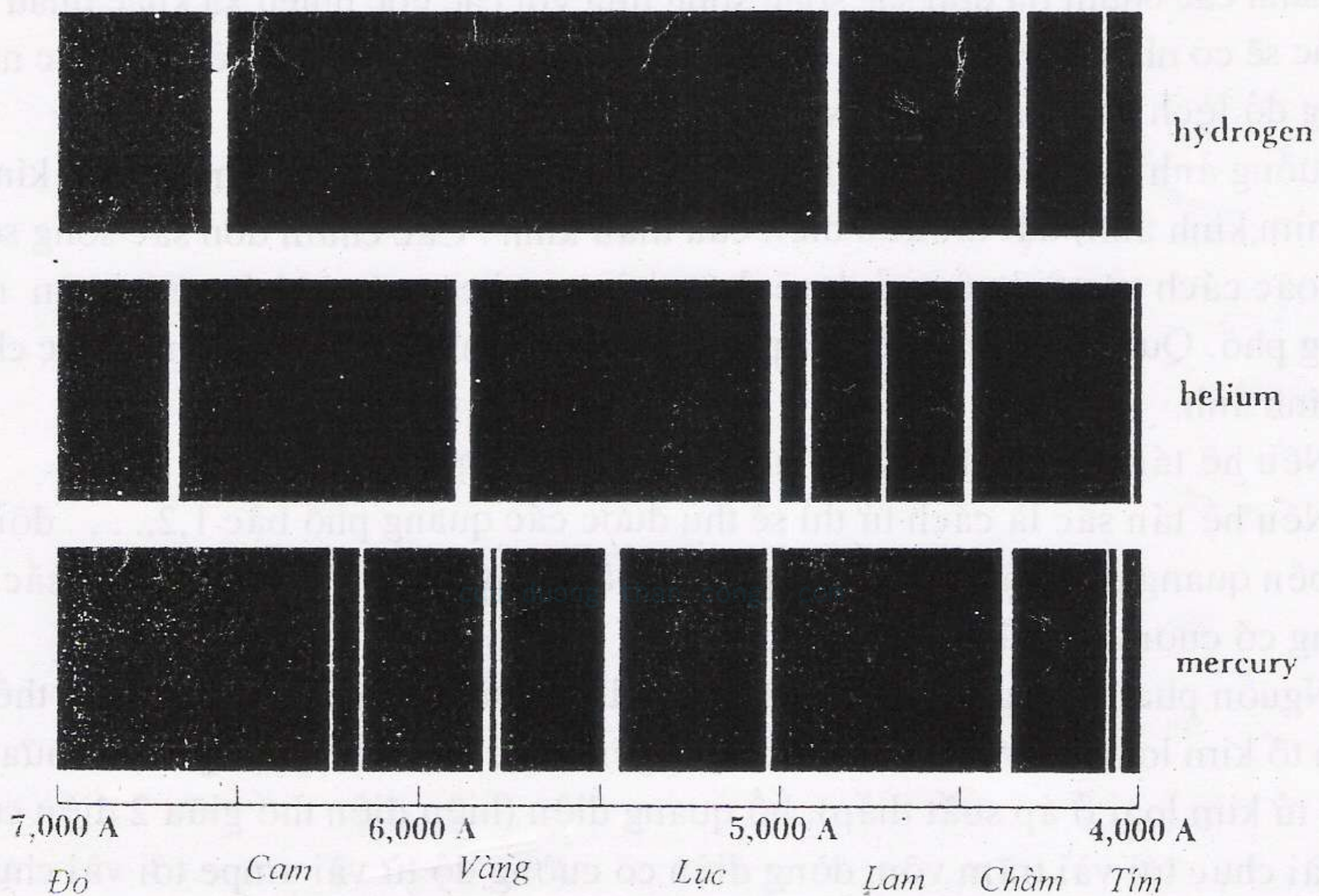


## ĐẠI CƯƠNG VỀ QUANG PHỔ NGUYÊN TỬ

### I- Quang phổ phát xạ

Khi electron hóa trị của nguyên tử (có 1 hay nhiều electron hóa trị) bị kích thích từ trạng thái cơ bản lên trạng thái có năng lượng cao hơn. Sau đó 1 khoảng thời gian rất ngắn, electron sẽ dịch chuyển trở về trạng thái có năng lượng thấp hơn và cuối cùng trở về trạng thái cơ bản. Theo tiên đề 2 của Bohr, ứng với mỗi dịch chuyển đó sẽ có sự phát xạ photon có tần số  $\nu$  tạo thành quang phổ phát xạ.

Quang phổ phát xạ có thể là quang phổ bất liên tục, nói chung gồm nhiều vạch phân bố trong vùng thấy được, hồng ngoại và tử ngoại, nếu các nguyên tử khí hay hơi bị kích thích.



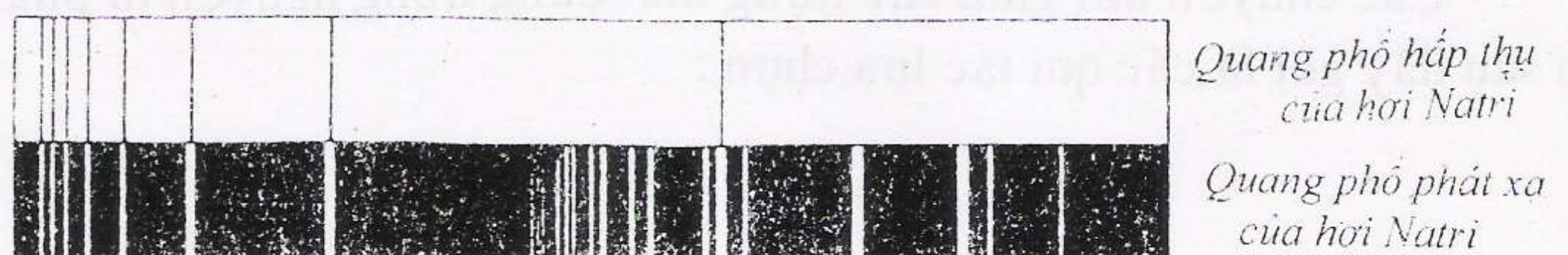
Một phần quang phổ phát xạ của Hidro, Hêli và Thủy ngân

Quang phổ phát xạ cũng có thể là quang phổ liên tục, nếu do các chất rắn, lỏng, khí có tỉ khối lớn bị nung nóng phát ra

### II- Quang phổ hấp thụ

Nếu cho 1 chùm bức xạ liên tục (thí dụ chùm ánh sáng trắng) qua 1 chất rắn, lỏng, khí (hoặc hơi) người ta thấy những đám rộng hay những vạch đen trên nền sáng của quang phổ liên tục. Đó chính là quang phổ hấp thụ của chất khảo sát.

Theo định luật Kirchhoff, vật chất có thể hấp thụ các bức xạ mà nó có thể phát ra trong cùng điều kiện





### III- Máy quang phổ

Để khảo sát các quang phổ, có thể dùng máy quang phổ có hệ tán sắc là lăng kính hoặc cách tử nhiễu xạ. Thông thường 1 máy quang phổ có cấu tạo :

- a) Ống chuẩn trực : Gồm khe hẹp F đặt ở tiêu diện của thấu kính hội tụ (gọi là thấu kính chuẩn trực ) có tác dụng tạo ra chùm ánh sáng (phức tạp) song song
- b) Hệ tán sắc : có thể là lăng kính hoặc cách tử .

Nếu hệ tán sắc là lăng kính thì chùm tia song song từ ống chuẩn trực qua lăng kính sẽ bị phân tích thành các chùm tia đơn sắc song song ứng với các góc lệch khác nhau, trong đó ánh sáng đỏ lệch ít nhất, ánh sáng tím lệch nhiều nhất.

Nếu hệ tán sắc là cách tử thì chùm tia song song từ ống chuẩn trực qua cách tử sẽ bị phân tích thành các chùm tia đơn sắc song song ứng với các góc nhiễu xạ khác nhau (mỗi ánh sáng đơn sắc sẽ có những chùm nhiễu xạ song song ứng với các góc nhiễu xạ khác nhau), trong đó ánh sáng đỏ lệch nhiều nhất, ánh sáng tím lệch ít nhất

- c) Buồng ảnh : gồm thấu kính hội tụ (thấu kính buồng ảnh) và màn (hay kính mờ hoặc phim, kính ảnh) đặt tại tiêu diện của thấu kính . Các chùm đơn sắc song song ló qua lăng kính hoặc cách tử tới buồng ảnh sẽ được hội tụ tại các vị trí khác nhau trên màn tạo thành quang phổ. Quang phổ này được quan sát qua 1 kính lúp hoặc có thể được chụp trên phim hay kính ảnh.

Nếu hệ tán sắc là lăng kính thì chỉ thu được 1 quang phổ .

Nếu hệ tán sắc là cách tử thì sẽ thu được các quang phổ bậc 1, 2, ... đôi một đối xứng , ở 2 bên quang phổ bậc 0 . Quang phổ có bậc càng cao thì khả năng tán sắc càng mạnh ,nhưng có cường độ sáng yếu hơn .

Nguồn phát quang phổ có thể là ngọn lửa (nhiệt độ không cao, chỉ có thể kích thích các nguyên tố kim loại kiềm, kiềm thổ và halogen); các loại đèn phóng điện (chứa khí hay hơi nguyên tử kim loại ở áp suất thấp); hồ quang điện (hiệu điện thế giữa 2 điện cực không cao lắm : vài chục tới vài trăm vôn, dòng điện có cường độ từ vài ampe tới vài chục ampe, tạo ra nhiệt độ khá cao cỡ vài ngàn độ, đủ kích thích hầu hết các nguyên tố, tạo ra quang phổ nguyên tử trung hòa) , hoặc tia lửa điện (hiệu điện thế và dòng điện khá mạnh, gây kích thích mãnh liệt, tạo ra quang phổ chủ yếu là của các ion)

### IV- Quang phổ nguyên tử có 1 electron hóa trị

- a) Đại cương : Đại diện cho các nguyên tử có 1 electron hóa trị là các nguyên tử kim loại kiềm như Li; Na ; K ; Rb ; Cs; ...

Đặc điểm chung là electron hóa trị ở trạng thái  $ns_{1/2}$  , và trạng thái cơ bản của nguyên tử là  $n^2S_{1/2}$  . Ví dụ Na có trạng thái cơ bản là  $3^2S_{1/2}$

Trừ trạng thái S là trạng thái đơn ; còn các trạng thái khác (P; D; F; ... ) đều là trạng thái kép (do tương tác spin -quỹ đạo).

Các chuyển dời giữa các trạng thái dừng trong nguyên tử phải thỏa mãn các điều kiện sau đây gọi là các qui tắc lựa chọn :



$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta n \text{ bất kì} : \text{chuyển dời có thể xảy ra giữa 2 trạng thái có số lượng tử } n \text{ bất kì} \\ \Delta L = \pm 1 : \text{chuyển dời chỉ có thể xảy ra giữa 2 trạng thái có số lượng tử } L \\ \text{khác nhau 1 đơn vị, nghĩa là giữa trạng thái } S \text{ và } P ; \text{ hoặc giữa trạng} \\ \text{thái } P \text{ và } D, \dots \\ \Delta J = 0 ; \pm 1 : \text{chuyển dời chỉ có thể xảy ra giữa 2 trạng thái có số lượng tử } J \\ \text{giống nhau hoặc khác nhau 1 đơn vị} \end{array} \right.$$

b) Các dãy quang phổ của kim loại kiềm

Do có cấu tạo gồm 1 lõi (hạt nhân và các lớp electron bảo hòa) và 1 electron hóa trị bên ngoài tương tự như Hidrô nên quang phổ của nguyên tử kim loại kiềm cũng gồm các vạch có thể sắp xếp thành các dãy : dãy chính, dãy thanh, dãy khuếch tán và dãy căn bản (còn gọi là dãy Bergmann)

Bước sóng của các vạch quang phổ hấp thụ trong thực nghiệm cho bởi các công thức sau đây :

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{(m-s)^2} - \frac{1}{(n-p)^2} \right] = mS - nP \quad (\text{dãy chính})$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{(m-p)^2} - \frac{1}{(n-s)^2} \right] = mP - nS \quad (\text{dãy thanh})$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{(m-p)^2} - \frac{1}{(n-d)^2} \right] = mP - nD \quad (\text{dãy khuếch tán})$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{(m-d)^2} - \frac{1}{(n-f)^2} \right] = mD - nF \quad (\text{dãy căn bản})$$

trong đó  $m ; n$  là các số lượng tử chính và  $n \geq m$

$s, p, d, f$  là các số hạng hiệu chính có giá trị khác nhau đối với từng nguyên tử

$m-s ; n-p ; m-d ; \dots$  là số lượng tử chính hiệu dụng

$$mP = \frac{R}{(m-p)^2} ; nS = \frac{R}{(n-s)^2} ; mD = \frac{R}{(m-d)^2} ; \dots \text{ gọi là các số hạng quang phổ}$$

Ví dụ : các dãy quang phổ của Natri được biểu diễn :

$$\text{Dãy chính : } \bar{\nu} = 3S - nP \quad (n \geq 3) \quad \text{Dãy thanh : } \bar{\nu} = 3P - nS \quad (n \geq 4)$$

$$\text{Dãy khuếch tán : } \bar{\nu} = 3P - nD \quad (n \geq 3) \quad \text{Dãy căn bản : } \bar{\nu} = 3D - nF \quad (n \geq 4)$$

Bảng sau đây cho biết giá trị của các số hiệu chính  $s, p, d, f$  ứng với 1 số nguyên tử kim loại kiềm

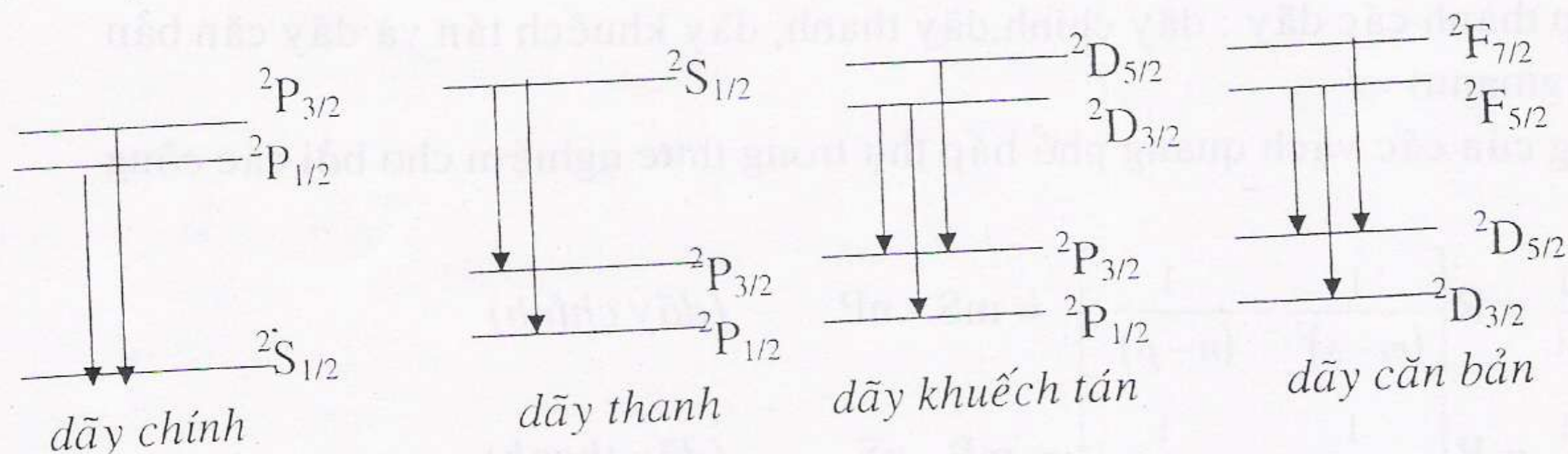
Kim loại	Z	s	p	d	f
Li	3	0,41	0,04	0	0
Na	11	1,36	0,88	0,01	0
K	19	2,23	1,75	0,15	0,01
Rb	37	3,2	2,72	1,23	0,01
Cs	55	4,13	3,67	2,45	0,02



Khi khảo sát quang phổ phát xạ của các nguyên tử kim loại kiềm người ta nhận thấy :

- các vạch trong dãy chính ( do sự chuyển dời từ trạng thái P về trạng thái S ) và các vạch trong dãy thanh (do sự chuyển dời từ trạng thái S về trạng thái P ) đều là các vạch kép
- các vạch trong dãy khuếch tán ( do sự chuyển dời từ trạng thái D về trạng thái P ) và các vạch trong dãy căn bản ( do sự chuyển dời từ trạng thái F về trạng thái D) đều là các vạch bội ba

Điều này được giải thích dựa vào tương tác spin – quỹ đạo : các trạng thái đều là trạng thái kép (trừ trạng thái S); và áp dụng các qui tắc lựa chọn đã nêu trên



Vì vậy kí hiệu số sóng của các vạch được biểu diễn như sau :

$$\text{dãy chính} \quad \begin{cases} \bar{\nu} = m^2 S_{1/2} - n^2 P_{1/2} \\ \bar{\nu} = m^2 S_{1/2} - n^2 P_{3/2} \end{cases} \quad \text{với } n \geq m$$

$$\text{dãy thanh} \quad \begin{cases} \bar{\nu} = m^2 P_{3/2} - n^2 S_{1/2} \\ \bar{\nu} = m^2 P_{1/2} - n^2 S_{1/2} \end{cases} \quad \text{với } n > m$$

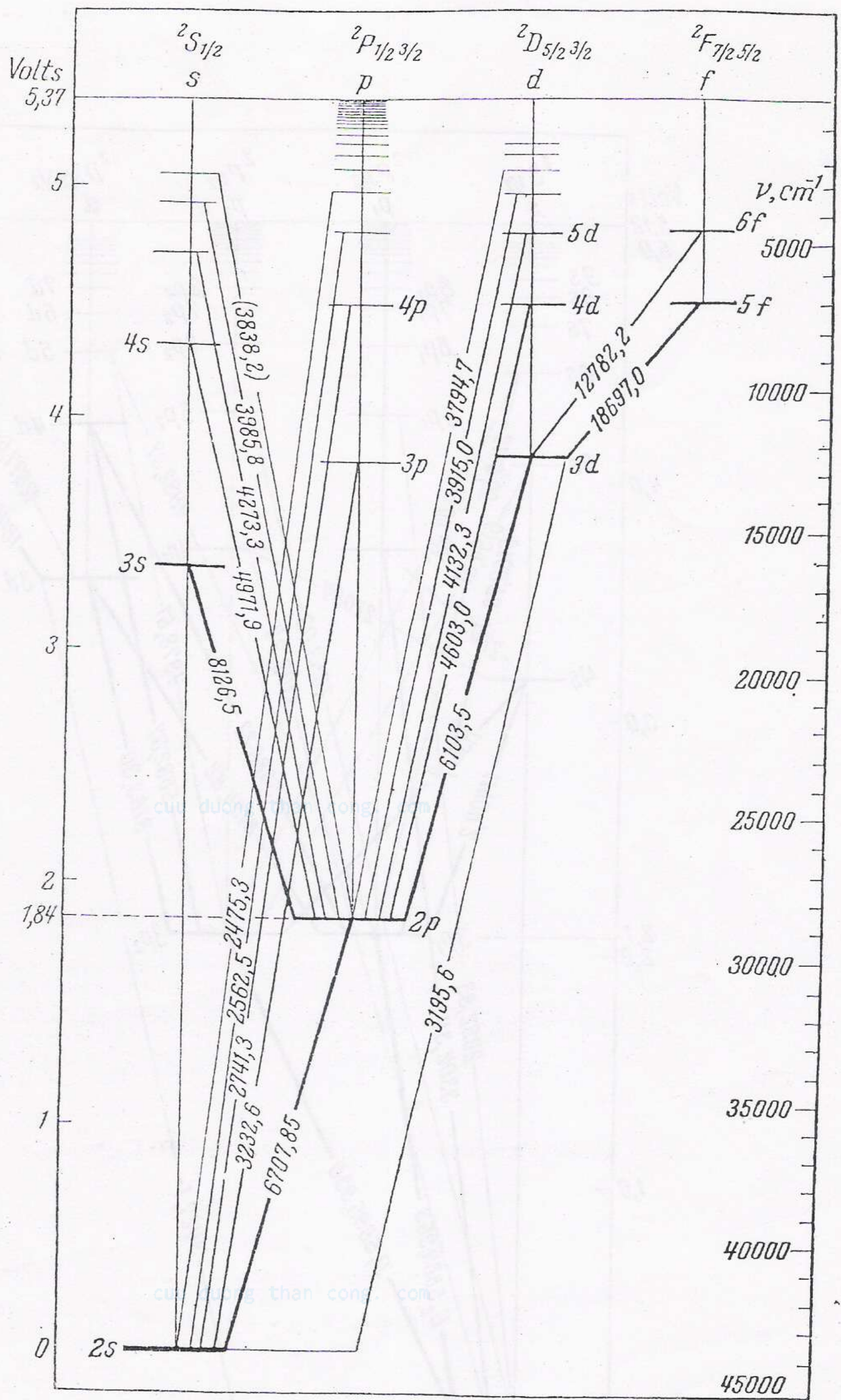
$$\text{dãy khuếch tán} \quad \begin{cases} \bar{\nu} = m^2 P_{3/2} - n^2 D_{3/2} \\ \bar{\nu} = m^2 P_{3/2} - n^2 D_{5/2} \\ \bar{\nu} = m^2 P_{1/2} - n^2 D_{3/2} \end{cases} \quad \text{với } n \geq m \text{ (trừ Li thì } n > m)$$

$$\text{dãy căn bản} \quad \begin{cases} \bar{\nu} = m^2 D_{5/2} - n^2 F_{5/2} \\ \bar{\nu} = m^2 D_{5/2} - n^2 F_{7/2} \\ \bar{\nu} = m^2 D_{3/2} - n^2 F_{5/2} \end{cases} \quad \text{với } n \geq m \text{ (trừ Li và Na thì } n > m)$$

Chú ý rằng các vạch quang phổ trong cùng 1 vạch kép hay vạch bội ba có cường độ khác nhau. Bằng thực nghiệm, người ta suy ra tỉ số cường độ của các vạch kép (trong dãy chính và dãy thanh) là 2:1 ; tỉ số cường độ của các vạch bội ba trong dãy khuếch tán là 5:1:9 ; tỉ số cường độ của các vạch bội ba trong dãy căn bản là 14:1:20.

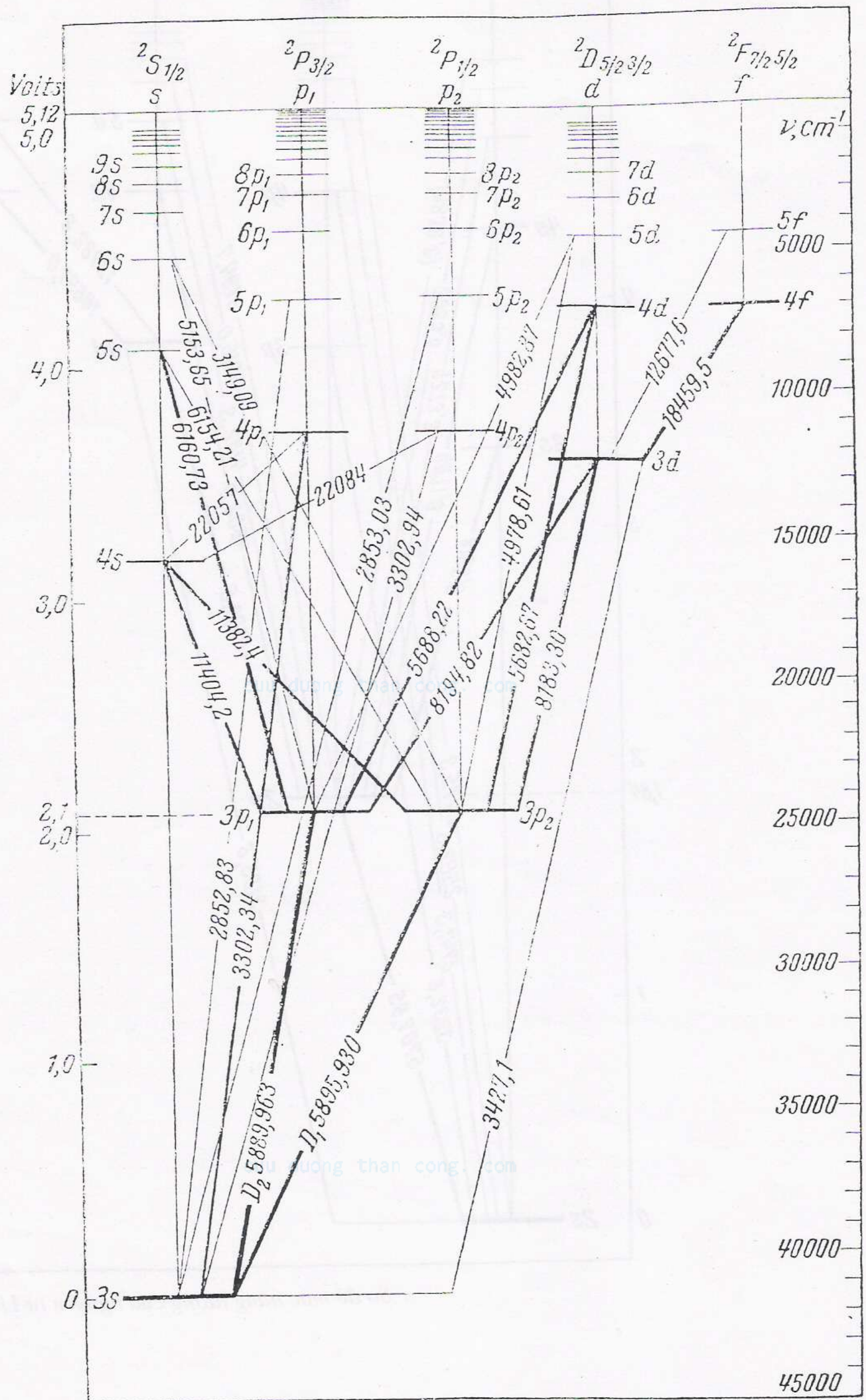
Hình vẽ sau đây biểu diễn sơ đồ mức năng lượng và các dịch chuyển giữa các trạng thái của 1 số nguyên tử kim loại kiềm





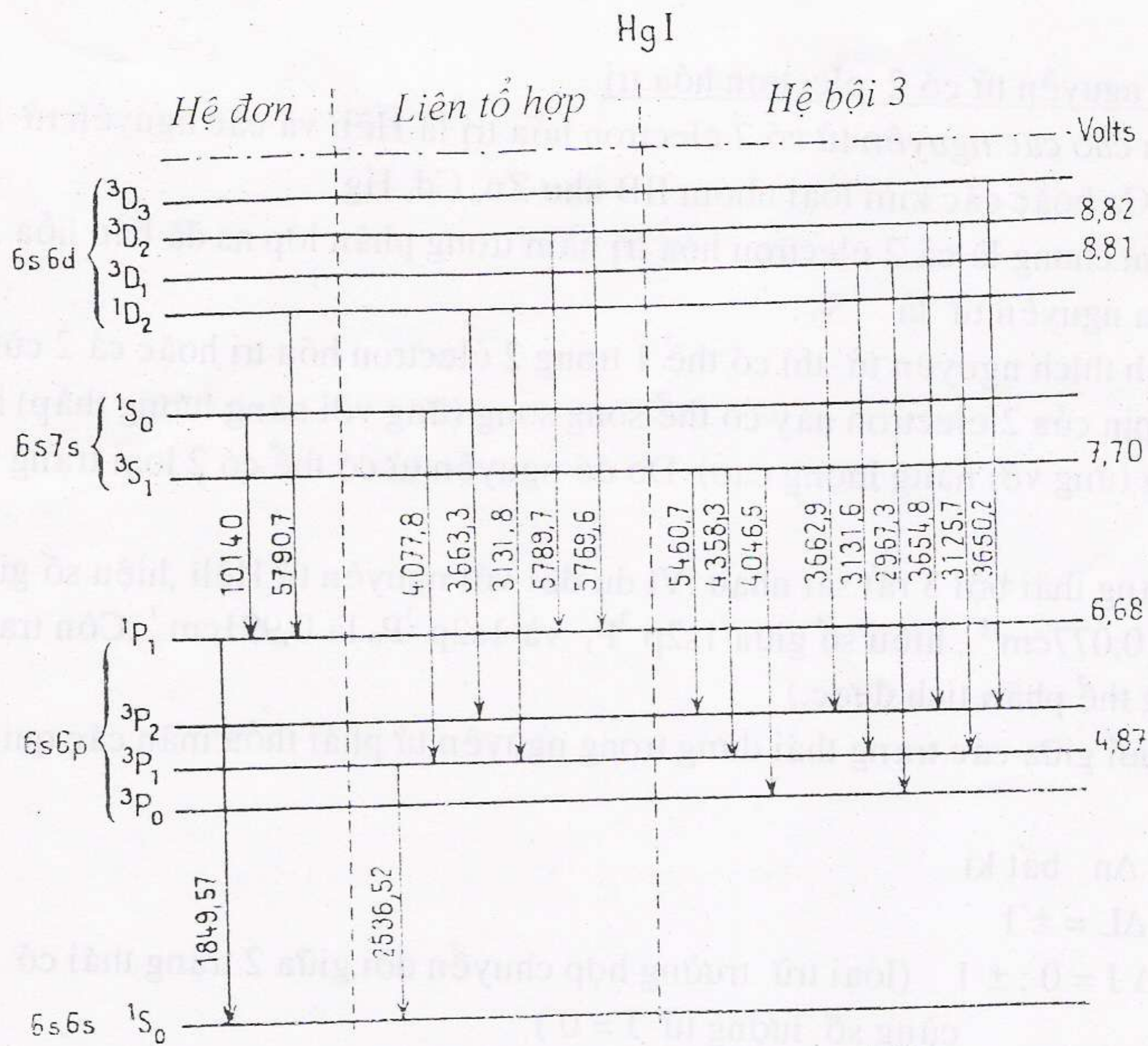
Sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử Li



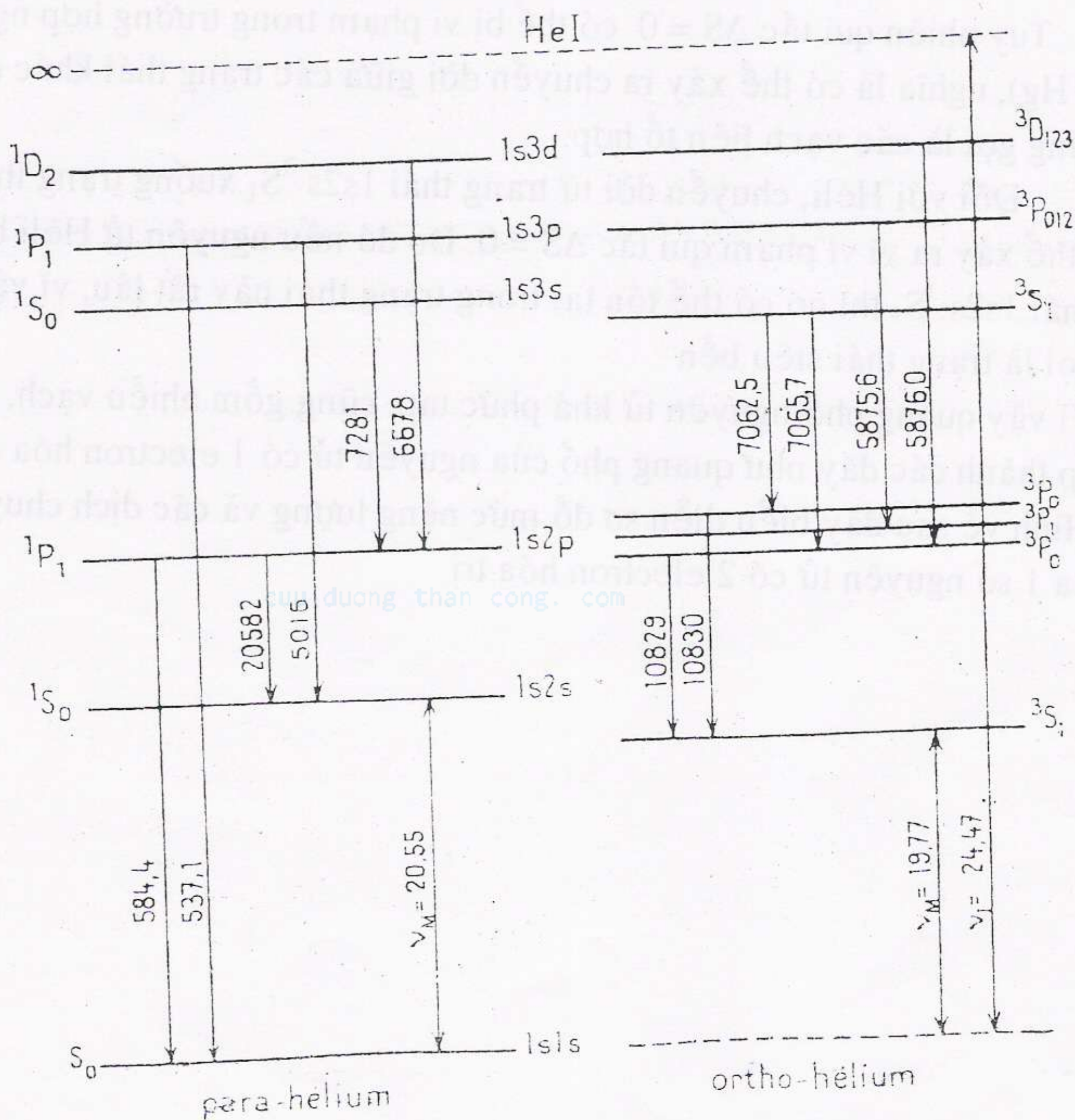


Sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử Na





Sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử Hg



Sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử He



#### V- Quang phổ nguyên tử có 2 electron hóa trị

Đại diện cho các nguyên tử có 2 electron hóa trị là Heli và các nguyên tử kiềm thổ như Be; Mg; Ca hoặc các kim loại nhóm IIB như Zn, Cd, Hg

Đặc điểm chung là cả 2 electron hóa trị nằm trong phân lớp ns đã bão hòa, và trạng thái cơ bản của nguyên tử là  $^1S_0$ .

Khi kích thích nguyên tử thì có thể 1 trong 2 electron hóa trị hoặc cả 2 cùng bị kích thích, khi đó spin của 2 electron này có thể song song (ứng với năng lượng thấp) hoặc trở thành đối song (ứng với năng lượng cao). Do đó nguyên tử có thể có 2 loại trạng thái dừng đơn và bội ba.

(Các trạng thái bội 3 rất sát nhau. Ví dụ đối với nguyên tử Heli, hiệu số giữa  $1s2p\ ^3P_2$  và  $1s2p\ ^3P_1$  là  $0,077\text{cm}^{-1}$ , hiệu số giữa  $1s2p\ ^3P_1$  và  $1s2p\ ^3P_0$  là  $0,991\text{cm}^{-1}$ . Còn trạng thái  $1s3d\ ^3D$  không thể phân tích được.)

Chuyển dời giữa các trạng thái dừng trong nguyên tử phải thỏa mãn các qui tắc lựa chọn

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta n \text{ bất kì} \\ \Delta L = \pm 1 \\ \Delta J = 0; \pm 1 \quad (\text{loại trừ trường hợp chuyển dời giữa 2 trạng thái có cùng số lượng tử } J = 0) \\ \Delta S = 0 : \text{ chỉ chuyển dời giữa các trạng thái có cùng độ bội} \end{array} \right.$$

Tuy nhiên qui tắc  $\Delta S = 0$  có thể bị vi phạm trong trường hợp nguyên tử có Z lớn (ví dụ như Hg), nghĩa là có thể xảy ra chuyển dời giữa các trạng thái khác độ bội. Các vạch phổ tương ứng gọi là các vạch liên tổ hợp.

Đối với Heli, chuyển dời từ trạng thái  $1s2s\ ^3S_1$  xuống trạng thái cơ bản  $1s1s\ ^1S_0$  không thể xảy ra vì vi phạm qui tắc  $\Delta S = 0$ . Do đó nếu nguyên tử Heli bị kích thích lên tới trạng thái  $1s2s\ ^3S_1$  thì nó có thể tồn tại trong trạng thái này rất lâu, vì vậy trạng thái  $1s2s\ ^3S_1$  được gọi là trạng thái siêu bền

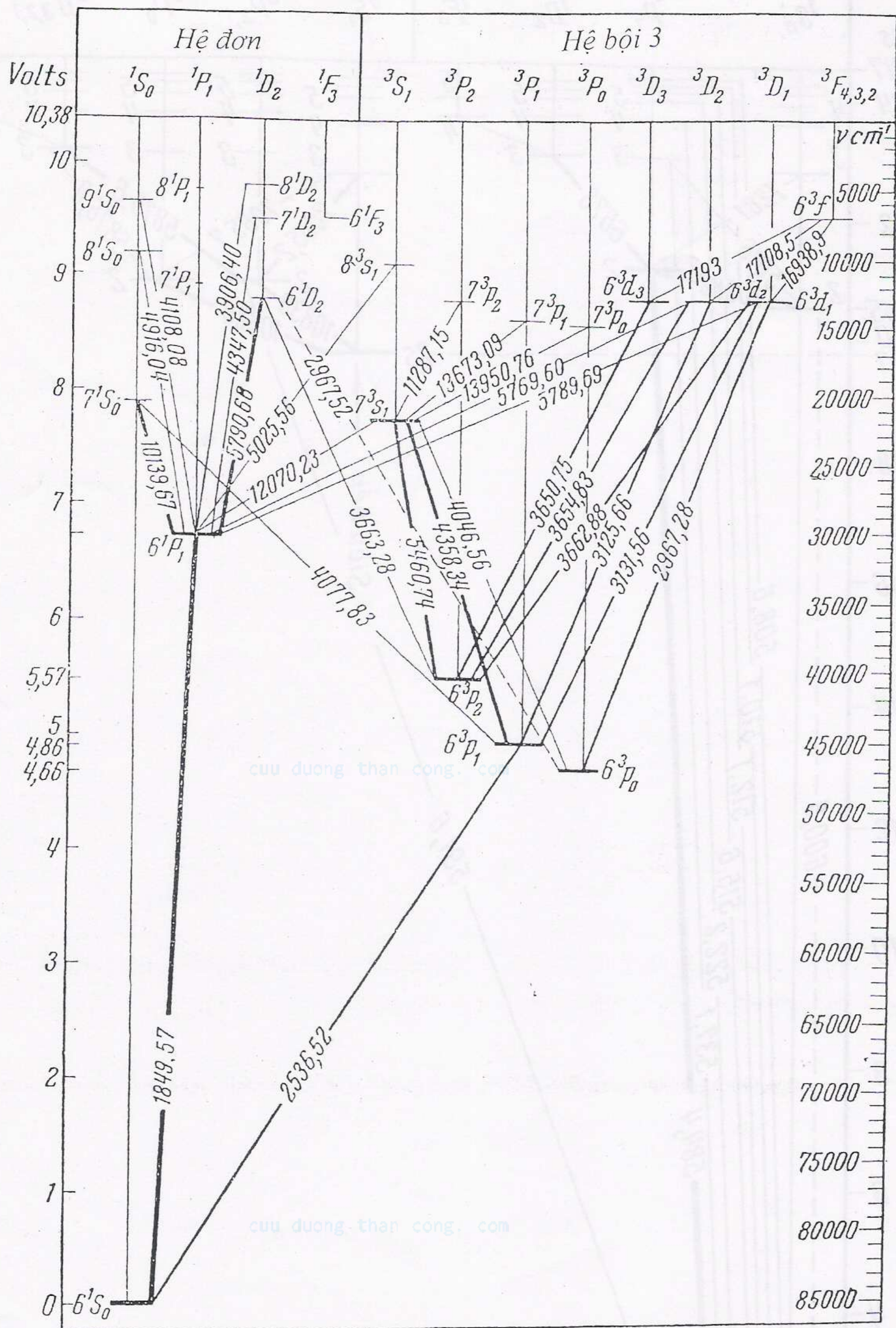
Vì vậy quang phổ nguyên tử khá phức tạp, cũng gồm nhiều vạch, tuy nhiên không thể sắp xếp thành các dãy như quang phổ của nguyên tử có 1 electron hóa trị.

Hình vẽ sau đây biểu diễn sơ đồ mức năng lượng và các dịch chuyển giữa các trạng thái của 1 số nguyên tử có 2 electron hóa trị









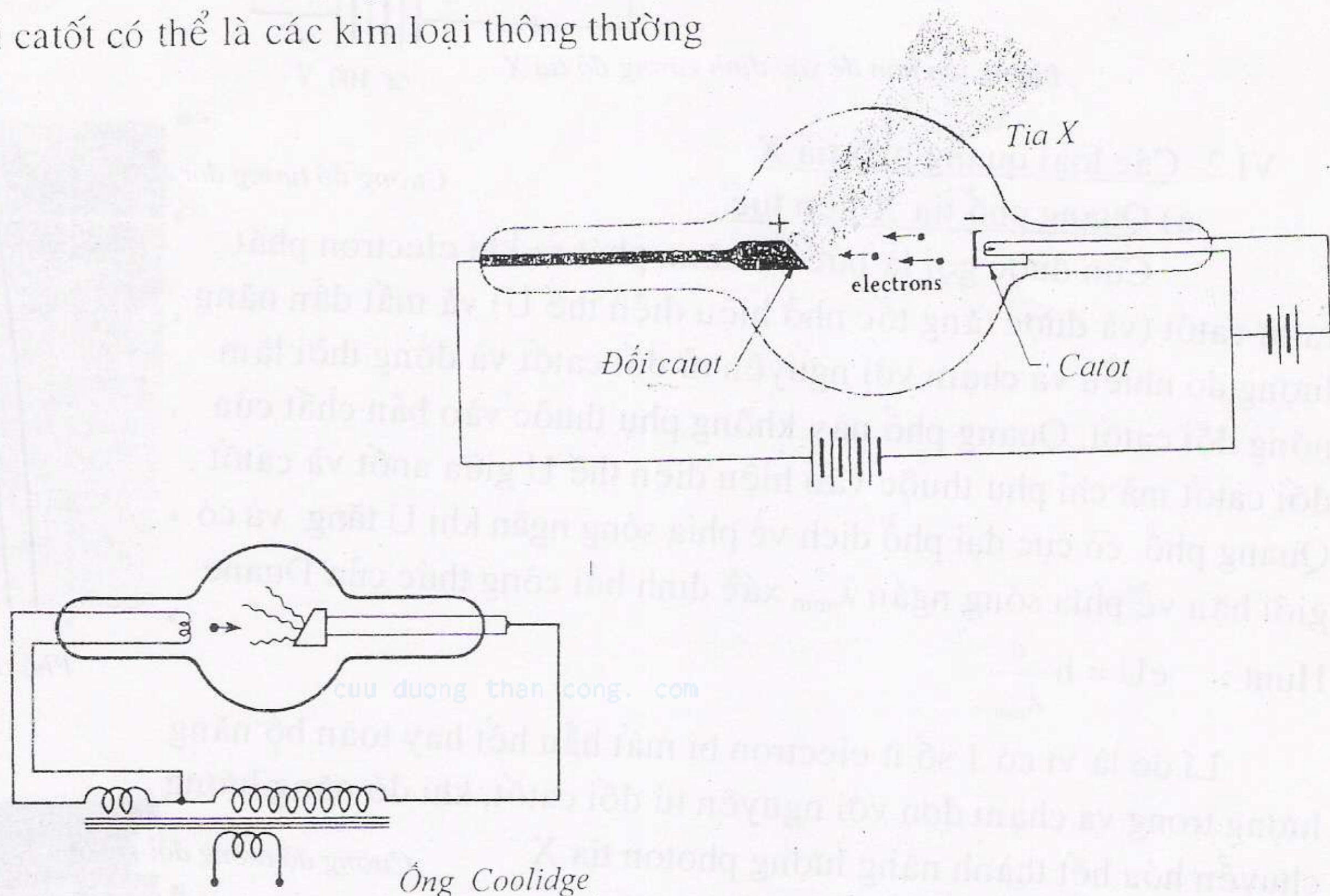
Sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử Hg



## VI- Quang phổ tia X

1- Máy quang phổ tia X gồm các bộ phận chính :

a) Nguồn phát tia X : là ống phát tia X (ống Rơnghen) , đó là 1 bình chân không, bên trong có catốt dùng để phát xạ electron ; đối catốt làm bằng kim loại có độ nóng chảy cao (nối với anốt). Hiệu điện thế U giữa anốt và catốt có thể lên tới hàng chục vạn vôn . Tia X phát ra từ ống này là tia X không đơn sắc (gồm nhiều bước sóng khác nhau). Hiện nay người ta dùng nguồn phát tia X là ống Coolidge (được cải tiến từ ống Rơnghen) có thể sử dụng với điện xoay chiều và đối catốt được giải nhiệt bằng dòng nước lạnh chảy qua, nên kim loại dùng làm đối catốt có thể là các kim loại thông thường

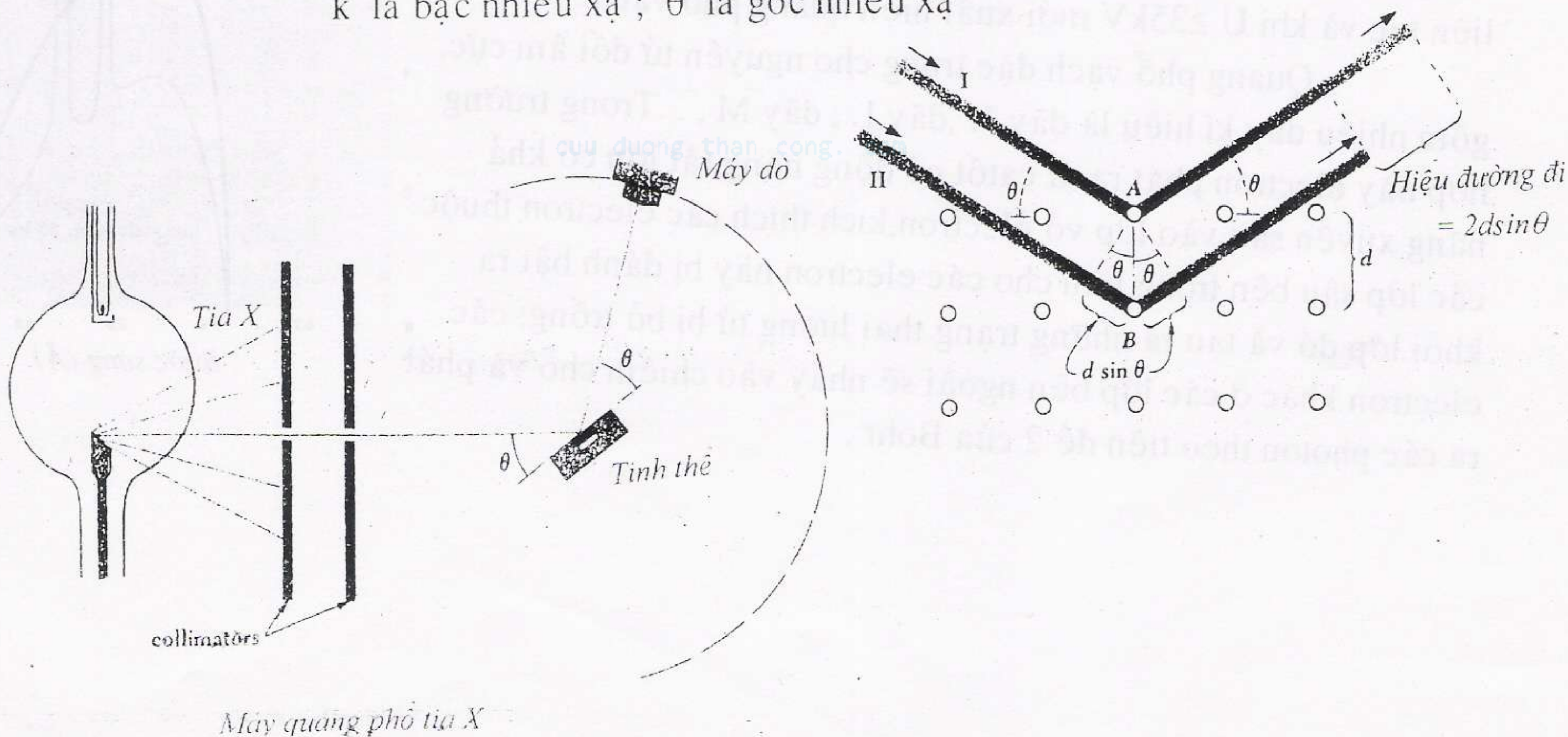


b) Hệ tán sắc: là cách tử nhiễu xạ tự nhiên , đó là các tinh thể muối vô cơ .Các tia X phản xạ trên tinh thể có thể tạo ra các cực đại nhiễu xạ xác định bởi hệ thức Wulf – Bragg :

$$2d\sin\theta = k\lambda$$

trong đó d là hằng số mạng tinh thể (cũng là chu kì của cách tử)

k là bậc nhiễu xạ ;  $\theta$  là góc nhiễu xạ

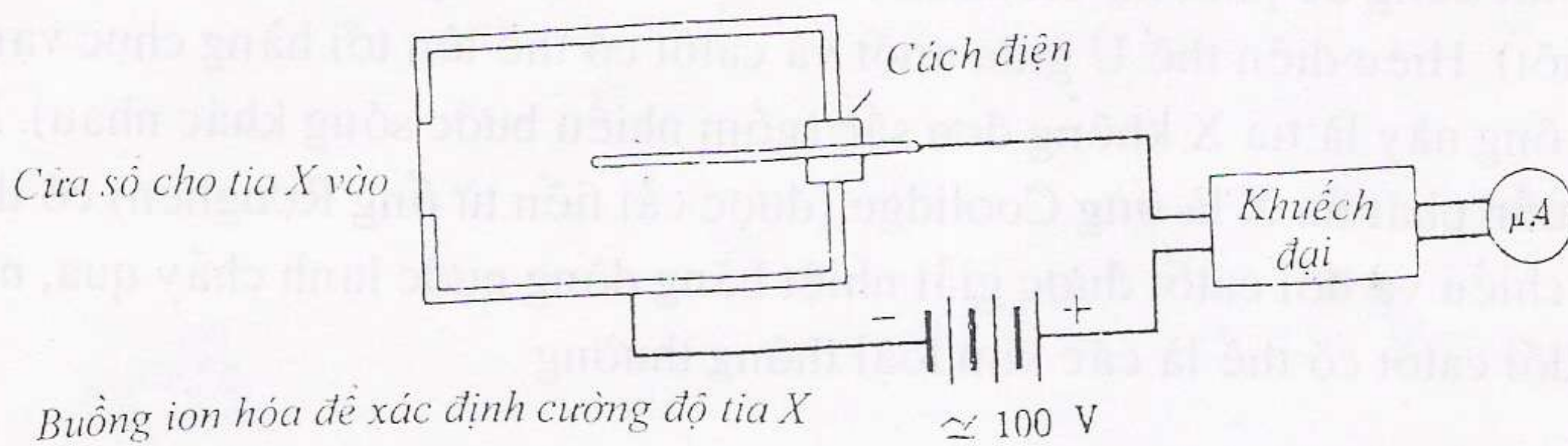


Máy quang phổ tia X



Từ đó với 1 bậc k xác định, ứng với 1 góc  $\theta$  chỉ có tia X có bước sóng xác định mới tạo được cực đại nhiễu xạ, nghĩa là nhờ cách tử tinh thể ta có thể lấy được các tia X đơn sắc

c) Buồng ảnh : thực ra là 1 buồng ion hóa để ghi nhận cường độ của tia X đơn sắc



## VI.2- Các loại quang phổ tia X

### a) Quang phổ tia X liên tục :

Còn được gọi là bức xạ hãm, phát ra khi electron phát ra từ catốt (và được tăng tốc nhờ hiệu điện thế U) và mất dần năng lượng do nhiều va chạm với nguyên tử đối catốt và đồng thời làm nóng đối catốt. Quang phổ này không phụ thuộc vào bản chất của đối catốt mà chỉ phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa anốt và catốt. Quang phổ có cực đại phổ dịch về phía sóng ngắn khi U tăng và có giới hạn về phía sóng ngắn  $\lambda_{\min}$  xác định bởi công thức của Duane

$$\text{Hunt : } eU = h \frac{c}{\lambda_{\min}}$$

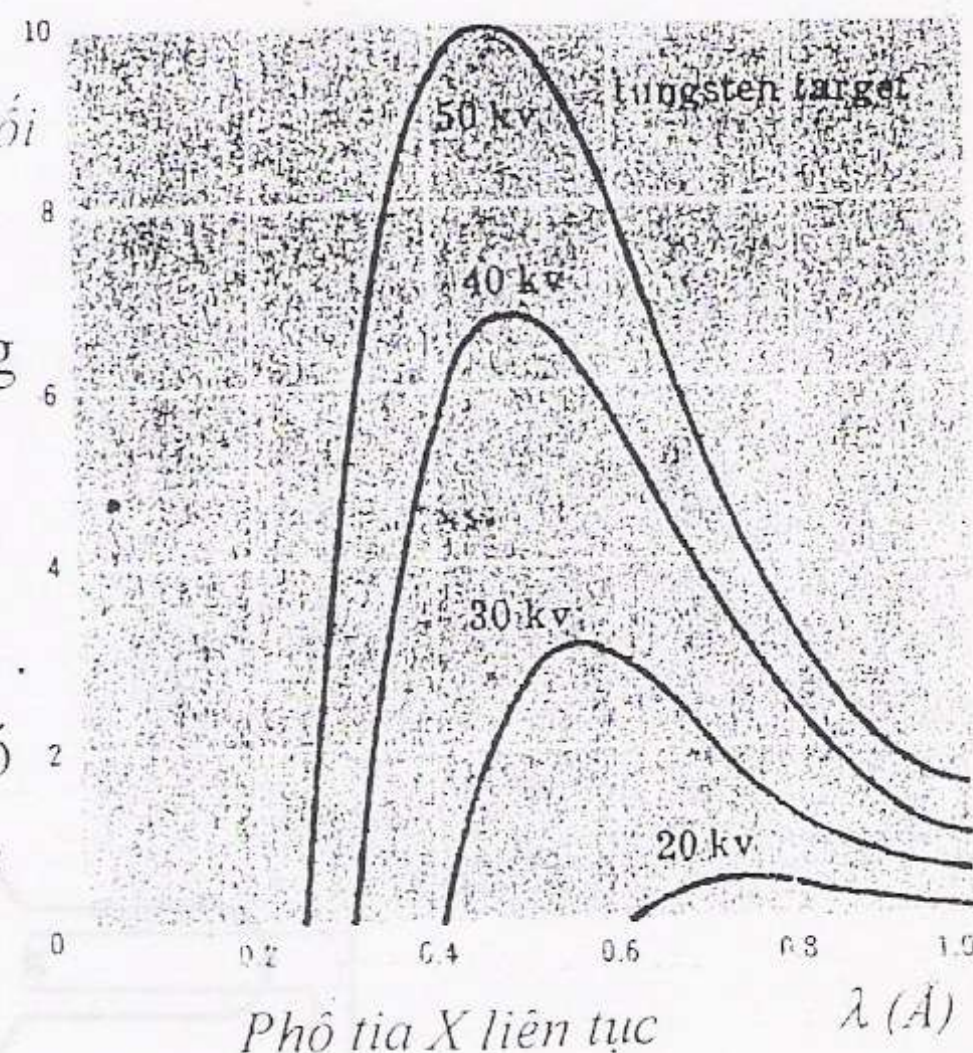
Lí do là vì có 1 số ít electron bị mất hầu hết hay toàn bộ năng lượng trong va chạm đơn với nguyên tử đối catốt, khi đó năng lượng chuyển hóa hết thành năng lượng photon tia X

### b) Quang phổ tia X vạch :

Đây là quang phổ tia X đặc trưng chỉ xảy ra khi hiệu điện thế U có giá trị rất cao (phụ thuộc vào nguyên tử đối catốt) và chồng chất lên quang phổ liên tục. Ví dụ nếu đối catốt làm bằng molybdene ( $Z=42$ ) thì khi  $U < 35\text{kV}$  chỉ có quang phổ tia X liên tục và khi  $U \geq 35\text{kV}$  mới xuất hiện quang phổ vạch.

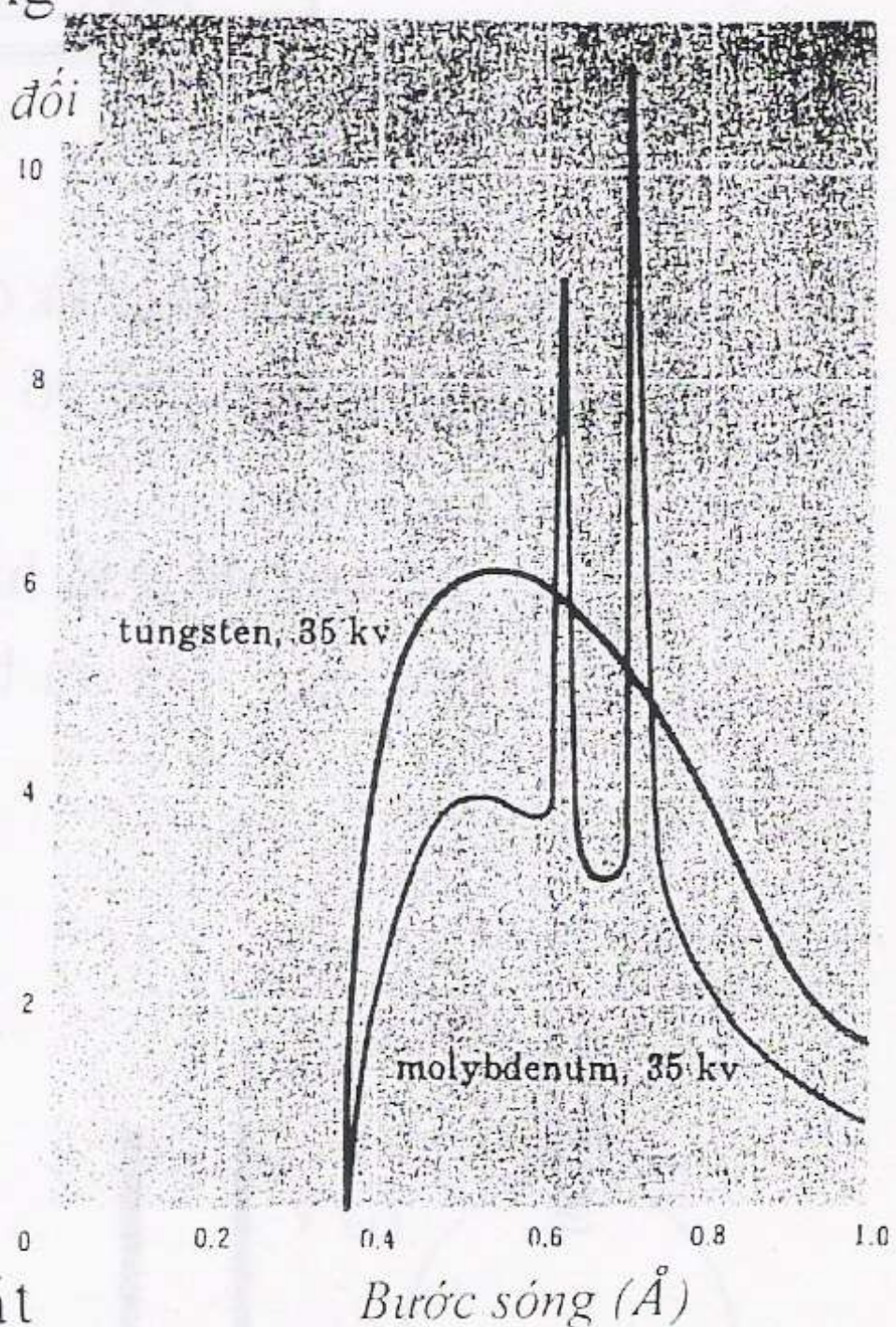
Quang phổ vạch đặc trưng cho nguyên tử đối âm cực, gồm nhiều dãy kí hiệu là dãy K, dãy L, dãy M, ... Trong trường hợp này electron phát ra từ catốt có động năng rất lớn có khả năng xuyên sâu vào lớp vỏ electron, kích thích các electron thuộc các lớp sâu bên trong làm cho các electron này bị đánh bật ra khỏi lớp đó và tạo ra những trạng thái lượng tử bị bỏ trống; các electron khác ở các lớp bên ngoài sẽ nhảy vào chiếm chỗ và phát ra các photon theo tiên đề 2 của Bohr.

Cường độ tương đối



Phổ tia X liên tục

Cường độ tương đối



Bước sóng (Å)

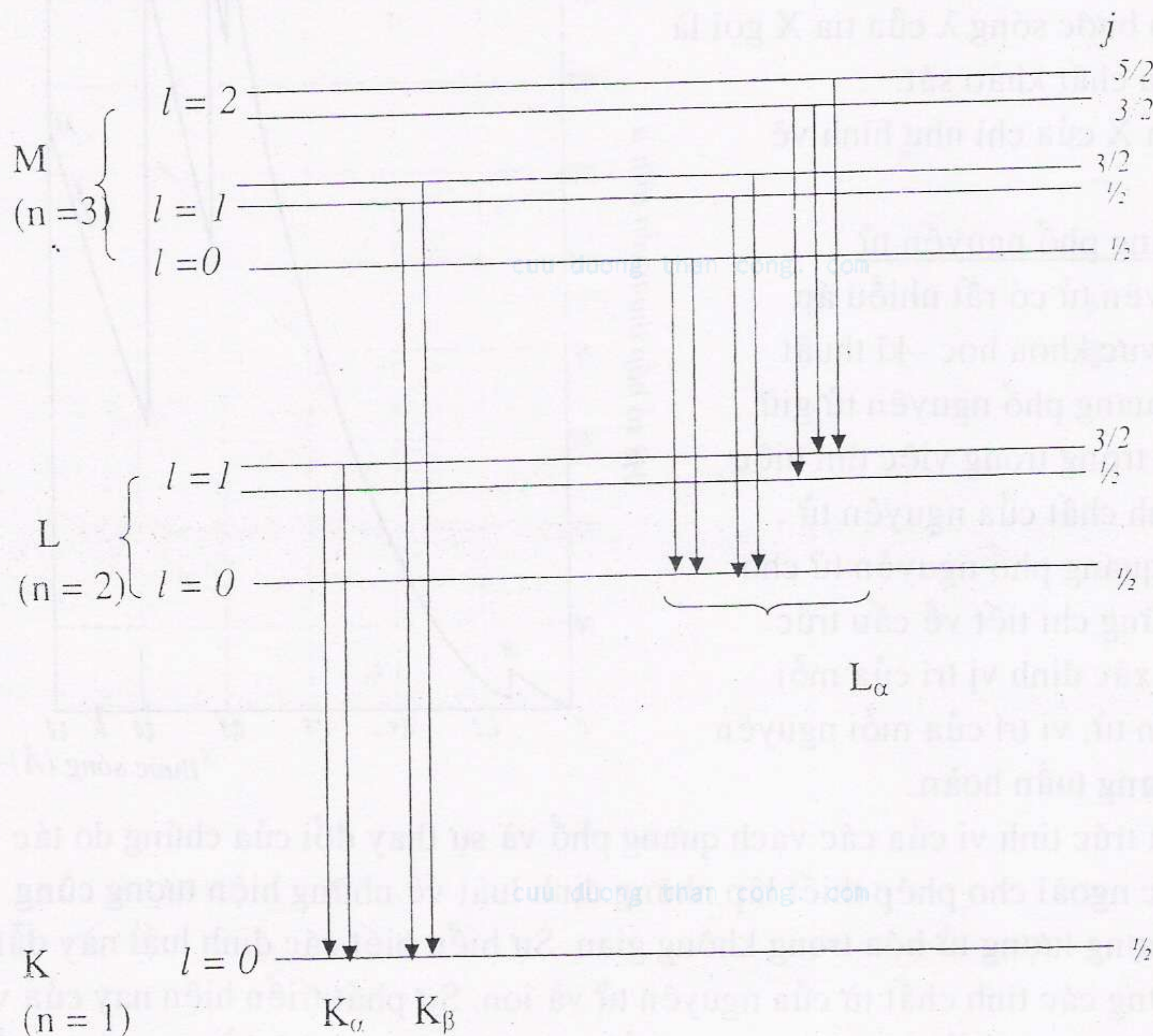
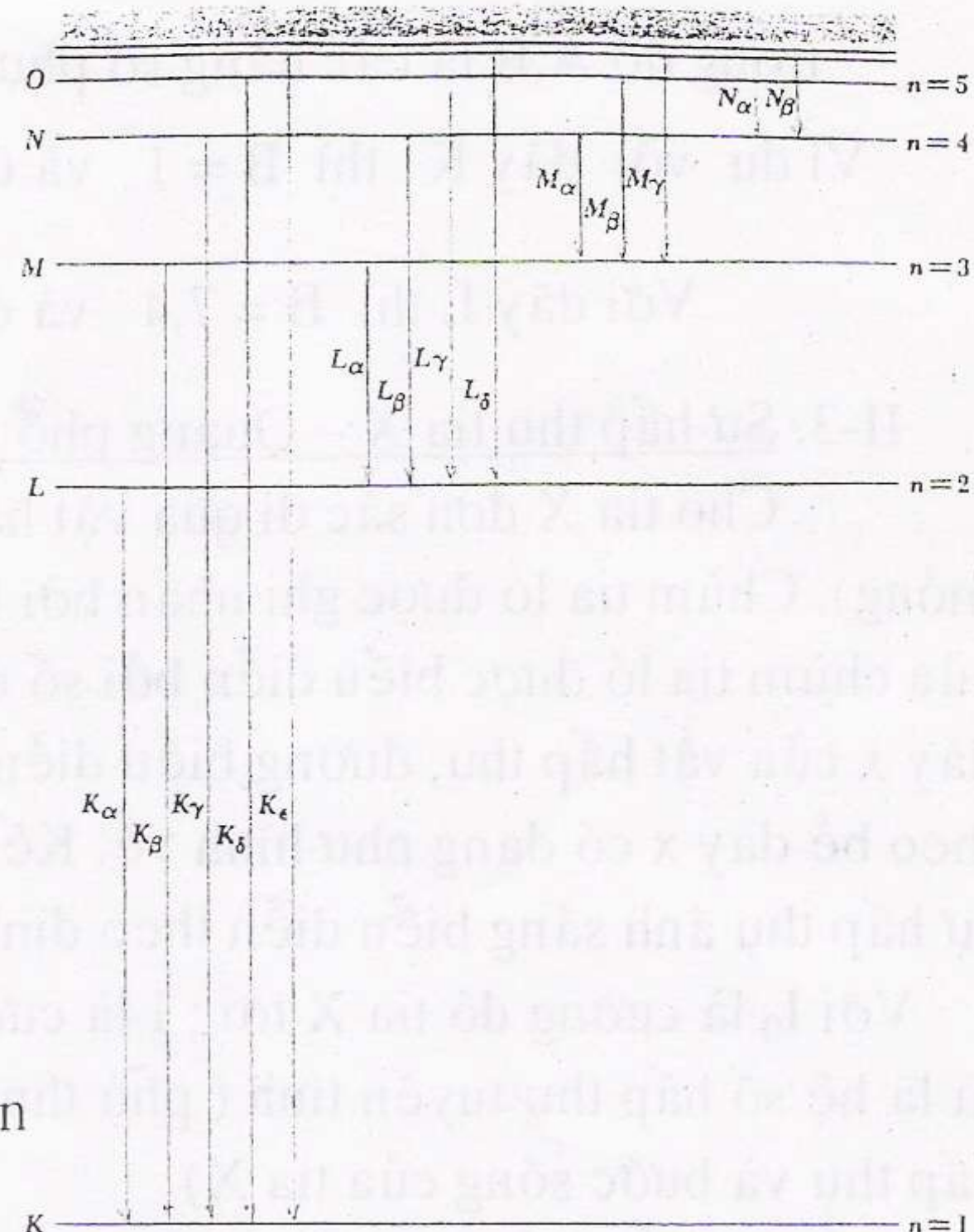


Ví dụ khi electron thuộc lớp K bị kích thích, các electron ở các lớp L hoặc M hoặc N, ... nhảy vào chiếm chỗ, thì các photon phát ra tạo thành dãy K (gồm các vạch  $K_\alpha, K_\beta, K_\gamma, \dots$ )

Tương tự nếu electron thuộc lớp L bị kích thích, các electron ở các lớp M, N hoặc O, ... nhảy vào chiếm chỗ, thì các photon phát ra tạo thành dãy L (gồm các vạch  $L_\alpha, L_\beta, \dots$ )

Do tương tác spin-quỹ đạo, các vạch quang phổ thuộc dãy K ( $K_\alpha, K_\beta, K_\gamma, \dots$ ) đều là vạch kép. Các vạch thuộc dãy L, M, ... có cấu tạo rất phức tạp.

Quy tắc lựa chọn cho chuyển dời giữa các trạng thái cũng tương tự như trường hợp của nguyên tử có 1 electron hóa trị



Số sóng  $\bar{\nu}$  (hoặc bước sóng  $\lambda$ ) của các vạch trong quang phổ đặc trưng cho bởi công thức thực nghiệm của Moseley (1913):

$$\sqrt{\bar{\nu}} = A(Z - B)$$



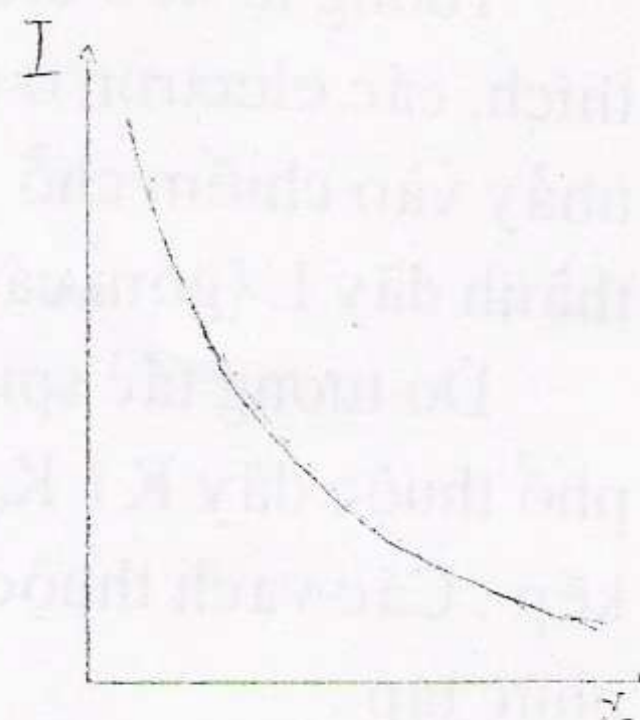
trong đó A, B là các hằng số phụ thuộc nguyên tử đối âm cực và dãy vạch .

Ví dụ với dãy K thì  $B = 1$  và đối với vạch  $K_{\alpha}$  thì  $A \approx \frac{3}{4} R_{\infty}$

Với dãy L thì  $B = 7,4$  và đối với vạch  $L_{\alpha}$  thì  $A \approx \frac{5}{36} R_{\infty}$

### II-3. Sự hấp thụ tia X – Quang phổ hấp thụ

Cho tia X đơn sắc đi qua vật hấp thụ (ví dụ các lá kim loại mỏng). Chùm tia ló được ghi nhận bởi buồng ion hóa; cường độ I của chùm tia ló được biểu diễn bởi số chỉ của điện kế. Thay đổi bề dày x của vật hấp thụ, đường biểu diễn cường độ tia X truyền qua theo bề dày x có dạng như hình vẽ. Kết quả này cũng tương tự như sự hấp thụ ánh sáng biểu diễn theo định luật Beer :  $I = I_0 e^{-\mu x}$

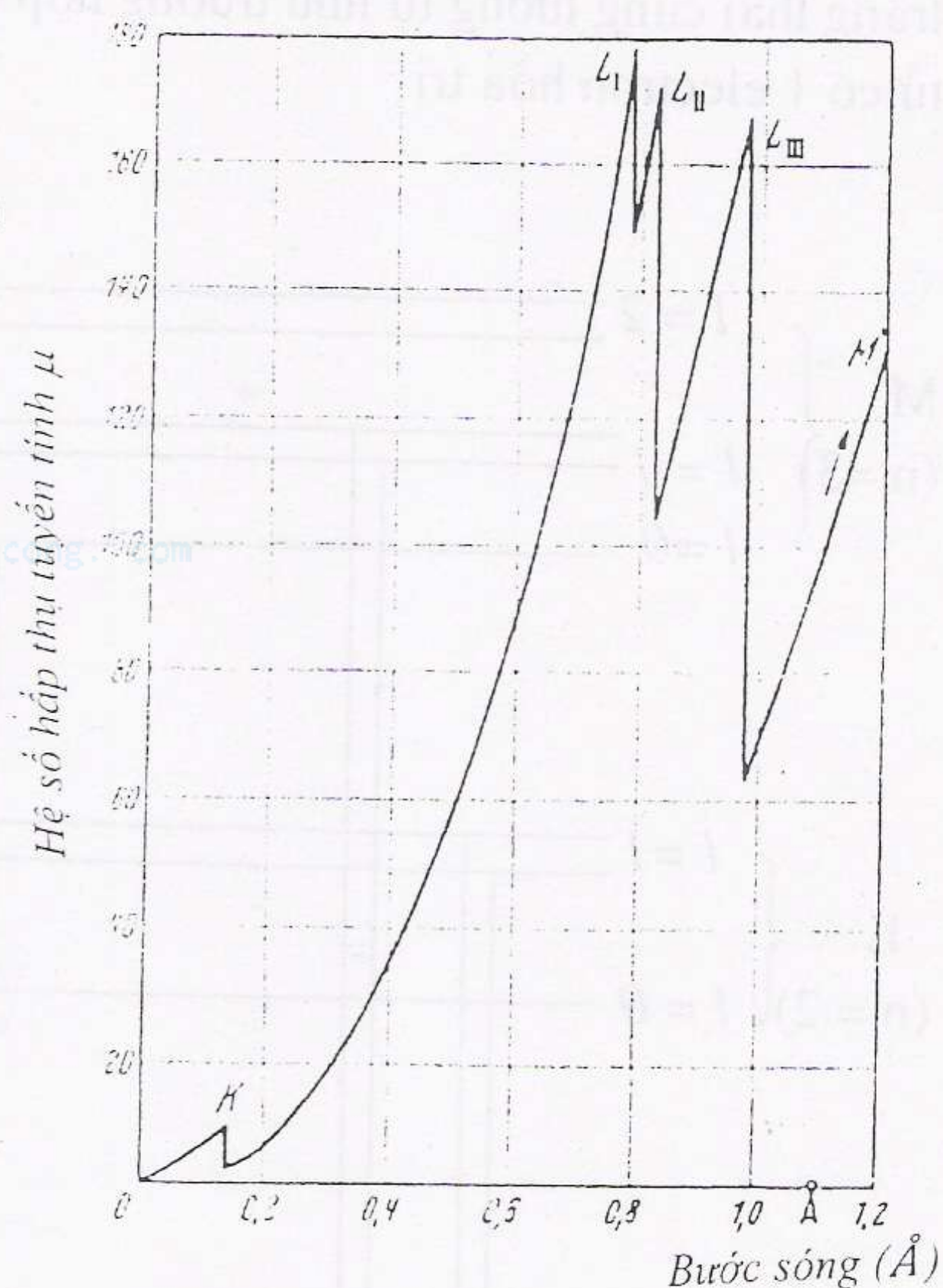


Với  $I_0$  là cường độ tia X tới ; I là cường độ tia X truyền qua ;

$\mu$  là hệ số hấp thụ tuyến tính ( phụ thuộc vào vật hấp thụ và bước sóng của tia X)

Đồ thị biểu diễn sự biến thiên của hệ số hấp thụ tuyến tính  $\mu$  theo bước sóng  $\lambda$  của tia X gọi là phổ hấp thụ tia X của chất khảo sát.

Ví dụ phổ hấp thụ tia X của chì như hình vẽ



### III- Áp dụng của quang phổ nguyên tử

Quang phổ nguyên tử có rất nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực khoa học – kỹ thuật. Các nghiên cứu về quang phổ nguyên tử giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong việc tìm hiểu cấu trúc và những tính chất của nguyên tử. Sự điều đặn của các quang phổ nguyên tử cho phép làm sáng tỏ những chi tiết về cấu trúc của các lớp điện tử, xác định vị trí của mỗi electron trong nguyên tử, vị trí của mỗi nguyên tố trong bảng phân hạng tuần hoàn.

Nghiên cứu cấu trúc tinh vi của các vạch quang phổ và sự thay đổi của chúng do tác dụng của 1 trường lực ngoài cho phép thiết lập những định luật về những hiện tượng cũng tổng quát như hiện tượng lượng tử hóa trong không gian. Sự hiểu biết các định luật này dẫn tới giải thích định lượng các tính chất từ của nguyên tử và ion. Sự phát triển hiện nay của vật lý học cũng 1 phần nhờ vào sự tiến bộ của quang phổ học. Phép phân tích bằng quang phổ phát xạ (định tính và định lượng) được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học – kỹ thuật như thăm dò địa chất, phân tích kiểm nghiệm trong các ngành luyện kim, dược... vì những đặc tính quan trọng và ưu việt của nó như độ chính xác cao ( $10^{-11}g$  với Sr ;  $10^{-10}g$  với Cd, Mn,



Tl;  $10^{-8}$ g với Li, Te . . . ) , nhanh chóng ; ít tốn kém các mẫu vật phân tích và hóa chất; có thể phân tích nhiều loại đối tượng khác nhau ; . . .

### BÀI TẬP

- 1/ Viết kí hiệu biểu diễn số sóng  $\bar{\nu}$  của bội ba đầu tiên thuộc dãy căn bản của Kali
- 2/ Viết kí hiệu biểu diễn số sóng  $\bar{\nu}$  của vạch quang phổ có bước sóng dài nhất trong bội ba đầu tiên thuộc dãy khuếch tán của Natri
- 3/ Năng lượng liên kết của electron hóa trị trong nguyên tử Natri là 5,14eV
  - a) Cho số hạng hiệu chỉnh  $s = 1,37$ . Suy ra giá trị của hằng số Rydberg của Natri
  - b) Năng lượng của photon trong dịch chuyển từ trạng thái 3P về trạng thái 3S là 2,1 eV. Suy ra giá trị của số hạng hiệu chỉnh p
- 4/ Cho số hạng hiệu chỉnh  $s$  và  $p$  của nguyên tử Liti là  $s = 0,41$  ;  $p = 0,04$ . Cho hằng số Rydberg của Liti là  $R = 1,09729 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ . Tìm bước sóng và tần số của photon trong dịch chuyển từ trạng thái 3S về trạng thái 2P và từ trạng thái 2P về trạng thái 2S
- 5/ Vạch D của Natri là vạch kép gồm 2 vạch sát nhau có bước sóng 5890Å và 5896Å thuộc dãy chính và ứng với dịch chuyển từ trạng thái 3P về trạng thái 3S. Viết kí hiệu số sóng của vạch D và tính khoảng cách năng lượng giữa 2 trạng thái  $3^2P_{3/2}$  và  $3^2P_{1/2}$
- 6/ Tìm hiệu điện thế phải đặt vào 2 cực của ống Rơnghen để quang phổ tia X liên tục có bước sóng cực tiểu là 0,124Å . Suy ra vận tốc của electron khi tới đối âm cực . Bỏ qua vận tốc đầu của electron
- 7/ Vạch  $K_{\alpha}$  trong quang phổ vạch tia X của nguyên tử Coban có bước sóng 1,79Å
  - a) Dùng công thức Moseley để kiểm chứng lại nguyên tử số  $Z$  của Coban
  - b) Suy ra hiệu năng lượng giữa 2 trạng thái 1s và 2p trong nguyên tử