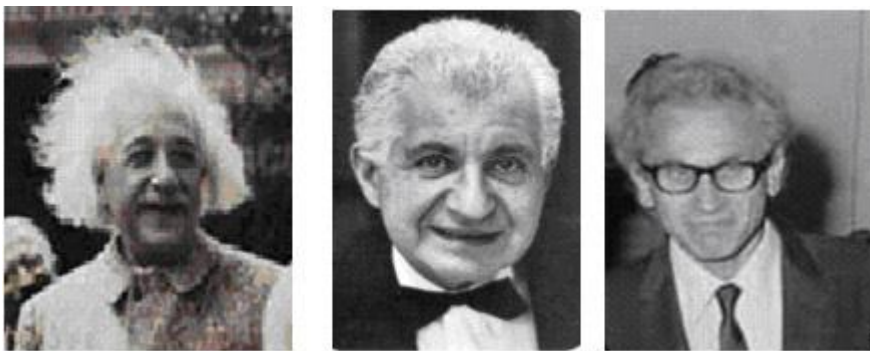


## **Cơ Học Lượng Tử : từ quan điểm Einstein đến quan điểm tương quan**

Tạp chí La Recherche số tháng 4/2008 có đăng bài báo của các tác giả Michel Bitbol, Anton Zeilinger, Markus Aspelmeyer, Carlo Rovelli & Matteo Smerlak nêu lên quan điểm sai lầm của Einstein về cơ học lượng tử (CHLT) và đưa ra một quan điểm mới về CHLT: Cơ học lượng tử tương quan (Relational Quantum Mechanics, viết tắt là RQM ). Nội dung bài báo không chỉ liên quan đến CHLT mà đặt ra một vấn đề quan trọng trong nhận thức luận đối với thế giới khách quan. *Bài báo sẽ rất bổ ích và cần thiết cho các độc giả nghiên cứu và giảng dạy vật lý nói riêng và triết học nói chung.*



*Hình 1. Từ trái sang phải ba tác giả của nghịch lý EPR : Einstein, Podolsky, Rosen*

Như chúng ta biết cơ học cổ điển chỉ ứng dụng được đối với thế giới vĩ mô. Đối với thế giới vi mô (thế giới các hạt cơ bản ) phải ứng dụng cơ học lượng tử (CHLT). Từ năm 1920 CHLT đã mô tả thế giới vi mô với độ chính xác cao. Song nhà vật lý lớn của mọi thời đại là Einstein đã không thừa nhận CHLT. Einstein có lý hay không? Những thí nghiệm trong năm 2007 chứng tỏ rằng Einstein đã sai lầm. Các thí nghiệm này cho chúng ta biết rằng: các tính chất của các hạt “ không tồn tại “ trước khi các tính chất đó được quan sát bởi một thiết bị đo đạc.

Một dạng thức mới của CHLT gọi là “ Cơ học lượng tử tương quan “ (Relational Quantum Mechanics ) hy vọng làm sáng tỏ vấn đề [1].

CHLT đòi hỏi một nhận thức luận đổi mới triệt để đối với vũ trụ khách quan. Và một thế kỷ cần thiết để làm điều đó.

Từ năm 1927 Einstein đã cho rằng CHLT là không hoàn chỉnh. Einstein nghĩ rằng vật lý học phải mô tả thiên nhiên đúng như thật sự của nó. Trong cuộc trò chuyện giữa Einstein với Abraham Pais , Einstein đặt ra câu hỏi thách

thức: “ *Mặt trăng có còn đó hay không nếu chẳng ai nhìn nó?* “ với hàm ý nghi ngờ CHLT.

## **Nghịch lý EPR**

Sự chống đối lên đến đỉnh cao khi EINSTEIN cùng PODOLSKY và ROSEN đưa ra cái gọi là nghịch lý EPR (lấy theo chữ đầu từ tên của ba người, xem hình 1). Tên bài báo là: Liệu sự mô tả thực tại vật lý bằng CHLT có thể xem là đầy đủ hay không? (*Can QM Description of Physical Reality Be Considered Complete?*).

Nội dung của nghịch lý có thể tóm tắt như sau.

Theo CHLT người ta có thể chế tạo một cặp hạt *liên đới* (*entangled*) *lượng tử*, điều đó có nghĩa về mặt toán học là một cặp hạt mà hàm sóng của chúng không thể viết thành tích trực tiếp hàm sóng của từng hạt :  $f$  không bằng  $f_1$  nhân trực tiếp với  $f_2$  , hay nói cách khác là các tính chất của các hạt không độc lập với nhau mà liên quan với nhau [2].

Xét hai hạt liên đới lượng tử và tách chúng ra xa nhau. Khi đo tọa độ của *hạt thứ nhất* thì sẽ biết được tọa độ của *hạt thứ hai*, vì chúng liên đới lượng tử. Song bây giờ lại đo xung lượng của hạt thứ hai ta lại có thể biết được xung lượng của hạt thứ nhất. Như thế ta có thể đồng thời đo được tọa độ lẫn xung lượng của mỗi hạt: điều này trái với nguyên lý bất định Heisenberg của CHLT. Đó là nghịch lý EPR.

Lý luận trên dựa trên hai giả thuyết:

- 1/ Giả thuyết hiện thực ( realism): hạt có một tính chất khách quan trước khi ta thực hiện phép đo tính chất đó,
- 2/ Giả thuyết định xứ ( locality): phép đo trên hạt thứ nhất không ảnh hưởng đến kết quả phép đo trên hạt thứ hai, mặc dầu chúng cách xa nhau.

Bohr đã trả lời EPR vài tuần sau khi EPR công bố nghịch lý nói trên. Trong bài trả lời, Bohr phủ nhận giả thuyết hiện thực (tuy rằng có một ít yếu tố mơ hồ trong bài trả lời, song

Bohr đã đi đúng đường). Theo Bohr CHLT có thể biết được các tính chất của hạt trong điều kiện thực hiện phép đo các tính chất đó. CHLT không mô tả thực tiễn theo ý tưởng tiên quyết của chúng ta. Bohr cho rằng vô nghĩa khi gán cho hạt một tính chất nào đó mà lại tách rời khỏi các điều kiện thực nghiệm cho phép đo được tính chất đó.

## **Tham số ẩn**

Một số nhà vật lý muốn cứu vãn tình thế của hiện thực luận đã xây dựng lý thuyết lượng tử chứa các “ tham số ẩn “ nhằm bổ sung CHLT để miêu tả các tính chất của hạt.

Người ta cho rằng các khó khăn gặp phải đều liên quan đến cách đoán nhận xác suất (probabilistic interpretation) của CHLT và cách xử sự động học ở mức vi mô sở dĩ mang tính xác suất vì rằng chúng ta không chú ý đến những tham số ẩn [3]

## **Bất đẳng thức Bell**

Năm 1964 John Bell (xem hình 2) tìm ra bất đẳng thức gọi là bất đẳng thức Bell và nhờ những bất đẳng thức đó chứng minh rằng những giả thuyết hiện thực và định xứ (trong đó có cả các lý thuyết định xứ với tham số ẩn ) đều không phù hợp với CHLT.

Thế nào là bất đẳng thức Bell ?



*Hình 2. John Bell*

Sau đây là một thí nghiệm để suy ra bất đẳng thức Bell.

Charlie chuẩn bị 2 hạt (không quan trọng là Charlie đã chuẩn bị như thế nào) và gửi cho Alice & Bob mỗi người một hạt. Alice & Bob mỗi người thực hiện hai phép đo. Và kết quả các phép đo cho hoặc +1 hoặc -1. Gọi các trị số

Alice thu được là Q và R, còn Bob thu được là S và T. Nếu thực hiện các phép tính theo tư duy hiện thực và định xứ thì một tổ hợp nhất định các giá trị trung bình của Q, R, S & T phải nhỏ hơn hoặc bằng 2. Đó là bất đẳng thức Bell . Còn nếu tính toán theo CHLT đối với hai *hạt liên đới lượng tử* thì lại thu được số  $2\sqrt{2} \approx 2,82843$  cho tổ hợp đó [3].

***Các dữ liệu thực nghiệm cho thấy rằng bất đẳng thức Bell không đúng còn các kết quả tính theo CHLT là chính xác.***

Hai vấn đề gắn liền với bất đẳng thức Bell:

(1). Cho rằng Q, R, S, T tồn tại độc lập với các phép đo. Đó là quan điểm hiện thực (realism).

(2). Việc giả định rằng Alice khi tiến hành phép đo không ảnh hưởng gì đến kết quả các phép đo do Bob thực hiện. Đó là quan điểm định xứ (locality).

Hai quan điểm trên kết hợp lại thành quan điểm hiện thực

định xứ (local realism). Bất đẳng thức Bell không đúng với thực tế và như vậy ít nhất một trong hai quan điểm nói trên là sai lầm Đây là bài học lớn cho chúng ta: vũ trụ không hiện thực định xứ !

Sự vi phạm bất đẳng thức Bell cho chúng ta thấy rằng:

Cơ học lượng tử là đúng và *hiện tượng liên đới lượng tử* (*quantum entanglement*) là một nguồn sức mạnh mới cho khoa học và công nghệ vì hiện tượng liên đới lượng tử làm đột sinh một ngành mới quan trọng đó là lý thuyết thông tin lượng tử (Quantum Information Theory) dẫn đến ngành mật mã lượng tử (Quantum cryptography).

## **Bất đẳng thức Leggett**

Nhiều nhà vật lý cho rằng nên giữ lại quan điểm hiện thực (realism), mà từ bỏ quan điểm định xứ (locality).

Người ta giả sử rằng hai *photon liên đới lượng tử* có một trạng thái phân cực (polarisation) (xem chú thích [4]) xác



định, nghĩa là tuân theo **hiện thực luận**.

Người ta loại giả thuyết định xứ bằng cách cho rằng tồn tại một tác động ở khoảng cách vô cùng (phi định xứ), một tác động ma quái (spooky action) mà Einstein đã nói đến.

Nhà vật lý giải Nobel 2003 *Anthony Leggett* đã tìm ra một hệ các bất đẳng thức (tương tự như bất đẳng thức Bell) đối với các phép đo các mối liên quan của hai hạt photon nói trên cho những *lý thuyết không định xứ* song vẫn dựa trên hiện thực luận.

Thí nghiệm thực hiện năm 2007 của Anton Zeilinger (và nhiều người khác) [5] lại loại trừ một lớp *lý thuyết không định xứ* song theo hiện thực luận vì vi phạm hệ bất đẳng thức Anthony Leggett . Vậy hy sinh định xứ luận không đủ cứu vãn hiện thực luận.

Nói cách khác các thí nghiệm đều dẫn đến kết quả phủ nhận hiện thực luận lẫn định xứ luận .

**Cơ học lượng tử tương quan (Relational Quantum Mechanics, viết tắt là RQM) : vũ trụ lượng tử không tách rời với phối cảnh (perspective)**

Khi ta vẽ một vật gì nhất thiết phải có phối cảnh của vật đó, nói cách khác phải đặt vật đó trong mối tương quan với cảnh trí xung quanh (xem hình 3). Họa sĩ người Ý thời Phục hưng Piero della Francesca, nhà lý thuyết phối cảnh họa đã phát biểu “ *Nulla imago sine perspectiva* ” ( *Không có hình ảnh nào là không có phối cảnh* ).

Sự kỳ lạ của CHLT nằm ở ranh giới giữa đối tượng lượng tử ta muốn nghiên cứu và môi trường xung quanh. Vấn đề đặt ra ở đây: ranh giới này có phải là tình cờ hay là yếu tố nội tại trong cấu trúc của vũ trụ?

Những hiện tượng khó hiểu của CHLT: *hai hạt liên đới lượng tử* tương tác với nhau tức thời, hạt electron vừa ở điểm này vừa ở điểm kia,... thế giới lượng tử quả thật kỳ lạ. Song CHLT lại cho những kết quả tính toán phù hợp với thực nghiệm với độ chính xác cao. Nhà vật lý Mỹ, giải Nobel, Feynman khuyên rằng: thôi đừng bàn về quan điểm