

Quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô được giải thích như thế nào?

1. Mẫu nguyên tử Bo

Năm 1913, khi vận dụng thuyết lượng tử để giải thích sự tạo thành quang phổ của nguyên tố đơn giản nhất là hiđrô, nhà vật lí Bo đã bổ sung vào mẫu hành tinh nguyên tử của Rutherford hai giả thuyết sau đây, về sau được gọi là *các tiên đề của Bo*.

a) Tiên đề về trạng thái dừng

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

Bình thường, nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất gọi là *trạng thái cơ bản*. Khi hấp thụ năng lượng thì nguyên tử chuyển lên các trạng thái dừng có năng lượng cao hơn, gọi là *trạng thái kích thích*. Thời gian sống trung bình của nguyên tử trong các trạng thái kích thích rất ngắn (chỉ vào cỡ 10^{-8} s). Sau đó nguyên tử chuyển về các trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn, và cuối cùng về trạng thái cơ bản.

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

Bo đã tìm được công thức tính bán kính của quỹ đạo dừng của electron trong nguyên tử hiđrô :

$$r_n = n^2 r_0 \quad (47.1)$$



BO

(Niels Bohr, 1885 – 1962,
nhà vật lí người Đan Mạch,
giải Nô-ben năm 1922)

Năm 1911, dựa vào kết quả thí nghiệm dùng hạt α bắn phá các lá kim loại mỏng, Rutherford (Ernest Rutherford, 1871 – 1937, nhà vật lí người Anh, giải Nô-ben năm 1908) đã xây dựng một mẫu nguyên tử, gọi là *mẫu hành tinh*, có nội dung như sau : *Ở tâm nguyên tử có một hạt nhân mang điện dương, xung quanh hạt nhân có các electron mang điện âm chuyển động giống như các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời*. Nhưng mẫu này đã không giải thích được tính bền vững của nguyên tử và sự xuất hiện quang phổ vạch của nguyên tử.

với n là số nguyên và $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m, gọi là *bán kính Bo*. Đó chính là bán kính của quỹ đạo electron, ứng với trạng thái cơ bản của nguyên tử.

Người ta đặt tên cho các quỹ đạo dừng của electron ứng với n khác nhau như sau :

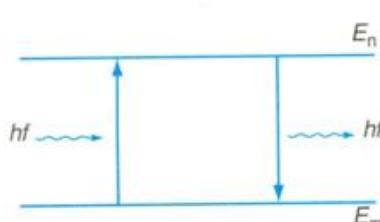
n	1	2	3	4	5	6 ...
Tên	K	L	M	N	O	P ...

b) 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 nhỏ hơn thì nguyên tử phát ra một phôtônen có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$.

$$E_n - E_m = hf \quad (47.2)$$

(h là hằng số Plăng ; n, m là những số nguyên).



Hình 47.1 Sự chuyển mức năng lượng khi hấp thụ và khi phát phôtônen.



BAN-ME

(Johann Jakob Balmer, 1825 – 1898,
nhà vật lý người Thụy Sĩ)

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được một phôtônen có năng lượng hf đúng bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng E_n lớn hơn.

Tiên đề này cho thấy, nếu một nguyên tử hấp thụ được một phôtônen có năng lượng hf đúng bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng cao E_n (Hình 47.1). Điều này giải thích được sự đảo vạch quang phổ (Bài 39).

Sự phát và hấp thụ phôtônen bởi nguyên tử được biểu diễn trên sơ đồ ở Hình 47.1, trong đó các đường nằm ngang, có ghi các kí hiệu E_n, E_m ở bên cạnh, biểu diễn các trạng thái dừng của nguyên tử có năng lượng E_n, E_m ; các đường này gọi là các *mức năng lượng*. Sự chuyển mức năng lượng được biểu thị bằng mũi tên.

Sự chuyển từ trạng thái dừng E_m sang trạng thái dừng E_n ứng với sự nhảy của electron từ quỹ đạo dừng có bán kính r_m sang quỹ đạo dừng có bán kính r_n và ngược lại.

2. Quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô

a) Khi khảo sát thực nghiệm quang phổ của nguyên tử hiđrô, người ta thấy các vạch phát xạ của nguyên tử hiđrô sắp xếp thành các dãy khác nhau.

Trong miền tử ngoại có một dãy, gọi là *dãy Lai-man* (Lyman). Dãy thứ hai, gọi là *dãy Ban-me* (Balmer), gồm các vạch nằm trong miền tử ngoại và một số vạch nằm trong miền ánh sáng nhìn thấy là : vạch đỏ H_α ($\lambda_\alpha = 0,6563 \mu\text{m}$), vạch lam H_β ($\lambda_\beta = 0,4861 \mu\text{m}$), vạch chàm H_γ ($\lambda_\gamma = 0,4340 \mu\text{m}$) và vạch tím H_δ ($\lambda_\delta = 0,4120 \mu\text{m}$) (Hình 47.2). Trong miền hồng ngoại có dãy gọi là *dãy Pa-sen* (Paschen).

b) Mẫu nguyên tử Bo giải thích được cấu trúc quang phổ vạch của hiđrô cả về định tính lẫn định lượng.

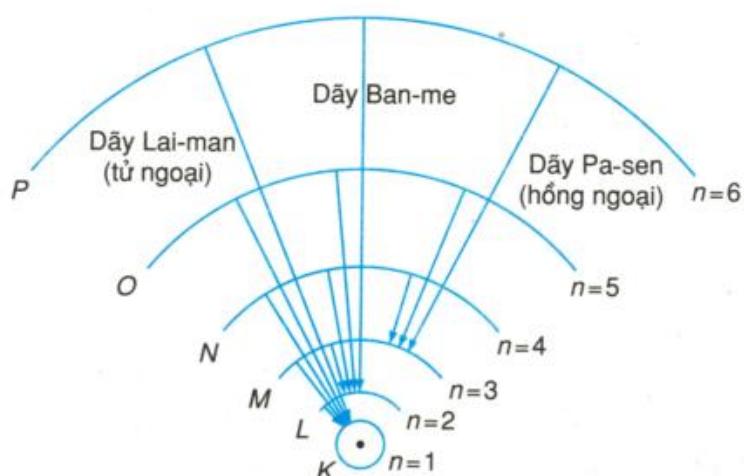
Khi nhận được năng lượng kích thích, các nguyên tử hiđrô chuyển từ trạng thái cơ bản E_1 lên các trạng thái kích thích khác nhau, tức là electron chuyển từ quỹ đạo dừng K (gần hạt nhân nhất) ra các quỹ đạo dừng ở phía ngoài. Khi chuyển về trạng thái cơ bản, các nguyên tử hiđrô sẽ phát ra các phôtô (các bức xạ) có tần số khác nhau. Vì vậy quang phổ của nguyên tử hiđrô là quang phổ vạch.



Hình 47.2 Vị trí các vạch trong dãy Ban-me trên nền quang phổ liên tục.

Trong một ống phóng điện, dù nhỏ, cũng có hàng tỉ tì nguyên tử khí ; một số nguyên tử thì phát vạch quang phổ này, một số khác lại phát vạch khác. Nhờ đó cùng một lúc, ta thu được nhiều dãy vạch, mỗi dãy lại có nhiều vạch.

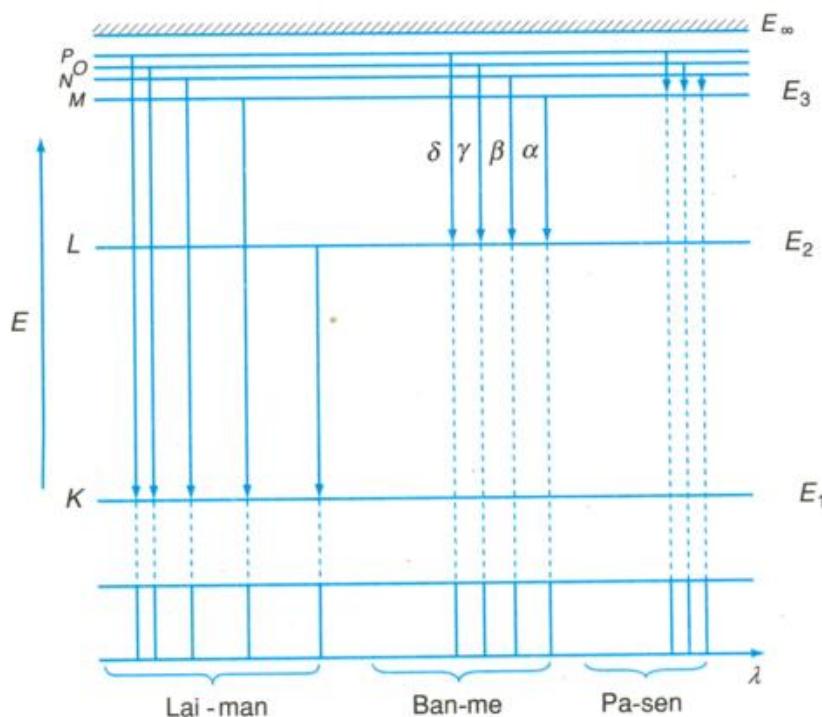
C1 Tính năng lượng của phôtô ứng với vạch lam H_β .



Hình 47.3 Sơ đồ chuyển electron từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác khi tạo thành các dãy quang phổ của hiđrô (vẽ phóng chừng độ dài các bán kính).

Dãy Lai-man được tạo thành khi electron chuyển từ các quỹ đạo dừng bên ngoài về quỹ đạo K (Hình 47.3) : $L \rightarrow K$; $M \rightarrow K$; $N \rightarrow K$... Dãy Ban-me được tạo thành khi electron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo L : $M \rightarrow L$ (vạch đỏ H_α) ; $N \rightarrow L$ (vạch lam H_β) ; $O \rightarrow L$ (vạch chàm H_γ) ; $P \rightarrow L$ (vạch tím H_δ)... Dãy Pa-sen được tạo thành khi electron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo M... Kết quả tính toán bước sóng của bốn vạch nhìn thấy H_α , H_β , H_γ và H_δ của quang phổ vạch của hiđrô trùng hợp với các kết quả thực nghiệm.

Sơ đồ chuyển mức năng lượng của nguyên tử hiđrô khi tạo thành các dãy quang phổ được biểu diễn trên Hình 47.4.



Hình 47.4 Sơ đồ chuyển mức năng lượng của nguyên tử hiđrô khi tạo thành các dãy quang phổ.

CÂU HỎI

- Trình bày hai tiên đề của Bo.
- Mô tả quang phổ vạch của hiđrô và giải thích sự tạo thành các dãy quang phổ.

BÀI TẬP

- Trạng thái dừng của một nguyên tử là
 - trạng thái đứng yên của nguyên tử.
 - trạng thái chuyển động đều của nguyên tử.
 - trạng thái trong đó mọi electron của nguyên tử đều không chuyển động đối với hạt nhân.
 - một trong số các trạng thái có năng lượng xác định, mà nguyên tử có thể tồn tại.
- Ở trạng thái dừng, nguyên tử
 - không bức xạ và không hấp thụ năng lượng.
 - không bức xạ, nhưng có thể hấp thụ năng lượng.
 - không hấp thụ, nhưng có thể bức xạ năng lượng.
 - vẫn có thể hấp thụ và bức xạ năng lượng.
- Dãy Ban-me ứng với sự chuyển electron từ quỹ đạo ở xa hạt nhân về quỹ đạo nào sau đây ?
 - Quỹ đạo K.
 - Quỹ đạo L.
 - Quỹ đạo M.
 - Quỹ đạo N.
- Bước sóng của vạch quang phổ thứ nhất trong dãy Lai-man là $\lambda_0 = 122 \text{ nm}$, của hai vạch H_α, H_β lần lượt là $\lambda_1 = 0,656 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,486 \mu\text{m}$. Hãy tính bước sóng hai vạch tiếp theo trong dãy Lai-man và vạch đầu tiên trong dãy Pa-sen.