

SỰ TỒN TẠI PHỤ THUỘC LẤN NHAU TRONG VẬT LÝ

Vũ Huy Toàn

Công ty cổ phần CONINCO-MI

4 Tôn Thất Tùng, Hà Nội. Email: vuhuytoan@conincomi.vn

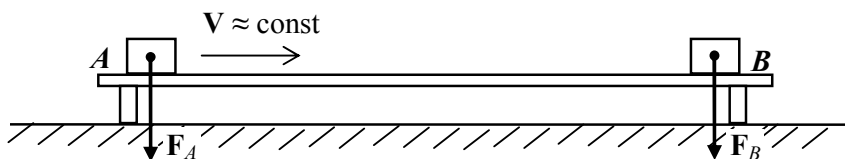
Nhận thức được bản chất “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau” của vạn vật từ 2500 năm trước là kết quả của sự “giác ngộ” về thế giới tự nhiên một cách chính xác đến kỳ lạ của Đạo Phật. Thử hỏi có khi nào và ở đâu có thể tìm thấy được một vật thể hoàn toàn độc lập với tất cả các vật thể khác với nghĩa là không có bất kể một “mối tương tác nào” nào, dù chỉ là ở mức nhỏ bé nhất? Đó cũng là luận điểm quan trọng của phép biện chứng duy vật khi xem xét “tính thống nhất vật chất” của thế giới, bởi nếu không tồn tại phụ thuộc lẫn nhau thì thế giới này đâu có thống nhất được? Chính vì thế, tuy nhận thức này có vẻ như nặng về tính triết học, song cần phải được vận dụng vào hoạt động thực tiễn của nhân loại, “soi sáng” con đường đến với những hiểu biết đúng đắn về thế giới vô cùng đa dạng và phức tạp xung quanh ta, mà vật lý học chỉ là một trong các khoa học đang đi trên “con đường” ấy. Vấn đề cũng chính là ở chỗ tính “đa dạng” và “phức tạp” vừa nói tới ấy của thế giới tự nhiên đã là một rào cản vô hình khiến các nhà khoa học lúng túng ngay từ thừa mới bắt đầu “khởi nghiệp”: Vẫn biết là mọi vật tồn tại phụ thuộc lẫn nhau, nhưng tính đến tất cả mỗi phụ thuộc đó như thế nào và bằng cách nào lại là vấn đề cực kỳ nan giải, tưởng chừng như không có lối thoát.

Các nhà vật lý thừa sơ khai lựa chọn một cách tiếp cận được cho là “thông minh” đó là xuất phát từ thực nghiệm đo đạc được với các vật thể cụ thể, thông qua những hiện tượng cụ thể, sau đó theo phương pháp quy nạp không hoàn toàn để tổng quát hoá và khái quát hoá lên cho tất cả các vật thể và sự vật khác. Ví dụ trên bong một con thuyền, Galileo thí nghiệm để cho một vật rơi từ cột buồm xuống. Ông nhận thấy dù là con thuyền đứng yên hay đang chạy “đều đều” thì vị trí mà vật rơi xuống trên bong không hề thay đổi, cho dù con thuyền có chạy nhanh hay chậm cỡ nào. Từ đây ông rút ra hai kết luận quan trọng:

- Thứ nhất là khái niệm về hệ quy chiếu (HQC) “quán tính” – là HQC đặt trên các vật thể chuyển động “thẳng đều”, và
- Thứ hai là bằng các thí nghiệm đo đạc trong HQC quán tính, không thể xác định được sự chuyển động của HQC đó nhanh hay chậm. Kết luận thứ hai này còn có một cách phát biểu khác đó là các quy luật cơ học đều xảy ra như nhau trong mọi HQC quán tính, còn gọi là “nguyên lý tương đối Galileo” – là một trong các “điểm tựa” quan trọng cho vật lý học, được xem như một tiên đề.

Tuy nhiên, có thể nhận thấy ngay rằng chỉ bằng vào các chứng cứ dựa trên hiện tượng bề ngoài của sự vật, là hình dạng chuyển động, mà đã vội khái quát hoá lên thành “các quy luật cơ học”, tức là bản chất của sự vật, là quá sớm! Hình dạng chuyển động của vật thể là cần thiết, nhưng trạng thái năng lượng (bao gồm cả nội năng lẫn ngoại năng) của nó còn quan trọng hơn. Trong khi đó, để củng cố cho kết luận thứ nhất, Galileo đã làm tiếp thí nghiệm đối với các vật thể chuyển động trên một máng thẳng, nằm ngang rất trơn tru (có ma sát rất nhỏ) như được chỉ ra trên Hình 1 và nhận thấy rằng sau khi bị tác động của một lực đẩy ban đầu, sau mỗi một khoảng thời gian như nhau, vật di chuyển được những quãng đường như nhau, tức là chuyển động với

vận tốc không đổi hay gọi là “thẳng đều”. Và nó chỉ thay đổi tốc độ hay dừng lại khi bị tác động bởi một lực. Từ đây, ông phát biểu nguyên lý quán tính mà sau này được mang tên ông: *Nếu một vật không chịu tác động của một vật thể nào khác, nó sẽ đứng yên hay chuyển động thẳng đều mãi mãi.*



Hình 1. Chuyển động của vật trên máng trượt thẳng có ma sát nhỏ

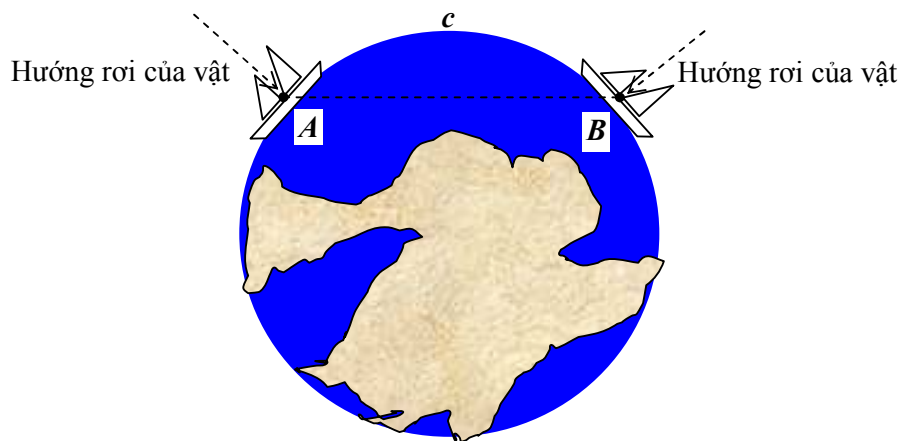
Có thể thấy từ những thí nghiệm với lực ma sát rất nhỏ đó, Galileo đã khái quát hoá và lý tưởng hoá tới mức không còn “chịu tác động của một vật thể nào khác” là một bước đi sai lầm lớn nhất đã khiến cho vật lý học phát triển chệch hướng ngay từ thuở ban đầu: Từ bỏ sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau để chấp nhận sự tồn tại “tự nó” hay “tự thân”: “không chịu tác động của một vật thể nào khác” có nghĩa là chỉ có một mình nó “đơn độc” trong vũ trụ bao la, không ai nhìn thấy nó, không ai sờ thấy nó và ngược lại, nó cũng chẳng gây nên bất kể một ảnh hưởng hay va chạm với vật thể nào. Nhưng như thế lấy gì làm bằng chứng là nó đang tồn tại đây?

Như ngay mở đầu ta vừa nói rồi, làm gì có vật nào không chịu tác động của một vật thể nào khác được? Mọi vật mà Galileo làm thí nghiệm luôn chịu tác động của lực hút của Trái đất, của Mặt trăng, Mặt trời v.v.. Thậm chí là của cả các vì sao khác trong Thiên hà, rồi tâm Thiên hà... Cả vũ trụ luôn tác động vào nó. Chính vì thế mà sau này, Newton đã “cải biên” nguyên lý quán tính Galileo thành “định luật quán tính” của cơ động lực học ở dạng: *Một vật đứng yên hay chuyển động thẳng đều sẽ tiếp tục đứng yên hay chuyển động thẳng đều cho tới khi nó bị tác động bởi lực tổng hợp khác 0.* Điều đó có nghĩa là nếu lực tổng hợp bằng 0 thì vật sẽ đứng yên hay chuyển động “thẳng đều”. Ở đây, Newton đã sửa chữa sai lầm của Galileo bằng việc thay khái niệm “không có lực tác động” rất vô nghĩa bằng khái niệm “lực tổng hợp bằng 0”. Đúng là “lực tổng hợp bằng 0” khác với “không có lực tác động”, xét về mặt bản chất vật lý, nó không phủ nhận sự “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau” như đối với nguyên lý tương đối Galileo.

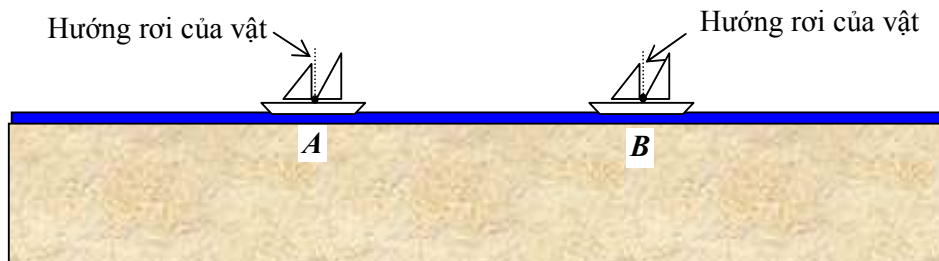
Tuy nhiên, như thế vẫn chưa đủ vì cả Galileo lẫn Newton đều đã thực hiện một bước gần đúng hoá mạo hiểm “chết người” mà không hay biết: bỏ qua đi sự sai khác giữa “cung tròn” với “đây cung” trong thí nghiệm 1, hay sự sai khác giữa trường hấp dẫn đều với trường hấp dẫn không đều hướng tâm trong thí nghiệm 2.

Ai cũng biết tất cả các thí nghiệm đều được thực hiện trên Trái đất hình cầu, trong khi đoạn đường thí nghiệm lại quá ngắn nên những sai khác vừa nói tới là không thể phân biệt được. Song, không thể phân biệt được sự sai khác để bỏ qua trong một tính toán cụ thể là một chuyện, nhưng khái quát hoá lên thành “khái niệm”, “nguyên lý” hay “định luật” lại là chuyện khác hẳn. Nếu thí nghiệm của Galileo được thực hiện trên đại dương với quãng đường dài hàng trăm, hàng nghìn km, thì có lẽ sẽ phải rút ra kết luận hoàn toàn khác: HQC quán tính – là HQC đặt trên các vật thể chuyển động “tròn đều” có tâm đường tròn trùng với tâm Trái đất! Đúng vậy, dù con thuyền có chuyển động nhanh hay chậm cỡ nào, chỉ miễn là luôn với tốc độ không đổi và bám theo một đường kinh tuyến nào đấy, thì vị trí của vật rơi được ông thả xuống từ cột buồm sẽ luôn

không thay đổi như được chỉ ra trên Hình 2a, mặc dù lúc này con thuyền đã chuyển động theo cung tròn AcB . Việc bỏ qua sự sai lệch “không đáng kể” ở khoảng cách ngắn đã dẫn đến quan niệm sai lầm về chuyển động theo “quán tính” là chuyển động “thẳng đều” như đã mắc phải: như thế có khác gì buộc phải bỏ qua sự có mặt của Trái đất thì HQC mới được coi là HQC quán tính? Còn nếu buộc phải chấp nhận sự có mặt của nó thì các kết luận được rút ra không thể áp dụng được với các khoảng cách lớn, không còn tổng quát để có thể nâng lên thành “nguyên lý” hay “định luật”, trừ phi Trái đất có “hình bánh chưng Văn Lang” như ở Hình 2b?



a) Trái đất hình cầu



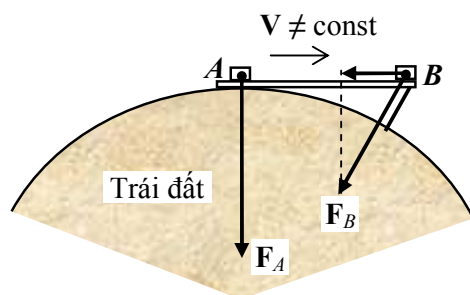
b) Trái đất hình “bánh chưng Văn Lang”

Hình 2. Chuyển động đều của con thuyền trên quãng đường lớn

Điều đó cũng có nghĩa là Trái đất không thể đóng vai trò là HQC quán tính được cho dù là nó không hề tự quay quanh mình nó – Trái đất luôn là HQC phi quán tính với nghĩa là các định luật Newton không bao giờ nghiệm đúng cả, không phải vì nó không “đứng yên” hay không “chuyển động thẳng đều”, mà là vì nó có dạng hình cầu! Vâng, *Trái đất không thể là HQC quán tính được bởi nó có dạng hình cầu* – chỉ đơn giản có vậy thôi khi xét từ quan điểm tồn tại phụ thuộc lẫn nhau.

Chính sự ngộ nhận Trái đất là HQC quán tính đã dẫn đến việc phủ nhận sự xuất hiện lực quán tính ly tâm trong các chuyển động cong trên bề mặt nó bao gồm cả trong chuyển động của các vệ tinh trên quỹ đạo, khiến cho cơ học cổ điển lâm vào tình trạng “dở khóc, dở cười” khi phải đối mặt với các bài toán tương tự nhưng lại vẫn áp dụng định luật 2 Newton để giải. Tác giả đã có hẳn một bài viết về đề tài này là: “Bản chất của lực quán tính” trên blog “Con đường mới của vật lý học”.

Ngược lại với thí nghiệm này, trong thí nghiệm vật trượt trên đoạn máng thẳng, nằm ngang, nếu có thể tiếp tục kéo dài đoạn máng thẳng đó tới hàng trăm, hàng ngàn km như được chỉ ra trên Hình 3, có thể thấy lực hấp dẫn tác động lên vật thí nghiệm không phải lúc nào cũng vuông góc với phương chuyển động của nó như tại vị trí A , tương ứng là F_A , mà ngày càng có xu hướng chống lại chuyển động như tại vị trí B , tương ứng là F_B . Nhưng từ thí nghiệm này, Galileo lại hình dung ra tình huống không còn Trái đất hay bất kể một vật thể nào nữa tác động lên vật thí nghiệm – một sự lý tưởng hoá không bao giờ có trong thực tế, nên mới rút ra kết luận sai lầm như thế. Còn nếu buộc phải chấp nhận sự có mặt của Trái đất, thì cũng giống như trường hợp trên, phải coi Trái đất có “hình bán chum” (xem Hình 2) thì trường hấp dẫn mới được coi là đều ở phạm vi hẹp, nhưng cũng vì thế mà vật không thể “chuyển động thẳng đều mãi mãi” được.



Hình 3. Chuyển động của vật theo máng trượt thẳng kéo dài

Như vậy có thể thấy mọi cố gắng vượt ra ngoài sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau của Galileo, hay sự chấp nhận “lực tổng hợp bằng 0” như của Newton đều không thoát khỏi vòng luẩn quẩn: “con kiến mà leo cành Đa, leo phải cành cộc leo ra, leo vào...”. Và rốt cuộc, hiện tượng “quán tính tự thân” vẫn còn nằm “chênh ềnh” ra đó: vật thể có khả năng “tự mình duy trì trạng thái chuyển động” chống lại tác động từ các vật thể khác và bảo toàn chuyển động khi các tác động đó kết thúc: chuyển động theo quán tính với nghĩa là chuyển động “thẳng đều”. Như thế mới là nửa vời, là mang tính hình thức – về bản chất vẫn không thay đổi được gì. Vì vậy, khi xây dựng định luật 2 của động lực học, Newton vẫn phải thừa nhận khối lượng quán tính “tự thân” (hay “tự nó”). Mà liên quan tới khối lượng quán tính đâu chỉ có gia tốc chuyển động của vật? Cái quan trọng hơn là cả *động năng* của nó nói riêng và *năng lượng* của nó nói chung nữa chứ?

Lý lẽ nguy hiểm cho rằng dù sao thì việc bỏ qua những “sai lệch nhỏ” ở các khoảng cách không lớn, mọi tính toán chuyển động theo các định luật Newton vẫn hoàn toàn phù hợp với thực nghiệm kiểm chứng, hà tất phải băn khoăn làm gì? Đúng là về “lượng”, hầu hết những tính toán theo cơ học cổ điển phù hợp rất tốt với thực nghiệm trên Trái đất, nhưng lại sai cơ bản về “chất”: khi bỏ qua những “sai lệch nhỏ” như đã nói ấy, người ta vô tình đánh mất đi bản chất thật sự của “khối lượng quán tính” và cả “lực quán tính” nữa. Hệ quả là trong tất cả những bài toán liên quan tới “lực quán tính ly tâm” đều phải sử dụng tới “xảo thuật” toán học để đối phó, hoàn toàn không mang tính vật lý một tí nào!

Vấn đề là ở chỗ đối với một chuyển động cong, dù là đoạn đường cong có ngắn đến đâu cũng không thể làm biến mất đi “lực quán tính ly tâm” được, cho dù xét về hình thức nó gần với chuyển động thẳng tới mức có thể bỏ qua sự “cong” của nó. Lấy trạng thái không trọng lượng của các phi hành gia trên quỹ đạo Trái đất làm một ví dụ cụ thể: Dù trong bất cứ thời điểm nào,

trạng thái ấy vẫn luôn tồn tại, cũng tức là lực quán tính ly tâm vẫn luôn tồn tại, cho dù bạn có “tách riêng” một đoạn ngắn bao nhiêu tùy ý để cho rằng đoạn đó không sai khác với đoạn thẳng là bao nhiêu. Điều tương tự cũng xảy ra với con thuyền chuyển động trên đoạn đường ngắn trong thí nghiệm của Galileo: Đành rằng vật vẫn rơi xuống cùng một vị trí, nhưng về thời gian rơi chắc chắn sẽ khác nhau nếu tốc độ chuyển động khác nhau, do có sự can thiệp của lực ly tâm ngược với hướng của lực hút của Trái đất. Chỉ bằng vào sự rơi nhanh hơn hay chậm hơn này là đã có thể biết được HQC gắn với con thuyền đang chuyển động chậm hay nhanh.

Và cuối cùng, cần phải nói thêm rằng cũng chính những cái được coi là “phù hợp rất tốt” ấy đã “làm hại” cả một nền vật lý: sự bất lực hoàn toàn khi áp dụng cơ học Newton để tính toán với các vật thể nhỏ bé trong nguyên tử. Ở đây, người ta quên mất rằng phương pháp quy nạp không hoàn toàn phải có giới hạn của nó; vượt quá giới hạn ấy, các kết luận của nó sẽ không còn đúng nữa. Trong thế giới vi mô, không thể áp dụng được mô hình “tồn tại tự thân” của thế giới vĩ mô được vì lúc này, bên cạnh tương tác hấp dẫn còn có những tác động điện quá mạnh so với tương tác hấp dẫn, do đó, cái gọi là “khối lượng quán tính (tự thân)” (vốn được xem là bằng “khối lượng hấp dẫn”) đã mất hết ý nghĩa – không thể tìm đâu ra một “HQC quán tính” nào để áp dụng các định luật của cơ học Newton mà tính toán nữa. Vậy là thay vì quay trở lại xuất phát điểm với sự “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau”, người ta lại mạo hiểm đi tiếp bằng cách đề xuất những giả thuyết “điên rồ” như các quỹ đạo dừng trong nguyên tử, lưỡng tính sóng-hạt v.v.. để dần biến vật lý học trở thành “khoa học viễn tưởng” trong suốt hơn 100 năm qua.

Nhưng làm thế nào để tính đến được sự tồn tại phụ thuộc lẫn nhau này khi mà ngay cả đối với “bài toán ba vật” thôi, cơ học cổ điển cũng đã không tìm ra được nghiệm giải tích? Thật ra lối thoát mà “Con đường mới của vật lý học” tìm ra lại rất đơn giản và “ngoạn mục”:

- Trước hết, phải coi mọi dạng tồn tại của vật chất là những “thực thể vật lý” được cấu thành nên bởi hai thành phần có quan hệ chặt chẽ, qua lại với nhau một cách thống nhất: phần “vật thể” – là đối tượng hữu hình mà chúng ta đang bàn đến từ đầu tới giờ, cái mà chúng ta ít ra cũng có thể nhìn thấy trong thế giới vĩ mô xung quanh, và phần “trường” – là cái bao bọc quanh phần “vật thể”, mà chúng ta không thể nhìn thấy, rộng ra cho tới vô cùng, nhưng trong nhiều trường hợp có thể “cảm thấy” mà người tu thành “Chính quả” như Đức Phật đã “Giác ngộ” được. Không nhìn thấy không có nghĩa là không có gì. Nói như thế phải hiểu là mọi “thực thể vật lý” đều chứa trong mình cả vũ trụ vô cùng vô tận; chúng **luôn ở bên trong nhau** chứ không phải ở cạnh hay xa nhau nhau và vì thế tất cả chúng mới “phụ thuộc lẫn nhau”. Khái niệm “ở cạnh” hay “xa nhau” chỉ để nói tới các phần “vật thể” trong thành phần của các “thực thể vật lý”, còn với phần “trường” của chúng, ta có khái niệm khác đó là “chồng chập” giống như đối với các thành viên: ông, bà, bố, mẹ, con cái... cùng trong một gia đình vậy – luôn có những “sợi dây” vô hình gắn kết họ lại với nhau (gọi là có tính “chồng chập”), mặc cho thân thể của họ vẫn mỗi người một nơi. Từ đó có thể thấy khoảng không vũ trụ giữa các phần vật thể riêng biệt đều là chồng chập của vô số các “trường” của các thực thể vật lý ở mọi kích thước từ vi mô tới vĩ mô. Cũng vì mọi thực thể vật lý đều luôn ở bên trong nhau, nên khái niệm “tác động trên khoảng cách” giữa các “vật thể” trở nên thừa: bằng mắt (thậm chí là qua kính viễn vọng), chúng ta chỉ “nhìn” được sao Kim và Mặt trời ở cách nhau rất xa... nhưng lại không “thấy” được cái mà chính chúng (sao Kim và Mặt trời) luôn luôn “cảm thấy” – đó chính là “trường hấp dẫn” giữa

chúng. Tương tự như vậy đối với các hạt sơ cấp như nguyên tử, phân tử v.v.. chúng luôn “cảm thấy” nhau rất rõ nhờ “trường điện” giữa chúng – chúng cũng luôn luôn “ở bên trong nhau”, và vì vậy, hà tất gì phải cần tới các cái gọi là “hạt mang tương tác” như gluons, bozons... do các nhà vật lý lượng tử tưởng tượng ra, làm rối rắm thêm thế giới tồn tại phụ thuộc lẫn nhau vốn đã quá đủ đa dạng và phức tạp rồi? “Tồn tại không được nhiều hơn sự cần thiết” – là nguyên tắc “lưỡi dao Occam” mà?

- Tiếp theo, chính từ việc có được khái niệm “thực thể vật lý” như vừa nói ở trên đã dẫn đến một hệ quả tất yếu là chuyển động của bất kỳ một vật thể nào, tức là thành phần “vật thể” của “thực thể vật lý” tương ứng, cũng luôn nằm trong phần “trường” của tất cả các thực thể vật lý khác trong vũ trụ; chúng tương tác với vật thể đó, quy định chuyển động của vật thể đó.

Nói như thế có nghĩa là riêng một vật thể A không thể “tự mình” chống lại được tác động của vật thể B , mà trái lại, vật thể A phải “dựa” vào các thực thể vật lý khác trong vũ trụ một cách gián tiếp thông qua phần “trường” của chúng để chống lại tác động của vật thể B ấy. Điều này cũng giống như khi bạn bị ai đó xô đẩy, nếu không phải là mặt đất dưới chân giữ bạn lại nhờ ma sát thì liệu bạn có còn đứng nguyên được chỗ cũ không? Ví như lúc đó là mặt sân trượt băng rất trơn thì dù bạn có khoẻ đến mấy cũng dễ dàng bị một đứa trẻ con đứng ở bên ngoài sân đẩy đi một cách dễ dàng. Chỉ có một điều khác biệt duy nhất ở đây là việc “dựa dẫm” trong ví dụ của bạn là trực tiếp giữa các phần “vật thể” với nhau (nhờ lực ma sát), chứ không phải gián tiếp thông qua phần “trường” của chúng. Nhưng trực tiếp hay gián tiếp ở đây không quan trọng, điều quan trọng là vật thể có được “quán tính” là nhờ có sự hỗ trợ từ các thực thể vật lý khác, chứ không phải là “tự nó”. Cụ thể trong thí dụ này, cứ cho là lực ma sát giữa bạn với sân trượt băng bằng 0 đi thì lực hút của Trái đất vẫn luôn tác động lên bạn, “níu giữ” bạn và bất kì ai muốn đẩy cho bạn dịch chuyển đều phải “thắng” được sự “níu giữ” ấy của chính Trái đất trước đã – đó chính nguyên nhân của hiện tượng quán tính mà đặc trưng cho nó chính là khối lượng quán tính. Nhưng nói “Trái đất níu giữ bạn” tức là đã nói đến lực hấp dẫn của nó với bạn và như thế có nghĩa là bạn có được “quán tính” chính là nhờ lực hấp dẫn của Trái đất. Thậm chí giả sử như chỉ có hai bạn đang ở trong khoảng không chơi vui giữa các thiên hà, tức là cho rằng lực hấp dẫn của các thiên hà tác động rất yếu lên các bạn, thì việc bạn nọ đẩy bạn kia cũng vẫn xảy ra hiện tượng quán tính như thường vì chính lực hấp dẫn của các bạn đã “níu kéo” các bạn lại với nhau.

Nói cách khác, không thể coi “khối lượng quán tính” của vật thể là một thuộc tính “tự nó” hay “tự thân”, mà là kết quả của tương tác giữa vật thể ấy với các vật thể khác, có thể gọi là “khối lượng quán tính phụ thuộc” m ; nó liên quan chặt chẽ tới “khối lượng hấp dẫn” – là đặc trưng cho tương tác của mỗi vật thể tham gia. Về mặt định lượng, nó được đánh giá bởi tỷ số giữa lực tổng hợp F_{Σ} tác động lên vật thể với gia tốc rơi tự do g_{Σ} của vật thể dưới tác động của lực tổng hợp đó:

$$m = \frac{F_{\Sigma}}{g_{\Sigma}}. \quad (1)$$

Nếu có nhiều vật thể cùng tác động lên vật thể đang xem xét, thì lực tác động tổng hợp sẽ rất phức tạp và như ta cũng đã biết, với bài toán 3 vật thôi cũng đã không có nghiệm giải tích rồi. Điều may mắn ở đây là thế giới vật chất luôn vận hành theo quy luật “chân lý thuộc về kẻ mạnh”: Những vật thể lớn hơn, mạnh hơn luôn quyết định số phận của những vật thể nhỏ hơn,

yếu hơn. Nói cách khác, mặc dù là “phụ thuộc lẫn nhau” nhưng luôn có “đẳng cấp” rõ ràng chứ không bình đẳng, không “cá mè một lứa”. Kết quả là luôn luôn tìm ra được những tương tác có tính quyết định, hay ít ra cũng là có vai trò chủ chốt để ở một mức độ gần đúng nào đó có thể bỏ qua được những tương tác không đáng kể. Như vậy, thay vì bỏ qua hoàn toàn mọi tương tác như Galileo, hay chấp nhận có các tương tác nhưng tổng hợp của chúng bằng 0 như Newton để có được HQC quán tính, thì ở đây chúng ta vẫn cần tính đến lực tương tác có tính quyết định là lực hấp dẫn của Trái đất:

$$F_{AB} = F_{BA} = -\gamma \frac{M_A M_B}{R^2}, \quad (2)$$

Khi đó, khối lượng quán tính của vật thể A trong tương tác hấp dẫn với Trái đất (ký hiệu là vật thể B) được đánh giá bởi (1) và (2) sẽ có dạng là trung bình nhân các khối lượng hấp dẫn M_A của vật thể A đó với khối lượng hấp dẫn M_B của Trái đất:

$$m_A = m_B = \frac{M_A M_B}{M_A + M_B}. \quad (3)$$

Chính nhờ khái niệm đột phá mới về “khối lượng quán tính” này mà “Con đường mới của vật lý học” đã có thể tính đến được sự “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau” của mọi vật thể, thoát khỏi tình trạng lý tưởng hoá tới mức “không tương” của vật lý hiện đại. Đặc biệt là đối với thế giới vi mô, nơi tồn tại đồng thời cả các tương tác điện lẫn tương tác hấp dẫn thì khối lượng quán tính của các hạt vi mô vẫn có thể xác định được theo công thức tổng quát (1) và rồi tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể để giải bài toán chuyển động của chúng. Bằng chứng thuyết phục nhất là chứng minh được cấu trúc của photon gồm hai hạt electron và positron mà từ quan điểm của vật lý hiện đại không thể nào giải thích nổi vì sao từ các hạt có “khối lượng quán tính” mà khi kết hợp với nhau lại không còn “khối lượng quán tính” nữa? Thật ra, các hạt ấy chỉ có khối lượng quán tính trong trường điện, tức là khi chúng tham gia vào tương tác điện thôi, còn khi chúng đã kết hợp với nhau thành hạt photon trung hoà về điện rồi thì đương nhiên không còn tương tác với điện trường được nữa? Và do đó, làm sao còn “khối lượng quán tính” trong tương tác điện được? Mặc dù vậy, đối với photon lại xuất hiện một tương tác mới, cho dù là yếu hơn tương tác điện rất nhiều (chỉ bằng cỡ 10^{-42}), nhưng hoà nhập được với tất cả các thực thể vật lý khác trong vũ trụ theo quy luật “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau”, đó chính là “tương tác hấp dẫn” và tương ứng với nó là “khối lượng hấp dẫn”, nhờ đó nó vẫn tương tác được với trường hấp dẫn. Chỉ khi xảy ra va chạm với các vật thể khác, tức là có sự tương tác trực tiếp giữa các hạt electron và positron trong photon với các nguyên tử và phân tử của các chất cấu tạo nên vật thể, photon mới thể hiện tương tác điện của mình.

Vậy là nhờ thể hiện được sự “tồn tại phụ thuộc lẫn nhau” của vạn vật trong vật lý mà vật lý học thế kỷ XXI mới có cơ may thoát khỏi căn bệnh “trầm kha xuyên thế kỷ”, thoát khỏi cuộc đại khủng hoảng để bước sang một trang mới: Quay trở lại với con đường tiệm cận tới chân lý khách quan như chính mục tiêu mà một ngành khoa học tự nhiên như vật lý học đã đề ra.