

QUAN SÁT ĐIỆN TỬ CHUI HẦM TRỰC TIẾP

Giáo sư Ferenc Krausz, lãnh đạo nhóm nghiên cứu

Điện trường mạnh từ một xung laser mạnh có thể khiến cho điện tử chui hầm ra khỏi nguyên tử chỉ trong thời gian một phần triệu-triệu giây.

Giáo sư Ferenc Krausz, lãnh đạo nhóm nghiên cứu

Điện trường mạnh từ một xung laser mạnh có thể khiến cho điện tử chui hầm ra khỏi nguyên tử chỉ trong thời gian một phần triệu-triệu giây.

Mới đây, các nhà vật lý Đức đã lần đầu tiên quan sát hiệu ứng cơ học lượng tử này như được xuất phát từ thời gian thực. Sự nhảy bậc này sẽ dọn đường cho một kỹ thuật mới mà có thể thăm dò các trạng thái tồn tại ở thời gian ngắn của nguyên tử hay phân tử mà có thể đem lại những thông tin trực tiếp về động học chui hầm của điện tử (Các kết quả này vừa công bố trên tạp chí Nature).

Một xung laser chứa một số lượng nhỏ các dao động của điện trường có thể kéo điện tử ở lớp ngoài của nguyên tử ra khỏi liên kết hạt nhân. Tại đỉnh dao động, điện tử lớp ngoài có thể bị kéo mạnh khiến cho điện tử có thể thoát ra (hay chui hầm) ra khỏi nguyên tử, thậm chí kể cả khi điện tử chưa đủ năng lượng để thoát khỏi lực hút của hạt nhân. Nhưng hiệu ứng này xảy ra nhanh đến mức mà các thiết bị hiện tại chỉ có thể quan sát được trạng thái cuối cùng là các nguyên tử bị ion hóa, mà không thể nhìn được các trạng thái trung gian nào.

Ferenc Krausz và các đồng nghiệp đến từ Viện Max Planck về Quang học Lượng tử đã tìm ra một

cách để cải tiến sự hạn chế đó bằng cách thăm dò nguyên tử với 2 xung laser với các bước sóng khác nhau để có thể điều chỉnh một cách thời gian chụp cực nhanh quá trình chui hầm. Kỹ thuật này bao gồm việc thăm dò các nguyên tử mà có các điện liên kết chặt, ví dụ các khí hiếm, mà trong trường hợp này sử dụng Neon - mà khó bị ion hóa bởi một xung laser đơn. Các nguyên tử được xử lý bằng cách kích thích bởi một xung laser, đẩy các điện tử lớp ngoài của nguyên tử tới vị trí mà nó có thể thực hiện việc chui hầm bằng xung ion hóa.

Nguyên lý chuyển mức điện tử (Theo Nature 446 (2007) 627).

Ở quá trình thứ hai, nếu như xung kích thích có bước sóng ngắn hơn nhiều so với xung ion hóa, nó có thể bị đảo lại tại nhiều thời điểm theo chu kỳ của xung ion hóa và chỉ tại những điểm này điện tử mới có khả năng nhảy đến điểm khả dĩ cho chui hầm. Và bằng cách ghi lại quá trình điện tử chui hầm trong chu kỳ của xung ion hóa, một bức tranh của việc điện tử từ từ thoát ra khỏi nguyên tử có thể phục hồi lại.

Trong thí nghiệm, hai xung phải được đồng bộ hóa tới cấp chính xác cỡ một vài phần triệu triệu giây để tạo độ chính xác. Để vượt qua chướng ngại này, Krausz và nhóm đã sử dụng từ một laser vùng hồng ngoại để tạo ra cả 2 xung. Đầu tiên, họ chiếu xung laser qua một vòi phun khí để tạo ra một xung laser cực ngắn vùng tử ngoại. Xung này sẽ đi tới mẫu các nguyên tử Neon cùng với xung ban đầu đã được làm trễ. Cuối cùng, người ta sử dụng hệ các gương để làm thay đổi sự trễ của xung này, và các nhà vật lý có thể ghi lại quá trình chui hầm của điện tử với độ phân giải thời gian đến dưới mức femto giây (10-15 s).

Xác suất điện tử có thể chui hầm (Theo Nature 446 (2007) 627).

Theo lý thuyết lượng tử, xác suất một điện tử chui hầm qua một rào thế sẽ tăng theo kiểu nhảy bậc với đỉnh của xung ion hóa. Và ngày nay, nhóm của Krausz đã lần đầu tiên khẳng định điều này một cách chính xác. Kỹ thuật chui hầm bằng ánh sáng cảm ứng ngày nay có thể sử dụng để cải tiến các quan sát về sự dịch chuyển của điện tử, đem lại cho các nhà khoa học những tầm nhìn chưa từng có những tiền lệ trong các lĩnh vực như vi điện tử, hay chụp ảnh sinh học. "Có thể sẽ còn có nhiều vấn đề với các trạng thái thoáng qua mà chúng ta vẫn chưa thể chụp ảnh được" - Jonathan Marangos, một chuyên gia về công nghệ femto giây phát biểu trên PhysicsWeb - "Và kỹ thuật này có thể giúp chúng ta thực hiện điều đó".

Vạn lý Độc hành