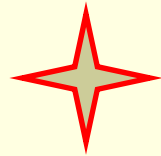


ĐẠI HỌC QUỐC GIA HCM
TRƯỜNG ĐH KHOA HỌC TỰ NHIÊN



Bài giảng
VẬT LÝ HIỆN ĐẠI
(PHY00004)



cuu duong than cong. com

HUỲNH TRÚC PHƯƠNG

Email: htphuong.oarai@gmail.com

cuu duong than cong. com

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ



Mẫu nguyên tử này được khám phá bởi Rutherford và Bohr, cho thấy rằng electron quay quanh hạt nhân giống như các hành tinh quay quanh Mặt Trời vậy!

11/29/2017

NỘI DUNG

4.1. PHỔ NGUYÊN TỬ CỦA CHẤT KHÍ

4.2. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA THOMSON

4.3. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA RUTHERFORD

4.4. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA BORH

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

cuu duong than cong. com

Các tính chất cơ bản của nguyên tử

☐ Nguyên tử là rất nhỏ, bán kính khoảng 0,1 nm

➡ Mọi cố gắng để nhìn thấy nguyên tử bằng ánh sáng nhìn thấy là vô vọng

☐ Nguyên tử là bền vững

➡ Nguyên tử không tự nhiên vỡ ra thành các hạt nhỏ hơn, cho nên các nội lực giữ nguyên tử với nhau phải cân bằng nhau.

☐ Nguyên tử chứa electron mang điện âm, nhưng nó lại trung hòa điện tích

➡ Nếu ta làm nhiễu loạn nguyên tử bằng một lực đủ mạnh thì có electron phát ra.

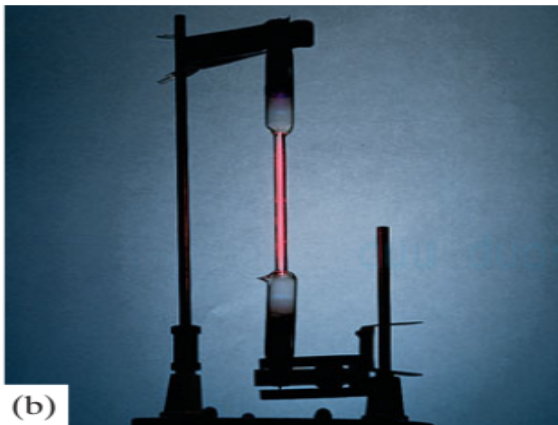
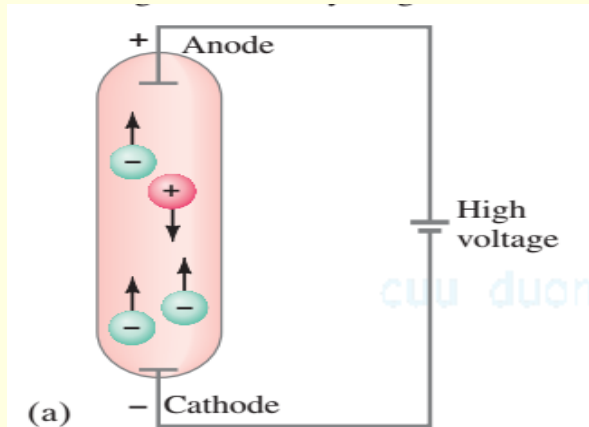
☐ Nguyên tử có thể phát xạ và hấp thụ bức xạ điện từ

➡ Giúp ta biết được cấu trúc nguyên tử.

CHƯƠNG 4

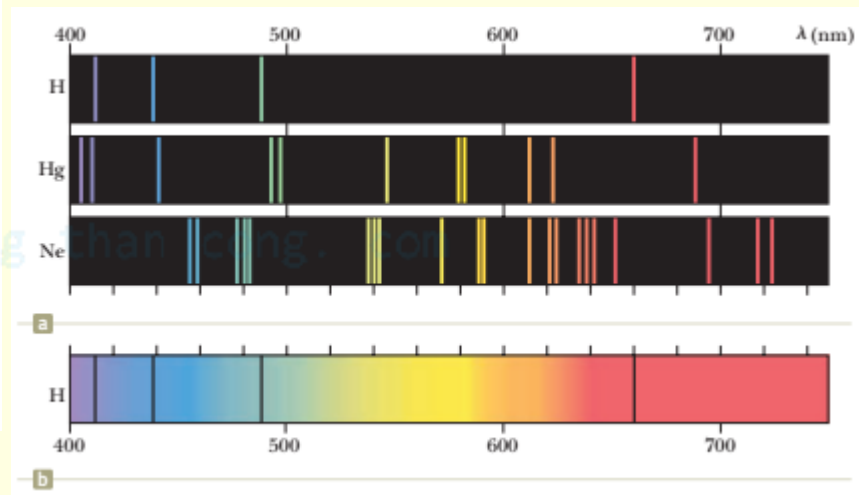
VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.1. PHỔ NGUYÊN TỬ CỦA CHẤT KHÍ



Trước đây người ta cho rằng bước sóng phát ra từ vật nung nóng có sự phân bố liên tục

Trong thực nghiệm này người ta thấy bức xạ phát ra bước sóng là đơn sắc, gián đoạn



11/29/2017

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

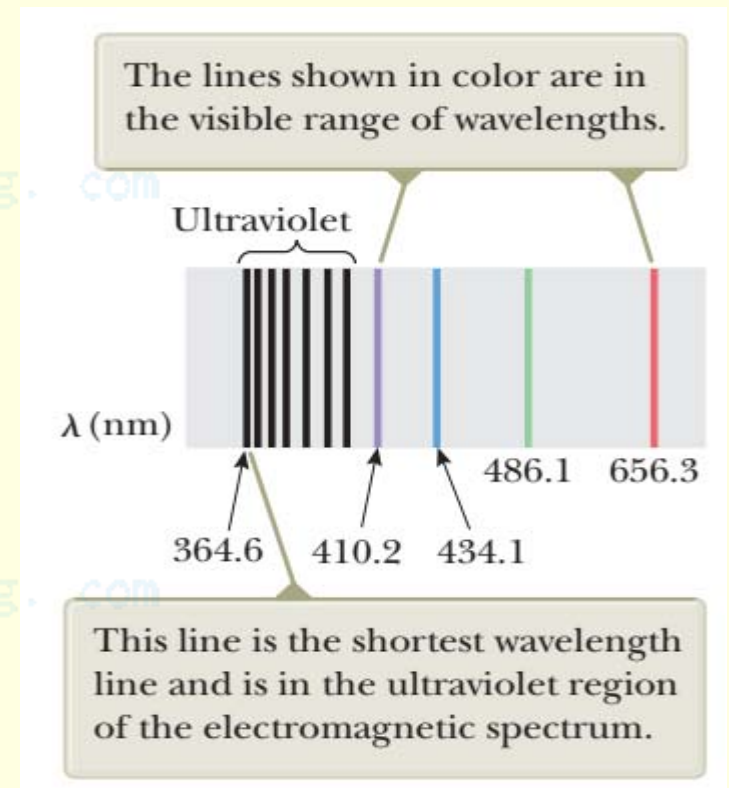
4.1. PHỔ NGUYÊN TỬ CỦA CHẤT KHÍ

Khi phân tích quang phổ của nguyên tử hydro, Balmer – Rydberg tìm ra được công thức:

Công thức Balmer-Rydberg

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

$R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} = \text{hằng số Rydberg}$

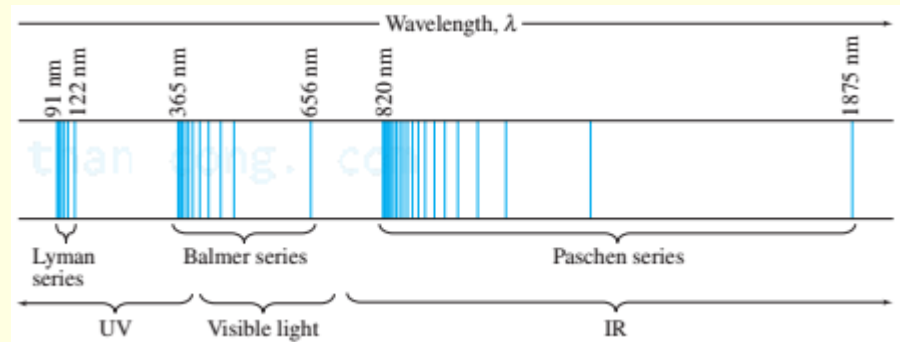


CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.1. PHỔ NGUYÊN TỬ CỦA CHẤT KHÍ

Sau việc khám phá của Balmer, các nhà khoa học: Lyman, Paschen, Brackett đã khám phá ra các dãy còn lại trong quang phổ hydro



$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

($n = 2, 3, 4, 5, \dots$) \Rightarrow Dãy Lyman

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

($n = 4, 5, 6, \dots$) \Rightarrow Dãy Paschen

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

($n = 5, 6, 7, \dots$) \Rightarrow Dãy Brackett

CHƯƠNG 4

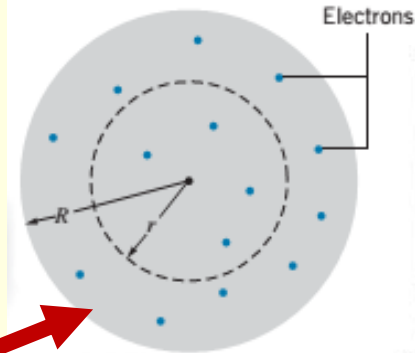
VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.2. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA THOMSON

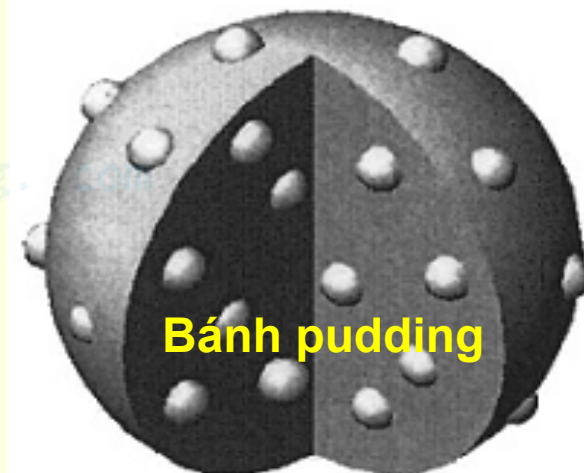
“Bất kỳ thứ gì mà mang điện tích phải có nguồn gốc từ vật chất kể cả các hạt bên trong vật chất”

Thomson cho rằng, nguyên tử có dạng hình cầu mang điện tích dương và các electron phân bố đều bên trong nguyên tử, nó giống như là sự phân bố của những hạt nho khô trong cái bánh pudding.

- Điện tích dương của nguyên tử $+Ze$
- Khối lượng nguyên tử là khối lượng của khối cầu



Joseph John Thomson
English physicist (1856–1940)



CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.2. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA THOMSON

Mẫu nguyên tử dạng này có thể giải thích được:

- Sự trung hòa điện tích của nguyên tử.
- Nguồn gốc của electron.
- Nguồn gốc các tính chất hóa học của nguyên tố.

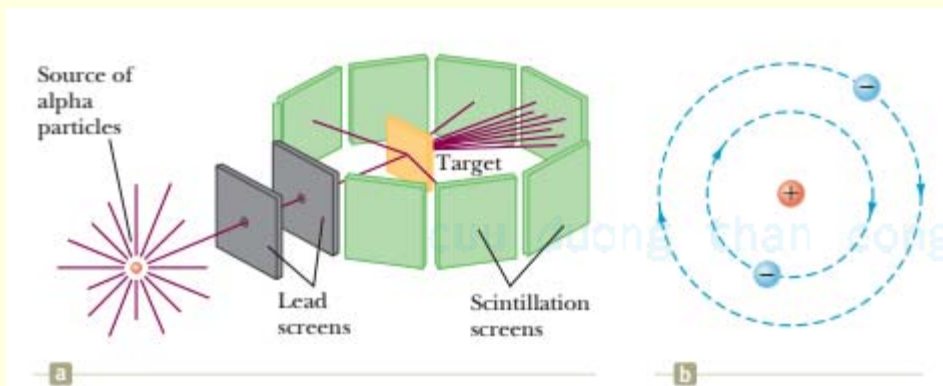
Tuy nhiên mẫu Thomson không giải thích được:

- ❖ Các vạch phổ nguyên tử (theo như mẫu này thì các bức xạ phát ra là đơn sắc; tuy nhiên thực nghiệm với nguyên tử hydro cho thấy một dãy các vạch rơi vào các vùng khác nhau của phổ điện từ).
- ❖ Tán xạ của các hạt mang điện bởi nguyên tử.

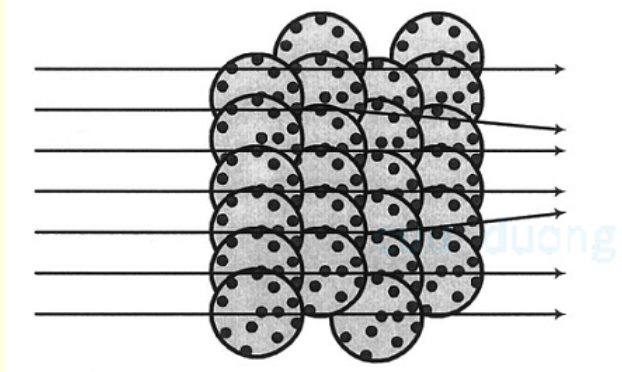
CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

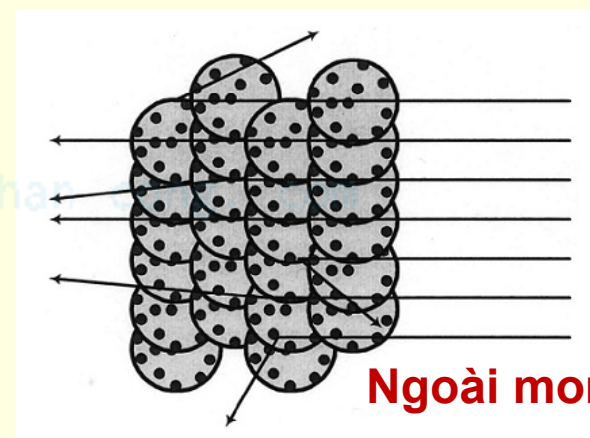
4.3. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA RUTHERFORD



Ernest Rutherford (1871-1937)



Mong đọi



Ngoài mong đọi

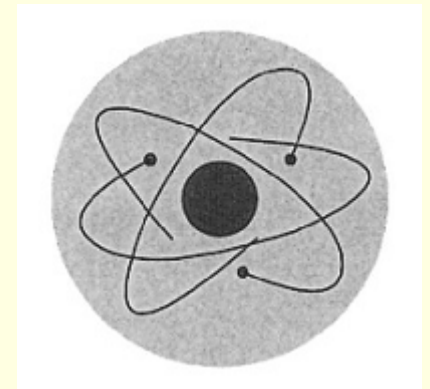
CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.3. MẪU NGUYÊN TỬ CỦA RUTHERFORD

Năm 1911, Rutherford đã đưa ra mẫu hành tinh nguyên tử.

- ❑ Theo mẫu này, nguyên tử gồm một hạt nhân mang gần như toàn bộ khối lượng nguyên tử nằm ở tâm, xoay quanh có các electron chuyển động.
- ❑ Hạt nhân tích điện dương, điện tích âm của các electron có giá trị bằng giá trị điện tích dương của hạt nhân.
- ❑ Nhưng theo thuyết điện từ cổ điển, khi electron chuyển động có gia tốc xung quanh hạt nhân tất yếu sẽ phải bức xạ năng lượng và cuối cùng sẽ rơi vào hạt nhân



→ **Như vậy nguyên tử sẽ không tồn tại.**

Thêm vào đó, khi nghiên cứu quang phổ phát sáng của nguyên tử Hydro, **người ta thu được quang phổ vạch.**

→ **Các sự kiện đó vật lý cổ điển không thể giải thích được.**

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.4. MẪU LƯỢNG TỬ CỦA NGUYÊN TỬ (MẪU NGUYÊN TỬ BOHR)

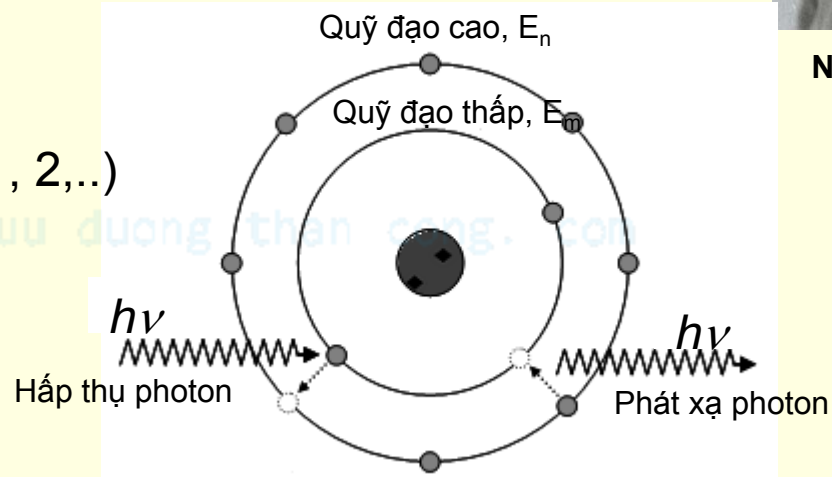
1. **Tiên đề 1:** Trạng thái dừng

2. **Tiên đề 2:** Phát xạ và hấp thụ photon

$$E_{n2} - E_{n1} = hf$$

3. **Tiên đề 3:** Bán kính quỹ đạo của e^- được xác định qua mômen động lượng:

$$m_e v r = n\hbar \quad (n = 1, 2, \dots)$$



Niels Bohr (1885-1962)

11/29/2017

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

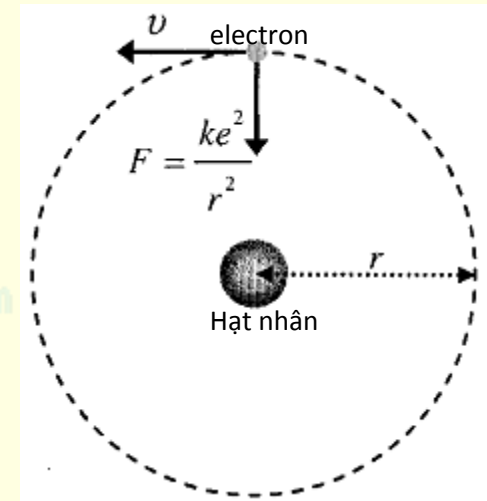
4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro

Lực hút Coulomb bằng với lực hướng tâm của electron và theo định luật II Newton, ta có:

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2} \quad (4.1)$$

$$mv^2 = \frac{ke^2}{r} \quad (4.2)$$



Động năng của electron là $K = mv^2/2$ và thế năng điện của nó là $U = - ke^2/r$,

Đối với electron chuyển động trên quỹ đạo tròn quanh hạt nhân thì động năng và năng lượng toàn phần là

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro

$$K = -\frac{1}{2}U \quad (4.3) \quad \Rightarrow \quad E = K + U = \frac{1}{2}U = -\frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} \quad (4.4)$$

cuu duong than cong. com

Năng lượng toàn phần có giá trị âm cho thấy rằng electron liên kết với hạt nhân và không thể thoát ra ngoài nguyên tử.

Phép phân tích ở trên là dựa vào cơ học cổ điển và không chỉ ra được năng lượng của electron *bị lượng tử hóa*.

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro

Giả thuyết của Bohr cho rằng mômen động lượng của electron ($L = mvr$) bị lượng tử hóa và bằng bội số của hằng số Planck, đối với quỹ đạo tròn:

$$L = mvr = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar \quad (4.5) \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

Khi đó, bán kính quỹ đạo của electron tính được:

$$m \left[\frac{n\hbar}{mr} \right]^2 = \frac{ke^2}{r} \Rightarrow r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{ke^2 m} = n^2 a_0 \quad (4.6)$$

bán kính quỹ đạo của electron bị lượng tử hóa

$$a_0 = \frac{\hbar^2}{ke^2 m} = 0,0529 \text{ nm}$$

bán kính Bohr

11/29/2017

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro

Từ bán kính quỹ đạo r_n có thể tính được các mức năng lượng trong nguyên tử hydro như sau:

$$E_n = -\frac{ke^2}{2a_0} \frac{1}{n^2} \quad (4.7)$$

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)} \quad (4.8)$$

Sự lượng tử hóa năng lượng

Số nguyên n ứng với các giá trị năng lượng gián đoạn của nguyên tử được gọi là **số lượng tử chính**.

Trạng thái dừng thấp nhất được gọi là trạng thái cơ bản có $n = 1$ và có năng lượng $E_1 = -13,6$ eV. Trạng thái tiếp theo được gọi là trạng thái kích thích thứ nhất có $n = 2$ và có năng lượng $E_2 = -3,4$ eV.

11/29/2017

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro

- Năng lượng ion hóa của nguyên tử hydro theo tính toán của Bohr là 13,6 eV.

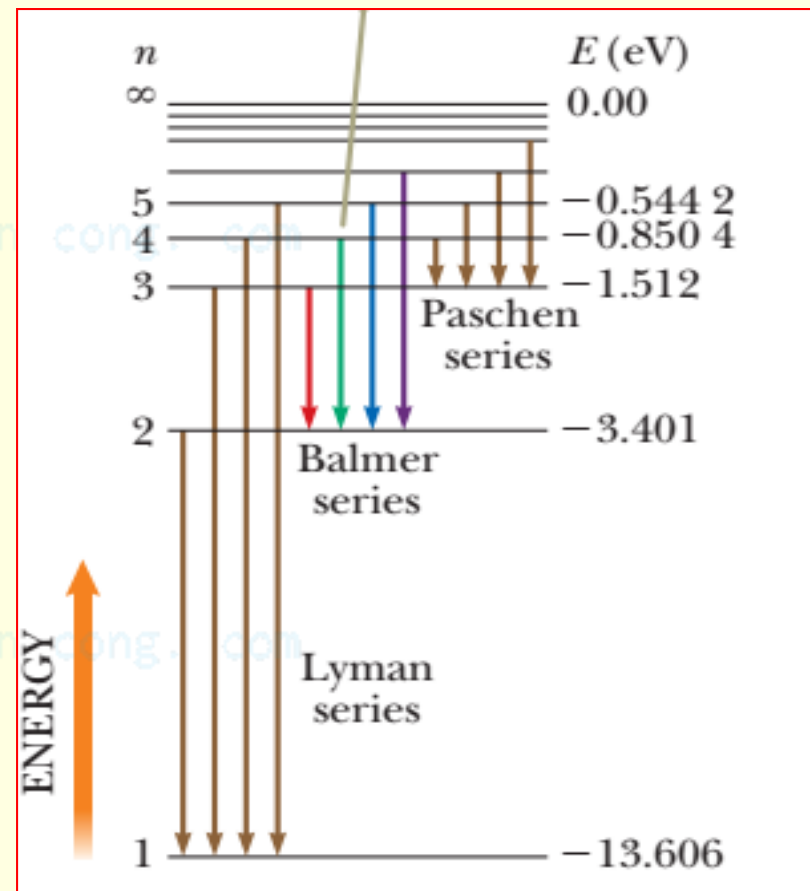


Đúng với giá trị thực nghiệm

Năng lượng photon hấp thụ hay phát xạ từ nguyên tử hydro trong quá trình electron dịch chuyển giữa quỹ đạo n và m ($n > m$) có thể xác định được

$$E_{\gamma} = E_n - E_m = \frac{ke^2}{2a_0} \left[\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right] \quad (4.9)$$

11/29/2017

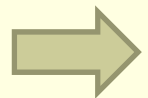


CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

4.5.1 Năng lượng nguyên tử hydro


$$\frac{1}{\lambda} = \frac{ke^2}{2a_0hc} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (4.10)$$

$$\frac{ke^2}{2a_0hc} = 1,1 \cdot 10^7 (\text{m}^{-1}) = R_H$$

đúng như công thức
Balmer - Rydberg

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad m < n$$



(4.11)

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

Sau khi biết được khám phá của Bohr, Lord Rutherford phát biểu:

“Lý thuyết lượng tử về phổ nguyên tử của Bohr là một trong những cuộc cách mạng vĩ đại nhất, và tôi không biết có lý thuyết nào thành công hơn thế.....Tôi xem công việc của Bohr là một trong những thành tựu lớn nhất của trí tuệ loài người”.

Trong khi đó, Albert Einstein nói ngắn gọn sau khi biết tính toán lý thuyết về hằng số Rydberg:

“Đó là một trong những khám phá vĩ đại nhất”.

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

4.5. NGUYÊN TỬ HYDRO

Bohr đã thấy rằng có một số vạch *bí ẩn* nào đó quan sát được trong Mặt Trời và các Vì Sao không thể do nguyên tử hydro tạo ra mà đã được dự đoán đúng bằng lý thuyết của ông, đó chính là ion helium (He^+).

Bán kính quỹ đạo của nguyên tử ở trạng thái n :

$$r_n = (n^2) \frac{a_0}{Z} \quad (4.12)$$

Năng lượng của nguyên tử ở quỹ đạo thứ n :

$$E_n = -\frac{ke^2}{2a_0} \left(\frac{Z}{n}\right)^2 = -13,6(\text{eV}) \left(\frac{Z}{n}\right)^2 \quad (4.13)$$

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

CÁC VÍ DỤ ỨNG DỤNG

Ví dụ 1. Nguyên tử hydro ban đầu đứng yên ở trạng thái $n = 3$, sau đó phân rã đến trạng thái cơ bản và phát ra một photon.

- (a) Tính bước sóng của photon phát ra.
- (b) Tính động lượng giật lùi của nguyên tử.

Ví dụ 2. Nguyên tử hydro đang ở trạng thái kích thích thứ nhất. Dùng lý thuyết Bohr, hãy tính:

- (a) Bán kính quỹ đạo ở trạng thái này.
- (b) Động lượng của electron.
- (c) Mômen động lượng của electron.
- (d) Động năng của electron.
- (e) Thế năng của electron
- (f) Năng lượng toàn phần của electron.

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

CÁC VÍ DỤ ỨNG DỤNG

Ví dụ 3. Biết bước sóng giới hạn trong dãy Paschen là $\lambda_0 = 820,1 \text{ nm}$. Tìm 3 bước sóng dài nhất trong dãy Paschen.

Ví dụ 4. Biết bước sóng giới hạn trong dãy Lyman là $\lambda_0 = 92,13 \text{ nm}$. Tìm bước sóng dài nhất trong dãy Balmer và hai bước sóng dài nhất trong dãy Lyman.

Ví dụ 5. Tính 2 bước sóng dài nhất trong dãy Balmer của ion Be^{3+} ($Z = 4$).

cuu duong than cong. com

CHƯƠNG 4

VẬT LÝ NGUYÊN TỬ

7. Review. In the Rutherford scattering experiment, 4.00-MeV alpha particles scatter off gold nuclei (containing 79 protons and 118 neutrons). Assume a particular alpha particle moves directly toward the gold nucleus and scatters backward at 180° , and that the gold nucleus remains fixed throughout the entire process. Determine (a) the distance of closest approach of the alpha particle to the gold nucleus and (b) the maximum force exerted on the alpha particle.

8. Show that the speed of the electron in the n th Bohr orbit in hydrogen is given by

$$v_n = \frac{k_e e^2}{n\hbar}$$

9. How much energy is required to ionize hydrogen (a) when it is in the ground state and (b) when it is in the state for which $n = 3$?

10. What is the energy of a photon that, when absorbed by a hydrogen atom, could cause an electronic transition from (a) the $n = 2$ state to the $n = 5$ state and (b) the $n = 4$ state to the $n = 6$ state?

M