

## CHỦ ĐỀ 26: MẪU NGUYÊN TỬ BO

### I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

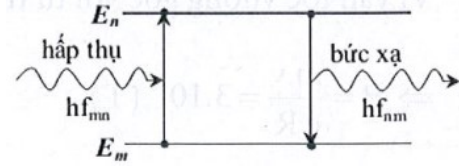
#### 1. Tiên đề 1 (Tiên đề về trạng thái dừng):

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 và cũng không hấp thụ năng lượng.

#### 2. Tiên đề 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  $E_m$  nhỏ hơn thì nguyên tử hấp thụ 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 trong trạng thái dừng có hấp thụ bức xạ 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  $E_n$ .

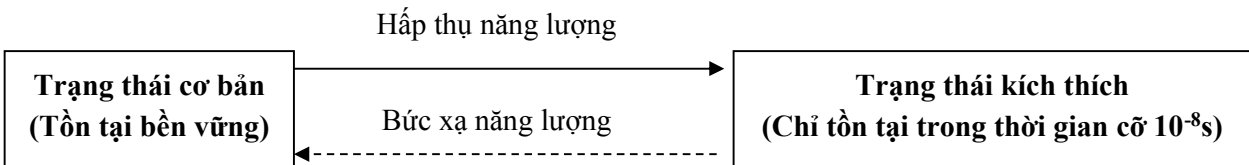
**Chú ý:** Nếu photon có năng lượng  $hf_{nm}$  mà  $E_n < hf_{nm} < E_m$  thì nguyên tử không nhảy lên mức năng lượng nào mà vẫn ở trạng thái dừng ban đầu.

#### 3. Hệ quả:

Ở những trạng thái dừng các electron trong nguyên tử chỉ chuyển động trên quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là quỹ đạo dừng.

Đối với nguyên tử hiđrô, bán kính quỹ đạo dừng tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp:  $r_n = n^2 \cdot r_0$  với  $n$  là số nguyên và  $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ , gọi là bán kính Bo

Quỹ đạo	K ( $n=1$ )	L ( $n=2$ )	M ( $n=3$ )	N ( $n=4$ )	O ( $n=5$ )	P ( $n=6$ )
Bán kính	$r_0$	$4r_0$	$9r_0$	$16r_0$	$25r_0$	$36r_0$



#### 4. Tính năng lượng electron trên quỹ đạo dừng thứ $n$ :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} (\text{eV}) \text{ với } n \in \mathbb{N}^*$$

→ Năng lượng ion hóa nguyên tử hi đrô từ trạng thái cơ bản:  $E_0 = 13,6(\text{eV}) = 21,76 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Quỹ đạo	K ( $n=1$ )	L ( $n=2$ )	M ( $n=3$ )	N ( $n=4$ )	O ( $n=5$ )	P ( $n=6$ )
Năng lượng	$-\frac{13,6}{1^2}$	$-\frac{13,6}{2^2}$	$-\frac{13,6}{3^2}$	$-\frac{13,6}{4^2}$	$-\frac{13,6}{5^2}$	$-\frac{13,6}{6^2}$

**5. Tính bước sóng khi dịch chuyển giữa hai mức năng lượng:**

$$\frac{hc}{\lambda_{nm}} = E_n - E_m \Rightarrow \lambda_{nm} = \frac{hc}{E_n - E_m}$$

**6. Cho bước sóng này tính bước sóng khác:**

$$\frac{1}{\lambda_{13}} = \frac{1}{\lambda_{12}} + \frac{1}{\lambda_{23}}; f_{13} = f_{12} + f_{23} \text{ (như cộng véctơ).}$$

Hoặc dùng công thức:  $\frac{1}{\lambda} = Rh \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  với  $R = 1,09 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  máy tính fx 570 ES:

bấm `SHIFT` `7` `|` `16`)

**7. Tính bán kính quỹ đạo dừng thứ n:**

$$r_n = n^2 \cdot r_0 \text{ với } r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m, là bán kính Bo (ở quỹ đạo K)}$$

**8. Khi electron chuyển mức năng lượng, tìm số vạch phát ra:**

- Vẽ sơ đồ mức năng lượng, vẽ các vạch có thể phát xạ rồi đếm.

- Hoặc dùng công thức:  $N = \frac{n(n-1)}{2}$ ; với n là số vạch mức năng lượng.

- Chứng minh:  $N = C_n^2 = \frac{n!}{(n-2)!2!} = \frac{n(n-1)}{2}$ ; trong đó  $C_n^2$  là tổ hợp chập 2 của n.

**9\*. Tính vận tốc và tần số quay của electron khi chuyển động trên quỹ đạo dừng n:**

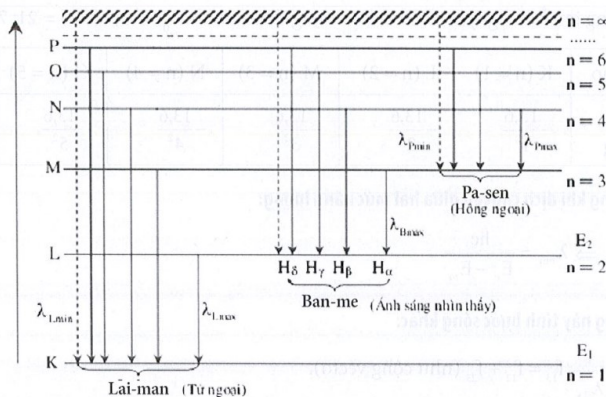
Lực Cu-lông giữa electron và hạt nhân giữ vai trò lực hướng tâm:  $k \frac{e^2}{r_n^2} m_e \frac{v^2}{r_n}$ , nên:

$$\text{Vận tốc của electron: } v = e \cdot \sqrt{\frac{k}{m_e \cdot r_n}} = \frac{2,2 \cdot 10^6}{n} \text{ m/s với } \begin{cases} k = 9 \cdot 10^9 \text{ (Nm}^2 / \text{C}^2) \\ m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{cases}$$

$$\text{Tần số quay của electron: } \Omega = 2\pi \cdot f = \frac{v}{r_n} \Rightarrow f = \frac{v}{2\pi r_n}$$

10\*. Cường độ dòng điện phân tử do electron chuyển động trên quỹ đạo gây ra:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{e}{T} = \frac{e}{2\pi} \cdot \omega \text{ (vì electron chuyển động trên quỹ đạo tròn nên } t = T)$$



## CÁC VÍ DỤ ĐIỂN HÌNH

**Ví dụ 1:** Ở nguyên tử hiđrô, quỹ đạo nào sau đây có bán kính lớn nhất so với bán kính các quỹ đạo còn lại?

- A. O                      B. N                      C. L                      D. P

**Giải**

Ta có:  $R_n = n^2 \cdot r_0$  (trong đó  $r_0$  là bán kính quỹ đạo cơ bản:  $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ )

Quỹ đạo O có  $n = 5$ .

Quỹ đạo N có  $n = 4$

Quỹ đạo L có  $n = 2$

Quỹ đạo P có  $n = 6$ .

$\Rightarrow$  Trong các quỹ đạo trên, quỹ đạo P có  $n$  lớn nhất nên bán kính là lớn nhất.

$\Rightarrow$  **Chọn đáp án D**

**Ví dụ 2:** Xác định bán kính quỹ đạo dừng M của nguyên tử, biết bán kính quỹ đạo K là  $R_K = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ ?

- A.  $4,77 \text{ \AA}$                       B.  $4,77 \text{ pm}$                       C.  $4,77 \text{ nm}$                       D.  $5,3 \text{ \AA}$

**Giải**

Ta có:  $R_K = r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ .

$r_n = n^2 r_0$ . Với Quỹ đạo M thì  $n = 3$

$\Rightarrow R_M = 3^2 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11} = 4,77 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

$\Rightarrow$  **Chọn đáp án A**

**Ví dụ 3:** Electron đang ở quỹ đạo  $n$  chưa rõ thì chuyển về quỹ đạo L và thấy rằng bán kính quỹ đạo đã giảm đi 4 lần. Hỏi ban đầu electron đang ở quỹ đạo nào?

- A. O                      B. M                      C. N                      D. P

**Giải**

Bán kính quỹ đạo L:  $R_2 = 2^2 \cdot r_0 = 4 \cdot r_0$

Bán kính quỹ đạo  $n$ :  $R_n = n^2 \cdot r_0 = n^2 \cdot r_0$

Theo đề bài:  $\frac{R_n}{R_2} = \frac{n^2}{4} = 4 \Rightarrow n = 4$ . Vậy electron ban đầu đang ở quỹ đạo N.

$\Rightarrow$  **Chọn đáp án C**

**Ví dụ 4:** Năng lượng của electron trong nguyên tử hiđrô được tính theo công thức:  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ ;  $n = 1, 2, 3, \dots$  Xác định năng lượng ở quỹ đạo dừng L?

- A.  $-5,44 \cdot 10^{-20} \text{ J}$                       B.  $-5,44 \text{ eV}$                       C.  $-5,44 \text{ MeV}$                       D.  $-3,4 \text{ (eV)}$

**Giải**

Quỹ đạo dừng thứ L ứng với  $n = 2 \Rightarrow E_2 = -\frac{E_0}{n^2} = -\frac{13,6}{4} = -3,4 \text{ (eV)}$

⇒ **Chọn đáp án D**

**Ví dụ 5:** Năng lượng của electron trong nguyên tử hiđrô được tính theo công thức:  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ ;  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Hỏi khi electron chuyển từ quỹ đạo L về quỹ đạo K thì nó phát ra một photon có bước sóng là bao nhiêu?

- A. 0,2228  $\mu\text{m}$       B. 0,2818  $\mu\text{m}$       C. 0,1281  $\mu\text{m}$       D. 0,1218  $\mu\text{m}$

**Giải**

Khi electron chuyển từ quỹ đạo L về quỹ đạo K thì nó phát ra một photon:

$$\frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_1 \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 0,1218 \mu\text{m}$$

⇒ **Chọn đáp án D**

**Ví dụ 6:** Trong quang phổ của nguyên tử hiđrô, ba vạch đầu tiên trong dãy Lai-man có bước sóng  $\lambda_{12} = 121,6 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{13} = 102,6 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{14} = 97,3 \text{ nm}$ . Bước sóng của vạch đầu tiên trong dãy Ban-me và vạch đầu tiên trong dãy Pa-sen là

- A. 686,6 nm và 447,4 nm      B. 660,3 nm và 440,2 nm  
C. 624,6 nm và 422,5 nm      D. 656,6 nm và 486,9 nm

**Giải**

$$\lambda_{23} = \frac{\lambda_{13} \cdot \lambda_{12}}{\lambda_{12} - \lambda_{13}} = \dots = 656,64 \text{ nm}$$

$$\lambda_{24} = \frac{\lambda_{14} \cdot \lambda_{12}}{\lambda_{12} - \lambda_{14}} = \dots = 486,9 \text{ nm}$$

⇒ **Chọn đáp án D**

## II. BÀI TẬP

**Bài 1:** Mẫu nguyên tử Bo khác với mẫu nguyên tử Rơ-đơ-pho ở điểm:

- A. Hình dạng quỹ đạo của các electron      B. Lực tương tác giữa electron và hạt nhân  
C. Trạng thái tồn tại của các nguyên tử      D. Mô hình nguyên tử có hạt nhân

**Bài 2:** Nguyên tử hiđrô bị kích thích do chiếu xạ và electron của nguyên tử đã chuyển từ quỹ đạo K lên quỹ đạo M. Sau khi ngừng chiếu xạ, nguyên tử hiđrô phát xạ thứ cấp. Phổ xạ này gồm

- A. hai vạch của dãy Lai-man.  
B. hai vạch của dãy Ban-me.  
C. hai vạch của dãy Lai-man và một vạch của dãy Ban-me.  
D. một vạch của dãy Lai-man và hai vạch của dãy Ban-me.

**Bài 3:** Khi nguyên tử hiđrô đang chuyển từ trạng thái có năng lượng  $E_4$  về mức năng lượng  $E_3$ , rồi tiếp tục chuyển xuống mức  $E_2$  thì nó lần lượt phát ra các photon có tần số  $f_{43}$  và  $f_{32}$ . Khi nguyên tử hiđrô có năng lượng  $E_4$  trở về trạng thái mức năng lượng  $E_2$  thì nó phát ra một photon có tần số là:

- A.  $f_{42} = f_{43} - f_{32}$       B.  $f_{42} < f_{43}$       C.  $f_{42} < f_{32}$       D.  $f_{42} = f_{43} + f_{32}$

**Bài 4:** Ở nguyên tử hiđrô, bán kính quỹ đạo có giá trị bằng 8,48, đó là quỹ đạo:

- A. N      B. L      C. M      D. K

**Bài 5:** Xét ba mức năng lượng  $E_K$ ,  $E_L$  và  $E_M$  của nguyên tử hiđrô, trong đó  $E_K < E_L < E_M$ . Một photon có

năng lượng bằng  $E_m - E_k$  bay đến gặp nguyên tử này. Nguyên tử sẽ hấp thụ photon và chuyển trạng thái như thế nào?

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

**Bài 6:** Trạng thái dừng là:

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

**Bài 7:** Một đám nguyên tử hiđrô đang ở trạng thái kích thích mà electron chuyển động trên quỹ đạo dừng K. Khi nguyên tử nhận một năng lượng  $\varepsilon = E_N - E_K$  thì:

- A. electron chuyển từ quỹ đạo K lên quỹ đạo L đến quỹ đạo M sau đó lên quỹ đạo N.
- B. không xác định được cụ thể sự chuyển quỹ đạo của electron.
- C. electron chuyển lên quỹ đạo L rồi sau đó chuyển thẳng lên quỹ đạo N.
- D. electron chuyển thẳng từ quỹ đạo dừng K lên quỹ đạo dừng N.

**Bài 8:** Cho biết  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$ ;  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J.s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$ . Khi electron (electron) trong nguyên tử hiđrô chuyển từ quỹ đạo dừng có năng lượng  $E_m = -0,85\text{eV}$  sang quỹ đạo dừng có năng lượng  $E_n = -13,60\text{eV}$  thì nguyên tử phát bức xạ điện từ có bước sóng:

- A.  $0,4340\ \mu\text{m}$
- B.  $0,4860\ \mu\text{m}$
- C.  $0,0974\ \mu\text{m}$
- D.  $0,6563\ \mu\text{m}$

**Bài 9:** Các nguyên tử hiđrô đang ở trạng thái dừng cơ bản có bán kính quỹ đạo  $5,3 \cdot 10^{-11}\text{m}$ , thì hấp thụ một năng lượng và chuyển lên trạng thái dừng có bán kính quỹ đạo  $4,77 \cdot 10^{-10}\text{m}$ . Khi các nguyên tử chuyển về các trạng thái có mức năng lượng thấp hơn thì sẽ phát ra:

- A. ba bức xạ
- B. hai bức xạ
- C. một bức xạ
- D. bốn bức xạ

**Bài 10:** Mức năng lượng của các trạng thái dừng trong nguyên tử hiđrô  $E = -13,6/n^2(\text{eV})$ ; với  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Một electron có động năng bằng  $12,6\text{eV}$  đến va chạm với nguyên tử hiđrô đứng yên, ở trạng thái cơ bản. Sau va chạm, nguyên tử hiđrô vẫn đứng yên nhưng chuyển động lên mức kích thích đầu tiên. Động năng của electron sau va chạm là:

- A.  $2,4\text{eV}$
- B.  $1,2\text{eV}$
- C.  $10,2\text{eV}$
- D.  $3,2\text{eV}$

**Bài 11:** Chùm nguyên tử hiđrô đang ở trạng thái cơ bản, bị kích thích phát sáng thì chúng có thể phát ra tối đa 15 vạch quang phổ. Khi bị kích thích electron trong nguyên tử hiđrô đã chuyển sang quỹ đạo:

- A. M
- B. P
- C. O
- D. N

**Bài 12:** Nguyên tử hiđrô bị kích thích ở trạng thái dừng ứng với quỹ đạo P sau đó chuyển về các quỹ đạo bên trong thì có thể phát ra bao nhiêu photon khác nhau?

- A. 6
- B. 12
- C. 15
- D. 10

**Bài 13:** Trong quang phổ hiđrô, bước sóng dài nhất ứng với sự chuyển của electron từ quỹ đạo ngoài về quỹ đạo K là  $121,6\text{nm}$ ; bước sóng ngắn nhất ứng với sự chuyển của electron từ quỹ đạo ngoài về quỹ đạo L là  $365,0\text{nm}$ . Nguyên tử hiđrô có thể phát ra bức xạ có bước sóng ngắn nhất là:

- A.  $43,4\text{nm}$
- B.  $91,2\text{nm}$
- C.  $95,2\text{nm}$
- D.  $81,4\text{nm}$

**Bài 14:** Lực tương tác Cu-lông giữa electron và hạt nhân của nguyên tử hiđrô khi nguyên tử này ở quỹ đạo dừng L là F. Khi nguyên tử này chuyển lên quỹ đạo N thì lực tương tác giữa electron và hạt nhân là

- A. F/16.                      B. F/4.                      C. F/12.                      D. F/2.

**Bài 15:** Mức năng lượng của các trạng thái dừng trong nguyên tử hiđrô  $E = -13,6/n^2$  (eV); với  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Khi cung cấp cho nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản các photon có năng lượng 10,5 eV và 12,75 eV. Chọn phát biểu đúng?

- A. Nguyên tử hấp thụ được photon có năng lượng 10,5 eV và chuyển lên quỹ đạo M.  
B. Nguyên tử hấp thụ được photon có năng lượng 10,5 eV và chuyển lên quỹ đạo L.  
C. Nguyên tử hấp thụ được photon có năng lượng 12,75 eV và chuyển lên quỹ đạo M.  
D. Nguyên tử hấp thụ được photon có năng lượng 12,75 eV và chuyển lên quỹ đạo N.

**Bài 16:** Electron trong nguyên tử hiđrô chuyển mức năng lượng, nguyên tử bức xạ một photon ánh sáng có bước sóng  $0,122 \mu\text{m}$ . Độ biến thiên năng lượng của nguyên tử:

- A. tăng 10,2 eV                      B. giảm 10,2 eV  
C. tăng  $162,9 \cdot 10^{-20}$  eV                      D. giảm  $162,9 \cdot 10^{-20}$  eV

**Bài 17:** Kí hiệu  $E_K, E_L$  và  $E_M$  lần lượt là mức năng lượng của nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản, trạng thái kích thích thứ nhất và trạng thái kích thích thứ hai. Cho biết  $E_L - E_K > E_M - E_L$ . Xét ba bước sóng  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  ứng với ba vạch quang phổ của nguyên tử hiđrô lần lượt do chuyển mức năng lượng từ  $E_L \rightarrow E_K, E_M \rightarrow E_L, E_M \rightarrow E_K$ . Cách sắp xếp nào sau đây đúng?

- A.  $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$                       B.  $\lambda_2 < \lambda_1 < \lambda_3$                       C.  $\lambda_3 < \lambda_2 < \lambda_1$                       D.  $\lambda_3 < \lambda_1 < \lambda_2$

**Bài 18:** Nguyên tử hiđrô đang ở trạng thái cơ bản K thì hấp thụ một photon và chuyển lên trạng thái O. Khi chuyển về các trạng thái có mức năng lượng thấp hơn thì nguyên tử hiđrô phát ra tối đa bao nhiêu bức xạ

- A. 3                      B. 6                      C. 15                      D. 10

**Bài 19:** Khi nguyên tử hiđrô chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng  $-1,5^{14}$  eV sang trạng thái dừng có năng lượng  $-3,407$  eV thì nguyên tử phát ra bức xạ có tần số:

- A.  $4,572 \cdot 10^{14}$  Hz                      B.  $6,542 \cdot 10^{12}$  Hz                      C.  $2,571 \cdot 10^{13}$  Hz                      D.  $3,879 \cdot 10^{14}$  Hz

**Bài 20:** Trong nguyên tử hiđrô, electron chuyển động trên các quỹ đạo dừng có bán kính  $r_n = n^2 \cdot r_0$  (với  $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$  m;  $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Tốc độ của electron trên quỹ đạo dừng thứ hai là:

- A.  $2,18 \cdot 10^6$  m/s                      B.  $1,09 \cdot 10^6$  m/s                      C.  $2,18 \cdot 10^5$  m/s                      D.  $1,98 \cdot 10^6$  m/s

### III. HƯỚNG DẪN GIẢI

**Bài 1:** Chọn đáp án C

**Bài 2:** Chọn đáp án C

**Bài 3:** Chọn đáp án D

**Bài 4:** Chọn đáp án A

**Bài 5:** Chọn đáp án D

**Bài 6:** Chọn đáp án A

**Bài 7:** Chọn đáp án D

**Bài 8:** Chọn đáp án C

**Bài 9:** Chọn đáp án A

---

**Bài 10: Chọn đáp án A**

**Bài 11: Chọn đáp án B**

**Bài 12: Chọn đáp án C**

**Bài 13: Chọn đáp án B**

**Bài 14: Chọn đáp án A**

**Bài 15: Chọn đáp án D**

**Bài 16: Chọn đáp án B**

**Bài 17: Chọn đáp án D**

**Bài 18: Chọn đáp án D**

**Bài 19: Chọn đáp án A**

**Bài 20: Chọn đáp án B**