

Giải pháp nâng cao chất lượng hoạt động dạy học nội dung Cơ học Newton trong Học phần Vật lý đại cương tại Trường Đại học Trà Vinh

Võ Hoàng Kháng*, Trương Thị Ngọc Chinh*

*ThS. Trường Đại học Trà Vinh

Received: 10/2/2024; Accepted: 15/2/2024; Published: 19/2/2024

Abstract: Newtonian mechanics, with its advantages and limitations, has left a profound mark in the thinking of past and present physicists. The concepts and arguments of Newtonian mechanics are almost too familiar, too obvious, and are not worth discussing any further. It is that feeling that makes us absorb Newtonian mechanics too easily, not deeply enough, and ultimately makes it difficult for us to move from the “classical” perspective to the “modern” perspective. The article enriches our knowledge, giving us more insight when studying Newtonian mechanics.

Keywords: Research, teaching, Newtonian mechanics.

1. Đặt vấn đề

Trong bài viết này, nhóm tác giả trình bày các định luật của Newton, chỉ ra những thành công cũng như điểm hạn chế của Cơ học Newton. Trong phần nói về Vật lý học cổ điển, nhóm tác giả chỉ giới thiệu một số điểm nhằm minh họa cho vai trò đặc biệt quan trọng của cơ học Newton đối với vật lý học. Sau cùng, nhóm tác giả trình bày những luận điểm cơ bản của Cơ học Newton dưới ánh sáng của vật lý học hiện đại.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Nội dung Cơ học Newton

*Ba định luật Newton

+ Định luật thứ nhất: *Bất kỳ vật nào cũng giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều, chừng nào nó còn chưa bị các lực tác dụng bắt buộc phải thay đổi trạng thái đó.*

Nội dung của định luật này phản ánh quan niệm của Newton về quán tính: đặc tính bẩm sinh của vật chất là quán tính, và phải có lực tác dụng mới buộc nó thay đổi trạng thái chuyển động theo quán tính. Và ở đây, ta không thể quan niệm rằng đặc trưng cơ bản của vật chất là chuyển động theo quán tính.

Định luật thứ nhất của Newton (còn gọi là định luật quán tính) chỉ áp dụng cho một vật cô lập hoàn toàn cách xa mọi vật khác và không tương tác với vật nào. Một vật cô lập như vật chỉ là trường hợp lý tưởng hóa và đặc tính của sự chuyển động của vật, nó không thể được coi là đại diện cho đặc tính chung của vật chất.

+ Định luật thứ hai: *Sự biến đổi của động lượng tỷ lệ với lực tác dụng và xảy ra theo chiều của đường thẳng trên đó lực ấy tác dụng.*

Định luật thứ hai của Newton được biểu diễn dưới phương trình toán học:

Trong cơ học cổ điển khối lượng được coi là bất biến, nên công thức trên cũng được biểu diễn dưới dạng:

Cách viết thứ hai thì phù hợp với phát biểu ban đầu của Newton, là tổng quát hơn; trường hợp này cần chú ý là vận tốc của vật là nhỏ so với vận tốc ánh sáng. Định luật thứ hai được coi là định luật cơ bản của động lực học. Từ định luật này có thể suy ra phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo của vật.

+ Định luật thứ ba: *Cùng với tác dụng bao giờ cũng có phản tác dụng bằng nó và ngược chiều với nó; nói cách khác: tương tác giữa hai vật với nhau thì bằng nhau và ngược chiều nhau.*

Định luật thứ ba chỉ là một định luật gần đúng. Định luật này phù hợp với khái niệm tương tác xa và tức thời của Newton. Đối với các vật chuyển động nhanh (so với vận tốc ánh sáng), hoặc ở khoảng cách khá xa nhau, khi thời gian truyền tương tác giữa chúng là đáng kể, ta không thể coi tương tác giữa chúng là tức thời nữa, và định luật thứ ba không còn được nghiệm đúng.

*Định luật vạn vật hấp dẫn

Chúng ta vẫn luôn nghe truyền thuyết kể rằng khi Newton đang ngồi dưới gốc cây táo thì bị một quả rơi trúng đầu. Đó chính là “khoảnh khắc vàng” đã khiến ông đột nhiên nghĩ ra định luật hấp dẫn – rồi từ đó tìm ra định luật. Thực ra vấn đề không phải đơn giản như vậy, và Newton cũng rất dày công suy nghĩ, nghiên cứu, đồng thời tiếp thu công trình nghiên cứu

từ trước, mà cơ bản nhất là ba định luật Kepler về sự chuyển động của các hành tinh.

Định luật vạn vật hấp dẫn đúng cho mọi vật bất kỳ trong toàn thể vũ trụ. Ngày nay, định luật vạn vật hấp dẫn được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực: tính toán vận tốc và quỹ đạo của các vật thể di chuyển; giải thích sức nặng, định vị toàn cầu (GPS) và viễn thông vệ tinh; tính toán và thiết kế cấu trúc của các tòa nhà và công trình xây dựng; định luật này cũng đóng vai trò quan trọng trong các lĩnh vực khác của khoa học như thiên văn học, địa chất học và vật lý viễn thông.

2.2. Những thành công của Cơ học Newton

Thành công lớn đầu tiên của cơ học Newton là việc tìm ra quỹ đạo của sao chổi Halley (năm 1682). Bằng những số liệu quan sát được và những số liệu tính toán, các nhà thiên văn học xác định được thời gian sao chổi Halley xuất hiện trên bầu trời với sai số rất nhỏ, Clêrô đã dự đoán sao chổi Halley sẽ xuất hiện trở lại vào ngày 04 tháng 4 năm 1759, và nó đã xuất hiện chỉ sai số với dự đoán 19 ngày.

Một thành công rực rỡ khác của cơ học Newton là việc tìm ra sao hải Vương bằng các phép tính, Urbain Le Verrier phát hiện sao Hải Vương vào ngày 23 tháng 9 năm 1846.

Ngày nay, trên cơ sở cơ học Newton, người ta đã tính được chính xác quỹ đạo của các hành tinh và các vệ tinh hầu như tuyệt đối. Người ta có thể tính trước được các kỳ nhật thực, nguyệt thực với độ chính xác rất cao, và muốn tính trước bao nhiêu lâu cũng được.

Cơ học Newton cũng được làm cơ sở để tính đường đi của các vệ tinh nhân tạo và con tàu vũ trụ. Các kết quả tính toán của Newton là cơ sở của lý thuyết chuyển động của các vệ tinh nhân tạo của Trái Đất. Từ ý tưởng phóng viên đạn chuyển động quanh Trái Đất, Liên Xô đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo đầu tiên mang tên Sputnik I vào ngày 04 tháng 10 năm 1957.

2.3. Hạn chế của Cơ học Newton

Hạn chế đầu tiên của cơ học Newton là sự sai khác của chuyển động của Sao Thủy so với các kết quả tính toán bằng định luật vạn vật hấp dẫn. Mãi tới đầu thế kỷ XX, Albert Einstein mới giải thích hiện tượng đó bằng sự “cong” của không gian ở gần Mặt Trời, tức là không gian tại đó không tuân theo hình học Euclid.

Hạn chế thứ hai là sự trùng hợp ngẫu nhiên không giải thích được của khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn. Sau này thuyết tương đối của Einstein mới giải thích nó bằng “nguyên lý tương đối”, trong khi xây dựng một lý thuyết mới về hấp dẫn.

Hạn chế thứ ba, đó là định luật quán tính và định luật vạn vật hấp dẫn chỉ giải thích được sự bảo toàn quỹ đạo hình elip của các hành tinh. Chúng không giải thích được tại sao “lúc ban đầu” hành tinh lại chuyển động theo quỹ đạo đó. Sau này, Laplace chứng minh được rằng hệ Mặt Trời tự nó là hoàn toàn ổn định, không cần một sự điều chỉnh nào khác.

Hạn chế thứ tư là sự truyền tác dụng tức thời trong chân không. Khoa học ngày nay không thừa nhận tác dụng tức thời từ xa truyền đến. Mọi tương tác đều truyền đi với một vận tốc hữu hạn. Tương tác tức thời chỉ là một khái niệm gần đúng, áp dụng được cho những vật ở cách nhau không xa quá, và chuyển động với những vận tốc nhỏ so với vận tốc ánh sáng.

2.4. Ảnh hưởng của Cơ học Newton đối với Vật lý học cổ điển

Chính cơ học Newton đã thúc đẩy các ngành vật lý phát triển mạnh mẽ vào thế kỷ XVIII và XIX, và chính nó cũng gây ra cuộc khủng hoảng trong vật lý học vào cuối thế kỷ XIX, đầu thế kỷ XX.

Quang học là ngành vật lý đã chịu ảnh hưởng trực tiếp nhất của cơ học Newton. Newton đã tự tay chế tạo ra thấu kính, lăng kính, gương cầu và dùng các dụng cụ đó để nghiên cứu nhiều hiện tượng quang học như phản xạ, khúc xạ, tán sắc, giao thoa Trên cơ sở những kết quả nghiên cứu thực nghiệm đó, ông đã xây dựng những quan niệm của ông về bản chất ánh sáng và các hiện tượng quang học, những quan niệm đó sau này được những người theo trường phái của ông bảo vệ và phát triển.

Trong nhiệt học, cơ học Newton được dùng làm cơ sở cho thuyết động học phân tử. Chất khí lý tưởng trong thuyết động học phân tử được coi là tập hợp một số rất lớn các phân tử, mỗi phân tử tựa như một hòn bi đàn hồi, không biến đổi, và có thể đồng nhất với chất điểm của cơ học Newton. Ngoài sự va chạm lẫn nhau và va chạm với thành bình, giữa các phân tử không có loại tương tác nào khác. Các phân tử luôn luôn chuyển động hỗn loạn theo mọi phương, với các vận tốc rất khác nhau, và tuân theo cơ học Newton.

Cơ học Newton cũng đã được dùng để nghiên cứu nhiều hiện tượng điện từ. Trong tĩnh điện học, các điện tích là các hạt không đổi, có thể coi là những chất điểm, tương tác với nhau bằng những lực tác dụng xa truyền trong chân không. Bức tranh về tương tác tĩnh điện và tương tác tĩnh từ hoàn toàn giống như bức tranh về tương tác hấp dẫn. Chỉ có điều khác là tương tác hấp dẫn có tính phổ biến hơn tương tác điện và từ; và lực điện và lực từ có thể là lực hút hoặc lực đẩy, trong khi lực hấp dẫn chỉ là lực hút. Các khái niệm điện

trường, từ trường, cũng như khái niệm trọng trường và trường hấp dẫn, chỉ là những khái niệm hỗ trợ, có tính chất hình thức, đặc trưng cho tính chất của không gian tuyệt đối ở xung quanh một điện tích, một “từ tích” hay một hấp dẫn nào đó. Nó được dùng để thuận tiện cho việc tính toán, chứ nó không mô tả một điều gì đó cụ thể. Điện động lực học của Maxwell không thừa nhận tác dụng từ xa và tức thời của cơ học Newton.

2.5. Cơ học Newton dưới ánh sáng của Vật lý học hiện đại

*Không gian và thời gian theo Vật lý học hiện đại

Thuyết tương đối của Einstein và vật lý học hiện đại không thừa nhận không gian và thời gian tuyệt đối của Newton. Bước sang thế kỷ XX, thuyết tương đối Einstein chứng minh rằng không gian và thời gian gắn liền với nhau và gắn liền với vật chất. Thuyết tương đối rộng của Einstein chỉ ra rằng không gian không tuân theo hình học Euclid và thời gian không trôi đều đặn ở tất cả mọi nơi. Không gian và thời gian nói chung, xét trong toàn thể vũ trụ, là phi Euclid, không đồng nhất, không đẳng hướng.

Khi nghiên cứu các quá trình vi mô, khoa học hiện đại cũng đã đề ra giả thuyết về tính gián đoạn của không gian và thời gian. Theo giả thuyết đó thì khoảng cách nguyên tử là vào khoảng 10^{-12} cm, không thể có khoảng cách nhỏ hơn, và khoảng thời gian nguyên tử là vào khoảng 10^{-24} s, không thể có khoảng thời gian nhỏ hơn.

Thuyết tương đối rộng của Einstein cũng nêu ra mối quan hệ giữa tính chất của không gian, thời gian và hiện tượng hấp dẫn. Tính hấp dẫn gắn liền với tính chất hình học của không gian và thời gian. Những vật có khối lượng lớn thì có trường hấp dẫn lớn vì chúng làm cho không gian và thời gian quanh nó bị cong đi nhiều hơn ở chỗ khác. Tương tác hấp dẫn truyền đi trong chân không với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng, sóng hấp dẫn cũng có tính chất tương tự như sóng ánh sáng (và sóng điện từ nói chung). Ánh sáng có lượng tử ánh sáng là photon thì hấp dẫn cũng có lượng tử hấp dẫn là graviton.

*Tính lượng tử; Lượng tính sóng – hạt

Khi nghiên cứu bức xạ của nguyên tử, người ta thấy rằng nguyên tử chỉ có thể hấp thụ hoặc bức xạ được năng lượng dưới dạng sóng ánh sáng một cách không liên tục, theo từng lượng nhỏ xác định gọi là lượng tử. Đối với một số hiện tượng quang học như hiệu ứng quang điện, người ta không thể dùng tính chất sóng của ánh sáng để giải thích được (với quan niệm cổ điển: sóng là một quá trình liên tục), nhưng

lại có thể giải thích được một cách dễ dàng bằng cách coi ánh sáng là một chùm hạt photon, mỗi hạt mang một năng lượng xác định. Nhưng thuyết điện động lực học của Maxwell đã chứng minh được rằng ánh sáng là sóng điện từ. Một câu hỏi đặt ra lúc bấy giờ là ánh sáng là sóng hay là hạt, là liên tục hay gián đoạn?

Trong quang học, hiện tượng nhiễu xạ và giao thoa được coi là những hiện tượng để chứng minh tính chất sóng của ánh sáng. Thuyết hạt về ánh sáng không giải thích được các hiện tượng đó.

Như vậy, lưỡng tính sóng - hạt cũng như hệ thức bất định không giải thích được trong cơ học Newton. Trong quá trình giải quyết vấn đề mới khi nghiên cứu về thế giới vi mô đã ra đời ngành mới của vật lý học – cơ học lượng tử. Theo cơ học lượng tử, người ta quan niệm lưỡng tính sóng – hạt là chung cho mọi vật vi mô, tùy theo từng hiện tượng mà có lúc tính chất sóng hoặc tính chất hạt nổi bật hơn. Còn đối với các vật vĩ mô, tính chất sóng vô cùng yếu ớt, ta hoàn toàn có thể không cần tính đến, và cũng vì thế mà không cần dùng đến cơ học lượng tử để mô tả chuyển động của chúng. Cơ học Newton áp dụng đối với chúng là hoàn toàn có giá trị.

3. Kết luận

Cơ học Newton là một bước tiến lớn trong khoa học, là hệ thống khoa học đầu tiên hình thành trong lịch sử. Trước kia, sự tôn sùng những giáo điều của Aristotle đã làm chậm bước tiến của khoa học, thì sau này sự tuyệt đối hóa giá trị của cơ học Newton đã mang lại những giá trị to lớn của khoa học đương thời. Nhưng cũng chính sự tuyệt đối hóa giá trị **đó** của cơ học Newton, cũng gây ra cuộc khủng hoảng trong vật lý học cuối thế kỷ XIX, đầu thế kỷ XX. Nói như vậy không có nghĩa là phủ nhận giá trị của cơ học Newton trong giai đoạn hiện nay. Hiện nay, cơ học Newton vẫn được giảng dạy trong nhà trường phổ thông, trong học phần vật lý đại cương của bậc đại học. Trong phạm vi ứng dụng của nó, cơ học Newton vẫn hoàn toàn có giá trị, vẫn là một công cụ có hiệu lực.

Tài liệu tham khảo

1. Đào Văn Phúc (1978), *Nói chuyện về Cơ học Newton và Vật lý học cổ điển*, NXB Giáo dục. Hà Nội
2. Nguyễn Mạnh Sứy (1998), *Chuyện kể về cuộc đời của các nhà bác học Vật lý*, NXB Giáo dục. Hà Nội
3. Đào Văn Phúc (1999), *Lịch sử Vật lý học*, NXB Giáo dục. Hà Nội
4. Nguyễn Hữu Minh (1999), *Cơ học*, NXB Giáo dục. Hà Nội
5. Lương Duyên Bình (2011), *Vật lý 10*, NXB GDVN. Hà Nội