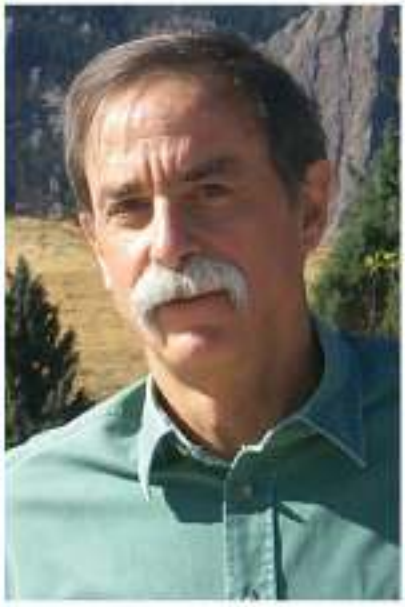
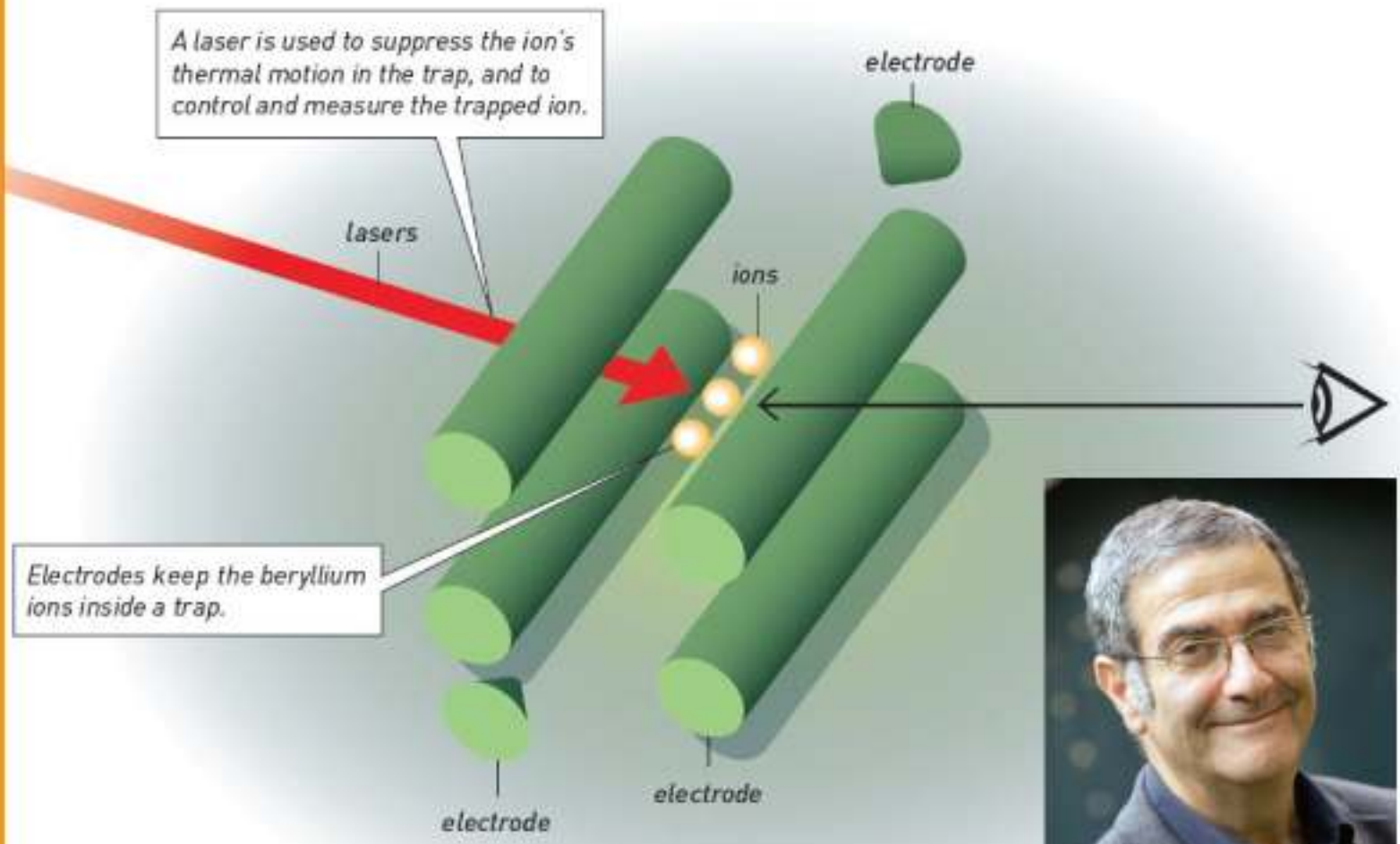
BẢN TIN VẬT LÝ
10
2012
thuvienvatly.com



Giải Nobel Vật lý 2012 cho sự nhìn trộm con mèo Schrodinger

David J. Wineland

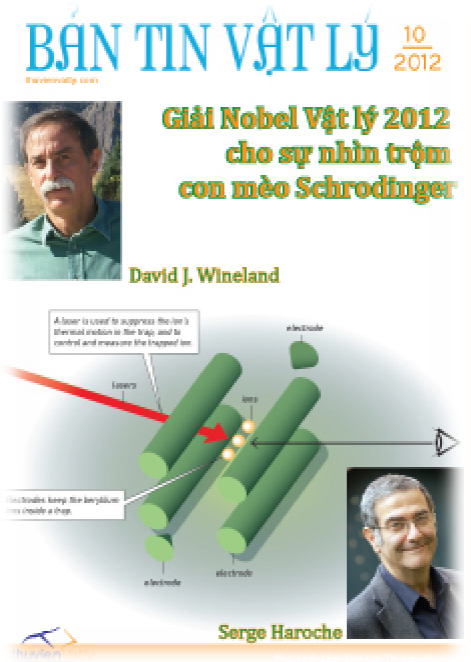


Serge Haroche

Bản Tin Vật Lý

Thuvienvatly.com

Tháng 10 năm 2012



Trong số này

Giải Nobel Vật lý 2012 cho sự nhìn trộm con mèo Schrodinger 2

Nguyên lí bất định lại bị nghi ngờ 4

Kết luận cuối cùng cho nguyên tố 113 5

Tính được chính xác moment từ electron 6

Giao thoa từng nguyên tử một 7

Định luật bức xạ Planck bị vi phạm ở cấp nano 9

Thấu kính phẳng đầu tiên hội tụ ánh sáng mà không méo ảnh 11

Cần bao nhiêu nguyên tử nước mới kết thành băng? 13

Lần đầu tiên nhìn thấy sự ma sát spin ở một nguyên tử độc thân 15

Lần đầu tiên chụp ảnh trực tiếp các mức năng lượng Landau 17

Luật nhân quả lượng tử: A gây ra B gây ra A 18

Einstein vẫn đúng cho dù có vận tốc lớn hơn c 20

Giải cứu thành công con mèo của Schrodinger 21

Giải mã nghệ thuật xếp giấy Origami 22

Đếm số photon bằng tế bào mắt ếch 24

Graphene mang lại một bất ngờ lượng tử mới 26

Phát hiện hành trạng tô pô học ở giả tinh thể 28

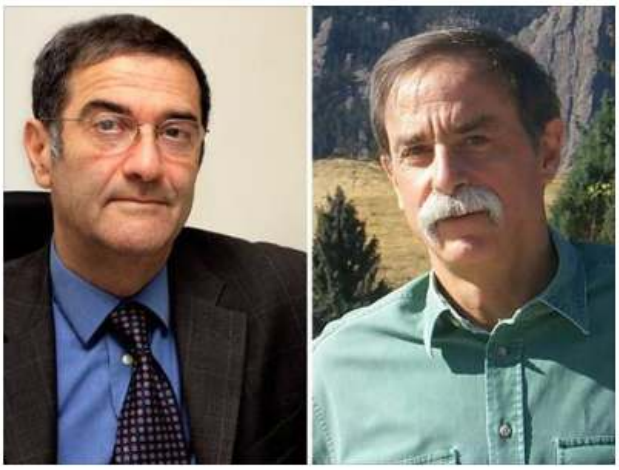
Ban biên tập

Trần Nghiêm

Trần Triệu Phú

Giải Nobel Vật lý 2012 cho sự nhìn trộm con mèo Schrödinger

Giải Nobel Vật lý năm nay đã thuộc về



Serge Haroche và **David J. Wineland**

"cho những phương pháp thực nghiệm mang tính đột phá cho phép đo và xử lí từng hệ lượng tử một"

Serge Haroche và David J. Wineland độc lập nhau đã phát minh và phát triển những phương pháp mang tính đột phá để đo và xử lí từng hạt một trong khi vẫn giữ nguyên bản chất cơ lượng tử của chúng, theo những cách mà trước đó người ta nghĩ là không thể nào thu được.

Haroche và Wineland đã mở ra một kỉ nguyên thực nghiệm mới cho ngành vật lí lượng tử với việc chứng minh sự quan sát trực tiếp từng hệ lượng tử mà không phá hỏng chúng. Qua những phương pháp thí nghiệm khéo léo của họ, họ đã làm chủ việc đo và điều khiển những trạng thái lượng tử rất mong manh, cho phép lĩnh vực nghiên cứu của họ tiến những bước rất mới hướng đến chế tạo ra một loại máy vi tính mới siêu

Serge Haroche, công dân Pháp. Sinh năm 1944 ở Casablanca, Morocco. Lấy bằng tiến sĩ vào năm 1971 từ trường Đại học Pierre & Marie Curie, Paris, Pháp. Giáo sư tại trường Collège de France và Ecole Normale Supérieure, Paris, Pháp.

David J. Wineland, công dân Mĩ. Sinh năm 1944 ở Milwaukee, Wisconsin, Mĩ. Lấy bằng tiến sĩ vào năm 1970 từ trường Đại học Harvard, Cambridge, Massachusettsm, Mĩ. Trưởng nhóm nghiên cứu tại Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ quốc gia Mĩ (NIST) và Đại học Colorado Boulder, Colorado, Mĩ.

nhanh, hoạt động dựa trên vật lí lượng tử. Những phương pháp này còn đưa đến việc chế tạo những đồng hồ cực kì chính xác có thể trở thành cơ sở trong tương lai của một chuẩn thời gian mới, với độ chính xác gấp 100 bậc độ lớn so với đồng hồ caesium ngày nay.

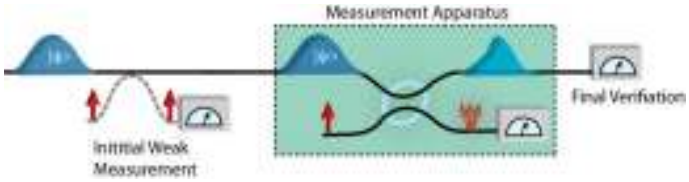
***Hình 1**. Giải Nobel trao cho sự điều khiển hạt lượng tử. Những người thắng giải đã làm chủ được từng hạt bị bẫy, buộc chúng tuân theo các quy luật của cơ học lượng tử.*

Với mỗi hạt ánh sáng hay hạt vật chất, các định luật vật lí cổ điển không còn áp dụng được và vật lí lượng tử chiếm ưu thế. Nhưng mỗi hạt không dễ gì tách ra khỏi môi trường xung quanh của chúng và hễ khi chúng tương tác với thế giới bên ngoài chúng sẽ mất đi những tính chất cơ lượng tử bí ẩn của chúng. Như vậy, nhiều hiện tượng có vẻ kì lạ mà cơ học lượng tử dự đoán không thể nào được quan sát trực tiếp, và các nhà nghiên cứu chỉ có thể tiến hành những "thí nghiệm tưởng tượng" trên nguyên tắc có thể biểu hiện những hiện tượng kì lạ này.

Cả hai người đoạt giải Nobel Vật lí năm nay đều làm việc trong ngành quang học lượng tử chuyên nghiên cứu sự tương tác cơ bản giữa ánh sáng và vật chất, một lĩnh vực đã chứng kiến sự tiến bộ to lớn kể từ giữa thập niên 1980. Các phương pháp của họ có nhiều điểm chung. David Wineland bẫy điện các nguyên tử tích điện, hay ion, điều khiển và đo chúng bằng ánh sáng, hay photon. Serge Haroche thì tiếp cận theo hướng ngược lại: ông điều khiển và đo các photon, hay hạt ánh sáng, bị bẫy bằng cách gửi các nguyên tử qua một cái bẫy.

Nguyên lí bất định lại bị nghi ngờ

Nguyên lí bất định Heisenberg, do nhà vật lí lí thuyết Werner Heisenberg thiết lập vào năm 1927, là một trong những cột trụ của cơ học lượng tử. Ở dạng thức quen thuộc nhất của nó, nó phát biểu rằng không thể đo bất cứ cái gì mà không gây nhiễu đối với nó. Chẳng hạn, mọi nỗ lực đo vị trí của một hạt phải làm thay đổi ngẫu nhiên tốc độ của nó.



Đây là phương pháp chung để đo độ chính xác và độ nhiễu loạn của bất kì một hệ nào. Hệ được đo yếu trước thiết bị đo rồi sau đó đo mạnh. Ảnh: Lee Rozema, Đại học Toronto

Nguyên lí bất định đã hành hạ các nhà vật lí lượng tử trong gần một thế kỉ, mãi cho đến thời gian gần đây, khi các nhà nghiên cứu tại trường Đại học Toronto chứng minh khả năng đo trực tiếp sự nhiễu loạn đó và xác nhận rằng Heisenberg đã quá bi quan.

"Chúng tôi đã thiết kế ra một thiết bị để đo một tính chất – sự phân cực – của một photon độc thân. Khi đó chúng tôi cần đo thiết bị đã làm nhiễu photon đó hết bao nhiêu," phát biểu của Lee Rozema, một nghiên cứu sinh tiến sĩ trong nhóm nghiên cứu quang học lượng tử của giáo sư Aephraim Steinberg tại trường Đại học Toronto, và là tác giả đứng tên đầu của một nghiên cứu công bố trong số ra tuần này của tạp chí *Physical Review Letters*.

"Để làm như vậy, chúng tôi cần đo photon đó trước thiết bị nhưng phép đo đó cũng sẽ làm nhiễu photon," Rozema nói.

Nhằm khắc phục trở ngại này, Rozema và các đồng sự của ông đã sử dụng một kĩ thuật gọi là phép đo yếu trong đó tác dụng của một dụng cụ đo là đủ yếu để có sự tác động không thể nhận thấy lên cái đang được đo. Trước khi mỗi photon được đưa vào thiết bị đo, các nhà nghiên cứu đo *yếu* nó và sau đó đo nó một lần nữa rồi so sánh các kết quả. Họ tìm thấy rằng sự nhiễu loạn gây ra bởi phép đo là nhỏ hơn cái do mối liên hệ chính xác-nhiễu loạn mà nguyên lí Heisenberg đòi hỏi.

"Mỗi lần đo chỉ cho chúng tôi biết chút xíu thông tin về sự nhiễu loạn đó, nhưng bằng cách lặp lại thí nghiệm nhiều lần chúng tôi đã có thể có một ý tưởng rất tốt rằng photon đó đã bị nhiễu bao nhiêu," Rozema nói.

Các kết quả trên xây dựng trên những thách thức gần đây với nguyên lí bất định Heisenberg bởi các nhà vật lí trên khắp thế giới. Nhà vật lí Masanao Ozawa tại trường Đại học Nagoya đã đề xuất hồi năm 2003 rằng nguyên lí bất định Heisenberg không áp dụng cho sự đo lường, mà chỉ đề xuất một cách gián tiếp xác nhận những tiên đoán của ông. Một sự xác thực thuộc loại do ông đề xuất đã được thực hiện hồi năm ngoái bởi nhóm của Yuji Hasegawa tại trường Đại học Công nghệ Vienna. Vào năm 2010, các nhà khoa học Austin Lund và Howard Wiseman tại trường Đại học Griffith đã chứng minh rằng có thể dùng các phép đo yếu để đặc trưng cho quá trình đo một hệ lượng tử. Tuy nhiên, vẫn còn có những trở ngại nhất định vì quan điểm của họ đòi hỏi một máy vi tính lượng tử nhỏ, thiết bị vốn khó chế tạo.

"Trước đây, chúng tôi đã nghiên cứu thực nghiệm cả việc triển khai những phép đo yếu, và sử dụng một kĩ thuật gọi là 'điện toán lượng tử trạng thái đám' để đơn hóa việc chế tạo các máy tính lượng tử. Sự kết hợp hai quan điểm đưa đến sự nhận thức rằng có một cách triển khai các ý tưởng của Lund và Wiseman trong phòng thí nghiệm," Rozema nói.

Người ta thường cho rằng nguyên lí bất định Heisenberg áp dụng một sự bất định nội tại mà một hệ lượng tử phải có, cũng như các phép đo. Những kết quả này cho thấy điều này là không đúng và chứng minh rằng người ta có thể thu được độ chính xác với các kĩ thuật đo yếu.

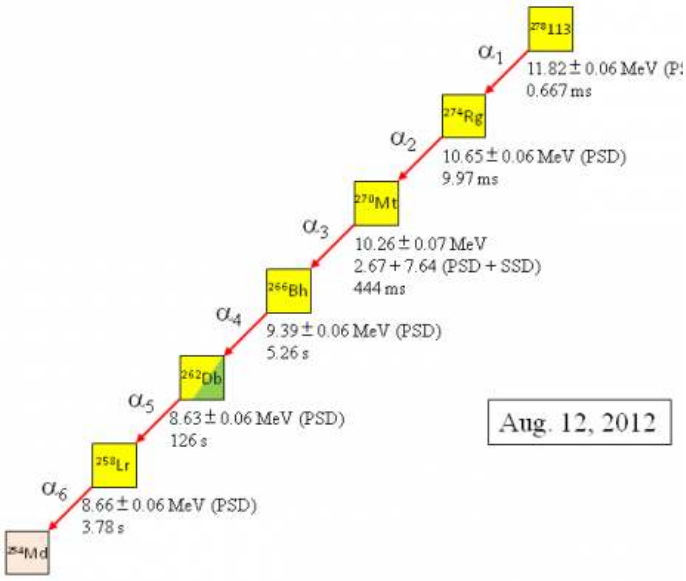
"Các kết quả trên buộc chúng tôi phải điều chỉnh quan điểm của mình rằng chính xác thì cơ học lượng tử đặt ra những giới hạn gì lên phép đo," Rozema nói. "Những giới hạn này là quan trọng đối với cơ học lượng tử căn bản và cũng là trọng tâm trong việc phát triển công nghệ 'mật mã học lượng tử', cái hoạt động dựa trên nguyên lí bất định để đảm bảo bất kì tên nghe trộm nào cũng sẽ bị phát hiện ra do sự nhiễu gây ra bởi phép đo của cô ta."

"Thế giới lượng tử vẫn tràn đầy sự bất định, nhưng ít ra thì những nỗ lực của chúng ta nhìn vào nó không phải gây thêm bất định nhiều như chúng ta thường nghĩ!"

Tham khảo:
prl.aps.org/abstract/PRL/v109/i10/e100404

Kết luận cuối cùng cho nguyên tố 113

Các nhà khoa học tại Trung tâm Khoa học Máy gia tốc RIKEN Nishina (RNC) đã thu được dữ liệu rõ ràng nhất từ trước đến nay cho nguyên tố 113 vốn hay lảng tránh các nhà khoa học. Một chuỗi gồm sáu phân rã alpha liên tiếp, tạo ra trong các thí nghiệm tại Xưởng Chùm Đồng vị Phóng xạ RIKEN (RIBF), đã nhận dạng thuyết phục nguyên tố 113 qua các liên hệ với những hạt nhân con cháu đã biết. Kết quả công bố trên tạp chí *Journal of Physical Society of Japan* cho thấy đã đến lúc để nước Nhật đặt tên cho nguyên tố mới.



Chuỗi phân rã của nguyên tố mới 113

Cuộc tìm kiếm các nguyên tố siêu nặng là một quá trình khó khăn và đầy gian khổ. Những nguyên tố đó không xuất hiện trong tự nhiên và phải được tạo ra trong những thí nghiệm sử dụng lò phản ứng hạt nhân hay máy gia tốc hạt, qua các quá trình nhiệt hạch hoặc hấp thụ neutron. Kể từ khi nguyên tố đầu tiên như thế được phát hiện vào năm 1940, các nước Mĩ, Nga và Đức đã cạnh tranh nhau tạo ra thêm nhiều nguyên tố khác. Các nguyên tố từ 93 đến 103 đã được người Mĩ phát hiện ra, nguyên tố 104 đến 106 là thành tựu của người Nga và người Mĩ, các nguyên tố 107 đến 112 thuộc về người Đức, và hai nguyên tố mới được đặt tên gần đây nhất, 114 và 116, là sản phẩm hợp tác của người Nga và người Mĩ.

Với những kết quả mới nhất của họ, nhà khoa học Kosuke Morita và đội của ông tại RNC đã biến nước Nhật thành nước châu Á đầu tiên đặt tên cho một nguyên tố mới. Trong nhiều năm qua,

đội của Morita đã tiến hành các thí nghiệm tại Cơ sở Máy gia tốc Thắng RIKEN ở Wako, gần Tokyo, tìm kiếm nguyên tố 113. Vào ngày 12 tháng 8 vừa qua, những nỗ lực của họ đã đơm hoa kết trái: các ion kẽm chuyển động với tốc độ bằng 10% tốc độ ánh sáng va chạm với một lớp bismuth mỏng tạo ra một ion rất nặng, theo sau đó là một chuỗi gồm sáu phân rã alpha liên tiếp được nhận dạng là sản phẩm của một đồng vị của nguyên tố 113.

Đội của Morita cũng đã phát hiện ra nguyên tố 113 trong các thí nghiệm hồi năm 2004 và 2005, nhưng những kết quả trước đây chỉ nhận ra bốn sự kiện phân rã theo sau là sự phân hạch tự phát của dubnium-262 (nguyên tố 105). Ngoài sự phân hạch tự phát, đồng vị dubnium-262 được biết còn phân hủy qua sự phân rã alpha, nhưng phân rã này đã không được quan sát, cho nên kết quả của họ chưa đủ sức thuyết phục vì những sản phẩm cuối cùng là những hạt nhân lúc ấy chưa biết. Tuy nhiên, chuỗi phân rã phát hiện ra trong các thí nghiệm mới nhất, tuân theo lộ trình phân rã alpha xen kẽ, với số liệu cho thấy dubnium phân hủy thành lawrencium-258 (nguyên tố 103) và cuối cùng là thành mendelevium-254 (nguyên tố 101). Sự phân rã của dubnium-262 thành lawrencium-258 là đã biết và nó mang lại bằng chứng rõ ràng rằng nguyên tố 113 là cội nguồn của chuỗi phân rã đó.

"Trong hơn 9 năm qua, chúng tôi đã tìm kiếm dữ liệu nhận dạng một cách thuyết phục nguyên tố 113, và nay cuối cùng chúng tôi đã có nó, cảm giác cứ như là một gánh nặng lớn vừa trút khỏi vai vậy," Morita nói. "Tôi muốn cảm ơn tất cả các nhà nghiên cứu và nhân viên đã tham gia vào kết quả trọng yếu này, những người đã luôn vững niềm tin rằng một ngày nào đó nguyên tố 113 sẽ là của chúng tôi. Thách thức tiếp theo của chúng tôi sẽ làm khai phá vùng đất còn hoang sơ của nguyên tố 119 và xa hơn nữa."

Tham khảo: DOI: 10.1143/JPSJ.81.103201

Tính được chính xác moment từ electron

Một electron, cũng như những hạt dưới nguyên tử khác có mang điện, thật ra là một nam châm nhỏ xíu – nó xoay tròn giống như một con quay, mang lại cho nó một moment từ riêng.

Chính sự biến thiên tinh vi ở moment từ này gây ra bởi sự phát xạ và hấp thụ lại các photon, một hiện tượng lượng tử gọi là moment từ dị thường, là cái mà giáo sư Toichiro "Tom" Kinoshita đã nghiên cứu trong suốt quãng đời sự nghiệp của mình.

Trong hai bài báo sắp đăng trên tạp chí *Physical Review Letters*, Kinoshita và các đồng sự đã tính được giá trị moment từ dị thường của electron và muon đến mức độ chính xác nhất được biết đối với vật lí học.

Hai bài báo đó giải thích làm thế nào các nhà nghiên cứu định giá moment từ dị thường của electron và muon đến lũy thừa năm của hằng số cấu trúc tinh tế. Đây là giá trị cơ bản cố định của một tương tác điện từ.

Đó là một phép tính chính xác chưa có tiền lệ bao gồm hơn 12.000 giản đồ Feynman phức tạp, chúng mô tả trực quan cách electron và photon tương tác. Các nhà nghiên cứu đã có thể thu được phép tính này sau hơn 10 năm làm việc với các siêu máy tính tại trung tâm RIKEN ở Nhật. Các phép tính cho phép các nhà nghiên cứu xác định giá trị moment từ dị

thường đến độ chính xác 1 phần 1,5 tỉ.

Các hạt sơ cấp và các lực cơ bản được mô tả rất tốt bởi Mô hình Chuẩn, nhưng theo Kinoshita có một số dấu hiệu vẫn có nền vật lí mới để mà khám phá – một nguyên lí thúc đẩy nghiên cứu của ông.

"Nếu bạn thúc lí thuyết và thực nghiệm đủ mạnh, bạn có thể đạt tới chỗ lí thuyết và thực nghiệm rõ ràng không hợp nhau," ông nói. "Và điều đó có nghĩa là có một nền vật lí mới nào đó vừa vặn nhìn thấy ở bên ngoài đường chân trời ở xa."

Giao thoa từng nguyên tử một

Các nhà vật lí ở Mĩ cho biết họ là những người đầu tiên quan sát trực tiếp sự giao thoa nguyên tử độc thân trên những khoảng cách lớn hơn nhiều so với độ dài kết hợp của nguyên tử đó. Thí nghiệm sử dụng nhíp quang học và một chuỗi xung laser để "tống" nguyên tử đó theo hai quỹ đạo khác nhau gặp nhau sau khoảng 1 ms. Đội khoa học cho biết nếu độ chính xác của thí nghiệm có thể cải thiện, thì nó có thể cung cấp thông tin mới về sự tồn tại có thể có của lực hấp dẫn phi Newton ở những khoảng cách micron. Các nhà nghiên cứu cho biết kĩ thuật trên còn có thể dùng để nghiên cứu lực nhỏ xíu phát sinh giữa một nguyên tử và một bề mặt dẫn, đặt tên là "hiệu ứng Casimir-Polder".

Trong thế giới kì lạ của cơ học lượng tử, một nguyên tử có thể tồn tại trong sự chồng chất của hai hoặc nhiều quỹ đạo cho đến khi có một phép đo vị trí hoặc xung lượng của nó được thực hiện. Tính chất này có thể được khai thác trong một giao thoa kế sóng vật chất, nhờ đó – mặc dù nghe có vẻ lạ lẫm – một nguyên tử độc thân có thể đồng thời đi theo hai quỹ đạo khác nhau đến một máy dò. Các lực tác dụng lên nguyên tử đó sẽ gây ra một sự lệch pha tương đối giữa hai quỹ đạo, mang lại một sự lệch trong hệ vân giao thoa tạo ra nơi hai quỹ đạo đó gặp nhau.

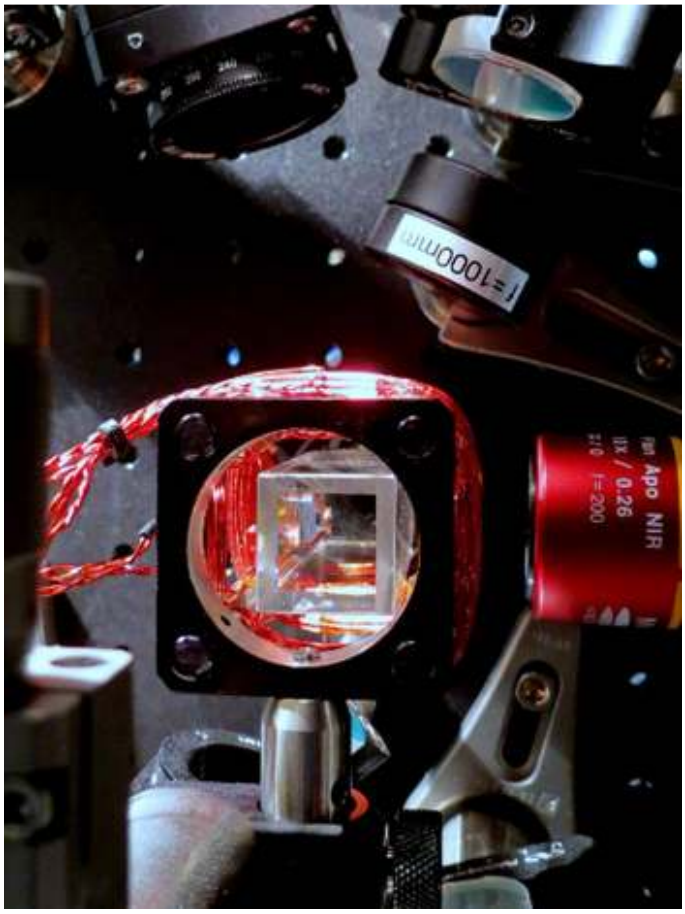
Những thí nghiệm như thế đã được tiến hành trước đây, sử dụng những tập hợp lớn nguyên tử, tạo ra những xung nguyên tử chuyển động theo từng quỹ đạo. Khi đó các nguyên tử tạo ra một hệ vân giao thoa tại máy dò, nó có thể được đo và sử dụng để suy luận ra hằng số hấp dẫn hoặc tìm kiếm những sai lệch khỏi lí thuyết hấp dẫn Newton. Tuy nhiên, cho đến nay, người ta chưa có thể thực hiện sự giao thoa sóng vật chất bằng cách gửi những nguyên tử độc thân qua thiết bị vì đa số thí nghiệm giao thoa kế dạng xung hoạt động dựa trên số lượng nguyên tử đưa vào cao để tăng tín hiệu tại máy dò và do đó thiếu sự kiểm soát tiên quyết ở cấp độ nguyên tử độc thân.

Điều khiển các nguyên tử độc thân

Kĩ thuật sóng vật chất nguyên tử độc thân mới do L Paul Parazzoli, Aaron Hankin và Grant Biedermann phát triển tại Phòng thí nghiệm quốc gia Sandia ở New Mexico. Kĩ thuật của họ khác với những thí nghiệm trước đây ở chỗ mỗi nguyên tử bắt đầu và kết thúc hành trình của nó trong những cái nhíp quang học – ánh sáng laser tập trung vào một vùng nhỏ trong đó nguyên tử bị giam giữ.

Các nhà nghiên cứu Sandi đã sử dụng một đám mây gồm những nguyên tử caesium cực lạnh bị bẫy và làm lạnh tới 4,2 μK sử dụng kết hợp cả ánh sáng laser và từ trường. Sau đó họ tạo ra

những cái nhíp quang trong chất khí đó có thể giam giữ đúng một nguyên tử, trước khi chiếu một xung laser vào nguyên tử đó để đưa vào một trạng thái lượng tử nhất định. Sau đó các nhíp quang học được tắt đi, để cho nguyên tử đó rơi tự do.



Ảnh chụp thiết bị dùng trong thí nghiệm của đội Sandia. Có thể nhìn thấy ở chính giữa ảnh là một tế bào thạch anh với một thấu kính nhỏ. Đây là thấu kính dùng để tạo ra nhíp quang. (Ảnh: L Paul Parazzoli)

Bị đá lên đá xuống

Sau đó nguyên tử chịu một chuỗi xung ánh sáng cách nhau 500 μs. Xung thứ nhất đưa nguyên tử vào một sự chồng chất của hai trạng thái – một trạng thái nhận một cú hích photon hướng lên làm cho nó bay lên, và một trạng thái đang rơi vì nó không nhận cú hích nào. Sau đó xung thứ hai hoặc đập nguyên tử đang bay lên rớt trở xuống hoặc đá nguyên tử đang rơi xuống bay trở lên – kết quả là hai quỹ đạo sẽ hợp nhất tại thời điểm 500 μs sau đó khi một xung laser thứ ba làm cho đường đi của chúng chồng lên nhau. Khi các trạng thái hợp nhất, nhíp quang được bật trở lại và trạng thái lượng tử của nguyên tử đó được đo lại.

Toàn bộ quá trình sau đó được lặp lại hàng trăm lần để xác định độ lệch pha giữa hai quỹ đạo và từ đó xác định lực hấp dẫn tác dụng lên nguyên tử ở mức 3×10^{-27} N.

Parazzoli, Hankin và Biedermann đã có thể nhìn thấy một hệ vân giao thoa rõ ràng hiện ra khi pha tương đối của các laser xung được điều chỉnh, dấu hiệu của hiện tượng tự giao thoa của các nguyên tử độc thân. Trong thí nghiệm của họ, khoảng cách giữa hai trạng thái nguyên tử lớn cỡ 3,5 μm, lớn gấp 200 lần độ dài kết hợp của các nguyên tử được sử dụng. Như vậy, đội nghiên cứu khẳng định thí nghiệm của họ là minh chứng đầu tiên của sự giao thoa nguyên tử độc thân trong "không gian tự do" – với không gian tự do ám chỉ thực tế nguyên tử đó không bị ràng buộc, cho phép các trạng thái của nó phân tách trong không gian.

"Thật sự đẹp"

Paul Hamilton thuộc trường Đại học California, Berkeley, người không có liên quan trong nghiên cứu trên, gọi thí nghiệm của các nhà nghiên cứu Sandia là "một minh chứng giáo khoa thật sự đẹp của sự giao thoa nguyên tử độc thân".

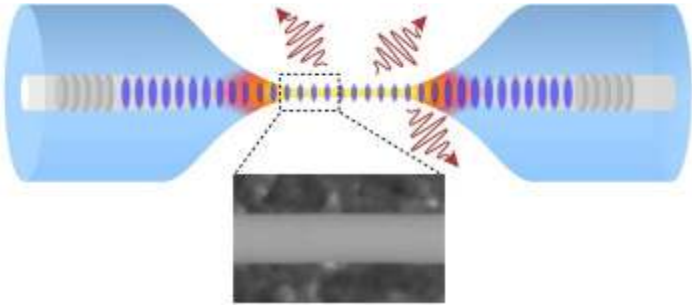
Vì kĩ thuật trên sử dụng mỗi lúc một nguyên tử, nên đội Sandia tin rằng nó có thể được sử dụng để thực hiện những phép đo cực kì định xứ của những lực ở rất gần các bề mặt, ví dụ như lực Casimir–Polder xảy ra giữa một nguyên tử và một bề mặt dẫn. Giống như lực Casimir quen

thuộc, lực này phát sinh từ năng lượng điểm không của chân không và có những gợi ý cho sự thiết kế và hoạt động của những máy cơ cỡ micron và nanomet.

Đội khoa học còn khẳng định nếu độ nhạy của thiết bị có thể cải thiện thêm hai bậc độ lớn, thì có thể sử dụng nó để lập ra những ràng buộc mới lên các lí thuyết hấp dẫn phi Newton luận ở cấp độ chiều dài micron. Thật vậy, nếu lực hấp dẫn được tìm thấy không tuân theo lực Newton ở những khoảng cách nhỏ xíu như vậy, thì nó có thể cung cấp những manh mối quan trọng về cách thống nhất lí thuyết hấp dẫn với Mô hình Chuẩn của ngành vật lí hạt. "Loại phép đo giao thoa này đã thể hiện độ chính xác tuyệt đối trong những trường hợp khác, đó là một đặc tính sẽ rất hữu ích cho việc phát hiện những sai lệch khỏi định luật nghịch đảo bình phương ở thang chiều dài micron," Parazzoli nói.

Tham khảo: http://arxiv.org/pdf/1208.4868v1.pdf

Định luật bức xạ Planck bị vi phạm ở cấp nano



Phía trên là bố trí thí nghiệm đo tốc độ nóng lên và nguội đi của một sợi quang dày 500 nm. Bên dưới là ảnh chụp hiển vi điện tử của sợi quang đó. (Ảnh: Christian Wuttke)

Trong một thí nghiệm mới, một sợi quang silic với đường kính chỉ 500 nm tỏ ra không tuân theo định luật bức xạ Planck. Thay vậy, theo các nhà vật lí người Áo tiến hành thí nghiệm trên, sợi quang đó nóng lên và nguội đi theo một lí thuyết khái quát hơn xem bức xạ nhiệt là một hiện tượng cơ bản toàn vẹn. Nghiên cứu trên có thể đưa đến những bóng đèn nóng sáng hiệu quả hơn và có thể cải thiện kiến thức của chúng ta về sự biến đổi khí hậu của Trái đất.

Là một cột trụ của nhiệt động lực học, định luật Planck mô tả mật độ năng lượng ở những bước sóng khác nhau của bức xạ điện từ phát ra bởi một "vật đen" biến thiên như thế nào theo nhiệt độ của vật. Nó được thiết lập bởi nhà vật lí người Đức Max Planck vào đầu thế kỉ 20 sử dụng khái niệm lượng hóa năng lượng làm tiền đề và là cơ sở cho cơ học lượng tử. Trong khi một vật đen là một vật lí tưởng hóa, hấp thụ và phát xạ hoàn hảo, nhưng định luật Planck thật sự mang lại những tiên đoán rất chính xác cho phổ bức xạ của những vật thực tế một khi những tính chất bề mặt của những vật đó, ví dụ như màu sắc và độ gồ ghề, được xét đến.

Tuy nhiên, các nhà vật lí đã biết trong nhiều thập niên qua rằng định luật Planck không áp dụng được cho những vật có kích cỡ nhỏ hơn bước sóng của bức xạ nhiệt. Planck đã giả định rằng toàn bộ bức xạ đi tới một vật đen sẽ bị hấp thụ tại bề mặt của vật đó, gợi ý rằng bề mặt đó cũng là một vật phát hoàn hảo. Nhưng nếu vật đó không đủ dày, thì bức xạ tới có thể rò rỉ sang phía bên kia của vật thay vì bị hấp thụ, thành ra làm giảm sự phát xạ của nó.

Những dị thường phổ đã được phát hiện trước đây

Những nhóm nghiên cứu khác trước đây đã chứng minh rằng những vật nhỏ xíu không hành xử như Planck tiên đoán. Ví dụ, hồi năm 2009 Chris Regan và các đồng sự tại trường Đại học California, Los Angeles, báo cáo rằng họ đã tìm thấy những dị thường trong phổ bức xạ phát ra bởi một ống nano carbon chỉ rộng 100 nguyên tử.

Trong nghiên cứu mới nhất này, Christian Wuttke và Arno Rauschenbeutel thuộc trường Đại học Công nghệ Vienna thu được một kết quả còn tốt hơn với việc chứng minh thực nghiệm rằng phổ phát xạ của một vật nhỏ xíu khớp với dự đoán của một lí thuyết khác.

Để tạo ra sợi quang dày 500 nm dùng trong thí nghiệm của mình, Wuttke và Rauschenbeutel đã làm nóng và kéo một sợi quang thường. Sau đó họ làm nóng đoạn cực mỏng đó, nó dài vài mm, bằng cách chiếu một chùm laser qua nó và sử dụng một laser khác để đo tốc độ nóng lên và sự nguội đi sau đó. Bị phản xạ giữa hai cái gương tích hợp vào trong sợi quang cách nhau một khoảng cách cố định, chùm laser thứ hai này chạy trong chu trình cộng hưởng khi nhiệt độ biến thiên là thay đổi chiết suất của sợi quang và do đó làm thay đổi bước sóng của bức xạ đi qua nó.

Điện động lực học thăng giáng

Bằng cách đo thời gian giữa các cộng hưởng, các nhà nghiên cứu tìm thấy sợi quang đó nóng lên và nguội đi chậm hơn nhiều so với dự đoán bởi định luật Stefan–Boltzmann. Định luật này là một hệ quả của định luật Planck và xác định công suất toàn phần phát ra bởi một vật có liên quan như thế nào với nhiệt độ của nó. Thay vậy, họ tìm thấy tốc độ quan sát được rất khớp với dự đoán của một lí thuyết gọi là điện động lực học thăng giáng, lí thuyết không những xét các tính chất bề mặt của vật, mà còn xét kích cỡ và hình dạng của nó, cộng với độ dài hấp thụ đặc trưng của nó. "Chúng tôi là nhóm đầu tiên đo được công suất bức xạ toàn phần và chứng minh định lượng rằng nó phù hợp với các dự đoán trên mô hình," Wuttke nói.

Theo Wuttke, nghiên cứu mới trên có thể có những ứng dụng thực tiễn. Chẳng hạn, theo ông, nó có thể đưa đến sự tăng hiệu suất của các bóng đèn nóng sáng truyền thống. Những dụng cụ như vậy phát ra ánh sáng vì chúng nóng lên đến điểm mà cực đại của phổ phát xạ của chúng nằm gần những bước sóng nhìn thấy, nhưng chúng tiêu hao rất nhiều năng lượng vì phần lớn công suất của chúng vẫn phát ra ở những bước sóng hồng ngoại. So sánh một sợi tóc bóng đèn dày 500 nm với một anten rất ngắn, Wuttke giải thích rằng nó sẽ không đủ dày để phát hiệu quả bức xạ hồng ngoại, bức xạ có bước sóng khoảng trên 700 nm, vì thế làm giảm sự phát xạ ở những bước sóng này và tăng sự phát xạ ở những bước sóng khả kiến ngắn hơn. Tuy nhiên, ông trình bày rằng trong khi sợi thủy tinh là lí tưởng trong phòng thí nghiệm, nhưng nó sẽ là một ứng cử viên tồi cho ứng dụng hàng ngày, vì nó là một chất cách điện và nó trong suốt với ánh sáng nhìn thấy. "Cần có nhiều nghiên cứu để tìm ra một chất liệu dẫn điện và dễ dàng nóng lên, trong khi có khả năng chế tạo đủ nhỏ và với số lượng lớn," ông nói.

Các ứng dụng khí quyển

Nghiên cứu trên còn giúp chúng ta hiểu rõ hơn những hạt nhỏ trong khí quyển, ví dụ như những hạt tạo ra bởi sự xói mòn đất, sự cháy hay núi lửa phun, có đóng góp như thế nào đối với sự biến đổi khí hậu. Những hạt như vậy có thể làm nguội Trái đất, bằng cách phản xạ bước sóng mặt trời đến, hoặc là ấm Trái đất, bằng cách hấp thụ bức xạ nhiệt từ hành tinh chúng ta, giống như các chất

khí nhà kính vậy. Theo Wuttke, "Cái đẹp của điện động lực học thăng giáng là chỉ cần biết hình dạng và đặc trưng hấp thụ của chất liệu là bạn có thể tính toán từ những nguyên lí cơ bản mức hiệu suất và nó đang hấp thụ và phát ra bức xạ nhiệt ở những bước sóng nào". Nhưng ở đây cần có thêm nỗ lực để áp dụng nghiên cứu trên cho các điều kiện khí quyển thực tế.

Tuy nhiên, có một thứ mà Wuttke và Rauschenbeutel đảm bảo là nghiên cứu của họ không làm suy yếu cơ học lượng tử. Theo Rauschenbeutel, lí thuyết Planck bị hạn chế bởi giả thuyết rằng sự phát xạ và hấp thụ là những hiện tượng bề mặt thuần túy và bỏ qua những hiện tượng sóng. Mặt khác, nguyên lí lượng tử hóa năng lượng của ông vẫn có giá trị. "Lí thuyết mà chúng tôi kiểm tra sử dụng các thống kê lượng tử," ông nói, "nên nó không mâu thuẫn với cơ học lượng tử."

Tham khảo: http://arxiv.org/abs/1209.0536

Thấu kính phẳng đầu tiên hội tụ ánh sáng mà không méo ảnh

Các nhà vật lí ở Mĩ vừa chế tạo ra thấu kính phẳng cực mỏng đầu tiên. Nhờ tính phẳng của nó, dụng cụ loại trừ được quang sai xảy ra ở những thấu kính thông thường có mặt khúc xạ cầu. Nhờ vậy, sức hội tụ của thấu kính cũng đạt tới giới hạn vật lí tối hậu đặt ra bởi các định luật nhiễu xạ.

"Hãy tưởng tượng nếu bạn thay cái thấu kính trong điện thoại di động bằng một thấu kính phẳng và cực mỏng – khi đó bạn có thể biến chiếc điện thoại thông minh của mình xuống bề dày bằng một cái thẻ tín dụng," phát biểu của Federico Capasso thuộc Khoa Kĩ thuật và Ứng dụng Harvard, người đứng đầu nhóm nghiên cứu trên. "Đa số những dụng cụ quang có mặt trong những dụng cụ ngày nay đều khá cồng kềnh vì sự định hình chùm ánh sáng được thực hiện bằng cách thay đổi quang trình của những tia sáng tới, nó đòi hỏi sự biến thiên bề dày thấu kính. Ở thấu kính của chúng tôi, toàn bộ sự định hình chùm ánh sáng được thực hiện trên bề mặt phẳng chỉ dày 60 nm của nó."

Ở một thấu kính bình thường, tia sáng truyền qua vùng dày ở giữa mất nhiều thời gian hơn khi truyền qua vùng rìa mỏng do vận tốc pha của ánh sáng trong thủy tinh nhỏ hơn so với trong không khí. Sự phân bố trễ pha như thế này ở thấu kính dẫn tới sự khúc xạ ánh sáng và sự hội tụ.

Siêu mặt vi cấu trúc

Thấu kính phẳng cực mỏng mới khác ở chỗ nó là một "siêu mặt" vi cấu trúc gồm những thành phần định hình chùm tia mỏng gọi là anten quang học, chúng cách nhau những khoảng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng mà chúng hội tụ. Những anten này là những thành phần kim loại cỡ bước sóng gây ra một sự trễ pha nhỏ ở tia sáng tán xạ từ chúng ra. Siêu mặt đó có thể được điều chỉnh cho những bước sóng ánh sáng nhất định bằng cách dễ dàng thay đổi kích cỡ, góc và khoảng cách giữa các anten nano.

"Cái anten không gì hơn là một bộ cộng hưởng lưu trữ ánh sáng và sau đó giải phóng sau một sự trễ thời gian ngắn," Capasso nói. "Sự trễ này làm thay đổi hướng của ánh sáng theo kiểu giống như cái xảy ra ở một thấu kính thủy tinh dày."

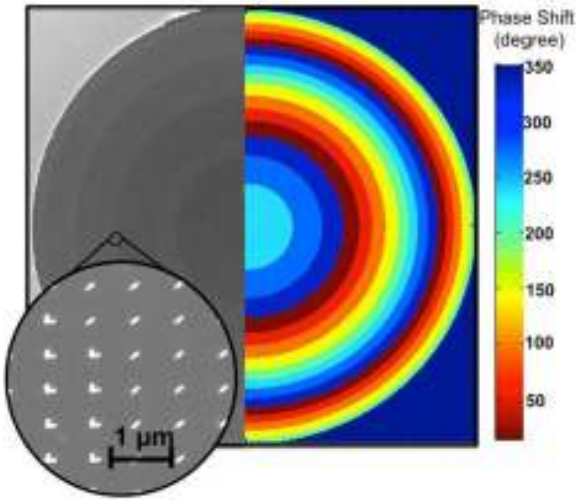
Bề mặt thấu kính được chạm trổ các anten có hình dạng và kích cỡ khác nhau định hướng theo những chiều khác nhau. Bố trí này gây ra sự trễ pha phân bố tỏa tròn xung quanh thấu kính nên tia sáng bị khúc xạ xa tâm hơn, gây ra hiệu ứng hội tụ ánh sáng tới đến một điểm chính xác.

Không có quang sai đơn sắc

Thấu kính mới không chịu những đặc điểm méo ảnh, gọi là quang sai đơn sắc, hiện tượng thường thấy ở những thấu kính có bề mặt cầu. "Quang sai cầu, coma và sắc sai bị loại trừ hết và ta thu được một tiêu điểm chính xác, bị giới hạn nhiễu xạ đã biết rõ. Điều này vẫn đúng khi tia sáng đi tới thấu kính cách xa tâm hay với góc tới lớn, nên không cần đến những kĩ thuật hiệu chỉnh phức tạp."

Đội Harvard chế tạo thấu kính của họ bằng cách trước tiên là cho lắng một lớp vàng mỏng cỡ nanomet. Sau đó các nhà nghiên cứu tách một phần lớp vàng đó ra, để lại một ma trận những cấu trúc hình chữ V (các anten nano) cách đều nhau theo hàng trên mặt của một bánh xốp silicon.

Những ứng dụng dễ thấy nhất cho thấu kính trên là nhiếp ảnh và hiển vi học. "Ví dụ, những vật kính nhỏ với khẩu độ số rất lớn có thể đã được nghĩ tới, nhưng chúng tôi còn tưởng tượng đến những sợi quang có có bề mặt được chạm trổ cho những ứng dụng mới trong chụp ảnh và y khoa, và nói chung cho bất cứ nơi nào người ta cần thay một thấu kính bình thường bằng một thấu kính phẳng," Capasso nói.



Ảnh chụp hiển vi của thấu kính phẳng (đường kính chừng 1 mm) cấu tạo từ silicon (trái). Bề mặt kính được tráng những vòng tròn đồng tâm gồm những anten nano quang bằng vàng (khung hình nhỏ), chúng gây ra những sự trễ khác nhau đối với ánh sáng truyền qua thấu kính. Các vòng màu (bên phải) thể hiện độ lớn và độ trễ pha tương ứng với mỗi vòng. (Ảnh: Francesco Aieta)

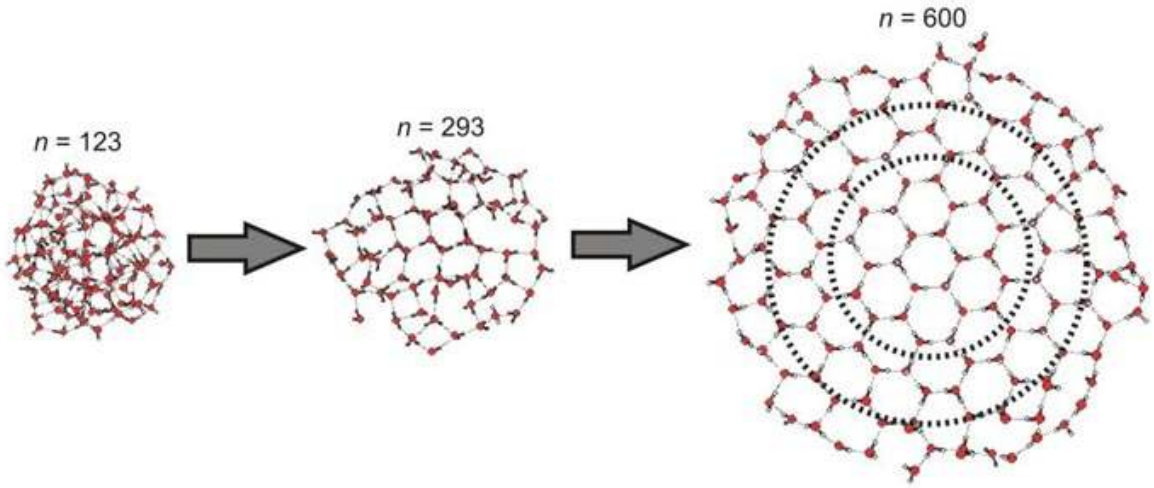
Hướng tới hội tụ dải rộng

Mặc dù thấu kính trên chỉ mới ở giai đoạn chứng minh trên nguyên lí, nhưng Capasso và các đồng sự đã nhận được vô số lời mời chào từ các nhà nhiếp ảnh và nhà thiên văn học trên khắp thế giới. Hiệu suất hội tụ ánh sáng của thấu kính trên hiện nay vẫn khá nhỏ nhưng, theo đội nghiên cứu, nó có thể dễ dàng tăng lên bằng cách tăng mật độ khắc các anten quang và bằng cách sử dụng những thiết kế thấu kính phẳng khác. "Cho đến nay, thấu kính trên chỉ hội tụ được những bước sóng ánh sáng nhất định nhưng bằng cách sắp xếp những phân bố anten khác nhau lên trên siêu mặt kính, thì nó có thể hội tụ dải rộng, "Capasso nói.

Các nhà nghiên cứu đã chế tạo thấu kính của họ bằng kĩ thuật in khắc chùm electron, đó không phải là kĩ thuật thực tiễn nhất vì nó tốn nhiều thời gian. "May thay, có nhiều kĩ thuật in litô đang xuất hiện có thể thích hợp cho việc sản xuất hàng

loạt, ví dụ như in khắc nano và in litô mềm, chúng có thể cực kì hữu dụng cho việc khắc thấu kính của chúng tôi trên những chất nền dẻo," Capasso nói. "Như vậy kĩ thuật này tự nó sẽ mở ra cả một vùng trời ứng dụng hấp dẫn."

Tham khảo:
http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl302516v



Hình minh họa cấu trúc phân tử của ba cụm nước thể hiện nhân kết tinh xuất hiện như thế nào khi những cụm nước tăng kích cỡ. Những tinh thể băng đầu tiên xuất hiện ở những cụm cỡ khoảng gồm 275 phân tử. (Ảnh: Victoria Buch, Cristoph Pradzynski và Udo Buck)

Cần bao nhiêu phân tử nước mới kết thành băng?

Cần bao nhiêu phân tử nước để tạo thành một cục băng nhỏ nhất? Khoảng chừng 275: đó là kết luận của các nhà nghiên cứu ở Đức và Cộng hòa Czech, họ đã phát triển kĩ thuật đầu tiên từng được sử dụng để khảo sát những cụm lớn gồm những phân tử nước. Kết quả của họ có thể giúp làm sáng tỏ sự hình thành của băng tuyết trên cao trong khí quyển.

Những cụm nước là những tập hợp gồm những phân tử nước được giữ lại với nhau bằng những liên kết hydrogen liên phân tử. Cho đến nay, đa số nghiên cứu tập trung vào những cụm nhỏ với 12 phân tử hoặc ít hơn và cấu trúc của những vật thể này mang lại cái na ná như cục băng. Trong vài năm qua, các nhà nghiên cứu ở Nhật Bản đã phát triển một kĩ thuật dựa trên nền quang phổ học để khảo sát những cụm nước chứa tới 50 phân tử. Tuy nhiên, sự phân tích cấu trúc chi tiết của những cụm gồm 100 – 1000 phân tử, nơi người ta nghĩ sự kết tinh sẽ xảy ra, vẫn nằm ngoài tầm với của những nghiên cứu này.

Khó khăn chính trong việc phân tích những cụm nước lớn là biết chính xác chúng có chứa bao nhiêu phân tử. Công việc này được thực hiện bằng cách đo phổ khối, tức là làm ion hóa các cụm bằng cách cho chúng chịu bức xạ năng lượng cao, bức xạ có thể làm cho những cụm mong mảnh vỡ ra từng mảnh. Ngoài ra, các nhà khoa học còn muốn nghiên cứu những cụm nước trung hòa thay vì tích điện vì những cụm này có mặt trong phần lớn những quá trình kết tinh băng trong tự nhiên.

Những cụm nước pha tạp

Nay các nhà nghiên cứu trong đó có Thomas Zeuchn tại Viện Physikalische Chemie ở Göttingen, Đức, vừa tìm ra một phương pháp phân tích những cụm nước trung hòa chứa hàng trăm phân tử. Thành công của họ nằm ở hai thủ thuật khéo léo. Thứ nhất, mỗi cụm nước được pha tạp một nguyên tử natri. Việc sử dụng kim loại hoạt tính cao này đồng nghĩa là những cụm nước pha tạp đó bị ion hóa dễ dàng hơn những cụm tinh khiết và đảm bảo rằng electron giải phóng ra từ nguyên tử natri chứ không phải từ cụm nước trung hòa.

Thứ hai, trước khi bị ion hóa, những cụm nước pha tạp được kích thích bằng bức xạ hồng ngoại. Bức xạ này làm tăng nhiệt độ của chúng, do đó làm thay đổi cấu trúc của chúng theo hướng làm giảm thế ion hóa của chúng. Sau đó những cụm nước có thể bị ion hóa với một laser tử ngoại 390 nm, nó có năng lượng đủ thấp để tránh sự phân mảnh do vỡ. Kích cỡ của những cụm nước ion hóa này được xác định bằng kĩ thuật phổ khối thời gian bay (TOF).

Sau đó, để khảo sát cấu trúc của chúng, phổ hồng ngoại của những cụm nước được mang ra tính toán. Bức xạ hồng ngoại với số sóng từ 2800 đến 3800 cm^{-1} được sử dụng, tương ứng với tần số dao động (giãn) của các liên kết oxygen-hydrogen. Phổ dao động này mang lại cái nhìn có chiều sâu về sự sắp xếp của các phân tử nước bên trong cụm. Chẳng hạn, các nhà nghiên cứu biết rằng băng kết tinh có sự hấp thụ tối đa ở những số sóng khoảng 3200 cm^{-1}, còn băng vô định hình và nước lỏng có sự hấp thụ tối đa ở số sóng xấp xỉ 3400 cm^{-1}.

Biến nước thành băng

Zeuch và các đồng sự đã thu được phổ hồng ngoại cho những cụm nước cỡ từ 85 đến 475 phân tử. Đúng như trông đợi, có một sự lệch cực đại phổ về phía số sóng thấp khi kích cỡ cụm tăng lên. Sự chuyển tiếp từ 3400 đến 3200 cm^{-1} bắt đầu tại khoảng 275 phân tử, với cục băng kết tinh đầu tiên xuất hiện ở chính giữa cụm, tạo thành một cái vòng gồm sáu phân tử nước liên kết hydrogen trong một cấu trúc tứ diện.

Khi kích cỡ cụm tăng lên thêm, nhân kết tinh dần dần lớn lên. Với 475 phân tử, phổ hồng ngoại bị át trội bởi cấu trúc băng: sự hình thành tinh thể băng gần như là hoàn toàn. Hành trạng này khớp với các tiên đoán lí thuyết do một nhóm nghiên cứu khác nêu ra hồi năm 2004.

"Chẳng có gì bất ngờ rằng nước kết tinh khi bạn mang một số lượng phân tử nước nhất định đến gần nhau," Zeuch nói. "Nhưng câu hỏi đặt ra là 'Cái này xảy ra ở đâu?' Nay chúng tôi vừa phát triển một kĩ thuật xác định rõ ngưỡng kích cỡ mà sự kết tinh xảy ra."

Tiến lên tầng bình lưu

Kĩ thuật mới này có thể giúp các nhà khoa học tìm hiểu các quá trình tạo mây trong khí quyển của Trái đất. "Có những vùng trong tầng bình lưu không có điểm tạo nhân nào cả nơi các tinh thể băng được hình thành trực tiếp từ các phân tử nước," Zeuch nói. "Cơ chế động lực học của quá trình này nay có thể được lập mô phỏng một cách chi tiết hơn."

"Đây thật sự là những kết quả hấp dẫn," phát biểu của Francesco Paesani, một nhà hóa học tại trường Đại học California, San Diego, người nghiên cứu những cụm phân tử nước. "Những hạt nước cỡ nanomet giữ một vai trò quan trọng trong khí quyển và có thể tìm thấy các tinh thể băng ở nhiều loại mây. Do đó, việc

tìm hiểu những cụm nước kết tinh như thế nào mang lại những kiến thức cơ bản về sự tạo mây và các tính chất, cái hóa ra có ảnh hưởng đến quỹ bức xạ và khí hậu của Trái đất."

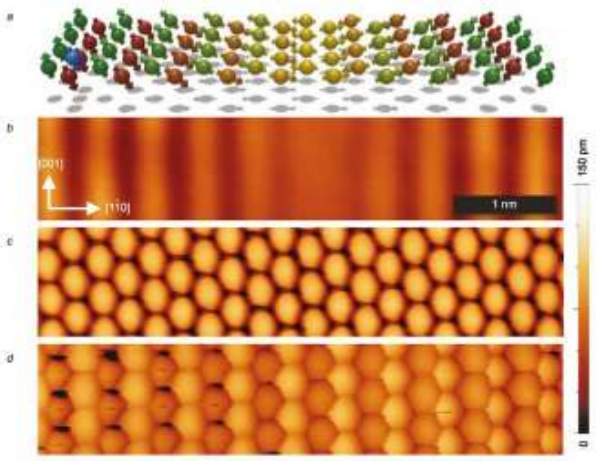
Zeuch cũng tin rằng nghiên cứu trên sẽ giúp các nhà khoa học lập mô phỏng tốt hơn sự tương tác giữa những cụm nước trong các mô phỏng động lực học phân tử. Việc biết chính xác những cụm nước này hành xử như thế nào trong toàn khối nước là một trong những mục tiêu chính của những mô hình này và là một trong những vấn đề lớn chưa được giải quyết trong hóa học.

Tham khảo:
http://www.sciencemag.org/content/337/6101/1529.abstract

Lần đầu tiên nhìn thấy sự ma sát spin ở một nguyên tử độc thân

Một đội nghiên cứu quốc tế cho biết lần đầu tiên họ đã đo được thành phần ma sát phụ thuộc spin của một nguyên tử độc thân khi nó trượt trên một bề mặt từ tính. Đội đã sử dụng kết hợp kính hiển vi quét chui hầm phân cực spin và kĩ thuật xử lí nguyên tử độc thân để đẩy từng nguyên tử từ tính trên một khuôn từ tính. So sánh các kết quả thực nghiệm và mô phỏng trên máy tính, các nhà nghiên cứu đã có thể kết luận thuyết phục rằng sự ma sát phụ thuộc spin có đóng góp căn bản cho lực ma sát tổng hợp mà một nguyên tử phải chịu. Các kết quả của họ mang lại một bước thiết yếu hướng đến phát triển một lí thuyết cơ bản của sự ma sát.

Mặc dù ma sát là một trong những lực gặp nhiều nhất trong vũ trụ, và là một trong những hiện tượng vật lí được biết sớm nhất, nhưng cơ sở phức tạp của sự ma sát và nguồn gốc của nó vẫn còn tránh né các nhà khoa học. Lĩnh vực nghiên cứu ma sát, hay "ma sát học", khảo sát các bề mặt tiếp xúc từ cấp vĩ mô đến cấp vi mô. Một vấn đề căn bản là chỉ ra và liên hệ một lực ma sát quan sát được giữa hai chất liệu tiếp xúc nhau với những tính chất vật lí, hóa học và cơ học của chất liệu gây ra ma sát. Nhưng yêu cầu này nói thì dễ hơn làm



(a) Spin của manganese sắt từ, với trạng thái spin xoắn. (b) Hình ảnh SP-STM cho thấy các spon đối song nhau. (c) Sự đối xứng của mạng nguyên tử khi nguyên tử cobalt trượt trên bề mặt. (d) Trạng thái spin từ tính, khi đầu nhọn bị phân cực spin và thành phần spin được nhìn thấy.

Quay tự do

Trong những năm qua, các nhà khoa học đã khảo sát hai yếu tố có đóng góp căn bản cho sự ma sát ở cấp vĩ mô – đó là mức độ tự do điện tử và các dao động mạng. "Vì thế, nếu hệ electron trong

nguyên tử giữ một vai trò thiết yếu như vậy trong sự ma sát, thì rõ ràng chúng ta cũng phải xét spin nữa, vì mỗi electron không chỉ có điện tích mà còn có spin," giải thích của Roland Wiesendanger thuộc trường Đại học Hamburg, Đức, một trong các tác giả của công trình mới công bố. Cùng với tác giả Boris Wolter và các đồng sự, ông đã nghiên cứu các hiện tượng phụ thuộc spin ở cấp nguyên tử trong hơn 25 năm qua và rất ít có hứng thú với sự ma sát spin. "Đây có khả năng là do rất khó tìm ra một hệ cho phép chúng ta nhận ra sự ma sát spin một cách dễ dàng," Wiesendanger nói. Nếu ta xét một chất sắt từ, ví dụ như sắt chẳng hạn, thì toàn bộ các moment từ hay spin đều hoàn toàn song song nhau, "cho nên hầu như không thể phân biệt giữa sự đóng góp phụ thuộc spin và sự đóng góp ma sát bình thường. Bạn phải thiết kế ra một hệ mô hình trong đó các tính chất điện tử khác với các tính chất từ," ông nói.

Đó chính là cái mà đội nghiên cứu đã làm – xét việc sử dụng một chất liệu phản sắt từ, trong đó các spin liền kề luôn luôn hướng theo chiều ngược nhau. Thật vậy, các nhà nghiên cứu đã tạo ra một chất liệu manganese-trên-chất-nền-tungsten có tính phản sắt từ ở cấp độ nhỏ nhưng thể hiện một trạng thái xoắn spin khoảng 170^{o} giữa những hàng liền kề trên cấp độ lớn hơn. Sau đó họ đã nghiên cứu sự ma sát của hệ này bằng cách sử dụng một kính hiển vi quét chui hầm phân cực spin (SP-STM) với một nguyên tử cobalt (Co) tại đầu nhọn trượt trên lớp manganese, với nguyên tử Co chuyển động từ nút mạng này sang nút mạng kế tiếp. Các spin ở lớp manganese phản sắt từ xen kẽ nhau, và sự canh thẳng hàng spin của nguyên tử Co với nguyên tử manganese gần nhất mang lại một hệ vân xen kẽ. Các vân sáng và tối cho biết các hàng nguyên tử với thành phần từ hóa song song và đối song so với sự từ hóa của đầu nhọn.

Đầu nhọn phân cực

Đầu nhọn SP-STM được sử dụng bởi vì nếu dùng một đầu nhọn kim loại bình thường để kéo lê nguyên tử Co trên bề mặt manganese, thì hình ảnh chỉ thể hiện sự đối xứng của mạng nguyên tử. Nhưng khi đội khoa học sử dụng một đầu nhọn phân cực spin, nó thể hiện sự kết hợp từ yếu với cobalt, và chính hình ảnh đó cho thấy trật tự từ của cấu trúc, biểu hiện thành phần phụ thuộc spin. "Một điểm hấp dẫn nữa với kĩ thuật chụp ảnh xử lí từ là độ phân giải không gian cực cao và trật tự từ cao, mặc dù chi phí thực nghiệm và phân tích có tăng lên chút ít," Wolter nói. Theo ông, khám phá thực nghiệm đầu tiên này là có chút may mắn, và kĩ thuật cần được cải tiến để cho chất lượng hình ảnh tốt hơn.

Để xác nhận thực tế là mức độ tự do spin có đóng góp cho sự ma sát của hệ, đội khoa học đã cho chạy các mô phỏng Monte Carlo, sử dụng một hệ rất giống với hệ thực nghiệm. Hệ mô phỏng cho kết quả ăn khớp. Wiesendanger cho biết độ lớn của sự đóng góp ma sát do spin là ngang với sự ma sát phụ thuộc dao động mạng hay ma sát điện tử. Nhóm của ông cũng hi vọng sự ma sát spin là một hiện tượng chung xảy ra ở nhiều hệ, chứ không riêng ở những hệ từ tính.

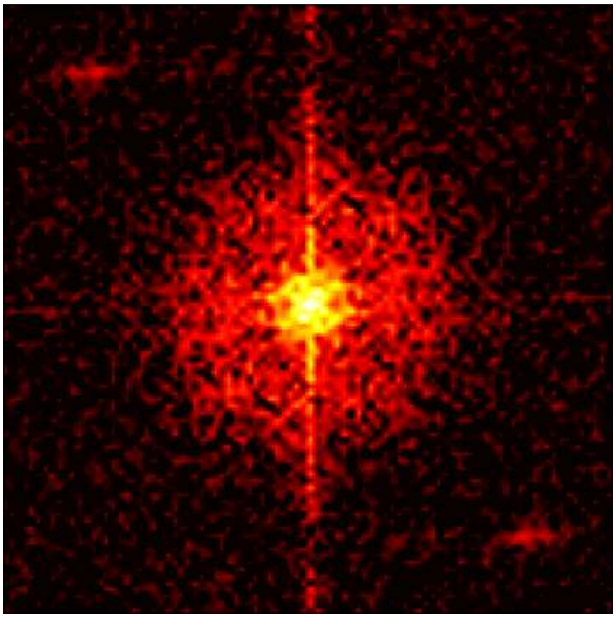
Theo các nhà nghiên cứu, khám phá trên giúp họ hiểu rõ hơn cơ sở của sự ma sát, và nghiên cứu của họ còn là điểm xuất phát hướng đến định cỡ tầm quan trọng của mức độ tự do spin trong "các hiện tượng bề mặt", ví dụ như sự khuếch tán của các nguyên tử từ tính trên các chất nền từ tính. Ở cấp độ thực tiễn hơn, nghiên cứu của họ có ích cho các hệ lưu trữ dữ liệu từ tính ví dụ như đĩa cứng, hay những động cơ từ có bộ phận trượt.

Tham khảo:
http://prl.aps.org/abstract/PRL/v109/i11/e116102

Lần đầu tiên chụp ảnh trực tiếp các mức năng lượng Landau

Các nhà vật lí đã chụp ảnh trực tiếp các mức Landau – những mức lượng tử xác định hành trạng electron trong một từ trường mạnh – lần đầu tiên kể từ khi chúng được nghĩ ra trên phương diện lí thuyết bởi nhà vật lí giành giải Nobel Lev Landau hồi năm 1930.

Sử dụng kĩ thuật quang phổ quét chui hầm – một đầu nhọn phân giải không gian tương tác trực tiếp với các electron – các nhà khoa học tại Đại học Warwick và Đại học Tohoku đã làm sáng tỏ cấu trúc bên trong dạng vòng của những mức Landau này tại bề mặt của một chất bán dẫn.



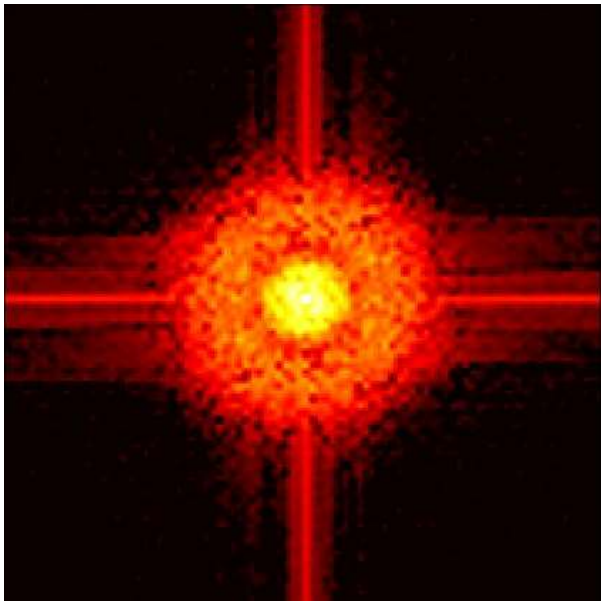
Dữ liệu thực nghiệm đo Mức Landau 1

Thách thức chính trong nghiên cứu trên là có độ phân giải không gian đủ để chế ngự sự mất trật tự nội tại của chất liệu thường chỉ cho phép quan sát các trạng thái "trôi giạt" nhòe nhoẹt.

Những bức ảnh chụp cho thấy rõ ràng Landau đã đúng khi ông dự đoán rằng, trong một hệ tinh khiết, các electron sẽ ở vào những vòng tròn đồng tâm, số lượng tăng theo mức năng lượng của chúng.

Hành trạng đếm đơn giản như thế này tạo nên cơ sở của cái gọi là hiệu ứng Hall lượng tử.

Với sự quan tâm nghiên cứu sâu rộng, trong những năm gần đây, hiệu ứng trên đã được sử dụng để định nghĩa chuẩn cho cái chúng ta gọi là điện trở, và cũng có thể sớm được sử dụng để định nghĩa kilogram.



Mô phỏng số hóa của Mức Landau 1

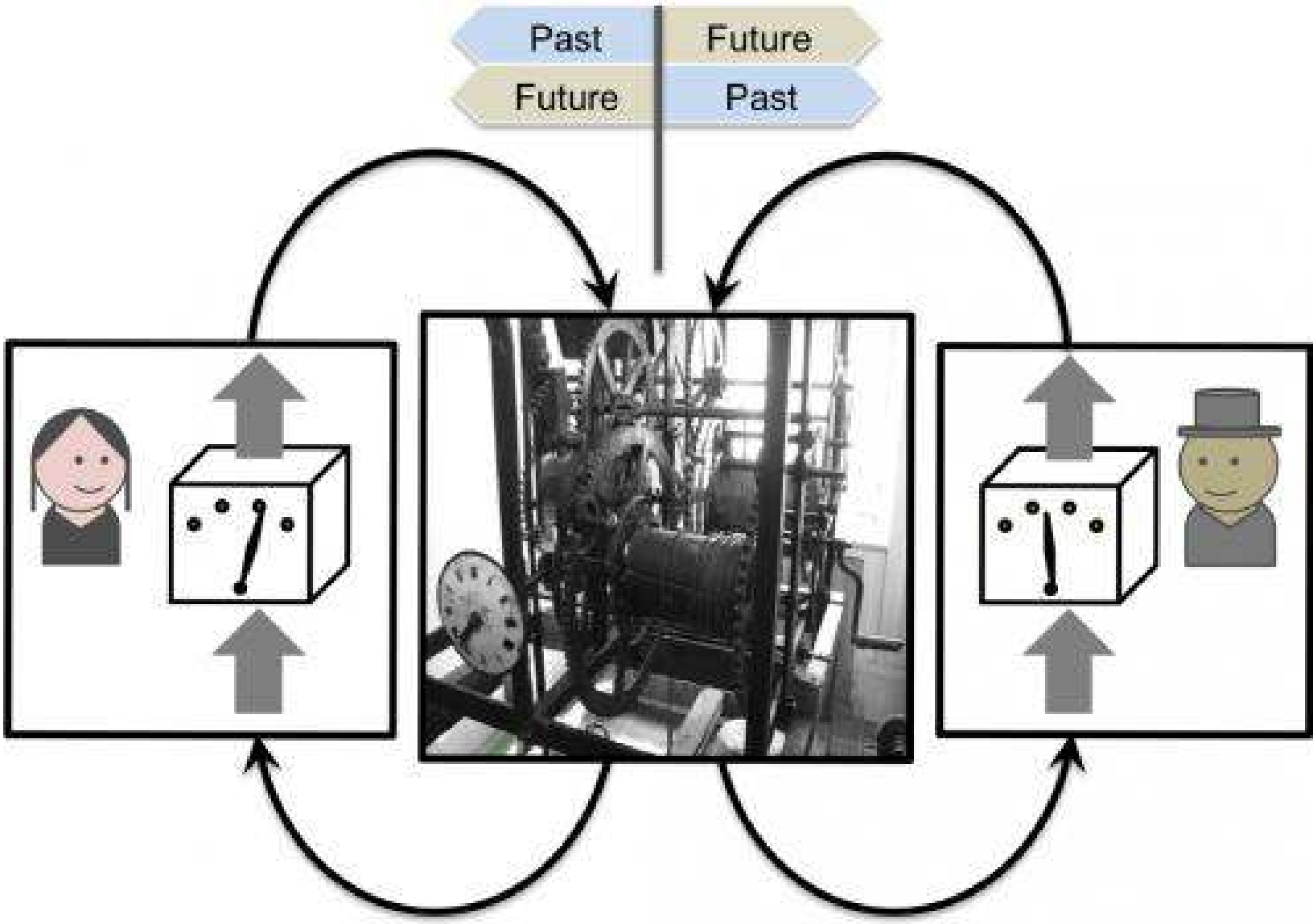
Giáo sư Rudolf Roemer tại Khoa Vật lí, trường Đại học Warwick nói, "Đây là một bước tiến hào hứng đối với chúng tôi, những người lần đầu tiên đang thật sự chứng kiến từng hàm sóng cơ lượng tử của các electron trong những chất liệu thực tế.

"Trên phương diện nào đó, khám phá này trông xa vời với cuộc sống hàng ngày.

"Tuy nhiên, vấn đề dùng cái gì định nghĩa kilogram hiện nay vẫn còn đang tranh cãi, với khoảng cách giữa các vòng của những mức Landau này có tác dụng như một loại chỉ dẫn cho một trọng lượng thường gặp.

"Cho nên, có khả năng lần tiếp theo khi bạn cân đường và bột để làm bánh, dù muốn hay không bạn cũng đã sử dụng những cái vòng lượng tử này."

Tham khảo: *Phys. Rev. Lett.* 109, 116805 (2012)



Luật nhân quả lượng tử: A gây ra B gây ra A

Một quan niệm đã bén rễ sâu xa trong cuộc sống hàng ngày là tính nhân quả: những sự kiện trong hiện tại có nguyên nhân là những sự kiện trong quá khứ và, hóa ra, là nguyên nhân cho cái xảy ra trong tương lai. Các nhà vật lí tại trường Đại học Vienna và Đại học Libre de Bruxelles vừa chứng minh rằng trong cơ học lượng tử người ta có thể nghĩ ra những tình huống trong đó một sự kiện có thể đồng thời là nguyên nhân và là hệ quả của một sự kiện khác. Kết quả của họ công bố trong số ra tuần này của tạp chí *Nature Communications*.

Mặc dù chưa rõ những tình huống như vậy có thể thật sự tìm thấy trong tự nhiên hay không, nhưng khả năng mong manh rằng chúng có thể tồn tại có khả năng có những hàm ý sâu xa cho những nền tảng của cơ học lượng tử, sự hấp dẫn lượng tử và điện toán lượng tử.

Trong cuộc sống hàng ngày và trong vật lí cổ điển, các sự kiện xảy ra theo trật tự thời gian: một nhân chỉ có thể ảnh hưởng đến một quả trong tương lai của nó chứ không ảnh hưởng đến quá khứ của nó. Lấy ví dụ đơn giản, hãy tưởng tượng một người, Alice chẳng hạn, đi vào một căn phòng và tìm thấy ở đó một tờ giấy. Sau khi đọc nội dung ghi trên tờ giấy, Alice xóa thông điệp đó và để lại thông điệp của riêng cô trên tờ giấy đó.

Một người khác, Bob, đi vào căn phòng đó vào một lúc khác và làm cái việc tương tự như Alice: anh ta đọc, xóa, và ghi lại một thông điệp nào đó trên tờ giấy. Nếu Bob đi vào phòng sau Alice, thì anh ta sẽ có thể đọc cái cô ta đã ghi; tuy nhiên Alice sẽ không có cơ hội biết được thông điệp của Bob. Trong trường hợp này, nội dung ghi của Alice là "nhân" và cái Bob đọc là "quả". Mỗi lần hai người lặp lại công việc đó, thì chỉ có một người có thể đọc được cái người kia đã ghi. Cho dù họ không có đồng hồ và không biết ai đi vào phòng trước, nhưng họ có thể suy luận ra bằng cái họ ghi và đọc trên tờ giấy. Ví dụ, Alice có thể ghi "Alice đã ở đây hôm nay", cho nên nếu Bob đọc thông điệp, anh sẽ biết anh đã vào phòng sau cô ta.

Sự vi phạm lượng tử của trật tự nhân quả

Trong chừng mực mà các định luật vật lí cổ điển cho phép, thì trật tự của các sự kiện là cố định: hoặc là Bob hoặc là Alice đã đi vào phòng trước và để lại thông điệp cho người kia. Tuy nhiên, khi xét đến cơ học lượng tử, các vật có thể mất đi những tính chất cổ điển rõ ràng của chúng, ví dụ như một vật có thể ở hai nơi khác nhau cùng một lúc. Trong vật lí lượng tử, đây gọi là "sự chồng chất". Nay một đội gồm những nhà vật lí quốc tế, đứng đầu là Caslav Brukner ở trường Đại học Vienna vừa chứng minh rằng ngay cả trật tự nhân quả của các sự kiện cũng có thể ở vào một sự chồng chất như thế. Nếu – trong ví dụ của chúng ta – Alice và Bob có một hệ lượng tử thay cho một tờ giấy bình thường để ghi thông điệp của họ lên đó, thì họ có thể đi tới một tình huống trong đó mỗi người họ có thể đọc một phần thông điệp được viết bởi người kia. Như vậy, ta có sự chồng chất của hai trạng thái: "Alice đi vào phòng trước và để lại thông điệp trước Bob" và "Bob đi vào phòng trước và để lại thông điệp trước Alice".

"Tuy nhiên, một sự chồng chất như vậy chưa được xét đến trong dạng thức bình thường của cơ học lượng tử vì lí thuyết này luôn giả định một trật tự nhân quả rõ ràng giữa các sự kiện," phát biểu của Ognyan Oreshkov ở trường Đại học Libre de Bruxelles. "Nhưng nếu chúng ta tin rằng cơ học lượng tử chi phối mọi hiện tượng, thì tự nhiên chúng ta nghĩ rằng trật tự của các sự kiện cũng sẽ không rõ ràng, tương tự như vị trí của một hạt hay vận tốc của nó," Fabio Costa thuộc trường Đại học Vienna bổ sung thêm.

Nghiên cứu trên mang lại một bước quan trọng hướng đến tìm hiểu trật tự nhân quả rạch ròi có thể không phải là một tính chất bắt buộc của tự nhiên. "Thách thức thật sự là tìm xem ở đâu trong tự nhiên chúng ta có thể tìm kiếm sự chồng chất của trật tự nhân quả," phát biểu của Caslav Brukner thuộc nhóm Đại học Vienna.

Tham khảo: DOI: 10.1038/ncomms2076

Bản Tin Vật lý là bản tin phát hành hằng tháng tại **thuvienvatly.com**

Các bạn có thể cập nhật tin tức vật lý hằng ngày tại trang tin của chúng tôi:

360.thuvienvatly.com

Einstein vẫn đúng cho dù có vận tốc lớn hơn c

Các nhà toán học người Australia vừa phát triển những công thức mới cho phép các lí thuyết Einstein áp dụng vượt quá tốc độ ánh sáng. Tuy nhiên, cái gì sẽ xảy ra khi vật chất vượt quá tốc độ ánh sáng thì vẫn là một bí ẩn.

Giáo sư James Hill và tiến sĩ Barry Cox thuộc trường Đại học Adelaide đã công bố bài báo mở rộng thuyết tương đối hẹp Einstein trên tạp chí ***Proceedings of the Royal Society A***.

"Thuyết tương đối hẹp là một trong những lí thuyết thành công nhất trên hành tinh chúng ta. Nó đã được xác thực trong rất nhiều tình huống," Hill nói. "Chúng tôi vừa thử đưa thuyết tương đối hẹp vượt qua hàng rào tốc độ ánh sáng."

Theo quan điểm của Einstein, bạn không thể di chuyển nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Trong hàng thập niên qua, người ta đã cố gắng xây dựng những lí thuyết mới đương đầu với những vận tốc lớn hơn tốc độ ánh sáng, nhưng nay Hill và Cox vừa đi tới một phương pháp mới.

"Trong chừng mực mà tôi biết thì đây là sự mở rộng lôgic tự nhiên đầu tiên của các lí thuyết Einstein. Chúng tôi chắc chắn không hạ bệ Einstein. Hai lí thuyết hoàn toàn tương thích với nhau," Hill nói.

Hill và Cox đi tới những công thức mới mở rộng mối liên hệ Einstein giữa vận tốc tương đối của hai vật khác nhau (A và B) trong không gian, và vận tốc mà chúng quan sát một vật thứ ba (C).

Vận tốc tương đối là độ chênh lệch vận tốc giữa A và B. Khi vận tốc tương đối bằng không thì cả hai vật thấy C chuyển động với tốc độ bằng nhau. Nhưng khi vận tốc tương đối giữa A và B tăng lên, chúng sẽ ghi được những giá trị khác nhau của vận tốc của C.

Khi vận tốc tương đối đạt tới tốc độ ánh sáng, thì các công thức trở nên không xác định và thuyết tương đối hẹp sụp đổ.

Các công thức của Hill và Cox mở rộng thuyết tương đối hẹp cho một tình huống trong đó vận tốc tương đối có thể là vô hạn. Nó có thể dùng để mô tả cái xảy ra ở những tốc độ lớn hơn tốc độ ánh sáng. Tuy nhiên, giống như với lí thuyết gốc Einstein, các công thức mới trở nên không xác định và sụp đổ khi vận tốc tương đối giảm xuống tới tốc độ ánh sáng.

"Trong cả hai lí thuyết, tốc độ ánh sáng vẫn là một kì dị toán học," Hill nói.

Miền đất chưa được khai phá

Hill cho biết sự lờ mờ toán học này tại tốc độ ánh sáng có nghĩa là chúng ta vẫn không biết cái gì sẽ xảy ra với vật chất cơ bản khi nó thật sự vượt qua vận tốc này.

"Cuộc sống như nơi đây là nơi chúng ta di chuyển dưới tốc độ ánh sáng và tôi có cảm giác rằng thế giới sẽ thay đổi theo một kiểu kịch tính nào đó khi chúng ta vượt qua tốc độ ánh sáng. Mọi loại sự vật hiện tượng có thể xảy ra. Thời gian và không gian có thể hoán đổi," Hill nói.

Ông so sánh tình trạng hiện nay của chúng ta với tình trạng trước khi nhân loại có những chiếc máy bay vượt quá hàng rào âm thanh. "Người ta đã tự hỏi điều gì sẽ xảy ra – chúng ta có bị rã ra hay không? Hay là chiếc máy bay sẽ rã ra, " Hill nói. "Hóa ra thì việc vượt quá tốc độ âm thanh dẫn tới một tiếng nổ lớn. Tôi cho rằng vượt qua tốc độ ánh sáng sẽ còn thú vị hơn nữa."

Giải cứu thành công con mèo của Schrödinger

Con mèo của Schrödinger, một biểu tượng lâu nay của cơ học lượng tử, vừa được cứu thoát! Bằng cách thực hiện những phép đo liên tục nhưng yếu thôi của một hệ lượng tử, các nhà vật lí đã có thể khảo sát một trạng thái lượng tử tinh vi mà không phá hỏng nó – hay nói ví von là nhìn trộm con mèo ẩn dụ của Schrodinger mà không làm nó chết. Kết quả giúp người ta dễ xử lí hơn với những hệ như máy tính lượng tử khai thác những tính chất kì lạ của thế giới lượng tử.

Các đối tượng lượng tử có một tính chất kì lạ nhưng hữu ích là có thể tồn tại trong nhiều trạng thái cùng lúc, một hiện tượng gọi là sự chồng chất. Nhà vật lí Erwin Schrödinger đã minh họa những hàm ý lạ lùng của sự chồng chất bằng cách tưởng tượng ra một con mèo ở trong một cái hộp có số phận tùy thuộc vào một nguyên tử phóng xạ. Vì sự phân hủy của nguyên tử đó bị chi phối bởi cơ học lượng tử - và vì thế nhận một giá trị rõ ràng khi nó được đo – nên con mèo đó, bằng cách nào đó, vừa sống vừa chết cho đến khi cái hộp được mở ra.

Trên lí thuyết, sự chồng chất có thể cho phép các máy tính lượng tử thực hiện các phép tính song song bằng cách lưu giữ thông tin trong các bit lượng tử, hay qubit. Không giống như các bit thông thường, qubit không nhận một giá trị 1 hoặc 0, mà thay vậy nó tồn tại ở dạng hỗn hợp của hai giá trị, chỉ nhận một giá trị rõ ràng 1 hoặc 0 khi nó được đo.

Nhưng những hệ chồng chất như vậy thường rất mong manh. Đó là một viên gạch vấp chân đối với các nhà khoa học máy tính lượng tử, những người cần đến những trạng thái lượng tử tồn tại đủ lâu để thực hiện các phép tính.

Phép đo tinh vi

Các nhà nghiên cứu đã đề xuất rằng, trên nguyên tắc, có thể tiến hành những phép đo đủ "tinh vi" để không phá hỏng sự chồng chất. Quan điểm là đo cái chưa cho biết hẳn một bit là 1 hay 0 – tương đương với việc nhìn vào con mèo Schrödinger qua một tấm kính mờ đục. Cách này không cho phép bạn có được một mẩu thông tin "mạnh" – nghĩa là không biết được con mèo là sống hay chết – nhưng bạn có thể phát hiện ra những tính chất khác.

R. Vijay thuộc trường Đại học California, Berkeley, và các đồng sự đã thành công trong việc tạo ra một tương đương thực tế của những tấm kính mờ đục đó. "Chúng tôi chỉ mới mở ra một góc hộp," Vijay nói.

Đội khoa học bắt đầu với một mạch bán dẫn nhỏ xíu thường dùng làm qubit trong máy tính lượng tử, và đặt nó vào sự chồng chất bằng cách xoay vòng trạng thái của nó giữa 0 và 1 sao cho nó lặp lại mọi tổ hợp có thể có của các trạng thái.

Sau đó, đội nghiên cứu đo tần số của dao động này. Đây vốn dĩ là một phép đo yếu hơn việc xác định bit đó nhận giá trị 1 hoặc 0 tại bất kì điểm nào, nên quan điểm là có thể làm như vậy mà không buộc qubit đó chọn giữa một giá trị 1 hoặc 0. Tuy nhiên, nó cũng phát sinh một sự phức tạp.

Máy điều hòa nhịp tim lượng tử

Mặc dù phép đo đủ tinh vi để không phá hỏng sự chồng chất lượng tử, nhưng phép đo thật sự làm thay đổi ngẫu nhiên tốc độ dao động. Sự thay đổi này không thể nào dự đoán trước, nhưng đội nghiên cứu

đã có thể thực hiện phép đo rất nhanh, cho phép các nhà nghiên cứu đưa vào một sự thay đổi tương đương và ngược lại vào hệ để đưa tần số của qubit trở lại giá trị mà nó có nếu như nó không được đo gì hết.

Sự hồi tiếp này tương tự như cái xảy ra trong một máy điều hòa nhịp tim: nếu hệ lệch quá xa khỏi trạng thái như mong muốn, cho dù đó là một nhịp tim ổn định hay một sự chồng chất của 1 và 0, bạn có thể thúc nó trở lại mức nó nên ở.

Đội của Vijay không phải là đội đầu tiên đi tới quan điểm này sử dụng sự hồi tiếp để khảo sát một hệ lượng tử, nhưng yếu tố hạn chế trước đây là những phép đo đủ yếu để bảo toàn hệ cho những tín hiệu quá nhỏ để phát hiện và hiệu chỉnh, còn những phép đo mạnh hơn thì đưa thêm nhiễu vào hệ quá lớn không điều khiển được.

Hiệu chỉnh sai số

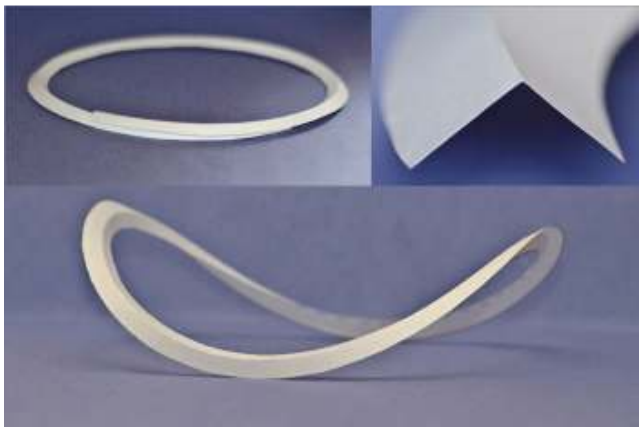
Vijay và các đồng sự đã sử dụng một loại máy khuếch đại mới cho phép họ thu lấy tín hiệu mà không làm hỏng nó. Họ tìm thấy rằng qubit của họ vẫn ở trong trạng thái dao động của nó trong suốt thời gian chạy thí nghiệm. Thời gian đó chỉ khoảng một phần trăm của một giây – nhưng cái quan trọng là qubit đã sống sót trong quá trình đo.

"Minh chứng này cho thấy chúng ta gần như đã có mặt ở đó, theo chỗ có thể bổ sung các điều khiển sai số lượng tử," Vijay nói. Những điều khiển như thế có thể sử dụng để kéo dài sự chồng chất của các qubit trong sự điện toán lượng tử, bằng cách thúc tự động lên những qubit sắp co sập.

Kết quả trên là chưa hoàn hảo, nhưng nó là bước đệm hướng đến việc cứu sống các qubit trong những phép đo lượng tử.

Tham khảo: DOI: 10.1038/nature11505

Giải mã vật lí nghệ thuật xếp giấy origami



Hình lớn là một cấu trúc yên ngựa làm bằng giấy sử dụng nghệ thuật origami đường gấp cong. Ảnh trên bên trái là cấu trúc đó sau khi đã cắt ra và ảnh trên bên phải cho thấy góc của đường gấp. (Ảnh: Marcelo Dias)

Đây là một trò chơi vui thú – lấy một mảnh giấy và dùng compa vẽ hai vòng tròn đồng tâm tạo nên một cái vòng khuyên. Sau đó thay cái bút chì ở compa bằng một đầu nhọn cứng để khía một đường li đồng tâm trên mảnh giấy ở chính giữa rìa trong và rìa ngoài của cái vòng khuyên. Cắt cái vòng khuyên ra rồi gấp theo đường khía theo chu vi của nó – và nếu bạn tỉ mỉ thì bạn sẽ xếp được một cái yên ngựa 3D như cái trong bức ảnh trên.

Đây là một ví dụ đơn giản của "origami đường gấp cong", cơ chế cơ học của nó vừa được các nhà nghiên cứu ở Mĩ nghiên cứu chi tiết lần đầu tiên.

Xuất xứ ở Nhật Bản, origami là nghệ thuật sáng tạo ra những vật thể ba chiều bằng cách xếp giấy. Origami có thể biến một chất liệu phẳng nhẹ cân thành một vật thể 3D cứng cáp và linh hoạt và thế là nguyên lí của nó đã được các kĩ sư bắt chước để thiết kế ra mọi thứ từ những túi khí ở xe hơi cho đến các bộ phận vệ tinh.

Những chất liệu 3D thực tiễn

Những đường gấp cong thỉnh thoảng được sử dụng ở origami – một ví dụ thực tế là cái hộp đựng thịt rán kiểu Pháp dùng trong các nhà hàng bán thức ăn nhanh. Tuy nhiên, người ta chỉ hiểu chút ít về cơ chế cơ học của những cấu trúc như thế. Nay Marcelo Dias, Christian Santangelo và các đồng sự tại các trường Đại học Massachusetts, Amherst và Harvard là những người đầu tiên phát triển một hệ phương trình mô tả cơ sở vật lí của những cấu trúc gấp cong. Vừa mang lại sự hiểu biết tốt hơn về origami, đội nghiên cứu vừa hi vọng nghiên cứu trên sẽ đưa đến những chất liệu 3D thực tiễn vừa bền vừa linh hoạt.

Santangelo và các đồng sự tập trung vào cái vòng khuyên vì nó là một ví dụ tương đối đơn giản của một cấu trúc 3D có thể biến đổi thành một vật 3D như thế nào bằng cách tạo ra một đường gấp cong. Để có được kiến thức vật lí cơ bản, đội khoa học đã xếp vài cái yên ngựa origami bằng giấy – từ đó họ suy luận ra những tính chất vật lí then chốt để tìm hiểu cơ chế cơ học của đường gấp cong.

Trọng điểm của sự biến đổi từ một tấm phẳng 2D thành một vật 3D là sức căng phẳng tạo ra trong cái vòng khuyên khi nó bị gấp lại. Những sức căng này được xoa dịu bởi tấm phẳng cuộn xung quanh nó để tạo ra một cấu trúc kiểu yên ngựa. Nếu cắt cái vòng khuyên ra, thì những sức căng đó được giải phóng và cái yên ngựa sẽ co lại thành một vòng khuyên nằm phẳng lì – ngoại trừ là nó có bán kính nhỏ hơn (xem hình phía trên).

Những đường gấp cứng

Mô tả toán học của đội nghiên cứu xây dựng dựa trên một vài tham số, trong đó có tỉ số của chiều rộng của cái vòng khuyên bị gấp và bán kính của vòng khuyên. Góc gấp cũng quan trọng, cùng với "độ cứng" của đường gấp – cái này là số đo mức độ khó của việc thay đổi góc gấp. Một tham số quan trọng khác nữa là độ cứng của bản thân chất liệu – một số đo mức độ khó của việc bẻ cong tấm phẳng tạo nên cái vòng khuyên.

Đội nghiên cứu đã nghĩ ra một phương trình cho năng lượng toàn phần của một cái vòng khuyên gấp theo những tham số này và họ đã tính năng lượng đó bằng một vài kĩ thuật phân tích và kĩ thuật số học. Ngoài góc gấp ra, các kết quả cho thấy hai tỉ số giữ vai trò quan trọng trong hình dạng của cấu trúc 3D: tỉ số của bề rộng của cái vòng khuyên và bán kính của nó, và tỉ số của độ cứng của đường gấp và độ cứng uốn cong của chất liệu.

Khi tỉ số của độ cứng đường gấp và độ cứng uốn cong là tương đối cao, thì góc gấp sẽ không thay đổi – và cấu trúc sẽ phản ứng với sức căng bằng cách uốn cong để tạo ra hình dạng 3D.

Trong trường hợp bề rộng tương đối của cái vòng khuyên, đội nghiên cứu tìm thấy rằng cái vòng khuyên càng rộng thì cấu trúc 3D càng bền vững – cái Santangelo tin rằng có thể khai thác để chế tạo những cấu trúc 3D bền, dẻo nhưng nhẹ cân. Đội khoa học còn mở rộng mô hình trên để mô tả những cái vòng khuyên có nhiều đường gấp, kết quả mang lại những cấu trúc 3D phức tạp hơn.

Nghiên cứu công bố trên tạp chí *Physical Review Letters*.

Đếm số photon bằng tế bào mắt ếch

Một tế bào cảm quang hình que lấy từ mắt ếch đã được xử lí thành một máy dò cực nhạy có khả năng đếm từng photon một và xác định sự kết hợp của những xung ánh sáng cực yếu. Được sáng tạo bởi các nhà nghiên cứu ở Singapore, nghiên cứu trên có thể đưa đến những máy dò ánh sáng lai tích hợp những tế bào sống.

Mắt người và những sinh vật sống khác là những máy dò ánh sáng cực nhạy và linh hoạt, chúng thường có thể hoạt động hiệu quả hơn các dụng cụ nhân tạo. Thật vậy, một tế bào cảm quang hình que trong võng mạc người sẽ chỉ phản ứng với một photon – công việc chỉ có những máy dò nhân tạo nhạy nhất mới có khả năng thực hiện.

Nghiên cứu mắt không những biết được cách chế tạo những máy dò ánh sáng tốt hơn, mà việc hiểu rõ hơn chức năng của nó có thể đưa đến sự phát triển của các dụng cụ "sinh lượng tử" (bioquantum) kết hợp với bộ phận sinh học và bộ phận nhân tạo để nghiên cứu các phương diện của quang học lượng tử ví dụ như ánh sáng "nén".

Trong nghiên cứu mới nhất này, Leonid Krivitsky và các đồng sự tại Cơ quan Khoa học, Công nghệ và Nghiên cứu ở Singapore tập trung vào những tế bào hình que lấy từ mắt của con Ếch Chân vuốt châu Phi (*Xenopus laevis*), một loài đã được nghiên cứu nhiều bởi các nhà sinh học.

Chặn dòng

Mỗi tế bào hình que có một đoạn ngoài (OS – outer segment) chứa quang sắc tố rhodopsin – một chất bị biến đổi hóa học khi phơi sáng. Khi ở trong tối, một dòng không đổi gồm những ion natrium, kalium và calcium chảy vào và chảy ra khỏi tế bào đó. Tuy nhiên, khi một photon đi tới rhodopsin, nó kích hoạt một chuỗi phản ứng hóa học làm tắt nghẽn một số kênh truyền ion. Kết quả là gây ra sự phân cực điện của tế bào, mang lại một tín hiệu điện được hệ thần kinh thu nhận và phản hồi lên não.

Từng tế bào hình que dài khoảng 50 μm và có đường kính khoảng 5 μm. Thí nghiệm bắt đầu với một tế bào hình que được hút vào trong một ống pipett nhỏ xíu và giữ sống bằng cách dìm trong một dung dịch đặc biệt tương tự như dịch chất có trong mắt. Ống micropipett còn tác dụng như một điện cực, cho phép dòng ion được phát hiện ra bằng một bộ khuếch đại mức nhiễu-thấp.

Đội khoa học đã sử dụng ánh sáng laser xanh (bước sóng 532 nm) để nghiên cứu phản ứng quang học của từng tế bào hình que. Đội khoa học đã chiếu vài loại khác nhau của xung laser vào các tế bào hình que và đo lấy phản ứng. Trước khi một xung sáng đi tới tế bào hình que, ánh sáng bị chia tách vào hai đường. Một đường tiếp tục đi tới tế bào hình que và đường kia đi tới một quang diode thác lở (APD) – một máy dò sáng cực nhạy có khả năng nhìn thấy từng photon độc thân. Bố trí quang học này được sử dụng như một giao thoa kế Hanbury–Brown–Twiss, cho phép đội khoa học xác định sự kết hợp của ánh sáng tới tại tế bào hình que.

Đếm photon

Trong một thí nghiệm, đội khoa học đã đo dòng quang điện tạo ra bởi tế bào hình que trong khi thay đổi số lượng photon trung bình trên mỗi xung từ 30 lên 16.000. Như trông đợi, dòng quang điện tăng theo dạng là một hàm của số photon rồi bão hòa ở

giá trị khoảng 1000 photon. Đội nghiên cứu còn khảo sát cách tế bào hình que phản ứng với những loại khác nhau của xung ánh sáng – những xung ánh sáng laser kết hợp và những xung "giả nhiệt". Xung giả nhiệt là những xung laser tập trung lên một cái đĩa đang quay tròn đã bị làm cho xù xì bằng cách chà giấy nhám. Ánh sáng lốm đốm thu được khi đó được gửi qua một màn chắn và hiện ra dưới dạng một xung ít kết hợp.

Các xung kết hợp và xung giả nhiệt có phân bố thống kê số photon khác nhau, và đội khoa học đã có thể sử dụng các tế bào hình que để phát hiện ra sự khác biệt đó. Theo các nhà nghiên cứu, điều này có nghĩa là các tế bào hình que có thể dùng làm những máy dò thống kê photon có độ nhạy cao. Kết hợp toàn bộ những phép đo lại, đội khoa học còn có thể kết luận rằng mỗi photon trong xung đó tương tác với chỉ một phân tử rhodopsin.

Mặc dù đội khoa học sử dụng các nguồn sáng cổ điển, nhưng thực tế các tế bào hình que có thể phân biệt giữa những xung kết hợp và xung giả nhiệt cho thấy chúng có thể được sử dụng trong quang học lượng tử và truyền thông lượng tử. Thật vậy, đội khoa học đã có kế hoạch nghiên cứu phản ứng của các tế bào hình que với ánh sáng hai photon tương quan.

Tham khảo:
http://prl.aps.org/abstract/PRL/v109/i11/e113601

Triển khai xây dựng đài thiên văn tia vũ trụ lớn nhất thế giới

Việc xây dựng đài thiên văn tia vũ trụ lớn nhất thế giới đã bắt đầu triển khai tại Thung lũng Tunka nằm gần Hồ Baikal ở Siberia, nước Nga. Những nguyên mẫu đầu tiên cho Đài khảo sát Nguồn gốc Tia Vũ trụ Trăm Kilomet vuông (HiSCORE) trị giá 46 triệu đô la Mĩ đã được lắp đặt và khi hoàn thành vào cuối thập niên này, cơ sở sẽ gồm một ma trận lên tới 1000 máy dò phân bố trên diện tích 100 km^2. HiSCORE sẽ nhắm tới mục tiêu đi tìm lời giải cho bí ẩn 100 năm tuổi của nguồn gốc tia vũ trụ - những hạt đến từ không gian bên ngoài và bị gia tốc đến những mức năng lượng cao hơn so với những mức có thể thu được trong các máy gia tốc hạt nhân tạo lớn nhất hiện nay.

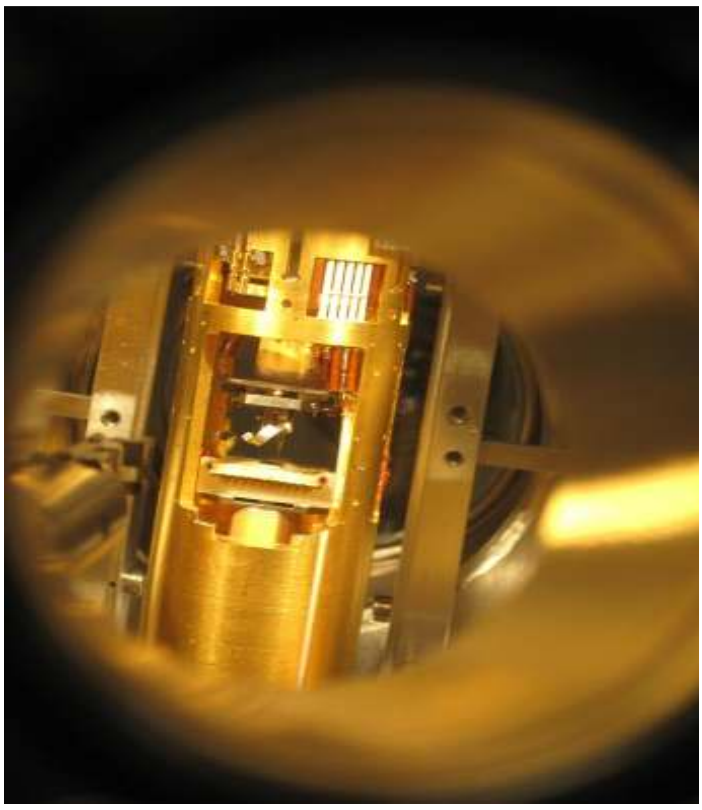
HiSCORE là chương trình hợp tác giữa các trường viện ở Nga – Viện Nghiên cứu Hạt nhân thuộc Viện hàn lâm Khoa học Nga ở Moscow, Đại học Irkutsk ở Siberia và Đại học Lomonosov Moscow – và DESY, Đại học Hamburg và Viện Công nghệ Karlsruhe ở Đức. Quy mô chưa có tiền lệ của ma trận máy dò trên sẽ cho phép các nhà khoa học nghiên cứu các tia vũ trụ trong ngưỡng năng lượng 100 TeV đến 1 EeV – một vùng tương đối chưa được khảo sát.

Các nhà nghiên cứu đang lắp đặt một nguyên mẫu máy dò cho HiSCORE. (Ảnh: Martin Tluczykont/Đại học Hamburg)

Các máy dò của HiSCORE được thiết kế để quan sát bức xạ sinh ra khi các tia vũ trụ va chạm với tầng cao khí quyển của Trái đất. Sự va chạm này gây ra một cơn mưa hạt sơ cấp chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng trong không khí, tạo ra bức xạ Cherenkov trong quá trình mà các ống nhân quang của HiSCORE có thể thu nhận được. bức xạ này có thể dùng để xác định nguồn gốc và cường độ của tia vũ trụ đồng thời nghiên cứu tính chất của những vật thể thiên văn năng lượng cao phát ra tia gamma, ví dụ như các tàn dư sao siêu mới và blazar. "Chúng tôi đặc biệt quan tâm đến những vật thể cỡ thiên hà làm tăng tốc các tia vũ trụ lên mức năng lượng hàng peta electronvolt – hay pevatron – cho đến nay chưa phát hiện ra được," phát biểu của Martin Tluczykont thuộc trường Đại học Hamburg. "Chúng cần thiết cho sự giải thích nguồn gốc của tia vũ trụ."

Với vị trí vùng sâu vùng xa của nó, Hồ Baikal đang nhanh chóng trở thành một điểm nóng cho nghiên cứu tia vũ trụ. Nó đã có đài thiên văn tia vũ trụ Tunka-133, cơ sở đã hoạt động từ năm 2009, và còn là nơi có Kính thiên văn Neutrino Dưới nước Sâu Baikal (BDUNT), thiết bị đặt sâu 1,1 km dưới mặt hồ và quan sát bức xạ Cherenkov sinh ra bởi các neutrino năng lượng cao. BDUNT sắp được thay thế bởi Máy dò Khối Gigaton, nó sẽ là một trong những kính thiên văn neutrino lớn nhất thế giới khi việc xây dựng hoàn tất vào cuối thập niên này.

Graphene mang lại một bất ngờ lượng tử mới



Đầu dò hiển vi transistor quét electron độc thân, nhìn qua lỗ ngắm vào buồng chân không hiển vi. (Ảnh: Yacoby)

Các nhà vật lí ở Mĩ và Đức vừa phát hiện ra một tính chất bất ngờ khác của "chất liệu thần kì" graphene – nó biểu hiện một hiệu ứng Hall lượng tử phân số (FQHE) khác với hiệu ứng nhìn thấy ở những chất liệu bình thường. Kết quả trên sẽ quan trọng trong việc nghiên cứu các tương quan giữa những hạt tương đối tính và còn có thể giúp phát triển các máy vi tính lượng tử trong tương lai.

FQHE xảy ra khi các hạt mang điện như electron bị giam giữ trong một mặt phẳng 2D, như ở graphene, và chịu một từ trường vuông góc theo trục Z. Nếu một dòng điện chạy theo trục X, thì sẽ xuất hiện một hiệu điện thế - hiệu điện thế Hall – theo trục Y. Ở những nhiệt độ rất thấp, hiệu điện thế này bị lượng tử hóa thành những bậc rời rạc hay các trạng thái Hall.

Điện tích phân số

FQHE khác với hiệu ứng Hall lượng tử nguyên được biết rõ hơn và là kết quả của sự tương tác mạnh giữa các electron xảy ra trong một số chất liệu. Những tương tác này làm cho những hạt mang điện trong một chất liệu FQHE hành xử giống như những giả hạt có điện tích bằng một phân số của điện tích electron. Những giả hạt tích điện phân số này tuân theo cái gọi là thống kê phân số, một đặc điểm có thể quan trọng trong việc phát triển các máy vi tính lượng tử trong tương lai. Ngoài FQHE, những tương tác mạnh này thường dẫn tới những hiện tượng tập thể quan trọng như sự siêu dẫn, từ tính và sự siêu chảy. Do đó, việc tìm hiểu các tương tác mạnh có tầm quan trọng cơ bản trong ngành vật lí vật chất ngưng tụ.

Graphene là một lớp carbon tinh thể chỉ dày một nguyên tử và khác với những chất liệu khác ở chỗ các electron mang điện của nó lao vù vù với tốc độ cực cao, hành xử giống như những hạt tương đối tính không có khối lượng nghỉ. Các nhà nghiên cứu đã chứng minh rằng các hạt tích điện tương đối tính ở graphene tương tác mạnh với nhau và hiện tượng này có thể phát hiện ra dưới dạng FQHE.

Chuỗi trạng thái không bình thường

Amir Yacoby và các đồng sự tại trường Đại học Harvard và Viện Vật lí Chất Rắn Max Planck vừa chứng minh rằng FQHE ở graphene khác với ở những chất liệu khác. “Chúng tôi tìm thấy một chuỗi trạng thái [Hall lượng tử phân số] khác thường ở graphene, đó là một hệ quả của những đối xứng cơ bản trong chất liệu này,” Yacoby giải thích. “Những trạng thái này giúp chúng ta hiểu rõ sự tác động qua lại giữa những đối xứng này và các tương tác electron-electron trong graphene.”

Các nhà nghiên cứu thu được kết quả của họ bằng cách sử dụng một transistor quét electron độc thân (SET) để khảo sát những mẫu graphene lơ lửng chịu tác dụng của một từ trường ngoài. SET là một loại dụng cụ khảo sát cục bộ đặc biệt không xâm hại. Nó đo sự có mặt của các khe năng lượng trong phổ điện tử của những chất liệu với độ nhạy mà không có kĩ thuật nào khác sánh kịp và do đó thật lí tưởng để khảo sát những hiện tượng như FQHE.

“Một kết quả quan trọng nữa của nghiên cứu của chúng tôi là có tồn tại những vùng nhỏ graphene rất sạch, ngay cả khi mẫu vĩ mô tương đối bẩn,” Ben Feldman, một thành viên đội nghiên cứu, nói.

Nghiên cứu các tương tác electron-electron

Những thí nghiệm trên còn củng cố cho nghiên cứu trước đó chứng minh rằng các electron trong graphene tương tác mạnh và cơ sở vật lí thu được rất khác với cái quan sát thấy ở những hệ thường gặp hơn. “Do đó graphene là một chất liệu hứa hẹn cho việc nghiên cứu các tương tác electron-electron,” Yacoby nói.

Đội nghiên cứu hiện đang có kế hoạch tiếp tục khảo sát FQHE khác lạ ở graphene. “Chúng tôi đặc biệt muốn hiểu rõ hơn các electron có trật tự như thế nào trong những trạng thái FQHE khác nhau,” Yacoby nói. “Chúng tôi cũng muốn tìm hiểu về FQHE ở những chất liệu có liên quan như graphene lớp đôi.”

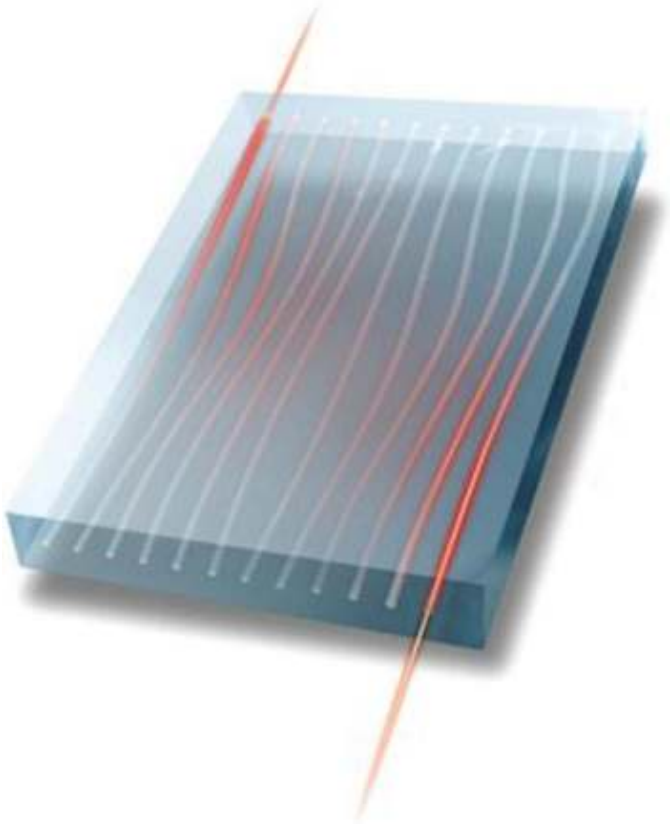
Tham khảo:
http://www.sciencemag.org/content/337/6099/1196

Phát hiện hành trạng tô pô học ở giả tinh thể

Một mối liên hệ bất ngờ giữa các tinh thể và chất cách điện tô pô học vừa được các nhà vật lí ở Israel chứng minh trong phòng thí nghiệm. Đội khoa học đã nghiên cứu cách ánh sáng truyền qua một giả tinh thể một chiều (1D) và nhận thấy nó tương tự như cách electron dẫn qua trong một chất cách điện tô pô học 2D. Kết quả bất ngờ trên cho thấy các giả tinh thể có thể được dùng để tạo ra những hệ nhiều chiều hơn 3D – cái có thể hữu ích trong việc nghiên cứu vật lí cơ bản cũng như trong việc tạo ra những chất liệu có những tính chất mới và hữu ích.

Chất cách điện tô pô học là một chất liệu ở dạng nguyên khối thì là chất cách điện nhưng vì những lí do liên quan đến dạng hình học mà là một chất dẫn điện trên bề mặt hoặc cạnh rìa của nó. Có lẽ ví dụ nổi tiếng nhất của chất cách điện tô pô học là hiệu ứng Hall lượng tử nguyên (IQHE), nhờ đó các electron trên rìa của một dải ruy băng 2D dẫn điện mà không có sự dẫn xảy ra ở giữa (hay nguyên khối) của dải. Nay Yaacov Kraus, Oded Zilberberg và các đồng sự tại Viện Khoa học Weizmann ở Israel vừa chứng minh rằng một hiệu ứng tô pô học 2D giống như vậy được có thể nhìn thấy ở cách ánh sáng truyền trong một giả tinh thể 1D – cho thấy giả tinh thể thật ra có tô pô 2D.

Đội khoa học đã tiến hành các thí nghiệm sử dụng những ma trận 2D gồm những đường dẫn sóng song song. Khoảng cách giữa những đường dẫn sóng được thiết lập sao cho một phần ánh sáng truyền vào một đường dẫn có thể rò rỉ sang một đường dẫn lân cận, rồi sang đường dẫn tiếp theo và cứ thế (xem hình). Nếu chuyển động của ánh sáng theo hướng vuông góc với các đường dẫn được xét đến, thì nó giống như một electron đang chuyển động qua một mạng lưới 1D với khoảng cách mạng bằng với khoảng cách giữa các đường dẫn sóng đó. Thực tế ánh sáng "nhảy" từ đường dẫn này sang đường tiếp theo khiến cho hệ tương tự với một mô hình dẫn electron.



Những đường dẫn sóng được dùng để tạo ra một giả tinh thể 1D. Ánh sáng đi vào rìa bên phải của cấu trúc và sự bơm đoạn nhiệt làm lệch nó sang rìa bên trái lúc đi ra. (Ảnh: APS)

Dính kẹt với ngoài rìa

Trong một thí nghiệm, đội khoa học đã tạo ra một hệ trong đó tính chất quang của các đường dẫn sóng – và khoảng cách giữa chúng – không giống hệt nhau. Thay vậy, cấu trúc đó thật ra là một giả tinh thể mô tả bởi mô hình Aubry–André (AA). Khi chiếu một xung ánh sáng vào một đường dẫn sóng ở chính giữa của giả tinh thể, nó lan sang những đường dẫn kế bên khi nó truyền qua. Tuy nhiên, khi chiếu một xung sáng vào đường dẫn

sóng đó tại rìa trái của giả tinh thể thì toàn bộ ánh sáng vẫn ở trong kênh đó, theo các nhà khoa học thì đây là "một dấu hiệu rõ ràng của sự tồn tại của một trạng thái biên định xứ".

Trong thí nghiệm tiếp theo, đội khoa học tập trung vào một hiệu ứng gọi là "bơm đoạn nhiệt", nhờ đó ánh sáng truyền từ rìa này của một dụng cụ sang dụng cụ rìa kia – một hiệu ứng tô pô học đã nhìn thấy ở những chất liệu biểu hiện IQHE. Để thấy sự bơm này, đội khoa học đã tạo ra một giả tinh thể thứ hai dựa trên một phiên bản khác của mô hình AA. Khi đưa một xung sáng vào một đường dẫn sóng tại rìa của dụng cụ thì ánh sáng truyền qua dụng cụ với toàn bộ ánh sáng đi tới đường dẫn sóng tại rìa bên kia (xem hình). Vì thế một lần nữa, một giả tinh thể 1D dường như hành xử theo kiểu giống như một hệ có tô pô 2D.

Các nhà vật lí giải thích hành trạng lạ lùng này bởi việc trình bày rằng mô hình AA có chứa một thông số cung cấp một mô tả toán học của giả tinh thể. Theo họ, đây có thể xem là một chiều bổ sung – nâng tô pô đó lên 2D.

Theo Kraus, khám phá này thật thú vị vì nó có nghĩa là những hệ có tô pô cao hơn 3D có thể được tạo ra bằng giả tinh thể - đó sẽ là một món hời lớn đối với vật lí cơ bản. Đồng thời, cũng có thể sử dụng giả tinh thể để tạo ra những dụng cụ thực tế dựa trên những chất liệu có tô pô nhất định.

Đội nghiên cứu hiện đang khảo sát cách tạo ra một giả tinh thể 2D có tô pô 4D.

Tham khảo:
http://prl.aps.org/pdf/PRL/v109/i10/e106402

Phải chăng năng lượng và động lượng không bảo toàn đối với vật chất bình thường?

Hai nhà toán học – một người ở trường Đại học Indiana, và người kia ở trường Đại học Tứ Xuyên, Trung Quốc – vừa đề xuất một lí thuyết của vật chất tối và năng lượng tối làm thay đổi các phương trình Einstein mô tả các tính chất cơ bản của sự hấp dẫn.

Shouhong Wang (Đại học Indiana) và Tian Ma (Đại học Tứ Xuyên) đề xuất rằng định luật bảo toàn năng lượng và động lượng trong không thời gian chỉ có giá trị khi vật chất bình thường, vật chất tối và năng lượng tối đều được xét tới. Họ cho rằng, chỉ với riêng vật chất bình thường, thì năng lượng và động lượng không còn bảo toàn nữa.

Trong khi vẫn sử dụng metric của không-thời gian cong mà Einstein đã dùng trong phương trình trường của ông, hai nhà nghiên cứu trên cho rằng sự có mặt của vật chất tối và năng lượng tối – theo các nhà khoa học thì chúng chiếm ít nhất 95% của vũ trụ - đòi hỏi một tập hợp mới những phương trình trường hấp dẫn xét đến một loại năng lượng mới gây ra bởi sự phân bố không đều của vật chất trong vũ trụ. Năng lượng mới này có thể dương lẫn âm, và tổng năng lượng đó trong không-thời gian được bảo toàn.

Chính không thời gian cong, cùng với một trường thế vô hướng mới biểu diễn mật độ năng lượng mới, và các tương tác giữa hai bên tạo nên cơ sở cho các phương trình trường hấp dẫn mới.

"Nhiều người đã đi tới những lí thuyết khác nhau cho năng lượng tối," Wang nói. "Thật không may, bí ẩn vẫn còn đó, và thật vậy, bản chất của năng

lượng tối bây giờ có lẽ là bí ẩn nổi cộm nhất trong vũ trụ học và thiên văn vật lí học. Nó được xem là bài toán khó nuốt nhất trong vật lí lí thuyết.

"Một bí ẩn lớn nữa về vũ trụ của chúng ta là nó chứa vật chất nhiều hơn so với cái có thể giải thích ở những ngôi sao nhìn thấy của chúng ta. Khối lượng còn thiếu được đặt tên là vật chất tối, và bất chấp nhiều nỗ lực nhằm phát hiện vật chất tối, bí ẩn vẫn còn đó và thậm chí còn sâu sắc hơn."

Hai nhà nghiên cứu cho rằng tensor năng lượng-xung lượng của vật chất bình thường không còn được bảo toàn và những phương trình trường hấp dẫn mới suy ra từ nguyên lí tương đương và thuyết tương đối rộng Einstein, và nguyên lí động lực học Lagrange, giống hệt như Einstein đã suy ra các phương trình trường của ông. Wang cho biết các phương trình mới đó là kết quả độc đáo của sự không bảo toàn của tensor năng lượng-xung lượng của vật chất bình thường.

Khi Eintein phát triển lí thuyết của ông, năng lượng tối và vật chất tối vẫn chưa được khám phá ra, nên thật tự nhiên cho ông bắt đầu lí thuyết của mình bằng cách sử dụng sự bảo toàn năng lượng và động lượng của vật chất bình thường.

"Sự khác biệt giữa các phương trình trường mới và các phương trình Einstein là sự bổ sung thêm một đạo hàm hiệp biến bậc hai của một trường thế vô hướng," ông nói. "Lí thuyết hấp dẫn đã thay đổi về căn bản và nay được mô tả bằng metric của không thời gian cong, trường thế vô hướng mới và các tương tác của chúng."

Các tensor mang lại một khuôn khổ súc tích để giải các bài toán thuyết tương đối rộng và tensor năng lượng-xung lượng định lượng mật độ và dòng năng lượng và xung lượng trong không thời gian. Đạo hàm hiệp biến bậc hai đó sẽ là một tương đương hình học của một đạo hàm bậc hai trong giải tích đo tốc độ biến thiên của một đại lượng khi chính nó đang biến thiên.

Cùng với trường vô hướng đó là một mật độ thế năng vô hướng gồm những năng lượng dương và âm và biểu diễn một loại năng lượng mới gây ra bởi sự phân bố không đều của vật chất trong vũ trụ. Mật độ thế năng vô hướng đó biến thiên vì các thiên hà chuyển động và vật chất phân bố lại, ảnh hưởng đến mọi bộ phận của vũ trụ xét như một trường.

Wang cho biết năng lượng âm tạo ra lực hút còn năng lượng dương tạo ra lực đẩy khác về căn bản với bốn lực – lực hấp dẫn, lực điện từ, lực yếu và lực mạnh – được công nhận trong vật lí ngày nay.

"Điều quan trọng nhất là năng lượng mới này và các phương trình trường mới mang lại một lí thuyết thống nhất cho cả năng lượng tối và vật chất tối, cái cho đến nay vẫn được xem là hai con dã thú hoàn toàn khác nhau chỉ có chung một chữ "tối" trong tên gọi mà thôi. Cả vật chất tối và năng lượng tối bây giờ có thể biểu diễn bằng tổng của mật độ thế năng vô hướng mới và năng lượng kết hợp giữa tensor năng lượng-xung lượng và trường thế vô hướng," Wang nói.

Phần âm của tổng này biểu diễn vật chất tối, cái tạo ra lực hút, và phần dương biểu diễn năng lượng tối, cái tạo ra sự tăng tốc của các thiên hà đang giãn nở.

"Tóm lại, chúng tôi tin rằng lí thuyết hấp dẫn mới đó sẽ làm thay đổi quan điểm của chúng ta về năng lượng, các tương tác hấp dẫn, và cấu trúc và sự hình thành của vũ trụ của chúng ta," Wang nói.

Wang cho biết các phương trình trường mới đó cũng đưa đến một công thức lực hấp dẫn Newton cải tiến cho thấy vật chất tối giữ một vai trò

quan trọng hơn quy mô một thiên hà cỡ từ 1.000 đến 100.000 năm ánh sáng, nhưng ít quan trọng hơn ở quy mô lớn hơn, nơi năng lượng tối sẽ là đáng kể (hơn 10 triệu năm ánh sáng).

Tham khảo: http://arxiv.org/pdf/1206.5078v2.pdf

Năng lượng tối là có thật

Theo một nhóm nhà thiên văn tại trường Đại học Portsmouth và LMU Munich, năng lượng tối – một chất liệu bí ẩn được cho là đang gây ra sự giãn nở tăng tốc của Vũ trụ - là có thật.

Sau một nghiên cứu kéo dài hai năm dưới sự chỉ đạo của Tommaso Giannantonio và Robert Crittenden, các nhà nghiên cứu kết luận khả năng cho sự tồn tại của năng lượng tối là 99,996%. Kết quả nghiên cứu của họ công bố trên tạp chí *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

Giáo sư Bob Nichol, một thành viên thuộc đội Portsmouth, phát biểu rằng "Năng lượng tối là một trong những bí ẩn khoa học lớn nhất của thời đại chúng ta, cho nên chẳng có gì bất ngờ khi mà có nhiều nhà vật lí nghi vấn sự tồn tại của nó.

"Nhưng với nghiên cứu mới của chúng tôi, chúng tôi chắc chắn hơn bao giờ hết rằng thành phần kì lạ này của Vũ trụ là có thật – mặc dù chúng tôi vẫn không biết nó được cấu tạo từ cái gì."

Hơn một thập kỉ trước, các nhà thiên văn quan sát độ sáng của những sao siêu mới ở xa nhận ra rằng sự giãn nở của Vũ trụ dường như đang tăng tốc. Sự tăng tốc đó được quy cho lực đẩy gắn liền với năng lượng tối ngày nay được cho là chiếm 73% thành phần của vũ trụ. Các nhà vật lí thực hiện khám phá này đã nhận Giải Nobel Vật lí 2011, nhưng sự tồn tại của năng lượng tối vẫn là một đề tài gây tranh cãi sôi nổi.

Nhiều kĩ thuật khác đã được sử dụng để xác nhận tính có thật của năng lượng tối nhưng chúng hoặc là những khảo sát gián tiếp của Vũ trụ đang tăng tốc hoặc bị sa vào những bất định của riêng chúng. Bằng chứng rõ ràng cho năng lượng tối đến từ hiệu ứng Sachs Wolfe Tích hợp, hiện tượng mang tên Rainer Sachs và Arthur Wolfe.

Phông nền Vi sóng Vũ trụ, bức xạ nhiệt tàn dư của Big Bang, được nhìn thấy đều khắp bầu trời. Vào năm 1967, Sachs và Wolfe đề xuất rằng ánh sáng từ bức xạ này sẽ trở nên hơi xanh hơn một chút khi nó đi qua trường hấp dẫn của những cụm vật chất, một hiệu ứng gọi là sự lệch đỏ do hấp dẫn.

Vào năm 1996, Robert Crittenden và Neil Turok, nay làm việc tại Viện Perimeter ở Canada, đã đưa quan điểm này lên một mức nữa, họ đề xuất rằng các nhà thiên văn có thể tìm kiếm những biến thiên nhỏ này trong năng lượng của ánh sáng, hay của những photon đó, bằng cách so sánh nhiệt độ của bức xạ nền với các bản đồ thiên hà của Vũ trụ địa phương.

Khi không có năng lượng tối, hay một độ cong lớn trong Vũ trụ, sẽ không có sự tương ứng giữa hai bản đồ này (phông nền vi sóng vũ trụ ở xa và sự phân bố tương đối gần hơn của các thiên hà), nhưng sự tồn tại của năng lượng tối sẽ đưa đến hiệu ứng kì lạ, phản trực giác, trong đó các photon nền vi sóng vũ trụ sẽ thu năng lượng khi chúng đi qua những cụm khối lượng lớn.

Hiệu ứng Sachs Wolfe Tích hợp được phát hiện ra lần đầu tiên vào năm 2003, và lập tức được xem là bằng chứng xác thực cho năng lượng tối, được tạp chí *Science* đánh giá là "Khám phá của năm".

Nhưng tín hiệu là yếu vì sự tương quan như trông đợi giữa hai tấm bản đồ là nhỏ và vì thế một số nhà khoa học đề xuất rằng nó có nguyên nhân từ những nguồn khác, ví dụ như bụi trong thiên hà của chúng ta. Kể từ những bài báo Sachs Wolfe Tích hợp đầu tiên đó, một số nhà khoa học bắt đầu nghi vấn những phát hiện ban đầu của hiệu ứng, và vì thế khiến bằng chứng có sức mạnh nhất từ trước đến nay đó bị nghi ngờ.

Trong bài báo mới, sản phẩm của gần hai năm nghiên cứu, đội khoa học đã xét lại tất cả các luận cứ dựa trên sự phát hiện hiệu ứng Sachs Wolfe Tích hợp đồng thời cải tiến các bản đồ dùng trong nghiên cứu ban đầu. Trong phân tích tỉ mỉ của họ, họ kết luận rằng có khả năng 99,996% năng lượng tối là nguyên nhân gây ra những chỗ nóng hơn của bản đồ phông nền vi sóng vũ trụ (hay cùng mức ý nghĩa thống kê như khám phá mới đây của boson Higgs).

Theo Tommaso Giannantonio, công trình này cũng sẽ cho chúng ta biết về những cải tiến có thể có cho lí thuyết tương đối rộng Einstein.

Tham khảo: arxiv.org/abs/1209.2125

Các photon nặng quá nhẹ để là vật chất tối

Buồn thay, vật chất tối không được cấu tạo từ ánh sáng. Điều đó nghe có vẻ hiển nhiên, nhưng nhiều nhà vật lí đã và đang nuôi hi vọng rằng các photon – những hạt ánh sáng – có thể giúp chúng ta ghép lại những mảnh bản chất của chất liệu bí ẩn mà người ta cho là chiếm tới 85% vật chất trong vũ trụ.

Nhưng theo Vitor Cardoso thuộc trường Đại học Kĩ thuật Lisbon ở Bồ Đào Nha và các đồng sự thì có lẽ họ đã bác bỏ được quan điểm này.

Một số lí thuyết đã gợi ý rằng "các photon nặng", những phiên bản giả định của những hạt photon không khối lượng vốn quen thuộc hơn, có thể là vật chất tối. Theo quan điểm đó, photon nặng sẽ có một khối lượng nhất định và có thể mang một lực cơ bản chưa biết cho phép nó chỉ tương tác với những photon bình thường – làm ẩn nó một cách hiệu quả trước thế giới nhìn thấy.

Trong trường hợp đó, các photon nặng đi qua gần những lỗ đen sẽ có những hiệu ứng có thể để ý thấy được, Cardoso nói.

Khi đa số những hạt có khối lượng tiến đến quá gần một lỗ đen, chúng rơi vào trong, không bao giờ được nhìn thấy lần nữa. Những photon không khối lượng có thể sớt qua bờ vực nguy hiểm nếu chúng có quỹ đạo thích hợp. Nhưng một photon có khối lượng rất nhỏ có thể đi vào quỹ đạo của lỗ đen đang quay tròn và đánh cắp một phần moment động lượng của nó. Nếu các điều kiện thích hợp, thì quá trình này có thể tiếp tục cho đến khi những hạt đang quay tròn làm chậm lỗ đen nhiều đến mức cuối cùng thì nó ngừng quay.

Cardoso và các đồng sự đã tính được thời gian cần thiết để những photon có khối lượng nhất định rút hết spin của một lỗ đen. Sau đó họ đã khảo sát dữ liệu về tuổi và tốc độ quay của tám lỗ đen siêu khối. Tuổi của những lỗ đen đang quay tròn già nhất đặt ra một giới hạn trên lên khối lượng của photon. Nếu nó thật sự tồn tại, thì photon nặng phải nhẹ hơn 10^{-20} electron volt – một giá trị rất không có khả năng xảy ra – theo

kết luận của đội nghiên cứu. (arxiv.org/abs/1209.0465).

"Chúng tôi đang ràng buộc và gạt sang một bên những gì không phải là vật chất tối," Cardoso nói.

Alfred Goldhaber thuộc trường Đại học Stony Brook ở New York cho biết nếu các lỗ đen có plasma tích điện xoáy xung quanh chúng, thì chuyển động bị chậm lại của một photon đi qua plasma đó có thể khiến nó hành xử như thể nó có khối lượng, dẫn tới những tính toán sai lạc. Cardoso bào chữa rằng khối lượng biểu kiến này chỉ ảnh hưởng đến những cái ở thang bậc dưới nguyên tử - còn khối lượng thật sự của photon là cái đang xét ở kích cỡ của lỗ đen.

Nghiên cứu lỗ đen để đo khối lượng photon

Một đội nhà khoa học tại trường Đại học **Mississippi** vừa công bố một bài báo trên tạp chí *Physical Review Letters*, trong đó họ trình bày một cách sử dụng các quan trắc thiên văn để kiểm tra một phương diện cơ bản của Mô hình Chuẩn - ấy là các photon có khối lượng. Họ đã sử dụng các quan sát lỗ đen siêu khối, xác định ràng buộc tốt nhất từ trước đến nay cho khối lượng hạt photon.

Theo bài báo trên, nếu các photon có khối lượng thì chúng sẽ gây ra sự mất cân bằng làm chậm dần chuyển động quay của mọi lỗ đen trong vũ trụ. Nhưng các nhà thiên văn cho chúng ta biết rằng những lỗ đen khổng lồ, siêu khối tại tâm của các thiên hà hiện đang quay tròn, nên sự mất cân bằng này không thể nào quá lớn.

Do đó, khối lượng của hạt photon, nếu như nó có khối lượng, phải hết sức nhỏ.

Các photo cực nhẹ với khối lượng khác không sẽ tạo ra một loại "bom lỗ đen": một sự mất cân bằng mạnh sẽ rút năng lượng ra khỏi lỗ đen rất nhanh. Theo Paolo Pani, tác giả đứng tên đầu của bài báo trên, "Sự tồn tại của những hạt như vậy bị ràng buộc bởi sự quan sát những lỗ đen đang quay tròn. Với kĩ thuật này, chúng tôi đã thành công trong việc ràng buộc khối lượng của hạt photon đến mức chưa có tiền lệ: khối lượng đó phải một trăm tỉ tỉ lần nhỏ hơn ràng buộc hiện nay đối với khối lượng neutrino – khoảng 2 electronvolt."

Những kết quả của bài báo này có thể dùng để nghiên cứu sự tồn tại của những hạt mới, ví dụ như những hạt có khả năng đóng góp cho vật chất tối là đề tài nghiên cứu với Máy Va chạm Hadron Lớn của CERN ở Geneva. CERN là nơi công bố đã khám phá ra hạt giống với boson Higgs hồi đầu năm nay.

Khám phá đó đã lấp đầy một trong những chỗ trống quan trọng nhất trong Mô hình Chuẩn của ngành vật lí hạt cơ bản, vì nó giải thích các hạt thu lấy khối lượng như thế nào. Tuy nhiên, không phải hạt nào cũng có khối lượng. Vật lí học tiến bộ là nhờ sự kiểm tra và xác thực các lí thuyết được công nhận rộng rãi. Cho nên, nếu chúng ta tin rằng một hạt không có khối lượng (như trường hợp photon), thì tốt hơn hết là chúng ta nên kiểm tra với những thí nghiệm chính xác.

Quan sát các lỗ đen siêu khối có thể mang lại kiến thức mới sâu sắc mà chúng ta không thể truy xuất được với các thí nghiệm trong phòng lab. Có lẽ những tiền tuyến mới này trong lĩnh vực thiên văn vật lí sẽ giúp chúng ta hiểu rõ hơn vũ trụ vi mô.

Đề xuất áo tàng hình electron

Các nhà vật lí ở Mĩ vừa đề xuất một phương pháp chế tạo "áo tàng hình electron" – một vật vô hình trước các electron. Được truyền cảm hứng từ những áo tàng hình che giấu các vật trước ánh sáng hoặc sóng âm, áo tàng hình electron sẽ gồm một cấu trúc nhỏ xíu có kích cỡ chừng bằng bước sóng của những electron mà nó muốn che giấu. Mặc dù thiết kế chưa từng được kiểm tra trong phòng thí nghiệm, nhưng nó có thể dùng để chế tạo những dụng cụ điện tử mới lạ và có lẽ còn giúp phát triển những chất liệu nhiệt điện tốt hơn cho hiệu suất khai thác và biến đổi năng lượng cao hơn.

Các nhà nghiên cứu đã thành công trong việc chế tạo "áo tàng hình" che giấu các vật trước sóng điện từ. Những cái áo tàng hình như vậy làm từ những "siêu chất liệu", những cấu trúc nhân tạo có quang tính đặc biệt như chiết suất âm. Những cấu trúc này được sắp xếp theo một kiểu sao cho các sóng tới chảy nhẹ nhàng vòng qua áo, gặp nhau ở phía bên kia như thể cái áo không có mặt ở đó. Nguyên lí tương tự cũng được áp dụng để chế tạo áo tàng hình trước sóng âm.

Theo cơ học lượng tử, các electron hành xử giống như sóng, và nay những tính toán mới của Gang Chen và các đồng sự tại Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) cho thấy áo tàng hình trước electron là có thể chế tạo được. Các nhà nghiên cứu đã đưa ra một thiết kế thực tế sẽ làm bằng những hạt nano gồm một cái nhân bên trong và một lớp vỏ bên ngoài. Hạt nano nhân-vỏ đó có thể nhúng trong một chất bán dẫn chủ, để nó không làm méo dòng chảy của các electron.

Các electron thường truyền đi dưới dạng sóng trên một khoảng cách nhất định trước khi phân hủy pha sóng của chúng. Trên cái gọi là chiều dài truyền kết hợp này, các hạt biểu hiện hành trạng sóng đặc trưng, ví dụ như sự chồng chất biên độ (hay giao thoa).

"Trong thiết kế áo tàng hình electron của chúng tôi, các hạt nano nhân-vỏ về cơ bản mang lại những tiếp giáp bội, nơi các sóng electron bị phản xạ," giải thích của thành viên đội nghiên cứu Bolin Liao. "Qua sự nắn kĩ lưỡng của các tiếp giáp đó, các sóng electron bội đi ra từ các tiếp giáp có thể giao thoa triệt tiêu với nhau và hủy mất sự phản xạ toàn phần gần như hoàn toàn. Những sóng electron có 'năng lượng thích hợp' khi đó có thể truyền qua cấu trúc hạt nano mà không bị phản xạ, như thể chẳng có cái gì trên đường đi của chúng." Các cấu trúc hạt nano có kích cỡ chừng bằng bước sóng của bản thân các electron – khoảng 10 nm trong nghiên cứu MIT.

Những cái áo tàng hình electron như vậy có thể có ứng dụng ở những nơi cần có độ linh động electron cao, ví dụ như trong điện tử học bán dẫn. Chen nói, "Chúng tôi còn có thể thiết kế những công tắc điện tử mới lạ chuyển từ trạng thái nhìn thấy (cấu trúc 'mở') sang cấu trúc vô hình ('đóng')."

Đội nghiên cứu hiện đang tất bật triển khai lí thuyết của họ vào thực tế, bằng cách thử chế tạo những áo tàng hình electron hạt nano nhân-vỏ thật sự. "Chúng tôi cũng đang xét việc mở rộng ý tưởng của chúng tôi cho những cấu trúc thấp chiều hơn," Mona Zebarjadi, một thành viên đội nghiên cứu cho biết.