

Một trong những thành công lớn của thuyết lượng tử ánh sáng là giải thích được nhiều hiện tượng liên quan đến quang phổ của các nguyên tử.

I - MÔ HÌNH HÀNH TINH NGUYÊN TỬ



Nin-xơ Bo (Niels Bohr, 1885 - 1962), nhà vật lý Đan Mạch, là người đầu tiên xây dựng lý thuyết về cấu tạo nguyên tử theo tinh thần của thuyết lượng tử. Ông được giải Nobel về Vật lý năm 1922.

Năm 1911, sau nhiều công trình nghiên cứu công phu, Rơ-dơ-pho (Rutherford) đã đề xướng ra mẫu hành tinh nguyên tử. Tuy nhiên mẫu này đã gặp phải khó khăn là không giải thích được tính bền vững của các nguyên tử và sự tạo thành quang phổ vạch của các nguyên tử.



Năm 1913, Bo đã vận dụng thuyết lượng tử ánh sáng vào hệ thống nguyên tử và đề ra một mẫu nguyên tử mới gọi là mẫu nguyên tử Bo. Mẫu này đã giải thích được sự tạo thành quang phổ vạch của các nguyên tử, đặc biệt là nguyên tử hiđrô.

Trong mẫu này, Bo vẫn giữ mô hình hành tinh nguyên tử của Rơ-dơ-pho, nhưng ông cho rằng hệ thống nguyên tử bị chi phối bởi những quy luật đặc biệt có tính lượng tử mà ông đề ra dưới dạng hai giả thuyết. Người ta gọi chúng là hai tiên đề của Bo về cấu tạo nguyên tử.

Trình bày mẫu hành tinh nguyên tử của Rơ-dơ-pho.

II - CÁC TIÊN ĐỀ CỦA BO VỀ CẤU TẠO NGUYÊN TỬ

1. Tiên đề về các trạng thái dừng

Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định, gọi là các trạng thái dừng. Khi ở trong các trạng thái dừng thì nguyên tử không bức xạ.

Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

Đối với nguyên tử hiđrô, bán kính các quỹ đạo tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp :

Bán kính : $r_0 \quad 4r_0 \quad 9r_0 \quad 16r_0 \quad 25r_0 \quad 36r_0$

Tên quỹ đạo : $K \quad L \quad M \quad N \quad O \quad P$

với $r_0 = 5,3.10^{-11} \text{ m}$; r_0 gọi là bán kính Bo.

Ta hiểu năng lượng của nguyên tử ở đây bao gồm động năng của electron và thế năng tương tác tĩnh điện giữa electron và hạt nhân.

Bình thường, nguyên tử ở trong trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất và electron chuyển động trên quỹ đạo gần hạt nhân nhất. Đó là *trạng thái cơ bản*.

Khi hấp thụ năng lượng thì nguyên tử chuyển lên các trạng thái dừng có năng lượng cao hơn và electron chuyển động trên những quỹ đạo xa hạt nhân hơn. Đó là *các trạng thái kích thích*.

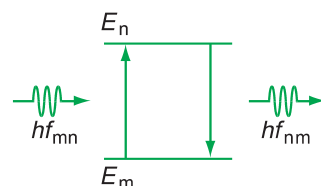
Các trạng thái kích thích có năng lượng càng cao thì ứng với bán kính quỹ đạo của electron càng lớn và trạng thái đó càng kém bền vững. Thời gian sống trung bình của nguyên tử trong các trạng thái kích thích rất ngắn (chỉ vào cỡ 10^{-8} s). Sau đó nó chuyển dần về các trạng thái có năng lượng thấp hơn, và cuối cùng về trạng thái cơ bản.

2. Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử


Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng (E_n) sang trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn (E_m) thì nó phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$:

$$\varepsilon = hf_{nm} = E_n - E_m \quad (33.1)$$

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trong trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được một photon có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng cao E_n (H.33.1).



Hình 33.1

 Nếu photon có năng lượng lớn hơn hiệu $E_n - E_m$ thì nguyên tử có hấp thụ được không ?

Tiên đề này cho thấy : Nếu một chất hấp thụ được ánh sáng có bước sóng nào thì nó cũng có thể phát ra ánh sáng có bước sóng ấy.



III - QUANG PHỔ PHÁT XẠ VÀ HẤP THỤ CỦA NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

Dùng mẫu nguyên tử Bo, người ta đã giải thích rất thành công các quy luật của quang phổ nguyên tử hiđrô.

Trước hết, dựa vào tiên đề về các trạng thái dừng và vào số liệu thực nghiệm về quang phổ, người ta đã xác định được năng lượng của electron trong nguyên tử hiđrô ở các trạng thái dừng khác nhau (các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô $E_K, E_L, E_M \dots$).

Khi electron chuyển từ mức năng lượng cao (E_{cao}) xuống mức năng lượng thấp hơn ($E_{thấp}$) thì nó phát ra một photon có năng lượng hoàn toàn xác định : $hf = E_{cao} - E_{thấp}$.

Mỗi photon có tần số f ứng với một sóng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = \frac{c}{f}$, tức là ứng với một vạch quang phổ có một màu (hay một vị trí) nhất định. Điều đó lý giải tại sao quang phổ phát xạ của nguyên tử hiđrô là quang phổ vạch.

Ngược lại, nếu một nguyên tử hiđrô đang ở một mức năng lượng $E_{thấp}$ nào đó mà nằm trong một chùm sáng trắng, trong đó có tất cả các photon có năng lượng từ lớn đến nhỏ khác nhau, thì lập tức nguyên tử đó sẽ hấp thụ ngay một photon có năng lượng phù hợp $\varepsilon = E_{cao} - E_{thấp}$ để chuyển lên mức năng lượng E_{cao} . Như vậy, một sóng ánh sáng đơn sắc đã bị hấp thụ, làm cho trên quang phổ liên tục xuất hiện một vạch tối. Do đó, quang phổ hấp thụ của nguyên tử hiđrô cũng là quang phổ vạch.

Mẫu nguyên tử Bo bao gồm mô hình hành tinh nguyên tử và hai tiên đề của Bo.

Tiên đề về các trạng thái dừng : Nguyên tử chỉ tồn tại ở trong các trạng thái có năng lượng xác định gọi là các trạng thái dừng. Khi ở các trạng thái dừng thì nguyên tử không bức xạ.

Ở các trạng thái dừng thì các electron chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử : Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_n sang trạng thái dừng có năng lượng E_m thấp hơn thì nó phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$:

$$\varepsilon = hf_{nm} = E_n - E_m$$

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được photon có năng lượng như trên thì nó sẽ chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_n .

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Mẫu nguyên tử Bo khác mẫu nguyên tử Rơ-dơ-pho ở điểm nào ?
2. Trình bày tiên đề Bo về các trạng thái dừng.
3. Trình bày tiên đề Bo về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử ?



4. Chọn câu đúng.

Trạng thái dừng là

- A. trạng thái electron không chuyển động quanh hạt nhân.
- B. trạng thái hạt nhân không dao động.
- C. trạng thái đứng yên của nguyên tử.
- D. trạng thái ổn định của hệ thống nguyên tử.

5. Xét ba mức năng lượng E_K, E_L và E_M của nguyên tử hiđrô (H.33.2). Một photon có năng lượng bằng $E_M - E_K$ bay đến gặp nguyên tử này.

_____ E_M
_____ E_L

_____ E_K

Nguyên tử sẽ hấp thụ photon và chuyển trạng thái như thế nào ?

- A. Không hấp thụ.
- B. Hấp thụ nhưng không chuyển trạng thái.
- C. Hấp thụ rồi chuyển dần từ K lên L rồi lên M.
- D. Hấp thụ rồi chuyển thẳng từ K lên M.

6. Có một đám nguyên tử của một nguyên tố mà mỗi nguyên tử có ba mức năng lượng E_K, E_L và E_M như Hình 33.2. Chiếu vào đám nguyên tử này một chùm sáng đơn sắc mà mỗi photon trong chùm có năng lượng là $\varepsilon = E_M - E_K$. Sau đó nghiên cứu quang phổ vạch phát xạ của đám nguyên tử trên. Ta sẽ thu được bao nhiêu vạch quang phổ ?

- A. Một vạch.
- B. Hai vạch.
- C. Ba vạch.
- D. Bốn vạch.

7. Ion crôm trong hồng ngọc phát ra ánh sáng đỏ có bước sóng 0,694 μm . Tính hiệu giữa hai mức năng lượng mà khi chuyển giữa hai mức đó, ion crôm phát ra ánh sáng nói trên.

Hình 33.2