

Werner Heisenberg

Vật lý và
triết học –
Cuộc cách
mạng trong
khảo học
hiện đại

**typo
bold**

Type specimen in Vietnamese language
DRM free content from TVE-4U
set in Tensor-Regular

Thời khi i ầu khoảng hơn 80 năm trước, cơ học lượng tử đã trở thành một bộ phận cơ bản và cốt yếu trong hành trang của các nhà vật lý lý thuyết. Đã có vô số những cuốn sách giáo khoa dạy lý thuyết này một cách chuẩn mực, nghĩa là trình bày rõ ràng cách sử dụng các phương pháp của nó. Chính các nguyên lý của cơ học lượng tử đã đặt nền móng cho sự vận hành của các laser và các thiết bị điện tử, mà ngày nay chúng ta thấy những chỗ thật bất ngờ như các đầu DVD và các máy tính tiền trong các siêu thị. Một bác sĩ khám các cơ quan nội tạng của một bệnh nhân, không cần phải thâm nhập trực tiếp vào cơ quan đó, mà lại rất nhẹ nhàng, nhờ các phương tiện tạo ảnh bằng cộng hưởng từ (MRI) cũng lại dựa trên một tính chất lượng tử rất tinh tế của hạt nhân nguyên tử. Hơn nữa, các tính toán của cơ học lượng tử đã đưa

ra nh ng tiên oán về tính chất của các hạt cơ bản phù h p v i nh ng phép o th c nghiệm v i độ chính xác cao ến kinh ngạc. Nói tóm lại, ó là một lý thuyết ã ư c kiểm nghiệm rất chi li, h u ích một cách toàn diện và òng th i cũng rất áng tin cậy.

Mặc dù ã quen thuộc ến thấu áo như thế, nhưng a số các nhà vật lý, nếu bị ép, sẽ ều th a nhận rằng họ vẫn thấy có iều gì ó lạ lùng, iều gì ấy bí ẩn và không thể nắm bắt ư c hoàn toàn trong cơ học lư ng t . S vậ hành nội tại của bộ máy này vẫn thật khó hiểu. Sẽ là rất h u ích ể biết rằng các tiểu luận trong tập sách này ư c rút ra t nh ng bài giảng Gifford của Werner Heisenberg ọc tại ại học St. Andrew Scotland úng n a thế kỷ trư c, nhưng vẫn liên quan t i chính nh ng vấn đề còn gây nhiều bối rối ngày nay. Giải pháp mà Heisenberg trình bày, hay úng hơn, có thể nói, là thái độ triết học mà ông bày tỏ, tất nhiên sẽ giúp ích cho một số ngư i và làm thất vọng một số ngư i khác, cũng hệt như v i nh ng thánh giả ã nghe ông lần ầu.

ể hiểu ư c tại sao cơ học lư ng t hiện vẫn khiến ngư i ta bối rối, sẽ là rất h u ích nếu ta xem xét lại một cách ngắn gọn nh ng nguồn gốc của nó. Trong câu chuyện này, bản thân Heisenberg ã óng góp hai phát lộ quan trọng.

Trong cái ư c gọi là lý thuyết lư ng t cũ, kh i nguồn t Bohr vào năm 1913, các nguyên t ư c hình dung như nh ng hệ Mặt tr i thu nhỏ. Các electron quay xung quanh hạt nhân nhỏ và nặng theo úng các ình luật của cơ học Newton. Nguyên lý lư ng t xuất hiện trong mô hình này ã ặt thêm một hạn chế òi hỏi rằng chỉ một số quỹ ạo trong số vô vàn nh ng quỹ ạo khả dĩ là th c s ư c phép. Khi electron nhảy gi a các quỹ ạo này thì nguyên t hoặc nhận vào hoặc phát ra một lư ng t của năng lư ng iện t - mà sau này ư c gọi là photon - phù h p v i hiệu năng gi a hai quỹ ạo ó. Cơ chế này ã giải thích ư c tại sao các nguyên t , vốn ã ư c biết hàng chục năm trư c, lại có nh ng dấu hiệu phổ ặc trưng, khi phát hay hấp thụ ánh sáng chỉ một số nh ng tần số xác ình.

Vào ầu nh ng năm 1920, lý thuyết lư ng t cũ, ặc biệt là lý thuyết ư c phát triển b i Arnold Sommerfeld Munich, ã tr nên quá ph c tạp và cồng kềnh, và òng th i lại không giải thích ư c rất nhiều nh ng nét tinh tế trong phổ nguyên t . Dư ng như có lẽ là các electron trong nguyên t chuyển òng theo nh ng quy tắc khác một cách căn bản so v i cơ học cổ iến. Werner Heisenberg khi ó còn là một sinh viên của Sommerfeld Munich nên ã hiểu rất rõ cuộc khủng hoảng này và chính ông là ngư i, vào năm 1925, ã ư a ra một

giải pháp lạ lùng và gây sững sốt. “Ý tưởng này tôi nó đã gợi ý rằng”, – ông nói với chúng ta đây, “người ta cần phải viết ra những định luật cơ học không phải như các phương trình cho vị trí và vận tốc của các electron mà là cho các tần số và biên độ trong khai triển Fourier của chúng.”

Phát biểu này quả thật là quá khiêm tốn. Ý tưởng mà Heisenberg nói tới đây rõ ràng là của ông và chỉ của ông mà thôi. Cũng như Einstein trong việc tạo dựng nên thuyết tương đối đã phải định nghĩa lại cái mà chúng ta gọi là không gian và thời gian, Heisenberg cũng vậy, vào năm 1925, ông đã buộc phải đánh giá lại một cách sâu sắc không kém về những khái niệm vị trí và vận tốc mà trước đó người ta xem là quá hiển nhiên.

Chuỗi Fourier là một công cụ toán học chuẩn theo đó một dao động bất kỳ, chẳng hạn như dao động của dây đàn violon, đều có thể được biểu diễn như một tổ hợp thích hợp của các âm cơ bản của dây đàn đó. Trong một biểu diễn như thế, vị trí và vận tốc tức thời của một điểm bất kỳ dọc theo dây đàn đều được biểu diễn bằng một tổng có trọng số của âm cơ bản và các họa âm của dây đàn đó. Sự chói sáng thiên tài của Heisenberg là chỗ biết áp dụng chính logic đó cho chuyển động của electron trong nguyên tử. Thay vì tư duy về vị trí và vận tốc của electron như là những đặc trưng xác

ình nguyên thủy của nó, ông ã viết ra nh ng biểu th c biểu diễn vị trí và vận tốc một cách gián tiếp, như là một tổ h p của nh ng dao động sơ cấp của nguyên t .

Nói một cách nhẹ nhàng thì ó là một cách làm hơi kỳ cục. Tuy nhiên, bằng cách thay thế nh ng ình nghĩa m i của mình về vị trí và vận tốc vào nh ng ình luật chuẩn của cơ học, Heisenberg ã có một phát minh ãy kinh ngạc: bằng một cách hoàn toàn m i ông ã rút ra ư c ình luật về s lư ng t hoá. Nh ng phương trình của ông cho nh ng áp số có nghĩa chỉ khi năng lư ng của electron nhận một trong tập h p hạn chế các giá trị. Và như Heisenberg ã quá khiêm tốn ể nói một cách tr c tiếp trong các tiểu luận ãy rằng ông chỉ là ngư i phát hiện ra mầm mống của cơ học lư ng t mà thôi.

iều thú vị là, như Paul Dirac và Pascual Jordan sau này ã xác lập một cách hệ thống, các ình luật của cơ học cổ iển ã chuyển sang hệ thống m i của cơ học lư ng t một cách hoàn toàn không thay òi. Cái thay òi ãy là các ại lư ng - nh ng yếu tố ư c coi là cơ s của cơ học, như vị trí và vận tốc chẳng hạn, bị nh ng ình luật này chi phối.

Và ãy chính là chỗ bắt ầu nh ng khó khăn. Hai năm sau, trong Nguyên lý bất ình nổi tiếng của mình, Heisenberg vẫn tiếp tục ch ng minh rằng trong cơ học lư ng t , vị trí

và vận tốc không có một ý nghĩa rõ ràng và minh bạch mà nó đã ư c h ư ng trong cơ học cổ iển. Thay vì là nh ng tính chất sơ cấp của một hạt, vị trí và vận tốc, theo một nghĩa nào ó, tr thành một ặc trưng th cấp mà nhà th c nghiệm cần rút ra t một hệ l ư ng t nào ó bằng cách làm một phép o thích h p. Và phép o này cũng không phải ơn giản như ngư i ta vẫn quen làm. Bạn o vị trí của một hạt càng chính xác thì bạn sẽ tìm ư c vận tốc của nó càng kém chính xác và ngư c lại. Nguyên lý bất ình th ư ng ư c diễn ạt dư i dạng như vậy. Tuy nhiên, một cách phát biểu thận trọng hơn nói rằng các hạt l ư ng t không có nh ng tính chất nội tại th c s tương ng v i vị trí và vận tốc và phép o ã buộc hệ l ư ng t phải nhả ra nh ng giá trị cho các ại l ư ng ó theo cách phụ thuộc vào phép o ó ư c tiến hành như thế nào.

Th c tế, ngay cả nghĩ về một hạt l ư ng t cũng rất dễ dẫn ến hiểu lầm b i vì khái niệm ư c dán nhãn là “hạt” cũng có nh ng ý nghĩa không còn ư c áp dụng một cách ãy ù n a. Chỉ ít tháng sau khi Heisenberg phát biểu phiên bản của mình về cơ học l ư ng t , Erwin Schrodinger cũng ã ư a ra phương trình mang tên ông cung cấp một b c tranh khác. Trong b c tranh Schrodinger, electron thuộc một nguyên t có dạng một sóng d ng trải rộng – nói một cách nôm na, ó là một sóng

biểu diễn xác suất để tìm thấy electron nơi này hay khác xung quanh hạt nhân. Vậy electron là sóng hay hạt? Câu trả lời, như Heisenberg khẳng định trong các tiểu luận này, là: các tính “sóng” hay “hạt” thực hiện thể hiện trong cơ học cổ điển bằng sự ước lượng rút từ kinh nghiệm hằng ngày của chúng ta và theo định nghĩa, hai khái niệm này là loại trừ nhau. Một sóng thì không thể là hạt và một hạt không thể là sóng. Một đối tượng lượng tử, xét bản thân nó, chẳng là cái này cũng chẳng là cái kia. Nếu bạn quyết định vào một tính chất giống như sóng (chẳng hạn như bước sóng, trong một thí nghiệm nhiễu xạ hay giao thoa) thì cái mà bạn quan sát thực sự sẽ nhìn giống như sóng. Còn trái lại, nếu vào một tính chất hạt (như vị trí hoặc vận tốc) thì bạn sẽ thấy hành vi giống như hạt.

Khi nhận giải Nobel về Vật lý năm 1932, Heisenberg đã tuyên bố: “cơ học lượng tử ... xuất hiện như một nỗ lực mở rộng nguyên lý tương ứng của Bohr thành một sơ đồ toán học hoàn chỉnh bằng cách chính xác hoá thêm những khẳng định của ông”. Đó cũng là một tuyên bố quá khiêm nhường. Mặc dù có thể ông đã thực sự dẫn dắt bởi nguyên lý tương ứng của Bohr – nói một cách nôm na, đó là ý tưởng cho rằng các hệ lượng tử cần phải chuyển về hành vi và diện mạo cổ điển thang vĩ mô – nhưng sự chói sáng của sáng tạo dẫn tới cơ học

lưu ý tuân thủ là của Heisenberg. Nhưng vào cuối năm 1926 và đầu năm 1927, Heisenberg và Bohr đã làm việc sát cánh bên nhau Copenhagen – hay là ủng hộ nhau thì đúng hơn – và chính là sự trao đổi ý kiến thẳng thắn đã tạo ra cả Nguyên lý bất định lẫn cái gọi là cách giải thích Copenhagen của cơ học lượng tử mà sau đó Bohr đã làm rất nhiều để phát triển nó. Heisenberg không phải đã như ng bộ ngay như quan điểm của Bohr, nhưng vào thời gian đọc diễn văn nhận giải thưởng Nobel và chắc chắn là khi đọc những bài giảng này, ông đã toàn tâm toàn ý nghĩ về phe Copenhagen và tin tưởng Bohr đối với nhiều nguyên lý mà ông đã đi theo.

Như Heisenberg nói nhiều lần, cốt lõi của vấn đề là chuyện diễn dịch. Ngôn ngữ quy ước của vật lý được hình thành theo thế giới mà chúng ta trải nghiệm – một thế giới mà trong đó những chiếc xe ô tô và các quả bóng bầu dục bay với một vận tốc xác định và thời điểm bất kỳ đều có một vị trí xác định, trong khi các sóng tạo nên một lớp các thể hoàn toàn khác, được mô tả bởi những thuật ngữ cũng rất khác. Tuy nhiên, bên dưới tất cả những chuyện đó là thế giới của các hiện tượng lượng tử mà chúng ta có thể lĩnh hội được thông qua vô số các phép đo và quan sát. Lẽ tự nhiên là chúng ta mong muốn có thể mô tả tốt hơn thế giới lượng tử bằng ngôn ngữ cổ

hiện quen thuộc của chúng ta, và đó chính là lúc các khó khăn xuất hiện. Thế gì là lưu ý không phải là thế gì của các sóng và hạt, của vị trí và vận tốc. Chỉ khi thực hiện các phép đo chúng ta mới làm cho các đại lượng đó có lại ý nghĩa quen thuộc của chúng - một ý nghĩa mặc dù vẫn chịu sự hạn chế từ các áp đặt của Nguyên lý bất định. Mọi cố gắng để mô tả thế gì là lưu ý theo ngôn ngữ cổ điển chắc chắn sẽ bị rơi vào sự thiếu nhất quán và mâu thuẫn.

Dư thừa của sự không thoả đáng của mỗi bức tranh sóng hay hạt riêng rẽ, Heisenberg đã nói với chúng ta rằng “bằng cách chơi với cả hai bức tranh, bằng cách lật bức tranh này sang bức tranh khác rồi quay ngược lại, cuối cùng rồi chúng ta sẽ có một ấn tượng ảm đạm về loại thực tại lạ lùng nằm phía sau các thí nghiệm về nguyên tử”. Điều đó, tôi tin rằng, sẽ làm cho khá nhiều độc giả có ấn tượng như là một thủ đoạn lẩn tránh. Kể ra cũng tốt thôi, thưa GS. Heisenberg, - các độc giả này có thể nói - nhưng ngài có thể cho chúng tôi biết cái “loại thực tại lạ lùng” ấy gồm những cái gì không? Lạy Chúa, đó rốt cuộc lại là cái mà chúng ta không thể làm được, chỉ ít là không thể làm được một cách thoả đáng.

Chiến lược của trường phái Copenhagen để xử lý cái ngõ cụt này là tiếp tục dùng ngôn ngữ cũ - tức là sóng và hạt, vị trí và vận tốc - nhưng theo một cách hiểu chặt chẽ rằng những khái

niệm đó ư c thể hiện trong các t này không còn theo nghĩa nguyên thủy n a mà phải thông qua môi gi i là các phép o và quan sát. Và vì vậy ã xuất hiện một khái niệm ư c phát biểu một cách rộng rãi rằng trong cơ học lư ng t , hành òng o xác ình cái ư c o hoặc rằng cái ư c o và cái o có liên quan mật thiết v i nhau.

Như một hệ quả, dư ng như tri th c của chúng ta về thế gi i tr nên tùy tiện và mang tính chủ quan theo cách hoàn toàn không giống như trong vật lý cổ iển. Nếu như chúng ta nhận ư c các thông tin khác nhau tùy thuộc vào loại phép o mà chúng ta tiến hành và nếu chúng ta có thể chọn một cách t do sẽ làm tập h p các phép o này hay khác thì liệu chúng ta có thể kết luận ư c rằng thế gi i của nh ng s thật rành rành (mà Heisenberg gọi là thế gi i của các s thật c ng), như ông Gradgridn - một nhân vật của Dickens ã t ng nói, sẽ bị tiêu ma không? Rằng cái cách th c mà thế gi i ó trình hiện liệu có phụ thuộc theo một cách hầu như kỳ quái vào cách th c mà chúng ta chọn ể nhìn hay không?

Heisenberg rất hăng hái tranh luận chống lại nh ng suy luận kiểu như vậy. Một phép o, ông nói, là một hành òng riêng biệt và cụ thể, nó cung cấp một mẫu thông tin xác ình. Việc thế gi i ư c phát lộ cho chúng ta nh khoa học phụ thuộc vào loại thông tin mà chúng ta

có thể tìm ra là điều luôn luôn đúng. “Chúng ta cần nhớ rằng”, Heisenberg nói, “cái mà chúng ta quan sát được không phải là chính bản thân tự nhiên mà là tự nhiên được phơi bày trước phương pháp truy vấn của chúng ta”.

Đây một lần nữa độc giả lại cảm thấy khó chịu vì câu trả lời không thoả đáng. Về mặt cổ điển, thế giới được coi như là một tập hợp các sự thật. Chúng ta càng quan sát tỉ mỉ thì càng thu thập được nhiều những sự thật đó. Tuy nhiên, trong cơ học lượng tử, một vấn đề mĩ và khá rắc rối là việc biết một loại sự thật về thế giới lại rất hay cản trở vĩnh viễn sự hiểu biết của chúng ta về một loại sự thật khác. Vậy thì khi có liệu thức có một nền tảng vững chắc cho thế giới của những người khách quan và thông tin đó được mà chúng ta sống trong đó hay không?

Câu trả lời của trường phái Copenhagen là khẳng định rằng việc đặt ra câu hỏi như vậy về thực chất là đòi hỏi giải thích cơ học lượng tử bằng vật lý cổ điển, điều mà theo định nghĩa là không thể làm được. Nhưng điều đó không mách bảo chúng ta, thay vì, nên suy nghĩ như thế nào. Thông qua sự cập nhật câu đó – tức chúng ta sẽ mô tả hiện trạng này như thế nào khi chúng ta đã chấp nhận ngay từ đầu rằng chúng ta không có ngôn ngữ để làm được điều đó – Heisenberg đã dẫn thân vào một chuyến ngao du triết học bắt đầu từ những

ngư i Hy Lạp và ưa chúng ta đến với Kant. Điều mà ông làm đó đã tách ông ra khỏi các nhà vật lý hiện đại nhất, nhưng ngư i thư ng coi khinh hoặc là không ếm xia đến tư duy triết học về môn học của họ. Nhưng Heisenberg ư c giáo dục c vào đầu thế kỷ XX và có một giáo sư về triết học cổ iễn là chính cha ông. Vì vậy, đối v i Heisenberg, có một hiểu biết tốt về triết học ơn giản chỉ là biểu hiện của một nền giáo dục phổ thông tốt.

Heisenberg ã rất nhấn mạnh s phân biệt gi a tinh thần và vật chất của Descartes, cốt lõi của niềm xác tín cổ iễn vào th c tại khách quan - t c là một thế gi i vật chất tồn tại ộc lập và ch i s xem xét vô tư của chúng ta. Tính t phụ ó, th c tế, có thể ã là yếu tố trung tâm đối v i s xuất hiện của vật lý cổ iễn, nhưng chúng ta không nên vì thế mà xem nó như một chân lý hiển nhiên, không còn tranh cãi. Ví dụ, Aristotle ã hình dung vật chất s mó ư c như là s áp ặt của hình thái lên “cái tiềm tàng”, một loại bản chất bao gồm khả năng ch không phải là th c tại. Nhưng chắc chắn Heisenberg không hề muốn g i ý rằng Aristotle bằng cách nào ó ã tiên đoán ư c hàm sóng của Schrodinger. Ông ã ư a ra một ý kiến h u ích rằng các khái niệm hiện đại của chúng ta về th c tại và vật chất, mặc dù xem ra có vẻ như là dễ hiểu, nhưng không phải bao gi cũng là rõ ràng và ã xuất

hiện thông qua một cuộc vật lộn trí tuệ sâu sắc.

Và nếu như nh ng khái niệm như vậy ã thay ổi trong quá kh , thì chắc chắn rằng chúng có thể sẽ lại thay ổi. Chỉ b i vì một tập h p các ý tư ng và nguyên lý ã tỏ ra là h u ích trên một vũ ài nào ó, Heisenberg thận trọng, chúng ta không nên bị mê hoặc b i ý nghĩ rằng chúng ta ã chạm ư c vào các chân lý áp dụng ư c khắp nơi.

Thuyết tương ối ã cung cấp một ví dụ ít tranh cãi hơn về nguyên lý này. Albert Einstein ã ch ng minh rằng không gian và th i gian không phải là tuyệt ối như là trong vũ trụ của Newton và tính ồng th i tùy thuộc vào con mắt của ngư i quan sát. ối v i một số nhà vật lý ầu thế kỷ XX, s phá v ó của quan iểm “lành mạnh” cũ về không gian và th i gian là quá thể và do ó thuyết tương ối ã bị tấn công đ ội. Nhưng rồi cuộc khủng hoảng ã nhanh chóng qua i một cách yên lành. Nh ng thay ổi mà thuyết tương ối òi hỏi là không quá ghê g m và không phải là không thể chấp nhận ư c như thoát ầu ngư i ta tư ng - chủ yếu là b i vì thuyết tương ối không phủ nhận s úng ắn của “thuyết duy th c c ng” - theo như cách gọi của Heisenberg. Chẳng hạn, hai ngư i quan sát có thể thấy một chuỗi các s kiện nào ó diễn ra theo trình t khác nhau, nhưng không có s

phủ nhận các sự kiện đó thực sự đã xảy ra và quan niệm chính xác của thuyết tương đối là: nó cung cấp một cách thức hợp lý cho những người quan sát để họ hiểu được tại sao họ lại không nhìn thấy cùng một trình tự thời gian.

Trái lại, với cơ học lượng tử, các giả thiết cổ điển đã bị phá vỡ tan tành, nhưng thay vào vị trí của chúng lại là những giải thích rất không thoả đáng. Người nhìn nhận theo viễn cảnh đó, cách giải thích của trường phái Copenhagen

được coi là tốt nhất với tư cách là một hệ thống thiết thực và khéo léo cho phép các nhà vật lý vẫn sử dụng được lý thuyết trong khi tạm cách ly ra một số câu hỏi về cơ bản là không trả lời được. Không có gì đáng ngạc nhiên khi chiến lược này đã gây ra sự phản đối. Sự thảo luận của Heisenberg về những phê phán cách giải thích của trường phái Copenhagen là đề tài được cập nhật nhất

ngày nay, bởi vì rất nhiều phê phán đó đã phai nhạt dần. Tuy nhiên, có hai ý tưởng đáng kể vẫn còn tồn tại một cách dai dẳng.

Vào đầu những năm 1950, không lâu trước khi đọc những bài giảng này, David Bohm đã đưa ra cách xây dựng lại cơ học lượng tử, sao cho, Bohm tuyên bố, nó sẽ sử dụng ủng hộ của triết học truyền thống, nhưng vẫn không mất đi một may mắn nào sự thành công đối với thực nghiệm của nó. Theo Bohm, các tính chất của một hạt bao gồm “các biến ẩn” mà người

quan sát không thể truy nhập ư c, nhưng lại quyết ịnh kết cục của phép o. Khi này, s không thể tiên oán ư c dư ng như của các s kiện lư ng t hoá ra là do chúng ta ã không ếm xĩa ến các biến ẩn ó. Về bề ngoài, iều này làm cho cơ học lư ng t tr nên rất giống cơ học cổ iễn của các nguyên t trong một chất khí, ó chúng ta có thể ư ra các tiên oán có tính chất thống kê về hành vi của chất khí như là một toàn bộ, ngay cả khi thậm chí chúng ta không thể biết ư c t ng nguyên t riêng lẻ làm gì. Tuy nhiên, về mặt khái niệm, ây có một s khác biệt to l n. Trong cơ học cổ iễn, ta có thể nghĩ cách làm ra nh ng thí nghiệm tinh xảo hơn ể xác ịnh chính xác hơn tính chất của các nguyên t . Trong cơ học Bohm, môn cơ học vẫn còn thu hút ư c một nhóm nh ng ngư i ủng hộ nhiệt thành nhất, thì thông tin ư c mang b i các biến ẩn là th c s không có hạn chế - như th c tế, nó cần phải thế - nếu như nh ng biểu hiện ra bên ngoài của cơ học lư ng t vẫn còn không thay ói.

Heisenberg ã cung cấp rất nhiều lý do giàu s c thuyết phục lý giải tại sao cơ học của Bohm không hề hấp dẫn như ngư i ta tứ ng, nhưng thái độ cơ bản của ông là cách tiếp cận dùng các biến ẩn ã ạt ư c s tr lại một phần thuyết duy th c cổ iễn một cách khá mù m bằng cái giá phải phá huỷ i rất nhiều về ẹp

toán học và đối xứng của cơ học lượng tử dạng thuần khiết của nó. Nói tóm lại, cơ học của Bohm là xấu xí.

Đối lập với quan điểm của trường phái Copenhagen, như chúng ta đã biết, có cả Einstein, người suốt đời gắn bó với “thuyết duy thực cổ điển”. Năm 1935, với hai đồng nghiệp trẻ của mình là Boris Podolsky và Nathan Rosen, ông đã cho công bố bài báo “Einstein Podolsky Rosen” (EPR) nổi tiếng, trong đó đã vạch ra cái mà các tác giả coi như là một lỗi lầm có thể chứng minh được trong cơ học lượng tử. Sự phân tích EPR yêu cầu chúng ta suy nghĩ về hai hạt xuất hiện từ một sự kiện nào đó, sao cho một số tính chất của chúng có tương quan với nhau, sau đó bay ra xa nhau. Một nhà thực nghiệm đo một tính chất nào đó của một trong hai hạt ấy, ngay lập tức sẽ biết được tính chất tương ứng của hạt kia. Einstein, Podolsky và Rosen lập luận rằng vì thí nghiệm đó cho phép nhà vật lý nhận được một sự hiểu biết về một hạt mà không cần phải quan sát nó một cách trực tiếp, nên các tính chất của hạt phải thuộc về nội tại của nó – nghĩa là chúng đã được cố định từ trước như tư duy cổ điển quy định chứ không phải là bất định như cơ học lượng tử khẳng định.

Trong nhiều năm, quan điểm mà EPR đưa ra dường như, may mắn, được coi là một nhận xét có tính siêu hình. Tuy nhiên, khoảng một

chục năm sau khi Heisenberg đọc nh ng bài giảng này, nhà vật lý John Bell ã chế tạo ra một cách thông minh ể biến s phân tích EPR thành một phép kiểm ch ng trong th c tiễn, và nếu khó khăn thì trong phòng thí nghiệm. Nếu các hạt, trư c khi o, th c s ã có nh ng tính chất xác ình nhưng chưa biết ch không phải nh ng thuộc tính không xác ình như suy ra t cơ học lư ng t , thì một th c nghiệm kiểu do Bell ề xuất sẽ cho nh ng kết quả khác v i nh ng tiên oán của cơ học lư ng t . Chỉ sau khi Heisenberg qua i vào năm 1976 nh ng th c nghiệm như vậy cuối cùng m i ư c th c hiện, nhưng v i nh ng kết quả xác nhận cơ học lư ng t và bác bỏ quan iểm của EPR. Bài học, như Heisenberg ã chỉ ra trong s bàn thảo của ông về quan iểm của Einstein, ó là: th c tại theo cơ học lư ng t không giống như th c tại cổ iển, bất kể Einstein có thích iều ó hay không.

Cách giải thích chuẩn của cơ học lư ng t , do ó, vẫn tiếp tục tồn tại và s trình bày tao nhã của Heisenberg vẫn còn giá trị và hiệu l c của nó. Nhưng câu chuyện vẫn còn chưa kết thúc.

Chiến lư c của trư ng phái Copenhagen ã vận hành tuyệt v i ối v i các nhà th c nghiệm trong các phòng thí nghiệm của họ, thậm chí ối v i cả các nhà vật lý thiên văn nghiên c u cấu trúc của các sao, các thiên hà,

bởi vì trong những nguyên lý đó, không bao giờ có sự lầm lẫn nghiêm trọng về chuyện bộ phận nào cần phải xử lý theo cơ học lượng tử và bộ phận nào theo cơ học cổ điển. Nhưng khi mở rộng phạm vi của chúng ta để bao gồm cả toàn bộ vũ trụ thì sự phân biệt rạch ròi này không thể duy trì được nữa. Vũ trụ xuất phát từ Big Bang, hay nói ngắn gọn, từ sự hỗn loạn dày đặc các hạt cơ bản liên tục tương tác với nhau. Sau đó, khi Vũ trụ dần nóng và lạnh đi, những cấu trúc bắt đầu phát sinh – mà từ cuối hết là chính vật chất, sau đó là sự kết tập của vật chất dưới dạng các ngôi sao sớm nhất và tiếp tục như vậy cho tới khi chúng ta thấy Vũ trụ trong trạng thái hiện nay của nó. Trong quá trình tiến hóa đó, một tập hợp theo một cách khách quan các thiên hà, các sao, và các hành tinh bằng cách nào đó đã phát sinh từ đám sương mù lượng tử bất định, nhưng nó đã làm như vậy mà không có sự can thiệp của người nào hay người nào quan sát bởi vì Vũ trụ là toàn bộ những gì hiện hữu.

Vì quan niệm của trường phái Copenhagen dựa trên sự phân biệt giữa người nào và cái gì, nên nó sẽ gặp khó khăn khi chỉ có một hệ vũ trụ, một toàn thể duy nhất liên quan với nhau. Nhưng thậm chí có như vậy chẳng nữa thì tinh thần Copenhagen vẫn có thể sẽ tiếp tục tồn tại. Khi tiến đến quá trình có tên là “mất kết hợp”, các nhà vật lý lập luận

rằng sự tương tác nội tại của một hệ lượng tử phức tạp tạo nên một loại tương liên tục cho phép hệ, như một toàn bộ, thể hiện những tính chất xác định và cố định thậm chí mặc dù trạng thái lượng tử bên dưới nó là thay đổi liên tục. Do tính đúng của chúng, những tính chất này được nhìn nhận như là độc lập và là hiện thực khách quan, do đó chúng chính là những tính chất mà chúng ta đã tự nhiên gán cho cái nhân là cổ điển. Nếu như sơ đồ này thành công, nó sẽ là cơ sở cho nhận xét của Heisenberg nói rằng vật lý cổ điển “chỉ là sự lý tưởng hóa trong đó chúng ta có thể nói về các bộ phận của thế giới mà không cần tham chiếu gì đến bản thân chúng ta”.

Hiện nay, sự phê phán vẫn còn chưa được hiểu rõ. Hiện nay, sự phê phán có thể còn dai dẳng trong sự phản nản rằng cách giải thích Copenhagen về cơ học lượng tử là chưa thỏa đáng vì nó vẫn chưa trả lời được cho chúng ta một số câu hỏi sơ đẳng. Không thể nói, mà thực tế không cần phải nói, thế giới lượng tử “thực sự” là như thế nào và chúng ta sẽ lâm vào khó khăn vì những câu hỏi về Vũ trụ. Nhưng tôi thì lại muốn mô tả những thiếu sót đó như là những ưu điểm. Giải thích của trường phái Copenhagen đã cung cấp một cách sử dụng cơ học lượng tử một cách đáng tin cậy, còn những vấn đề mà nó chưa trả lời được cũng chính là những câu hỏi sẽ chưa được giải đáp cho

nào các nhà vật lý chưa giải quyết được câu hỏi cuối cùng của họ, đó là làm thế nào kết hợp được nhuần nhuyễn cơ học lượng tử với lý thuyết hấp dẫn. Nhưng thực nghiệm kiểu EPR minh họa cho một cách xung đột giữa hai bộ phận này. Một phép đo trên một hạt, dường như, lại có thể xác lập tính chất trước đó còn bất định của hạt kia (đối tác của hạt thứ nhất), thậm chí ngay cả khi, theo những tiêu chuẩn cổ điển, hai hạt đã hoàn toàn tách rời nhau. Tính phi định xứ – theo như cách gọi của các nhà vật lý (vì sẽ khó chịu công khai, Einstein gọi nó là “hành động ma quỷ từ xa”) giữa đây là điều không thể phủ nhận được bằng thực nghiệm, nhưng ông thì nó lại dường như xung đột với tinh thần của tính nhân quả cổ điển được hiện thân trong thuyết tương đối rộng.

Một biện pháp xử lý theo cơ học lượng tử đối với hấp dẫn, theo cách nào đó, sẽ giải quyết được sự xung đột này của các nguyên lý bằng cách chỉ ra tính nhân quả, sự bất định và cấu trúc của không gian và thời gian sẽ được tích hợp với nhau một cách hài hòa như thế nào. Và điều này, đến lượt mình, sẽ rọi ánh sáng vào cái thế giới bên trong được mô tả bởi cơ học lượng tử vẫn còn đầy bí ẩn. Trong khi chờ đợi đến lúc đó, những ai muốn hiểu xem các nhà vật lý đã xoay xở như thế nào để hiểu được cái lĩnh vực kỳ thành công nhưng

cũng còn nhiều bất ổn này của vật lý, thì cách tốt nhất là hãy đọc những bài giảng đã trở thành kinh điển này của Heisenberg.
