khiến khả năng va chạm giữa chúng tăng lên, kết quả là các điện tử bị đẩy vào những quỹ đạo bên trong tương đương với sự giảm kích thước nguyên tử.

Nếu lúc này có các photon chiếu vào thì tùy thuộc vào trạng thái năng lượng của photon cũng như cách thức va chạm, mà nó có thể cho hay nhận thêm năng lượng từ các điện tử đó. Những điện tử nào bớt đi năng lượng cho photon thì sẽ nhảy trở lại các quỹ đạo bên ngoài, còn những điện tử nhận thêm năng lượng từ photon thì chúng hoặc sẽ nhảy vào quỹ đạo bên trong hoặc sẽ thoát ra khỏi nguyên tử. Mặt khác, các photon sau khi phản xạ trở lại sẽ có các mức năng lượng tương ứng với trạng thái năng lượng của khối khí Hydrozen. Nhiệt độ càng cao, mức năng lượng càng lớn, phổ năng lượng càng bị dịch chuyển về phía tím, đúng như thực tế quan sát được (xem mục ...).

15. Hạt mang tương tác vừa hút vừa đẩy*

Trong điện động lực học lượng tử, người ta cho rằng lực điện từ là do các điện tích trao đổi với nhau các photon nhưng là photon “ảo” vì chúng quả thật không hề tồn tại đối với người quan sát. Chúng sinh ra và biến mất hết như những

“bóng ma” vậy. Nhưng đã là “ảo” thì chỉ là một khái niệm trong toán học và đã là “ma” thì chỉ là kết quả của trí tưởng tượng chứ không thể là các thực thể vật lý. Và nghịch lý là ở chỗ các đối tượng “thật” lại chỉ có thể tương tác với nhau thông qua những đối tượng “ảo”- một khái niệm siêu hình nhưng lại có “năng lượng” thực!

Trong khi đó đối với các tương tác mạnh (nhờ trao đổi các hạt gluon) và các tương tác yếu (nhờ trao đổi các hạt bozon W và Z) thì điều khác biệt ở đây là các hạt này có vẻ là các hạt “thật” được tìm thấy trong máy gia tốc. Như vậy, cũng với cùng một mục đích là truyền tải lực tương tác nhưng một loại hạt thì “ảo” còn loại hạt khác thì lại “thật”- không nhất quán (!) - không phù hợp với lôgic hình thức. Mặt khác, việc trao đổi các hạt “ảo” dẫn đến việc hút nhau hay đẩy nhau của các điện tích đều có thể được vì một khi đã là kết quả của trí tưởng tượng thì muốn sao mà chẳng được? Vấn đề sẽ khác đi với các hạt “thật”. Bằng cách nào mà khi trao đổi các hạt “thật” (có khối lượng và cũng tức là có xung lượng), các đối tượng “thật” lại có thể hút nhau thay vì lẽ ra chỉ có thể đẩy nhau? Hai hạt có xung lượng khi va chạm nhau chúng sẽ phải đẩy nhau! Hơn thế nữa, cũng vẫn những hạt đó nhưng khi được trao đổi ở những cự ly ngắn ($\ll 10^{-15}$) thì dẫn đến lực đẩy nhau còn ở những cự ly vừa (cỡ 10^{-15} m) thì lại đổi thành hút nhau??? Đây là chưa kể tới việc bằng cách nào mà các hạt cơ bản vốn được coi là “hạt điểm” lại có thể hướng về phía nhau để “bắn ra” các “hạt mang tương tác” này cho nhau “bách phát, bách trúng” với một sai số “năm mơ” cũng không bao giờ có? Ví dụ như với proton và electron có kích thước cỡ 10^{-15} m, ở cách nhau một khoảng bằng 10^{-9} m (kích thước phân tử) sẽ giống như chúng ta ở cách nhau 1000km mà vẫn “bách trúng” được nhau, không nhờ vào hệ thống ra đa dẫn hướng!

16. Con mèo Schrodinger

Trong thí nghiệm tưởng tượng của Schrodinger về một con mèo trong một cái hộp kín với một loạt các cơ cấu nào đó dẫn đến khả năng giết chết con mèo. Tuy nhiên, khả năng con mèo vừa sống lại vừa chết lại là kết luận mà cơ học lượng tử có thể dẫn đến. Đó chính là hệ quả của quan điểm cho rằng trong thế giới vi mô, không có một hiện tượng hay sự vật nào có thể tồn tại khách quan cả, trái lại, sự tồn tại của chúng chỉ có thể nói đến khi quan sát đã được thực hiện, và cũng chỉ khi đó ta mới có thể nói tới sự tồn tại của chúng. Nói cách khác, tính tất định đối với thế giới vi mô chỉ là ảo tưởng.

Theo CDM, điều này có nguồn gốc sâu xa ngay từ thế giới vĩ mô, khi quan niệm “cường độ điện trường” (véc tơ \mathbf{E} xác định theo công thức (3.7)) và “từ cảm” (véc tơ \mathbf{B} xác định theo công thức (3.17)) là những đại lượng vốn tồn tại sẵn đối với một điểm nhất định nào đó của cái gọi là trường điện từ bất luận ở tại “điểm” đó có tồn tại điện tích hay không. Việc chia lực tác động cho điện tích để nhận được biểu thức (3.7) không còn phụ thuộc vào điện tích đó là một chuyện – một thao tác thuần túy toán học, còn đặc trưng của trường tại mỗi điểm của nó lại là chuyện khác hẳn, không phụ thuộc vào việc ta chia cái gì cho cái gì!!! Ở đây muốn nói đến tương tác giữa các thực thể vật lý, nó là nguyên nhân của sự tồn tại của thực thể vật lý đó, mà một khi đã nói đến tương tác có nghĩa là phải có ít nhất từ 2 vật thể trở lên, và vì vậy, các khái niệm cường độ trường hay từ cảm vừa đề cập tới chỉ là “cách thức” để ta nhận thức hiện tượng và sự vật chứ không phải là chính bản thân sự vật hay hiện tượng và vì vậy nó hoàn toàn mang tính chủ quan. Việc sử dụng những đại lượng này đúng là rất thuận tiện cho đo đạc (ở tầm vĩ mô) và tính toán để nhận thức hiện tượng và sự vật nhưng lại làm cho ta dễ bị lầm lẫn giữa khách quan và chủ quan, giữa khách thể và chủ thể. Khi áp dụng vào thế giới vi mô, khi thao tác đo đạc của chúng ta đã trở nên so sánh được với bản thể các quá trình của các hạt sơ cấp thì sự có mặt của thiết bị đo đã làm méo mó, thậm chí làm biến mất hiện tượng hay phá hủy sự vật, kết quả là cái mà ta nhận thức được

hoàn toàn không phải là cái đã từng tồn tại trước đó. Nghịch lý “con mèo nửa sống, nửa chết” này là điều có thể hiểu được – một dạng của nghịch lý toán học chứ không phải của thế giới vật chất bởi cơ học lượng tử chỉ là một công cụ toán học để tính toán một số các thông số nào đó không đầy đủ, và thậm chí sai lệch về tồn tại khách quan (lượng tính sóng-hạt chẳng hạn...), nên có nghịch lý cũng là lẽ thường thôi; có thể xem thêm “Giới hạn của toán học” ở Phụ lục 23.

17. Hạt “biết” trước mọi khả năng dịch chuyển khả dĩ

Theo điện động lực học lượng tử, xác suất để photon đi từ một điểm A đến một điểm khác B bằng tổng xác suất theo mọi quãng đường khả dĩ có thể có nối từ A đến B . Vấn đề là làm sao mà photon lại có thể “biết” trước mọi khả năng dịch chuyển khả dĩ trước khi quyết định sẽ đi con đường nào? Điều này cũng giống hệt như trong thí nghiệm 2 khe Young, hạt tự biết khi nào có 1 khe và khi nào có 2 khe và kể cả khi nào có “người quan sát” chúng để thay đổi hành vi – là sóng hay là hạt cho thích hợp! (?)

Theo TVĐ, chẳng có sự “biết” trước nào cả vì đơn giản là photon được phát ra theo mọi hướng mà cấu trúc của nó là cặp $e^- e^+$ quay với tần số f đã tự động hình thành nên cái gọi là “véc tơ biên độ xác suất” của Pheynman (xem mục 3.3.3) – một sự trùng hợp khá lý thú.

18. 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 công 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 “kề kề” 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! (?)

Cần phải lưu ý rằng vận tốc ánh sáng chỉ bằng hằng số trong chân không, tức là bỏ qua mọi tác động của trường lực thế. Khi ánh sáng chuyển động trong trường lực thế mạnh thì vận tốc của nó sẽ nhỏ hơn 300.000km/s, thậm chí có thể $\rightarrow 0$. Nhưng khi đó, HQC sẽ không còn là HQC quán tính được nữa và do đó TTH cũng không còn hiệu lực.

19. Nghịch lý anh em sinh đôi

Theo TTH, có 2 anh em sinh đôi, người em ở lại HQC đứng yên còn người anh lên tàu vũ trụ bay theo một đường gấp khúc khép kín. Sau một khoảng thời gian, người anh trở về và 2 anh em gặp lại nhau trong tình cảnh: anh vẫn còn rất trẻ mà người em thì đã “râu dài đến rón”? Nghịch lý là ở chỗ, lẽ ra trên HQC của người anh, mọi việc cũng phải diễn ra giống hệt như trong HQC của người em mới đúng vì theo định đề 1 của TTH, mọi HQC quán tính đều tương đương nhau. Nếu HQC của người anh có thể coi là HQC quán tính thì HQC của người em cũng

như vậy, và vì tính tương đối, người anh thấy mình đứng yên còn người em “bay” vào Vũ trụ cũng theo đường gấp khúc khép kín và đương nhiên sau cũng bằng ấy thời gian, họ cũng lại gặp nhau nhưng hiệu ứng bây giờ lại ngược lại: người anh lại thấy người em còn trẻ còn mình thì “râu dài đến rón”? Vậy rút cục ai già hơn ai? – không hề có câu trả lời xác đáng!!! Và hơn thế nữa, vì sao vận tốc truyền ánh sáng là hằng số lại có thể ảnh hưởng tới nhịp sinh học của con người? Và kết cục, thời gian là cái gì vậy?

Theo CDM, nội năng của mọi thực thể vật lý đều giảm đi khi chuyển động rơi tự do trong trường lực thế; tốc độ chuyển động càng lớn hoặc trường lực thế càng lớn, nội năng càng giảm mạnh. Trong khi đó, nhịp độ vận động tỷ lệ với nội năng. Nội năng giảm dẫn đến tương tác giữa các phần tử cấu thành nên thực thể vật lý đó giảm; mà tương tác giảm đi sẽ khiến nhịp độ vận động giảm và do đó “thời gian” sẽ chậm lại (xem mục 2.5). Nếu là chuyển động trong không gian tự do không có bất cứ một trường lực thế nào thì dù là chuyển động có gia tốc hay thẳng đều cũng như nhau cả thôi. Ảnh hưởng của chuyển động tới năng lượng của bất kỳ một thực thể vật lý nào luôn luôn được gắn với các vật thể khác thông qua trường lực thế của chúng, thông qua ngoại năng = động năng + thế năng. Từ đây cho thấy nếu trường lực thế không có thì ngoại năng đương nhiên =0. Có nghĩa là chuyển động hay không chuyển động hoàn toàn không có ý nghĩa gì đối với vật thể cả. Vấn đề là chỉ dựa vào các thông số động học như vận tốc, thời gian, quãng đường... rồi “phán” ra các thông số động lực học như khối lượng, năng lượng ... là một việc làm phi logic nên việc nảy sinh nghịch lý là không thể tránh khỏi.

20. 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 mọi thời đại” nhưng việc chứng minh nó đã chứa đựng bất 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:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = m_0\gamma \quad (\text{P20.1})$$

cùng với định luật 2 Newton:

$$F = \frac{d(mV)}{dt} \quad (\text{P20.2})$$

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

Thứ nhất, bản thân công thức (P20.1) 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 hiểu 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..

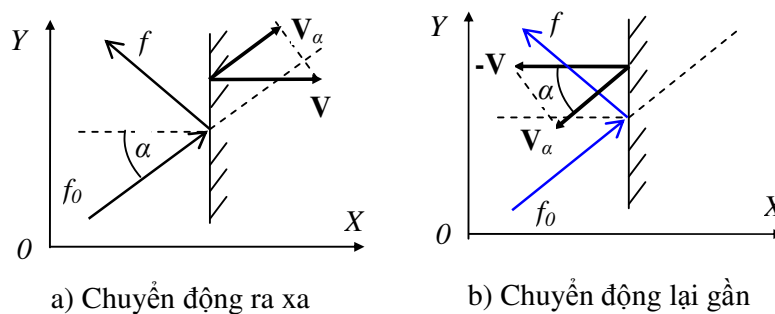
với V_1, V_2, \dots, V_n là các giá trị vận tốc không thay đổi theo thời gian, thỏa mãn yêu cầu của chuyển động thẳng đều, chứ hoàn toàn không phải là các giá trị vận tốc tức thời; tương tự như vậy, khối lượng quán tính m_1, m_2, \dots, m_n là các giá trị khối lượng tương ứng tính được trong HQC₁, HQC₂...HQC_n tương ứng chứ hoàn toàn không phải là các giá trị của 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 (P20.1) được nữa? Chính vì vậy, không thể thay (P20.1) vào (P20.2) 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 $\equiv 0$! Còn nếu cứ cố kiết cho rằng V là đại lượng không biến thiên liên tục mà có dạng “bậc thang” thay đổi từ V_l tới V_n thì đạo hàm của nó lại có dạng là hàm Dirac $\delta(t)$! Kết quả là cũng không thể cho ra được công thức cần chứng minh.

Thứ hai, bản thân việc áp dụng công thức (P20.2) 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!!!

21. Hiệu ứng Doppler dọc**

Theo thuyết tương đối hẹp, khi ánh sáng phản xạ lại từ một gương chuyển động với vận tốc \mathbf{V} hợp với phương truyền một góc α như trên Hình P3, tần số của nó f liên hệ với tần số của ánh sáng tới f_0 theo công thức:



Hình P3. Hiệu ứng Doppler dọc.

$$f = f_0 \frac{(1 + \beta^2) \mp 2\beta \cos \alpha}{1 - \beta^2}, \quad (\text{P21.1})$$

ở đây dấu (-) ứng với chuyển động ra xa, còn dấu (+) ứng với chuyển động lại gần. Biểu thức (P21.1) chính là hiệu ứng Doppler dọc. Nếu $\alpha = \pi/2$, ta nhận được:

$$f = f_0 \frac{1 + \beta^2}{1 - \beta^2}. \quad (\text{P21.2})$$

Tức là $f > f_0$! Nhưng điều này là không thể vì khi đó, hướng tia sáng tới song song với mặt gương, do đó cái gọi là “tia sáng phản xạ” thật ra cũng vẫn chính là tia sáng tới nên tần số f về nguyên tắc phải bằng f_0 mới đúng chứ? Chưa hết, trong trường hợp gương chuyển động lại gần, hoàn toàn có khả năng xảy ra tình huống khi ánh sáng phản xạ từ gương không thể thoát ra khỏi bề mặt gương, do thành phần vận tốc cùng chiều chuyển động với gương lại nhỏ hơn chính vận tốc của gương! Công thức (P21.1) đã không làm sáng tỏ được tình huống này.

Theo CDM, quan hệ giữa tần số của ánh sáng tới và ánh sáng phản xạ tuân theo công thức:

$$f' = \frac{\cos \alpha + \beta}{\cos \alpha - \beta} f \quad (\text{P21.3})$$

với điều kiện:

$$\alpha > \arccos \beta. \quad (\text{P21.4})$$

Có thể thấy ngay rằng nếu ánh sáng chiếu vuông góc với bề mặt gương, tức là $\alpha = 0$, hay $\cos \alpha = 1$, thì 2 biểu thức (P21.1) và (P21.3) cho ra cùng một kết quả:

$$f' = f'' = \frac{1 + \beta}{1 - \beta} f \quad (\text{P21.5})$$

Nhưng vấn đề sẽ khác nhiều, nếu $\alpha=\pi/2$, hay $\cos\alpha=0$, tức là ánh sáng đi “sượt” qua gương, biểu thức (P21.3) cho ta kết quả đúng: $f'=f$ (có dấu “-” là do điều kiện (P21.4) đã không được thỏa mãn).

22. Vật chất, không gian và thời gian có điểm bắt đầu

Vật chất, không gian và thời gian được sinh ra từ “không có gì”! – đó chính là điểm bắt đầu của Vũ trụ theo lý thuyết Big Bang hiện hành. Người ta cố biện luận cái “không có gì” ấy là năng lượng, nhưng năng lượng là cái gì mà lại tồn tại không cần tới vật chất vậy? Và thế nào nghĩa là được sinh ra? Rồi sau đó không gian lại còn giãn nở? Còn lạm phát? Vậy bản thân các thực thể vật lý như electron, proton ... đến Trái đất, Mặt trăng, Mặt trời và các vì sao hiện có dẫn nở không? Vì bản thân chúng cũng có không gian riêng của mình như là một phần không tách rời của không gian Vũ trụ kia mà? Rồi còn thời gian, vì lý do gì mà nó lại không “giãn nở”, không “lạm phát” khi cả không gian lẫn vật chất đều đã giãn nở? Dù muốn hay không, vẫn phải thừa nhận: *Big Bang = Sự sáng thế của Chúa trời!!!* Còn nói như truyện ngụ ngôn của người Việt nam thì là “Trời sinh ra thế”!!! Mọi cố gắng của Hawking tạo ra một Vũ trụ không có biên nhờ vào cái gọi là “thời gian ảo” không đem lại một ý nghĩa thực tiễn vật lý nào cho dù ông cố gắng thuyết phục mọi người rằng: “tới một lúc nào đó, người ta cũng sẽ chấp nhận thời gian ảo giống như chấp nhận Trái đất quay xung quanh Mặt trời vậy”.

Theo CDM, vật chất không sinh ra, cũng không mất đi nên không gian như là một thuộc tính của nó cũng vậy; còn thời gian chỉ là độ đo sự vận động của vật chất mà không tồn tại khách quan (xem mục 1.1). Hơn nữa đặc tính vô cùng, vô tận của vật chất và sự vận động không ngừng nghỉ của nó không cho phép bất cứ một giả thuyết nào kiểu Big Bang được phép tồn tại.

23. Quay mà lại không được hiểu là ... quay!

Trong cơ học lượng tử, người ta đưa ra khái niệm *spin* – tức là mômen quay của các hạt cơ bản. Tuy nhiên, các hạt cơ bản đều được xem như những hạt điểm, không có kích thước nên dĩ nhiên khái niệm “tự quay” đối với chúng là vô nghĩa; còn nếu gán cho các hạt một kích thước nào đó, thì các tính toán mô men quay dựa trên các số liệu có thể đo đạc được cho thấy vận tốc *quay* của các hạt này đều vi phạm nghiêm trọng TTH - nghĩa là chúng không thể nào có thể quay được. Ấy vậy mà nếu “nhắm mắt làm ngơ” để cứ gán cho chúng *spin* với nghĩa là một “thuộc tính” của chúng thì lại có thể giải thích được nhiều hiện tượng. Vậy tóm lại, cứ cho là chúng có mô men quay – *spin* nhưng đừng có hiểu là chúng ... quay!(?) Xét từ góc độ vật lý hiện đại, những khái niệm như vậy tràn lan khắp nơi, chẳng hạn như không – thời gian 4 chiều, 11 chiều, 23 chiều... rồi thời gian ảo, photon ảo, sự “nhòe lượng tử” v.v.. không thể còn hình dung được nữa. Những khái niệm siêu hình này dần đã trở thành “bất buộc” đối với vật lý và “buộc tội” ý thức của con người là quá “thô thiên” và “ấu trĩ” để có thể nhận thức được những cái mà “Tự nhiên vốn dĩ như thế” mà không thể là thế khác!

24. Giới hạn của toán học*

Để nghiên cứu các quá trình vật lý, người ta thường phải sử dụng toán học như một công cụ hữu hiệu, một loại mô hình đôi khi không thể thay thế được có tính vạn năng. Tuy nhiên, toán học chỉ là một sản phẩm của tư duy trừu tượng – nó không thể thay thế được thực tại khách quan.

Ví dụ 1. Vận tốc tức thời và gia tốc tức thời. Để mô tả chuyển động của một vật thể, ta có thể viết phương trình chuyển động của nó:

$$ma(t) = m \frac{dV(t)}{dt} = m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = F \quad (\text{P24.1})$$

ở đây $x(t)$ – là một hàm trong HTĐ xOt biểu diễn quãng đường mà vật đi được;

$$V(t) = \frac{dx(t)}{dt} \text{ và } a(t) = \frac{dV(t)}{dt} \quad (\text{P24.2})$$

là vận tốc tức thời và gia tốc tức thời tương ứng cũng trong HTĐ đó. Giải phương trình (P24.1) ra ta được hàm $x(t)$. Nếu xét từ phương diện toán học thuần túy thì $V(t)$ là độ dốc của đường $x(t)$ tại điểm ứng với hoành độ là t trong mặt phẳng tọa độ xOt so với trục hoành Ot , còn $a(t)$ là độ dốc của đường $V(t)$ cũng tại điểm đó. Nhưng từ phương diện vật lý, khái niệm “vận tốc tức thời” được mô phỏng bởi hàm $V(t)$ lại không có nghĩa bởi vì đơn giản là nếu chỉ mới nói tới một “thời điểm” t nào đó thôi thì vật chưa “dịch chuyển” đi đâu cả thì làm gì có khái niệm “vận tốc”? Ở đây chỉ có khái niệm “vận tốc trung bình” được hiểu như là “quãng đường” mà vật đi được sau một “khoảng thời gian” mới có ý nghĩa vật lý. Tương tự như vậy đối với “gia tốc tức thời”.

Ví dụ 2. Tần số tức thời. Đối với các quá trình dao động, có sự lặp đi, lặp lại một trạng thái nhất định gọi là chu kỳ T , người ta sử dụng khái niệm tần số dao động f được định nghĩa là “số chu kỳ dao động trong một đơn vị thời gian”:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (\text{P24.3})$$

Ở đây cả chu kỳ lẫn tần số đều là các khái niệm chỉ thuộc về một quá trình diễn biến theo thời gian ở dạng liên tục chứ không thể có khái niệm ở tại một thời điểm và, hơn thế nữa, lại không thể liên tục theo thời gian. Thí dụ như Trái đất quay xung quanh Mặt trời với chu kỳ bằng 365 ngày, đối với nó, không thể nói là tại “thời điểm” 0^h00’ ngày 1/1/2007 chu kỳ của nó là 365 ngày bởi vì chỉ khi đã trải qua 365 ngày, Trái đất mới có thể hoàn thành xong 1 chu kỳ và rồi nhờ vào công thức (P24.3) để tính ra tần số quay của nó. Vậy thì làm sao có thể biểu diễn T hay f như một hàm của thời gian tại các thời điểm 1h00’, 2h00’ v.v.. cùng ngày 1/1/2007 được đây? Nói cách khác, những đại lượng này chỉ có nghĩa *trong một khoảng thời gian* chứ không có nghĩa *tại một thời điểm*, kể cả là “thời điểm” đã

được hiểu với nghĩa ở mục 1.1.3. Chính vì vậy, không thể có khái niệm “chu kỳ tức thời” hay “tần số tức thời”, cũng như coi chúng là một “hàm liên tục của thời gian” để rồi áp dụng các phép tính vi phân hay tích phân một cách tùy tiện.

Ví dụ 3. Cường độ điện trường. Trong lý thuyết trường điện từ, người ta gán cho mỗi điểm của trường một đại lượng đặc trưng được gọi là “véc tơ cường độ điện trường” xác định theo biểu thức (3.7), về thực chất là đem chia lực tương tác cho giá trị điện tích của vật thể đang tồn tại ở điểm đó, kết quả là biểu thức (3.7) không còn phụ thuộc vào điện tích của vật thể đó nữa. Trên cơ sở đó, người ta tiến hành khảo sát cái gọi là điện trường hoàn toàn độc lập với các điện tích tồn tại trong đó – lý thuyết trường điện từ ra đời. Tuy nhiên, người ta lại quên đi mất một chi tiết là phép chia đó, về thực chất chỉ là một thao tác toán học thuần túy, không vì thế mà vật thể cùng với điện tích của nó biến mất khỏi điểm đó – nó vẫn tồn tại ở đó bất luận anh “chia chác” thế nào! Vậy một câu hỏi đặt ra là điều gì sẽ xảy ra khi cùng với thao tác chia đó, ta vứt bỏ luôn vật thể tích điện đó ra khỏi điện trường? Tại điểm đó sẽ chỉ còn chơ vơ lại cái gọi là “véc tơ cường độ điện trường \mathbf{E} ”? Thật đáng tiếc là không phải như vậy. Từ quan điểm duy vật biện chứng đã nói tới ở Chương I, mỗi thực thể vật lý phải bao gồm 2 thành phần: vật thể và trường, và hơn thế nữa, nó chỉ có thể được coi là tồn tại khi nó tương tác với một thực thể vật lý khác; khi chỉ còn lại một mình – khái niệm không gian “ngoại vi” là vô nghĩa, tức là khái niệm trường cũng vô nghĩa theo, và kết quả cái gọi là “chỉ còn lại một mình” cũng vô nghĩa nốt! Nó cách khác, nếu vứt bỏ vật thể tích điện ra khỏi điểm đang xét đồng nghĩa với “không còn gì để nói”. Có thể làm một động tác ngược lại, ta sẽ thấy rõ hơn điều đó. Cụ thể là tại điểm đang xét đó, ta đặt một vật thể có điện tích lớn hơn rất nhiều điện tích của vật thể có điện trường đang cần khảo sát, khi đó, bất luận anh có thực hiện phép chia điện tích hay không chia điện tích, cái được gọi là điện trường ban đầu đã không còn nữa – nó đã bị biến dạng, và không chỉ ở riêng tại điểm đó mà là toàn bộ các điểm khác nữa. Phép chia đó

về mặt toán học rõ ràng không hề sai nhưng nó có giới hạn của nó. Giới hạn đó cần phải được tính đến.

Ngoài ra, còn phải kể đến không-thời gian 4 chiều Mincopsky, Riemann... trong thuyết tương đối – đều chỉ là những không gian thuần túy toán học chứ không không liên quan gì tới không gian vật chất như đã được đề cập tới ở mục 1.1.2, hay như việc áp dụng giải tích véc tơ ở mục 1.3.3. Như vậy, cho dù là thuận tiện đến đâu đi chăng nữa, vẫn cần phải biết “điểm dừng” khi chuyển tải những khái niệm trừu tượng của tư duy sang những khái niệm vật lý, nếu không, sẽ vô tình tạo điều kiện để “siêu hình” len lỏi vào vật lý lúc nào không biết. Trường hợp tương tự như vậy đã xảy ra đối với “sóng điện từ” - một nghiệm của phương trình Maxwell như ở Phụ lục 4.

25. Giới hạn của thực nghiệm*

Các triết gia duy vật thường nói: “thực tiễn là tiêu chuẩn của chân lý”, còn những nhà vật lý thì nói: “lý thuyết cần phải được kiểm chứng bằng thực nghiệm”. Những điều đó đều đúng cả. Tuy nhiên, vấn đề trước hết lại không phải là ở chỗ có “được kiểm chứng” hoặc “tiêu chuẩn” hóa hay không, mà lại ở chính cái được gọi là “thực tiễn” hay “thực nghiệm” này! Học thuyết địa tâm của Ptoleme chẳng phải cũng đã từng dựa vào “thực nghiệm” đó sao? Ai mà chẳng “tận mắt” nhìn thấy Mặt trời mọc ở đằng Đông rồi lặn ở đằng Tây, Mặt trăng và bầu trời đầy sao cũng vẫn xoay quanh ta là cái gì vậy? Đó chính là giới hạn của thực nghiệm!

Thực nghiệm là quá trình sử dụng các phương tiện vật chất theo các quy trình nhất định nhằm mục đích kiểm tra một hiện tượng hay sự vật nào đó. Như vậy ở đây có 3 yếu tố hình thành nên cái gọi là “thực nghiệm” đó:

+ phương tiện vật chất bao gồm các thiết bị đo đạc, các thiết bị hỗ trợ, tạo mẫu, tính toán, mô phỏng v.v..

+ cơ sở lý thuyết nhờ đó xây dựng nên các quy trình thí nghiệm, chương trình tính toán, xử lý số liệu ...

+ người thí nghiệm tiếp nhận thông tin và điều khiển toàn bộ quá trình.

Như thế có thể thấy do cả 3 yếu tố này không bao giờ có thể hoàn thiện mà luôn có những giới hạn không thể vượt qua được nên cái gọi là “thực nghiệm”, về nguyên tắc, cũng sẽ có giới hạn, vì vậy, việc hài lòng với cái gọi là “kết quả thực nghiệm đã chỉ ra như vậy” sẽ dẫn dắt chúng ta tới những sai lầm mà cái giá phải trả sẽ là rất lớn. Có thể lấy thí nghiệm rơi tự do kiểu Galileo làm ví dụ minh họa. Thả một cái lông ngỗng, một hòn bi sắt và một mẩu gỗ vào một ống thủy tinh đã được hút chân không, đặt nó dựng đứng lên rồi bất ngờ lật ngược nó xuống – cả 3 vật đều rơi xuống đáy cùng một lúc, với cùng một gia tốc rơi tự do $g = 9,8\text{m/s}^2$, bất chấp khối lượng của chúng chênh lệch nhau cả trăm lần. Từ đây có thể tuyên bố rằng “gia tốc rơi tự do của mọi vật đều như nhau, không phụ thuộc vào khối lượng của chúng”. Và một khi gia tốc rơi tự do đã như nhau thì có thể rút ra được sự tương đương giữa khối lượng hấp dẫn và khối lượng quán tính. Kết quả là có thể nâng lên thành nguyên lý cho tất cả mọi vật thể trong Vũ trụ - nguyên lý tương đương. Song, rất tiếc điều đó lại là một sai lầm. Chỉ cần thay thí nghiệm này bằng một thí nghiệm tưởng tượng khác là chọn vật rơi có khối lượng tương đương khối lượng của Trái đất sẽ thấy ngay gia tốc rơi tự do của nó không còn bằng g nữa mà phải là $\sim 2g$ – nguyên lý tương đương không còn đúng nữa! Nói cách khác, gia tốc rơi tự do phụ thuộc vào khối lượng của cả hai vật chứ không chỉ của một vật. Sai số thực nghiệm có thể đánh giá bởi tỷ số (xem biểu thức (2.29)):

$$\delta \approx \frac{M_x}{M_{TD}}$$

Với M_x và M_{TD} là khối lượng hấp dẫn của vật thử và của Trái đất tương ứng. Trong thí nghiệm của Galileo, sai số này chỉ là 10^{-24} – một độ chính xác “năm mơ cũng không thể có được”, ấy vậy mà sẽ sai tới 100% khi 2 khối lượng ấy bằng

nhau! Nghe nói sắp tới, NASA sẽ cho chi 500 tr. USD vào vũ trụ để kiểm tra sự sai khác giữa 2 khối lượng đó với sai số dự kiến giảm xuống chỉ còn 10^{-16} thay vì 10^{-12} như hiện nay, nhưng có thể tiên đoán được trước rằng kết quả sẽ vẫn chẳng nhận được gì khác hơn!

26. Sự tồn tại tự thân của các tính chất*

“Chân không lượng tử” là nơi không có bất cứ dạng tồn tại nào của vật chất nhưng “năng lượng” thì không bao giờ bằng không! Theo lý thuyết “Big Bang” thì vật chất, không gian và thời gian được sinh ra từ một vụ nổ - tức là trước khi có vật chất đã tồn tại “năng lượng tự thân”!

Đường như ở đây chúng ta đã quên mất rằng quá trình nhận thức của con người tuân theo quy luật “từ trực quan sinh động đến tư duy trừu tượng”. Các khái niệm được sinh ra từ quá trình đó. Nhận thấy các vật thể khi va chạm nhau tạo nên chuyển dịch (một hiện tượng trực quan), người ta đưa ra khái niệm về lực, công (lực nhân với chuyển dịch) và năng lượng (khả năng sinh công). Như vậy, các khái niệm “lực”, “công” và “năng lượng” luôn gắn với một đối tượng cụ thể, một quá trình cụ thể nào đó với tư cách là các tính chất của chúng. Nếu chúng không tồn tại thì làm gì còn tồn tại cái gọi là “tính chất của chúng”? Nói cách khác, không tồn tại các “tính chất tự thân” mà chỉ tồn tại các đối tượng vật lý có các tính chất đó mà thôi. Từ đây xét rộng ra - chỉ tồn tại vật chất dưới các dạng khác nhau và với các tính chất khác nhau của chúng chứ không tồn tại các “tính chất tự thân” (“năng lượng” ở đây cũng không phải là một ngoại lệ). Như vậy, việc xem vật chất được sinh ra từ “năng lượng” - một tính chất của nó - là hoàn toàn trái với các “bằng chứng thực nghiệm”. Cái gọi là “thăng giáng” của “chân không lượng tử”, về thực chất, chỉ là một cách mô tả “tuỳ hứng” thực tại khách quan. Không ở đâu và chẳng bao giờ tạo được một cái gọi là “chân không lượng tử” với nghĩa là

không tồn tại bất cứ hình thức nào của vật chất mà lại vẫn tồn tại “năng lượng” cả, bởi ít nhất cũng không thể nào loại bỏ được photon vốn tồn tại khắp mọi nơi. Nói tóm lại, đây là một nghịch lý trong nhận thức. Nghịch lý này có lẽ được cổ vũ bởi công thức nổi tiếng của Einstein: $E=mc^2$. Người ta cho rằng công thức này nói lên sự tương đương giữa năng lượng và khối lượng, mà khối lượng lại là “thước đo” lượng vật chất nên cũng có nghĩa là sự tương đương giữa năng lượng và vật chất. Nói như Einstein, đó là sự chuyển hoá qua lại giữa “năng lượng” và vật chất – điều này là không đúng. Không nên quên rằng để dẫn ra công thức này, người ta phải dựa vào phương trình chuyển động của một vật có khối lượng bằng m trong một hệ quy chiếu nào đó. Kết quả nhận được chỉ đơn thuần là nếu một vật có khối lượng là m thì có thể hàm chứa một năng lượng tối đa bằng mc^2 chứ chẳng có một sự “chuyển hoá” nào cả. Hơn nữa, khối lượng cũng không đồng nghĩa với vật chất mà chỉ là một trong vô vàn các tính chất khác nhau của vật chất mà thôi. Đây là chưa nói đến nghịch lý “cười ra nước mắt” ở Phụ lục 19 – công thức $E=mc^2$ chưa hề được chứng minh.

27. Bằng chứng về vật chất tối và năng lượng tối*

Các số liệu đo đạc thiên văn cho thấy tốc độ quay của các thiên hà quá nhanh so với kết quả tính toán, đặc biệt là càng ở xa tâm thiên hà chênh lệch tốc độ quay càng lớn. Lý thuyết hiện hành cho rằng đó chính là bằng chứng thuyết phục về cái gọi là “vật chất tối” và “năng lượng tối” tràn ngập khắp Vũ trụ, nó phải chiếm tới 95% tổng số vật chất trong Vũ trụ. Nhưng vật chất tối và năng lượng tối là cái gì thế mà gây nên hiệu ứng hấp dẫn lớn đến vậy trong khi bỏ qua mọi tương tác điện từ bao gồm cả quang học? Hơn thế nữa, vì lý do gì mà nó lại chỉ tồn tại ở khoảng cách rất xa chúng ta mà ngay bên cạnh, ta lại không hề thấy bóng dáng khi mà “vật chất thấy được” chỉ là một phần rất nhỏ bé so với chúng?

Theo CDM, đây chỉ thuần túy là hiệu ứng quang học. Những gì kính thiên văn ghi nhận được đơn giản chỉ là không gian vật lý trong khi không gian vật chất do tương tác hấp dẫn với vận tốc lan truyền hữu hạn đã tạo nên “ảo ảnh” về hiện tượng quay nói trên mà không đi kèm với bất cứ lực tương tác phụ thêm nào ứng với cái gọi là “vật chất tối” (xem mục 1.3.7). Hiệu ứng này càng lớn nếu khoảng cách tới các thiên hà cũng như kích thước của chúng càng lớn, mà điều này thì hoàn toàn phù hợp với các kết quả quan sát. Bên cạnh đó, năng lượng của các thực thể vật lý được đánh giá lại có tính đến trường lực thế mà chúng tồn tại trong đó theo mục 2.2, về thực chất lớn gấp 2 lần so với công thức của Einstein đã bù đắp thêm tới 100% năng lượng thấy được xung quanh ta rồi.

28. Một lý thuyết tổng quát nhưng lại dựa trên tiên đề mang tính cục bộ.

Thuyết tương đối tổng quát của Einstein được xây dựng dựa trên 2 tiên đề trong đó tiên đề thứ 2 là nguyên lý tương đương mạnh: “hiện tượng quán tính tương đương với hiện tượng hấp dẫn”. Nguyên lý này được Einstein phát biểu dựa vào thí nghiệm tưởng tượng về một phi thuyền cô lập trong không gian, không có bất cứ một trường hấp dẫn nào (tất nhiên cũng không có bất cứ một ngoại lực nào tác động lên nó); bây giờ, bằng cách nào đó, cho phi thuyền chuyển động với gia tốc bằng g , phi hành gia, thay vì trạng thái không trọng lượng, giờ đây cảm nhận thấy như đang đứng ở trên Trái đất vậy. Nói cách khác, “lực quán tính tương đương với lực hấp dẫn” tác động lên phi hành gia. Nhưng, như chính Einstein cũng đã thừa nhận, sự “tương đương” này chỉ mang tính cục bộ. Mà không phải chỉ có thế, thời gian để duy trì trạng thái “tương đương” này lại cũng chỉ có thể hữu hạn, vì năng lượng cung cấp cho phi thuyền để duy trì gia tốc cũng hữu hạn. Tuy nhiên, từ một hiện tượng (nếu có) cũng chỉ mang tính cục bộ về không gian, hữu hạn về thời gian lại tổng quát hóa lên thành một nguyên lý cho toàn vũ trụ e

rằng không hợp lôgic, vì thế, việc dẫn đến kết luận “Vũ trụ trong một hạt dẻ” thay vì vô cùng, vô tận không có gì là lạ.

Bên cạnh đó, ngay cả “nguyên lý tương đương yếu”: “khối lượng quán tính tương đương với khối lượng hấp dẫn” ($m_x = M_x$) cũng có nguyên nhân trực tiếp từ quan niệm về HQC quán tính – hệ quả của sự tồn tại tự thân này. Rõ ràng theo định luật rơi tự do của Galileo, thì $a_x = g_d$ với:

$$g_d = \gamma \frac{M_D}{R^2}$$

là cường độ trường hấp dẫn theo định luật vạn vật hấp dẫn của Newton: $P = M_x g_d$; trong khi đó theo định luật 2 Newton, ta lại có: $F = m_x a_x$; nhưng vì $P = F$, nên có thể suy ra $m_x = M_x$! Tuy nhiên, do định luật 2 Newton chỉ đúng trong HQC quán tính nên đương nhiên nguyên lý tương đương yếu này cũng không thể vượt ra được ngoài phạm vi đó.

Theo quan điểm của CDM về sự *tồn tại phụ thuộc* của tất cả các thực thể vật lý thì thí nghiệm tưởng tượng của Einstein trên đây lại dẫn đến một kết luận hoàn toàn khác. Thứ nhất, nếu chỉ có một phi thuyền đơn độc trong cái gọi là “không gian” thì gia tốc của nó là so với HQC nào? Thứ hai, vì quán tính chỉ là do tương tác của thực thể vật lý này trong trường lực thế với các thực thể vật lý khác, nên khi chỉ còn lại một mình nó, hiện tượng quán tính sẽ biến mất, và hơn thế nữa, chính cái gọi là sự tồn tại của nó cũng đã là vô nghĩa rồi. Rõ ràng trong thí nghiệm tưởng tượng này, Einstein vẫn tư duy theo quan niệm sai lầm về *sự tồn tại tự thân* và hệ quả của nó là *quán tính tự thân*. Còn “nguyên lý tương đương yếu” về thực chất chỉ là “ảo tưởng” vì “định luật rơi tự do” của Galileo không đúng, cho dù để phản bác thí nghiệm trên tháp Pisa phải cần tới thiết bị đo có sai số không lớn hơn 10^{-24} – một điều không tưởng! Mặc dù vậy, sự rơi của mọi vật lại vẫn hoàn toàn

phù hợp với quan niệm của Aristotle: “các vật thể khác nhau sẽ rơi khác nhau”, cụ thể định lượng theo CDM là:

$$a_x = \gamma \frac{M_x + M_D}{R^2} = g_x + g_d.$$

Hay nói cách khác, quan niệm của Aristotle là đúng, còn quan niệm của Galileo chỉ là gần đúng trong phạm vi sai số cho phép δ_{cp} :

$$M_x \leq \frac{\delta_{cp}}{1 - \delta_{cp}} M_D.$$

29. Nghịch lý hấp dẫn theo lý thuyết hấp dẫn Newton**

Theo định luật vạn vật hấp dẫn của Newton, có thể tính được giá trị lực hấp dẫn tại một điểm nào đó trong Vũ trụ vô cùng, vô tận không phụ thuộc vào phần vật chất bên ngoài mặt cầu bán kính R tiếp xúc với điểm đó, và vì vậy, lực hấp dẫn tại điểm đó không đơn trị mà có thể nhận bất cứ một giá trị nào phụ thuộc vào “giả thiết ban đầu” về việc cho trước bán kính R của phần không gian có chứa vật chất hình cầu đó trong không gian còn lại trống rỗng của Vũ trụ rồi sau đó mới lấp đầy vật chất.

Theo CDM, ở đây có hai điều phủ nhận tính “nghịch lý”: thứ nhất, Vũ trụ vốn dĩ không bao giờ trống rỗng để rồi phụ thuộc vào việc “ai đó” lựa chọn khối vật chất hình cầu ban đầu có bán kính R để “tính toán” lực hấp dẫn, mà trái lại, Vũ trụ “không sinh ra, cũng không mất đi” – một “giả thiết ban đầu” như vậy không khả thi; thứ hai là nếu quả thật có điều đó xảy ra thì có gì là lạ đâu? Trong thực tế, thiếu gì những hiện tượng xảy ra bị phụ thuộc vào điều kiện ban đầu khi mà quả thật có những điều kiện ban đầu ảnh hưởng tới quá trình đó, ví dụ một viên đạn bị bắn đi với vận tốc ban đầu khác nhau sẽ rơi khác nhau cho dù cùng một góc bắn. Giá như Vũ trụ cũng có điểm ban đầu đó, và giá như cũng có thể lặp lại *thời điểm*

ban đầu đó với bán kính R ban đầu nào đó khác đi thì việc lực hấp dẫn có giá trị khác với hiện nay, khác với kết quả “quan sát” hiện nay thì có gì là nghịch lý đâu? Đơn giản là chúng ta *sẽ sống* trong một Vũ trụ khác với hiện nay – thế thôi! – Big Bang là một ví dụ: chỉ cần thay đổi một “chút xíu” lực tương tác ban đầu thì các ngôi sao đã không thể được hình thành và kể cả con người cũng vậy!

30. Nghịch lý Olbers (1823) – bầu trời sáng về đêm**

Olbers cho rằng nếu không gian vũ trụ là vô tận thì nó phải có nhiều sao đến mức khi nhìn lên bầu trời, ánh mắt ta bao giờ cũng gặp một ngôi sao. Và ta sẽ thấy bầu trời luôn sáng rực như ban ngày ngay cả vào ... ban đêm. Nhưng thực tế, bầu trời ban đêm lại tối đen, và bầu trời đêm tối đen chứng tỏ vũ trụ không thể là vô cùng, vô tận. Giả thuyết này đóng vai trò quyết định trong việc hình thành lý thuyết Big Bang.

Tuy nhiên, vấn đề không phải chỉ là sự có mặt của một ngôi sao nào đó theo hướng nhìn của ta mà điều cơ bản còn phải là độ sáng của ngôi sao đó nữa chứ? Ngôi sao càng ở xa, độ sáng của nó càng nhỏ theo tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách, do đó, những ngôi sao ở quá xa Trái đất sẽ có độ sáng nhỏ dưới ngưỡng độ nhạy của mắt người thì làm sao có thể nói tới sự chiếu sáng như ban ngày được? Ngoài ra, nghịch lý này còn được gỡ bỏ do tính chất già hóa của photon theo khoảng cách như được xét đến ở mục 1.3.3 nữa, cho dù Vũ trụ vẫn vô cùng, vô tận.

31. Con lắc Foucault **

Người ta cho rằng mặt phẳng dao động của con lắc Foucault là do những thiên thể ở xa xăm trong Vũ trụ không chế (nguyên lý Mach). Bằng chứng là khi hướng mặt phẳng đó tới các ngôi sao càng xa thì sự sai lệch theo thời gian giữa

chúng ngày càng nhỏ. Và hơn thế nữa, sự khổng chế đó xảy ra gần như tức thời, bất chấp thuyết tương đối!

Theo CDM, mặt phẳng dao động của con lắc Foucault thật ra do trường hấp dẫn của Trái đất là chủ yếu, có sự nhiễu loạn không đáng kể của Mặt trăng và Mặt trời. Trái đất tuy tự quay quanh mình nó nhưng trường lực thế - không gian vật chất dạng cầu của nó lại gần như không quay, mà mặt phẳng dao động của con lắc lại luôn định hướng theo trường lực thế này, chia trường lực thế làm 2 phần đối xứng nhau. Khi đó, không khó khăn gì để có thể tính được ngay rằng nếu mặt phẳng con lắc hướng về phía Mặt trời thì sau 1 tháng, Mặt trời sẽ di chuyển lệch so với mặt phẳng đó một góc 30° đúng như kết quả quan sát thiên văn. Trên thực tế, do cấu tạo của Trái không đồng nhất, thậm chí cũng không hoàn toàn hình cầu, nên sẽ phát sinh chuyển động quay của trường hấp dẫn của nó, khiến mặt phẳng dao động của con lắc cũng quay theo như những thí nghiệm chính xác nhất, mới đây, được NASA thực hiện.