

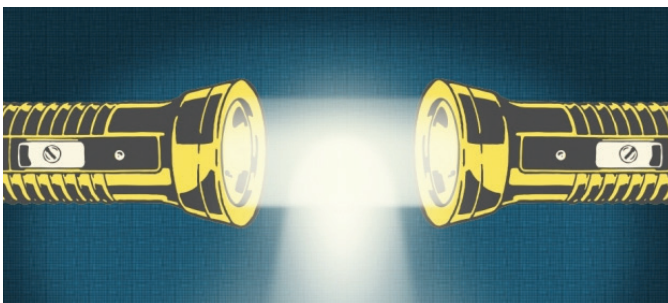


MỘT DẠNG VẬT CHẤT MỚI

Những “thanh gươm ánh sáng” vốn chỉ được thấy trong các bộ phim khoa học viễn tưởng đang có khả năng trở thành hiện thực khi các nhà vật lý học đã tìm ra phương pháp để các photon tương tác với nhau và tạo nên một dạng vật chất mới, được gọi là vật chất photonic. Đây thực sự là một thành tựu đáng kể của vật lý đương đại, vì vật chất photonic mở ra nhiều triển vọng ứng dụng trong tương lai, đặc biệt là trong tính toán lượng tử.

“Bẻ cong” quy tắc vật lý

Hãy tiến hành một thí nghiệm: cho hai chiếc đèn pin chiếu sáng đối diện nhau, chúng ta không thấy điều gì khác thường. Sở dĩ như vậy vì các photon phát ra ở đây không tương tác với nhau nên chúng đi qua nhau như hai bóng ma trong đêm (hình 1). Song nếu các photon có thể tương tác với nhau (hút nhau hay



Hình 1. Các photon không tương tác với nhau.

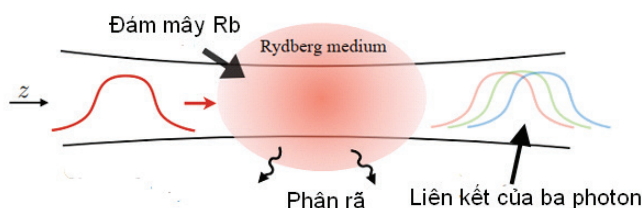
đẩy nhau) như những nguyên tử thông thường thì điều gì sẽ xảy ra? Phải chăng các thanh kiếm ánh sáng như trong các bộ phim giả tưởng sẽ trở thành hiện thực? Điều đó nghe có vẻ phi lý, vì nó “bẻ cong” quy tắc vật lý. Như chúng ta biết, trong khuôn khổ của Điện động lực học lượng tử (Quantum Electrodynamics - QED), các hạt photon không tương tác với nhau.

Tuy nhiên “ngịch lý” này mới đây đã được các nhà vật lý của Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT) và Đại học Harvard (Mỹ) chứng minh. Họ đã tìm được phương pháp để các photon tương tác với nhau trong môi trường phi tuyến, ở đó tương tác giữa các photon được thực hiện nhờ trạng thái Rydberg¹ nguyên tử. Sự tương tác giữa các photon đã tạo nên một loại vật chất mới là photonic (photonic matter) [1].

¹Trạng thái Rydberg là trạng thái của một nguyên tử hay một phân tử trong đó có một electron được kích thích đến một số lượng tử quỹ đạo chính và cao nhất.

Mô tả thí nghiệm

Trong thí nghiệm đăng trên Tạp chí Science [2], các nhà khoa học đã chiếu một tia laser yếu qua một đám mây mật độ lớn của các nguyên tử Rubidium (Rb) siêu lạnh và quan sát thấy rằng, thay vì thoát khỏi đám mây thành các photon đơn lẻ một cách ngẫu nhiên, các photon liên kết với nhau theo cặp hoặc theo bộ 3. Điều đó chứng tỏ một loại tương tác (ở đây là tương tác hút) đã xuất hiện giữa chúng (hình 2).



Hình 2. Thí nghiệm tạo liên kết photon.

Trong khi các photon thường không có khối lượng và di chuyển với tốc độ 300.000 km/s (vận tốc ánh sáng), thì trong thí nghiệm các nhà vật lý phát hiện thấy các photon tương tác có một khối lượng rất nhỏ, bằng một phần của electron và có vận tốc nhỏ hơn 100.000 lần so với photon thông thường (không tương tác).

Valanda Vuletic (người đứng đầu nhóm nghiên cứu) cho biết, kết quả nghiên cứu chứng tỏ các photon thực sự có thể tương tác hoặc vướng vào nhau. Nếu chế ngự được các photon có tương tác này thì có thể sử dụng trong các phép tính lượng tử “siêu” nhanh và phức tạp. Đây cũng là ước mơ của các nhà vật lý.

Để tìm cách liên kết nhiều hơn các photon lại với nhau, Valanda Vuletic và các cộng sự đã thực hiện một thí nghiệm tương tự thí nghiệm trên. Ban đầu, họ làm lạnh một đám mây nguyên tử Rb đến mức “siêu lạnh”, ở nhiệt độ chừng một phần triệu độ không tuyệt đối (absolute zero). Sau đó họ chiếu một tia laser yếu xuyên qua đám mây Rb “siêu lạnh” này (tia laser yếu đến mức cùng một lúc chỉ một số lượng nhỏ photon truyền qua đám mây). Kết quả đo các photon khi chui qua đám mây cho thấy, chúng đi với nhau thành cặp hoặc bộ ba và đặc biệt là pha của chúng có sự thay đổi² trước và sau khi đi qua đám mây nguyên tử; pha của các bộ 3 photon lớn gấp 3 lần pha của các bộ 2 photon. Điều này chứng tỏ không chỉ các photon độc

lập tương tác với nhau mà tất cả chúng đều tương tác với nhau một cách mạnh mẽ.

Giải thuyết về tương tác của các photon

Giải thuyết về điều gì đã tạo ra tương tác giữa các photon, các nhà nghiên cứu cho rằng: khi 1 photon đơn lẻ đi qua đám mây nguyên tử, nó dừng lại trên một nguyên tử gần nó một cách chớp nhoáng rồi chuyển sang dừng lại trên một nguyên tử khác..., cứ như vậy tạo thành một polariton - hạt lai có cấu trúc: photon + nguyên tử. Nếu một photon khác đồng thời di chuyển qua đám mây, nó cũng có “hành động” tương tự và tạo thành polariton. Hai polariton có thể tương tác với nhau nhờ thành phần nguyên tử. Đám mây các nguyên tử Rb sẽ lưu lại trạng thái ban đầu trong khi các photon rời xa đám mây trong trạng thái liên kết. Trong trường hợp 3 photon ta có một liên kết mạnh hơn liên kết giữa 2 photon³. Sự tương tác giữa photon chỉ xảy ra trong vòng một phần triệu giây song cũng đủ cho các photon liên kết với nhau ngay cả sau khi rời đám mây Rb. Điều quan trọng ở đây chính là khi các photon đi qua môi trường Rb, bất cứ điều gì xảy ra trong môi trường, chúng sẽ “nhớ” khi thoát ra ngoài. Photon có thể di chuyển rất nhanh qua những khoảng cách dài. Nếu photon có thể ảnh hưởng lẫn nhau và nếu chúng ta có thể làm chúng rối lượng tử với nhau thì chúng ta có thể sử dụng chúng để phân phối thông tin lượng tử một cách rất hữu ích.

Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu sẽ tìm cách để “ép” các photon tương tác theo các cách khác như không phải hút nhau mà đẩy nhau và tán xạ lên nhau như những quả bóng bi-a. “Trong trường hợp photon đẩy nhau, chúng ta có thể tạo nên những dạng như tinh thể ánh sáng hay nhiều điều vô cùng bất ngờ khác - đó là “vùng đất mới” chưa từng được biết đến” - Vuletic cho biết.

Cao Chi

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Qi-Yu Liang, Aditya V. Venkatramani, Sergio H. Cantu, Travis L. Nicholson, Michael J. Gullans, Alexey V. Gorshkov, Jeff D. Thompson, Cheng Chin, Mikhail D. Lukin, and Vladan Vuletic (2018), “Observation of three-photon bound states in a quantum nonlinear medium”, *Science*, **359**(6377), pp.783-786; doi: 10.1126/science.aao7293.

[2] Jennifer Chu (2018), *Physicists create new form of light*, MIT News: <http://news.mit.edu/2018/physicists-create-new-form-light-0215>.

²Pha các photon cho chúng ta biết tần số dao động của nó. Nếu pha càng lớn thì tương tác giữa các photon liên kết với nhau càng mạnh.

³Riêng hiện tượng liên kết giữa 3 photon (nhiều hơn 2 photon) cũng đã là một điều rất thú vị.