

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

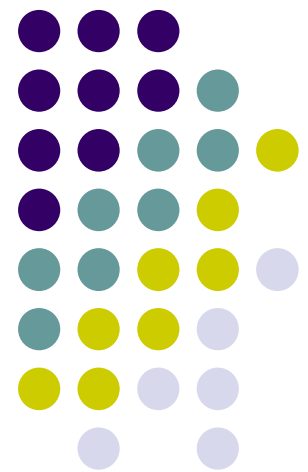
http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html

CÔNG NGHỆ và KHOA HỌC VẬT LI CÔNG NGHỆ

Nguyễn Minh Tuấn

Chương II

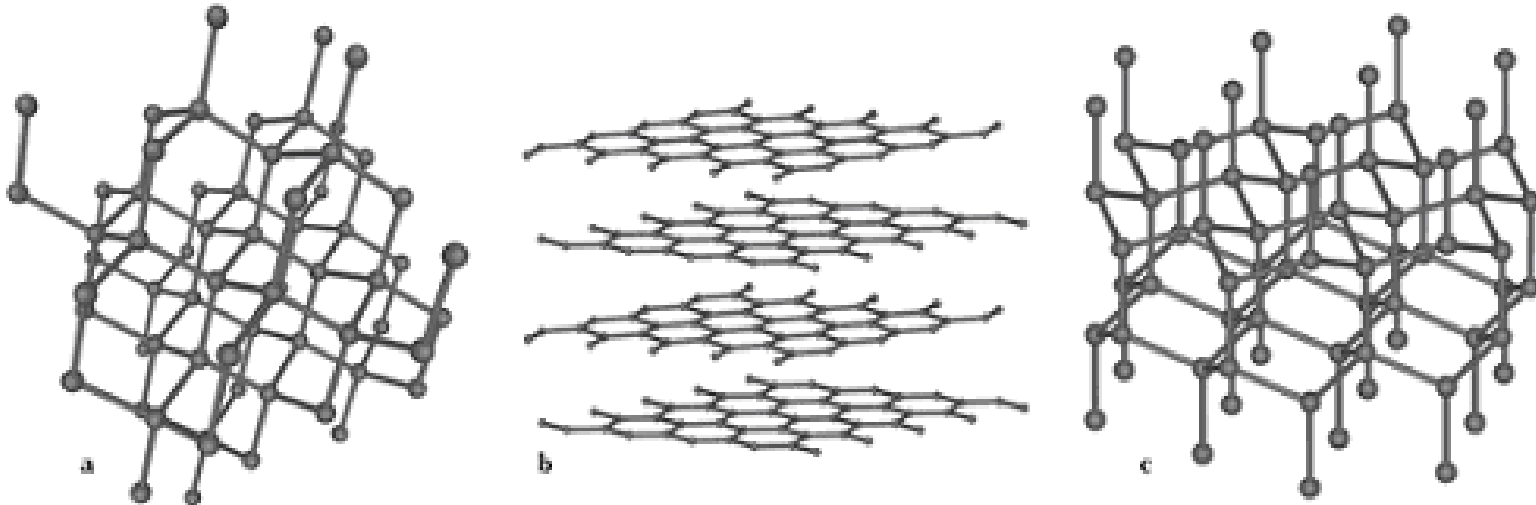
Cấu trúc và Liên kết các Nguyên tử



Cấu trúc Nguyên tử và Liên kết



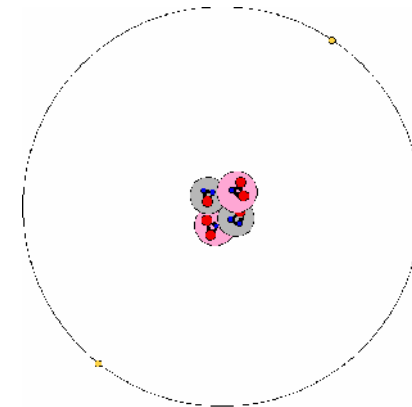
- Tác động giữa các nguyên tử trong cấu trúc – trong môi trường tinh thể, *bản chất amorphous* tác động này quy định nên tính chất *đặc biệt*



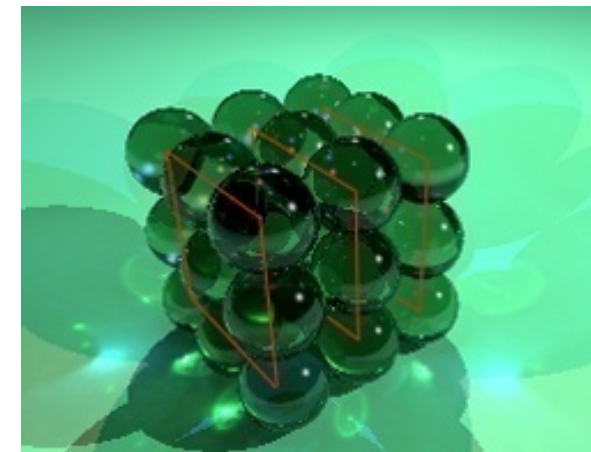
3 dạng hình thái của carbon: kim cương, graphite, lonsdaleite

Cấu trúc Nguyên tử

- Nguyên tử tính chất đặc trưng nên phụ thuộc vào cấu trúc, sự sắp xếp các nguyên tử thành phần trong môi trường thích ứng nhằm vào tương tác giữa các nguyên tử, phân tử
- Nguyên tử gồm có các nucleus – proton và neutron. Các electron quay xung quanh (Z : nguyên tử số = số proton = số electron)
- Atomic mass ($A=Z+N$) và Atomic weight



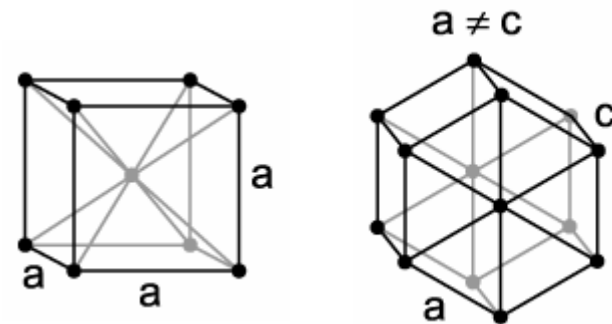
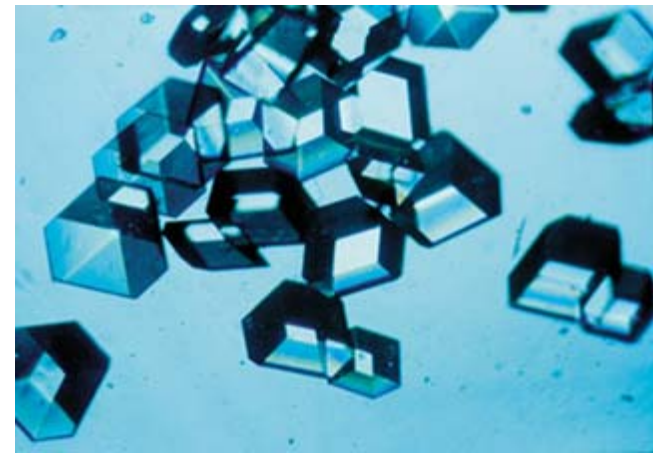
Cấu trúc nguyên tử Heli





Cấu trúc Nguyên tử

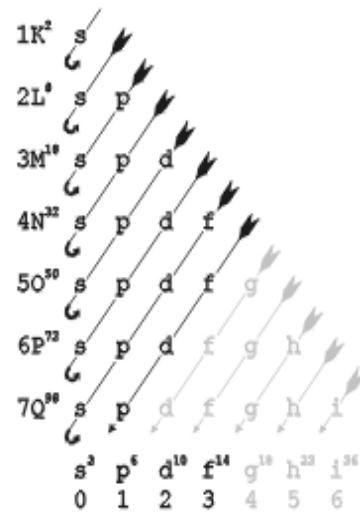
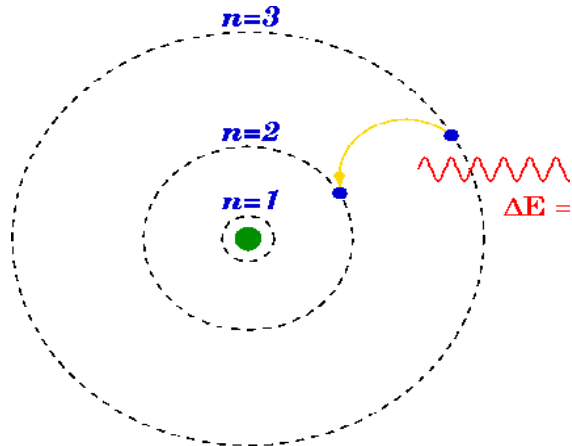
- Các electron chuyển động quanh hạt nhân tuân theo các quy luật cơ học lượng tử
- Năng lượng của electron là không liên tục – tồn tại các mức năng lượng. Các electron có thể chuyển từ mức năng lượng này sang mức khác
- Mô hình hóa theo Bohr atomic Model và/hoặc Wave-mechanical Model



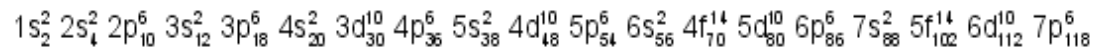
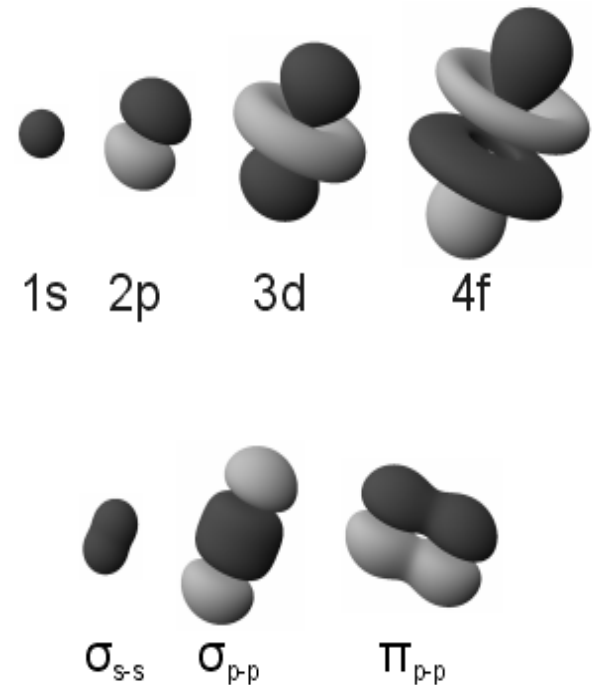
Cấu trúc Nguyên tử



- Cấu hình electron trong nguyên tử quyết định tính chất nguyên tử và các mức năng lượng của nó
- Các trạng thái lượng tử khác nhau của electron




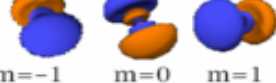
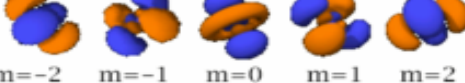
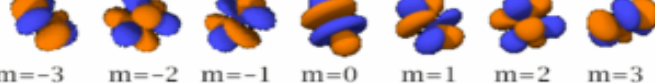
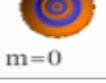


Chemmix





Cấu trúc Nguyên tử

	$s (l=0)$	$p (l=1)$	$d (l=2)$	$f (l=3)$
n=1	 m=0			
n=2	 m=0	 m=-1 m=0 m=1		
n=3	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	
n=4	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	 m=-3 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2 m=3
n=5	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	
n=6	 m=0	 m=-1 m=0 m=1		
n=7	 m=0			



Cấu trúc Nguyên tử

- Các quỹ đạo của electron theo mô hình cổ điển Bohr các quỹ đạo hoàn toàn khác nhau ứng với các giá trị n khác nhau
- Khối lượng nguyên tử A gần bằng khối lượng các proton và neutron trong hạt nhân

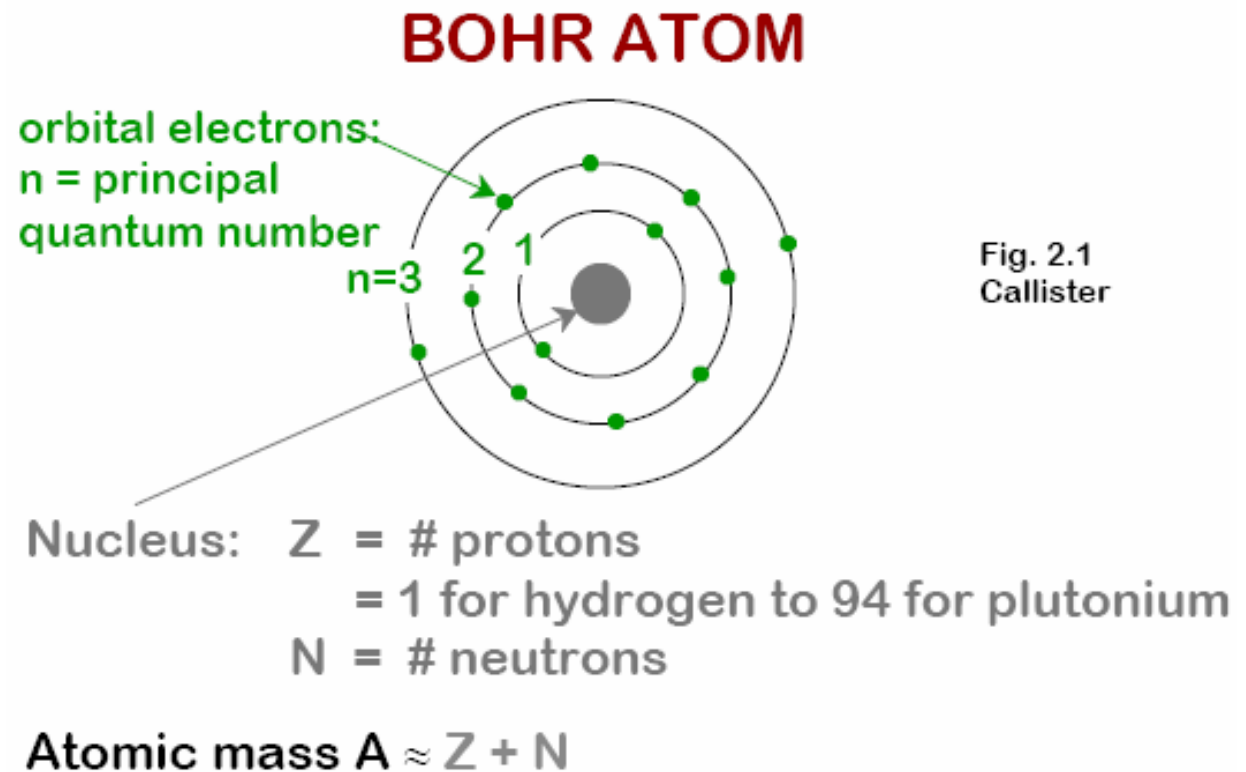


Fig. 2.1
Callister

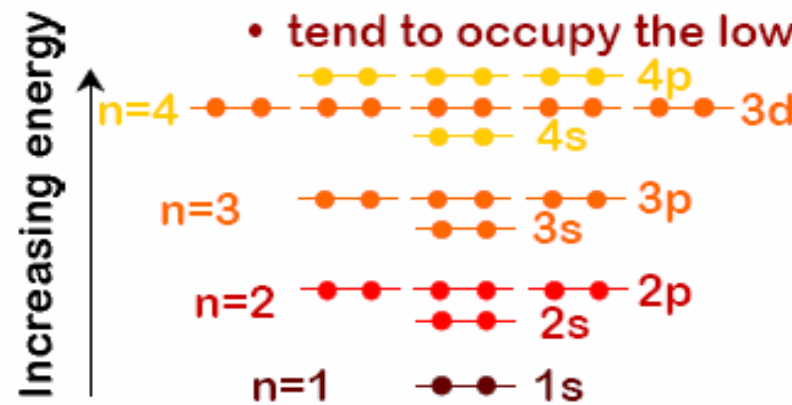


Cấu trúc Nguyên tử

- Mối liên hệ giữa cấu trúc nguyên tử và tính chất vật lý, hóa học của nguyên tố được mô tả bằng các số lượng tử n, l, m_l, m_s - gọi là các số lượng tử
- Các trạng thái năng lượng ổn định - phân bố hóa học và các liên kết

Electrons:

- have discrete energy states
- tend to occupy the lowest avail. state



Stable electron configurations:

- have complete s and p subshells
- tend to be unreactive

Z	Element	Configuration
2	He	$1s^2$
10	Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$
18	Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
36	Kr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$



Cấu trúc Nguyên tử

Most elements: Electron configuration not stable

Element	Atomic #	Electron configuration	
Hydrogen	1	$1s^1$	
Helium	2	$1s^2$ (stable)	
Lithium	3	$1s^2 2s^1$	
Beryllium	4	$1s^2 2s^2$	
Boron	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	(Table 2.2)
Carbon	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	Callister
...	
Neon	10	$1s^2 2s^2 2p^6$ (stable)	
Sodium	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	
Magnesium	12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	
Aluminum	13	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	
...	
Argon	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ (stable)	
...	
Krypton	36	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ (stable)	

Why? Valence (outer) shell usually not filled





Cấu trúc Nguyên tử

Tên	Ký hiệu	Ý nghĩa	Giá trị	Ví dụ
Số lượng tử chính (principal quantum number)	n	Lớp điện tử (Shell)	$1 \leq n$	$n = 1, 2, 3...$
Số lượng tử quỹ đạo (azimuthal quantum number)	l	Lớp con điện tử (Subshell)	$0 \leq l \leq n - 1$	Với $n = 3$: $l = 0, 1, 2 (s, p, d)$
Số lượng tử từ (magnetic quantum number)	m_l	Chuyển mức năng lượng	$-l \leq m_l \leq l$	Với $l = 2$: $m_l = -2, -1, 0, 1, 2$
Số lượng tử spin (spin quantum number)	m_s	spin	$-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	Chỉ lấy các giá trị: $-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

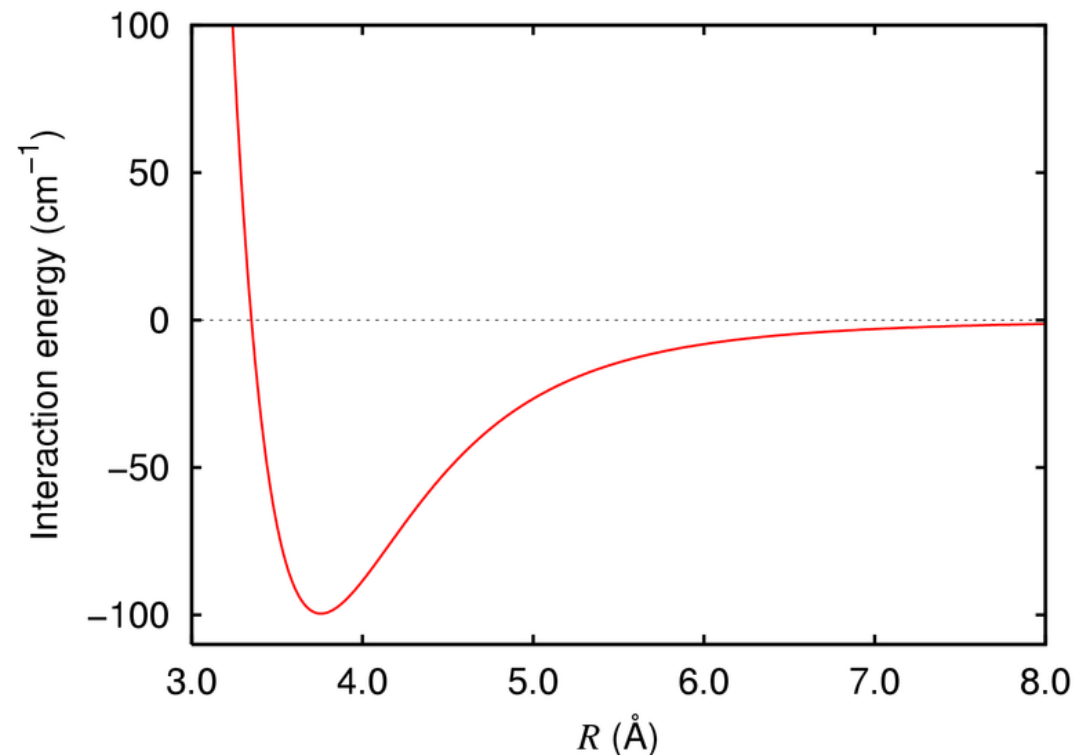


Liên kết trong chất rắn

- Lực liên kết giữa các nguyên tử lân cận hút nhau bằng lực hút F_A và lực đẩy $F_R \rightarrow F_N = F_A + F_R$

- Năng lượng liên kết

$$\begin{aligned}
 E_N &= \int_{\infty}^r F_N dr \\
 &= \int_{\infty}^r F_A dr + \int_{\infty}^r F_R dr \\
 &= E_A + E_R
 \end{aligned}$$





Các loại liên kết trong chất rắn

- **Liên kết s - p:** có sự hoán chuyển hoặc góp chung các electron – còn gọi là liên kết hóa học gồm 3 loại: liên kết ion, liên kết hóa trị và liên kết kim loại
 - Liên kết ion
 - Liên kết hóa trị
 - Liên kết kim loại
- **Liên kết th - p:** không có sự hoán chuyển hoặc là góp chung các electron – còn gọi liên kết vật lý – y học – nhúng nhằng – rõ ràng lên các tính chất vật lý của vật liệu

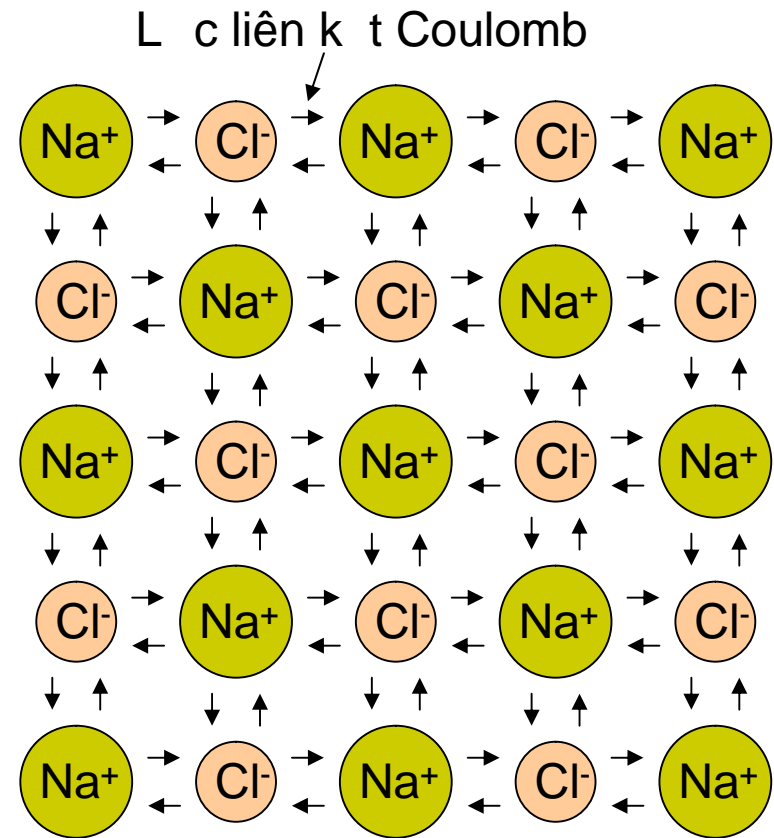
Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết tĩnh điện



- **Liên kết ion:** đặc trưng bởi hình dung nhất định. Có thể thay thế các hợp chất kim loại và phi kim

- Lực hút là lực Coulomb. Năng lượng hút E_A xác định bởi $E_A = -(A/r)$, năng lượng đẩy E_R xác định bởi $E_R = -(B/r^n)$. A, B, n là hằng số phụ thuộc vào hệ ion



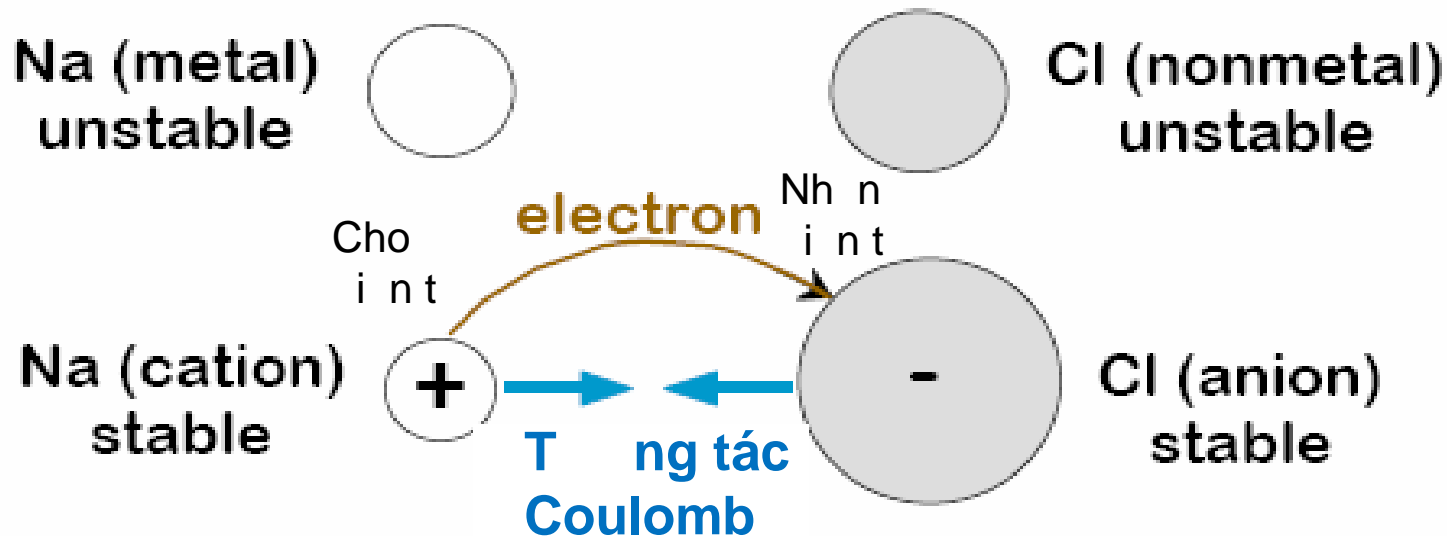
Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết tĩnh điện



- ❖ Là sự liên kết giữa các ion trái dấu (các ion âm - và các ion dương +)
- ❖ Có sự chuyển điện tử
- ❖ Các ion có số khác biệt về số electron âm tính

Example: NaCl



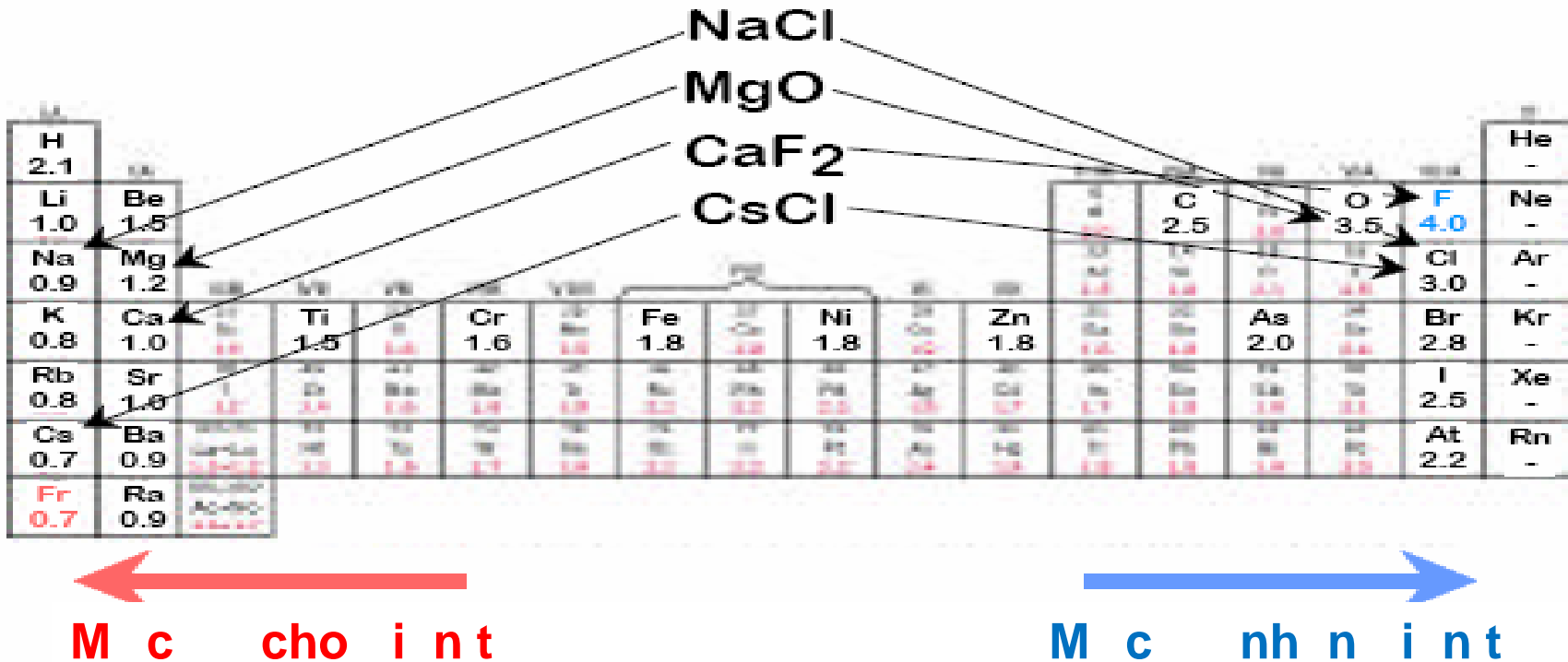
Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết s - c - p



Examples: Ionic Bonding

- Là loại liên kết chiếm ưu thế trong vật liệu gốm (ceramics)



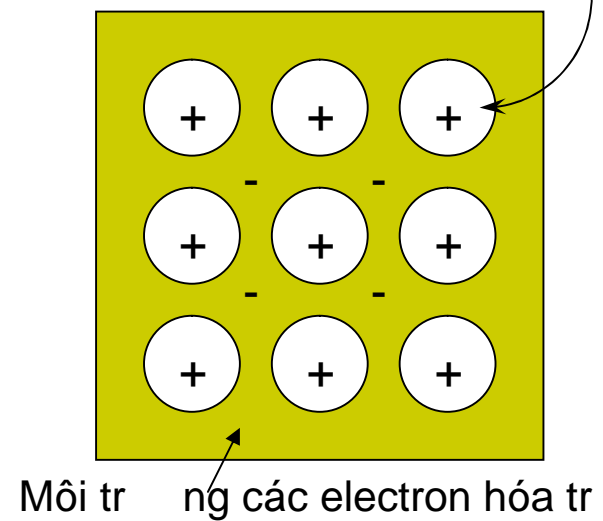
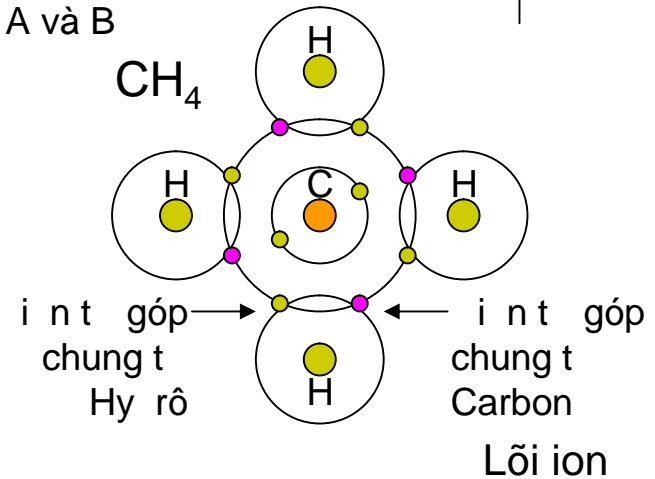
Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết cộng hóa trị



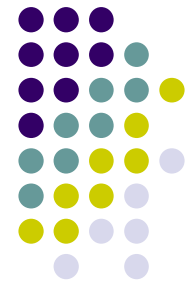
X_A, X_B là âm i n c a
các nguyên t A và B

- **Liên kết hóa trị**: do sự đóng góp i n t c a các nguyên t li n k . Nh ng i n t góp chung c coi là thu c v c hai nguyên t ó
% thành ph n ion = $\{1 - \exp[-(0,25)(X_A - X_B)^2]\} \times 100$
- **Liên kết kim lo i**: xác nh trong các kim lo i và h p kim. Các kim lo i th ng có 1, 2 ho c nhi u nh t là 3 i n t hóa tr. Các i n t hóa tr *không bao quanh* các nguyên t mà *chuy n ng t do* trong kim lo i. Chúng c xem là thu c v c kh i kim lo i – xem nh là môi tr ng i n t “sea of e⁻” hay là ám mây i n t



Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết s - p



Examples: Liên kết cộng hóa trị

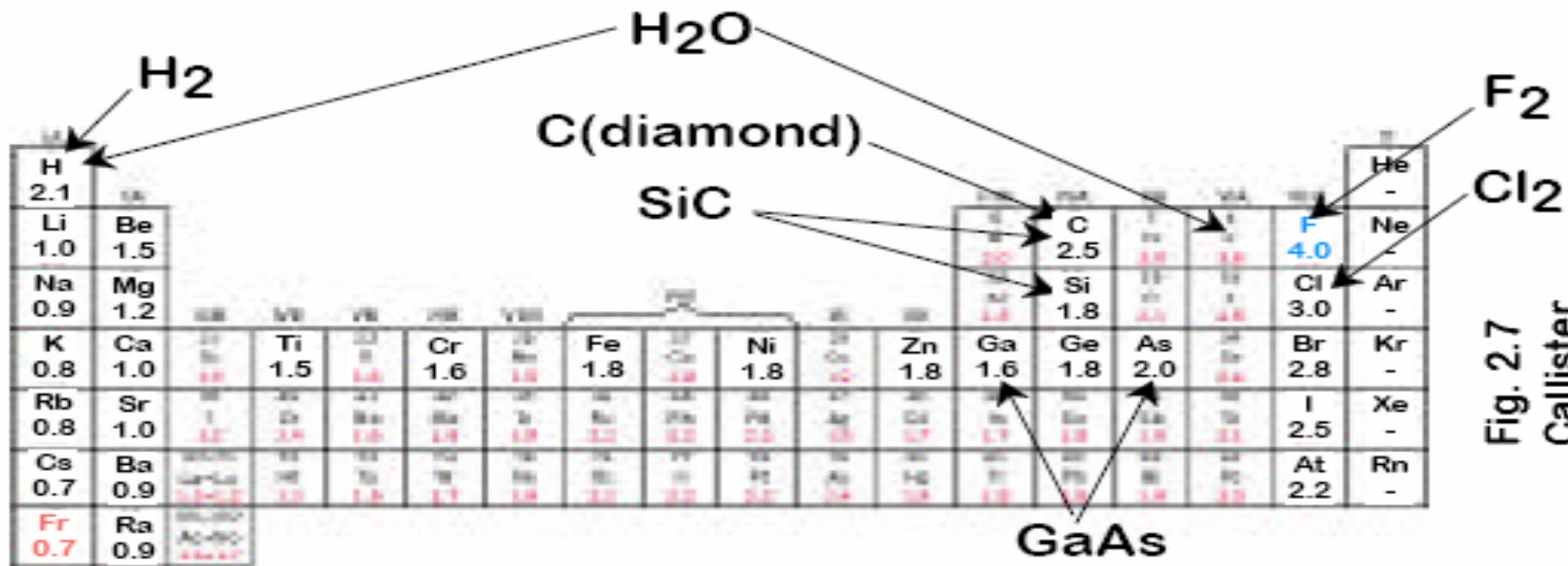


Fig. 2.7
Callister

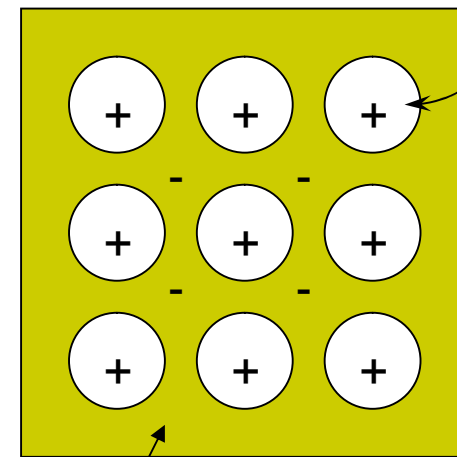
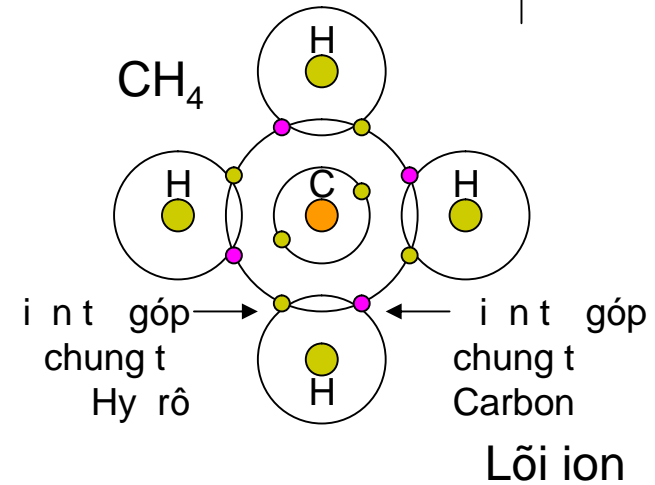
- Molecules w/nonmetals: H₂, Cl₂, F₂
- Molecules w/metals & nonmetals: H₂O, CH₄, HF
- Elemental solids (RHS of PT): C(diamond), Si, Ge
- Compound solids (about IVA): SiC, GaAs, BN, CdTe

Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết s - p



- **Liên kết kim loại**: những nguyên tử không hóa trị còn lại và hạt nhân nguyên tử hợp thành các **lỗ ion**
 → các lỗ ion tích điện dương mật độ lớn
 Nguyên tử tích điện âm tích các electron hóa trị trong nguyên tử
- Các electron tự do là môi trường ngăn cách các **lỗ ion** tích điện dương khi xảy ra chuyển động của chúng. Các electron tự do có vai trò như **chất kết dính** giữ các lỗ ion với nhau. Cấu trúc của liên kết kim loại là bất định hình.

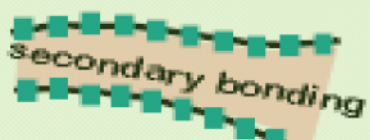


Môi trường các electron hóa trị

Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết sơ cấp



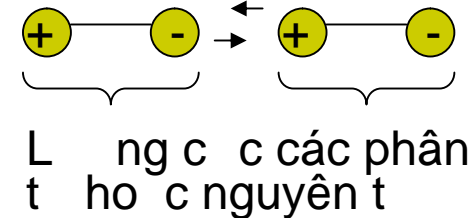
<p>Ceramics (Ionic & covalent bonding):</p>	<p>Large bond energy large T_m large E small α</p>
<p>Metals (Metallic bonding):</p>	<p>Variable bond energy moderate T_m moderate E moderate α</p>
<p>Polymers (Covalent & Secondary):</p>  <p>secondary bonding</p>	<p>Directional properties Secondary dominates small T_m small E large α</p>

Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết thối yếu



- **Liên kết thối yếu** – liên kết **van der Waals**: còn gọi là liên kết vật lý – là liên kết yếu so với liên kết cộng hóa trị hay liên kết ion. Năng lượng liên kết khoảng 10 kJ/mol ($0,1 \text{ eV/atom}$)
- Là liên kết Coulomb giữa các điện tích âm và dương của các phân tử lân cận
- Liên kết thối yếu tồn tại giữa các nguyên tử hoặc phân tử - nhưng nó sẽ bị bỏ qua như có bất kỳ một liên kết cộng hóa trị nào. Liên kết thối yếu chỉ xảy ra trong các chất rắn



Các loại liên kết trong chất rắn

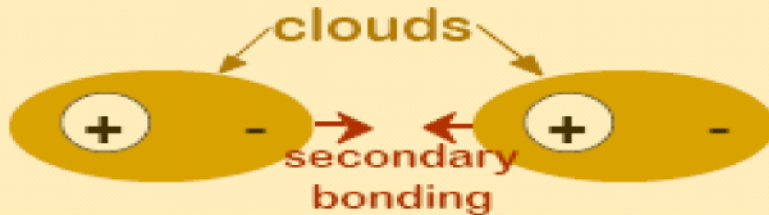
Liên kết tĩnh điện



Tồn tại do tương tác giữa các lưỡng cực (dipole)

- Các lưỡng cực dao động

asymmetric electron

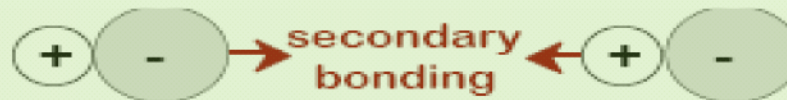


ex: liquid H₂

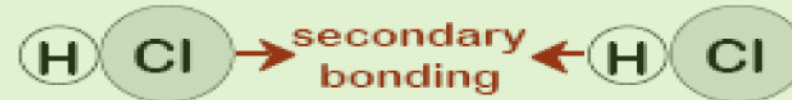


- Các lưỡng cực định xứ không dao động – gồm cả các phân tử

in general:



ex: liquid HCl



ex: polymer



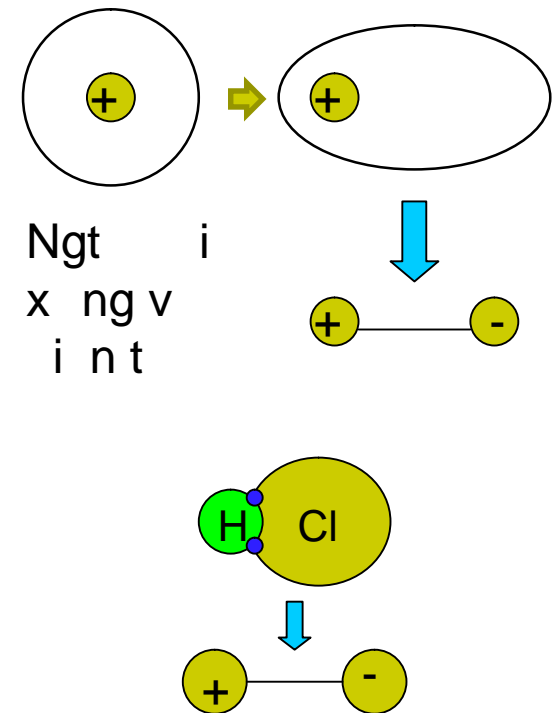
Anderson 205-2-12

Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết thối

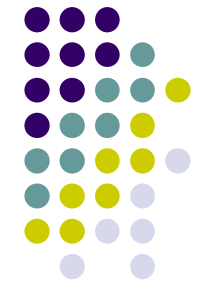


- Liên kết ion: Các do dao động: Liên kết ion có thể tồn tại trong nguyên tử hoặc phân tử ion và một tính. Các nguyên tử dao động có thể sinh ra các nhiễu loạn mạng tinh thể → tạo ra liên kết ion
- Liên kết cộng hóa trị: Các mô men lưỡng cực tồn tại trong một số phân tử có sự chênh lệch về độ âm điện các vùng tích điện âm và dương
- Liên kết van der Waals: Các phân tử có các

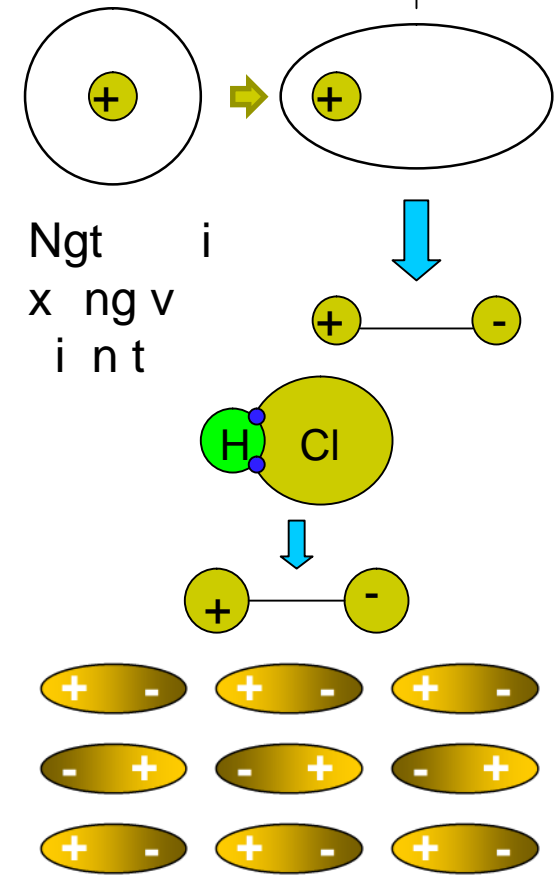


Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết thối yếu



- Nguyên nhân của **van der Waals**: electron chuyển động, thì ít nhất một số chúng mất lúc phân tán làm cho nó mang điện tích δ^- còn lại mang điện tích δ^+
- Một phân tử có lưỡng cực vĩnh cửu thì khi gần một phân tử không phân cực thì ít nhất một số orbital nguyên tử của nó mang điện tích này
- Lực van der Waals có thể liên kết các phân tử với nhau trong chất rắn. thì ít nhất sau đó sẽ có sự tái sắp xếp phân bố các electron do chúng chuyển động như vậy nên luôn luôn

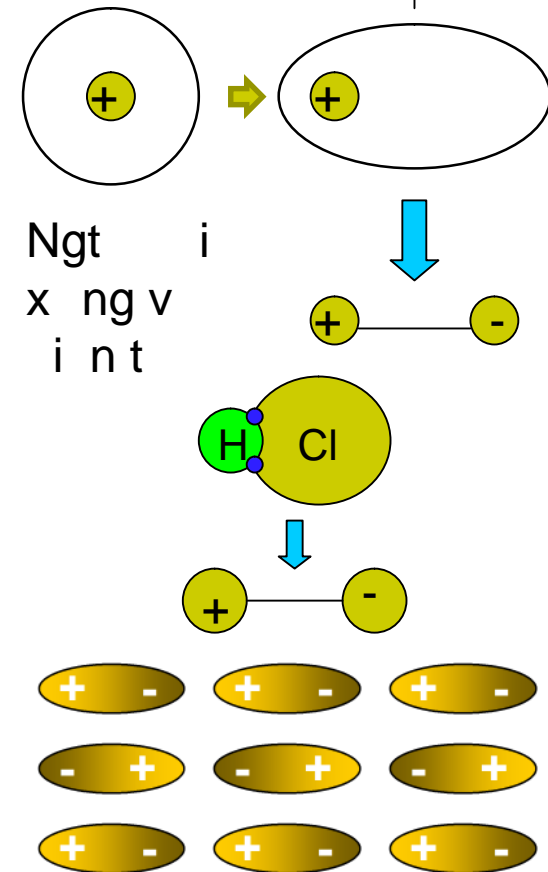


Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết thối



- Ảnh hưởng của kích thước phân tử :
 - Phân tử lớn có nhiều electron và khoảng cách liên kết cố định nhỏ \rightarrow phân tử sát dính nhau hơn \rightarrow nhiệt nóng chảy cao hơn
- Ảnh hưởng của dạng phân tử :
 - Các phân tử dài có thể phát triển các moment lưỡng cực liên tục thay đổi nên do chuyển động của các electron so với các phân tử mập chửa cùng moments electron như nhau
 - Các phân tử dài, mập nh có thể gần nhau hơn, hút có hiệu quả hơn khi các phân tử gần nhau

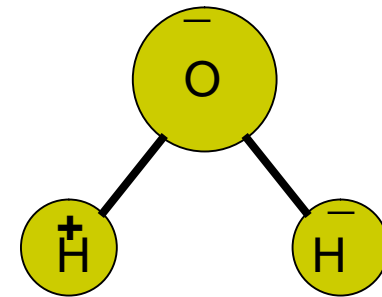


Các loại liên kết trong chất rắn

Liên kết thối c p



- Mô men lưỡng cực vĩnh cửu tồn tại trong một số phân tử (đặc biệt là phân tử phân cực) do sự sắp xếp không đồng đều của các điện tích dương và điện tích âm (HCl, H₂O)
- Các liên kết giữa các phân tử này là liên kết lưỡng cực lâu dài – mạnh nhất trong các liên kết thối c p



Lưỡng cực

Các loại liên kết trong chất rắn

Tóm tắt



Tóm tắt về Liên kết

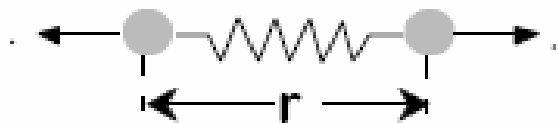
Loại liên kết	Nguyên tử liên kết	Chú thích
Ionic	Large!	Nondirectional (ceramics)
Covalent	Variable large-Diamond small-Bismuth	Directional (semiconductors, ceramics polymer chains)
Metallic	Variable large-Tungsten small-Mercury	Nondirectional (metals)
Secondary	smallest	Directional inter-chain (polymer) inter-molecular

Các loại liên kết trong chất rắn

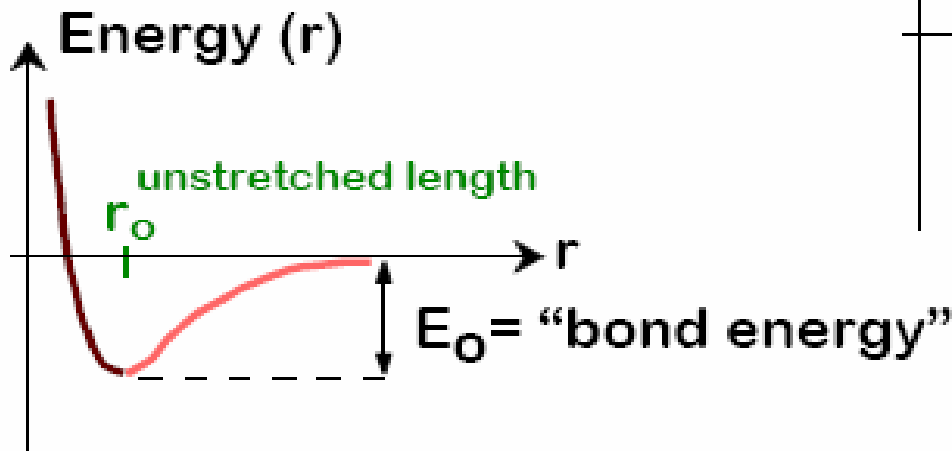
Mối liên hệ tính chất



- Bond length, r

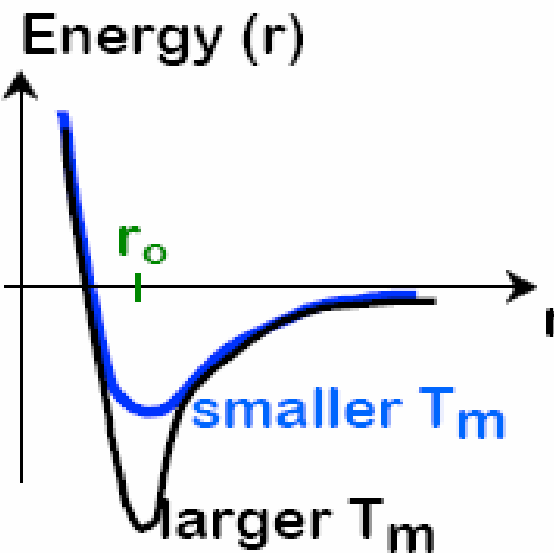


- Stored energy



- Melting Temperature, T_m

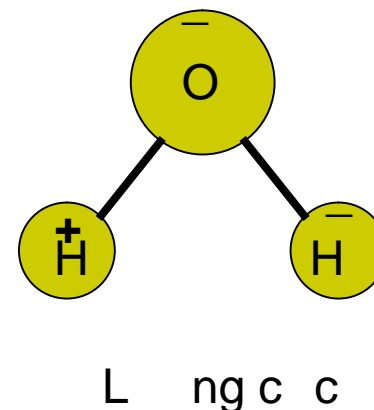
$$T_m \uparrow \text{ as } E_0 \uparrow$$



Âm i n (Electronegativity)



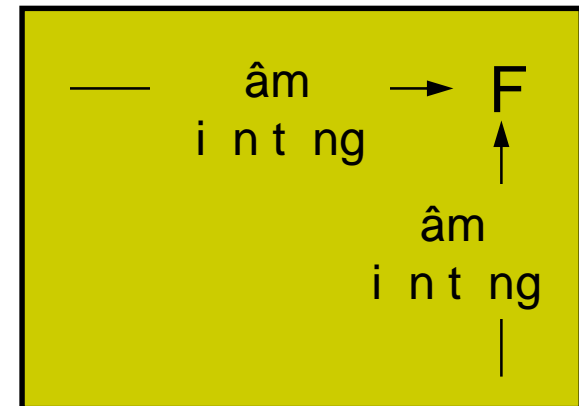
- Linus Pauling ã nh ngh a m t i l ng liên quan n s liên k t là âm i n -
- Âm i n:
 - Là s o kh n ng ti p nh n electron c a nguyên t
 - Là s o xu h ng ái l c c a nguyên t v i electron trong liên k t



Âm điện (Electronegativity)



- Các l p con có 1 electron có âm điện thấp – Các l p con thi u 1 electron có âm điện cao
- Âm điện tăng từ trái sang phải và từ dưới lên trên trong bảng tuần hoàn
- Các kim loại có độ âm điện thấp – chúng có thể nhường cho kim loại s electron hóa trị để trở thành ion mang điện dương



Âm i n (Electronegativity)



- Có 2 thang o âm i n dùng ph bi n: Thang o Pauling (1932) và thang o Mulliken (1934)
- Thang o Pauling: Nguyên t có âm i n l n nh t là F (âm i n = 4)

Nguyên tố Kim loại			Nguyên tố phi Kim loại			
Li (1.0)	Be (1.5)		C (2.5)	N (3.0)	O 3.5	F (4.0)
Na (1.0)	Mg (1.2)	Al (1.5)		P (2.1)	S (2.5)	Cl (3.0)
K (0.9)	Ca (1.0)	Sc (1.3)			Se (2.4)	Br (2.6)

âm i n (Electronegativity)

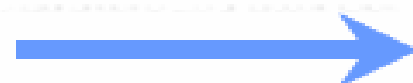


- Ranges from **0.7** to **4.0**
- V i giá tr âm i n l n: Có khuynh h ng nh n i n t

H 2.1																	He -			
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne -			
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.2	S 2.5	Cl 3.0	Ar -			
K 0.8	Ca 1.0	Ti 1.5	Cr 1.6	Fe 1.8	Cu 1.9	Ni 1.8	Zn 1.8											As 2.0	Br 2.8	Kr -
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.5	Nb 1.6	Mo 1.8	Cd 1.7	Hg 1.9											I 2.5	Xe -	
Cs 0.7	Ba 0.9	La-Lu 1.1-1.2	Hf 1.5	Ta 1.6	W 1.8	Pb 1.9	Bi 2.0											At 2.2	Rn -	
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac-Fr 1.1-1.2																		



âm i n
nh d n



âm i n
l n d n

âm i n (Electronegativity)



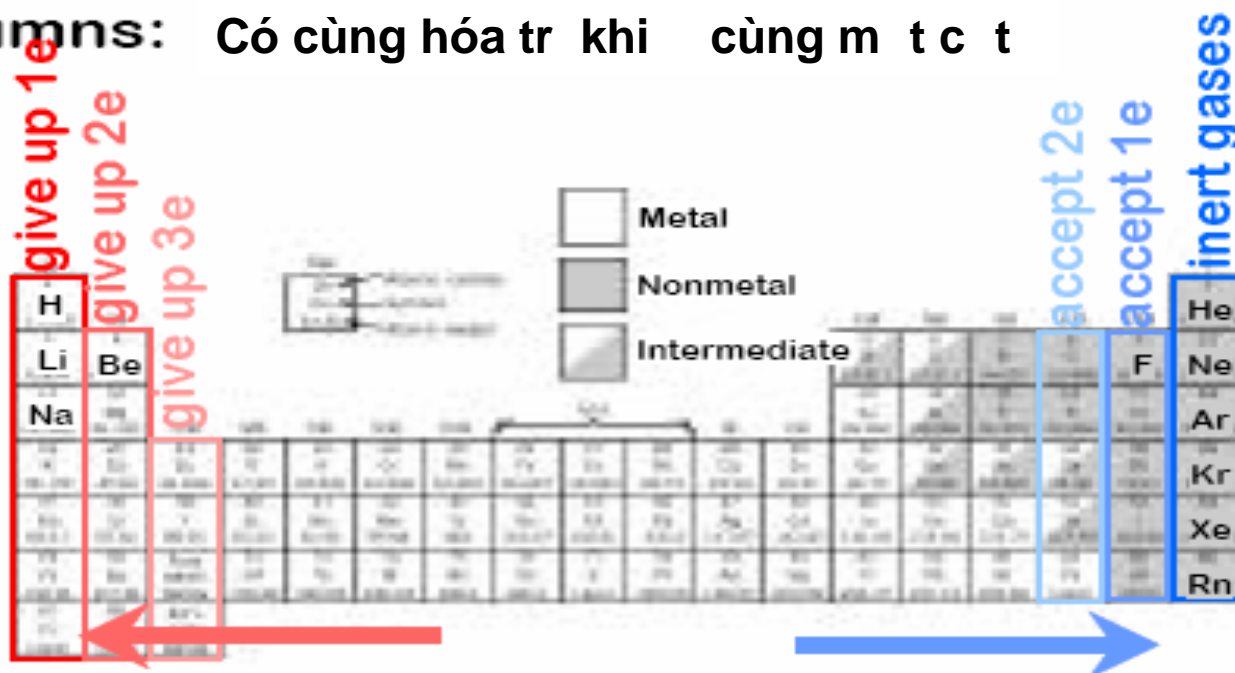
- Ranges from **0.7** to **4.0**
- V i giá tr âm i n l n: Có khuynh h ng nh n i n t

1 H 2.1																	2 He -
3 Li 1.0	4 Be 1.5											5 B 2.0	6 C 2.5	7 N 3.0	8 O 3.5	9 F 4.0	10 Ne -
11 Na 0.9	12 Mg 1.2	III B	IV B	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB	13 Al 1.5	14 Si 1.8	15 P 2.1	16 S 2.5	17 Cl 3.0	18 Ar -
19 K 0.8	20 Ca 1.0	21 Sc 1.3	22 Ti 1.5	23 V 1.6	24 Cr 1.6	25 Mn 1.5	26 Fe 1.8	27 Co 1.8	28 Ni 1.8	29 Cu 1.9	30 Zn 1.6	31 Ga 1.6	32 Ge 1.8	33 As 2.0	34 Se 2.4	35 Br 2.8	36 Kr -
37 Rb 0.8	38 Sr 1.0	39 Y 1.2	40 Zr 1.4	41 Nb 1.6	42 Mo 1.8	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.2	46 Pd 2.2	47 Ag 1.9	48 Cd 1.7	49 In 1.7	50 Sn 1.8	51 Sb 1.9	52 Te 2.1	53 I 2.5	54 Xe -
55 Cs 0.7	56 Ba 0.9	57-71 La-Lu 1.1-1.2	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn -
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89-102 Ac-No 1.1-1.7															

âm i n (Electronegativity)



Columns: Có cùng hóa trị khi cùng m t c t



đ n g i n c a các
nguyên t : m c s n
sàng cho i các i n t
tr thành ion đ n g

âm i n c a các
nguyên t : m c s n
sàng nh n các i n t
tr thành ion âm

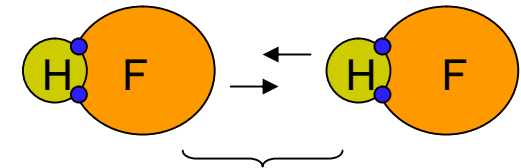
Fig. 2.6,
Callister

Các loại liên kết trong chất rắn

Phân tử



- Rắn thì phân tử có những nhóm nguyên tử gắn kết với nhau bởi liên kết hóa trị (liên kết mạnh): gồm các phân tử có hai nguyên tử thành phần như F_2 , O_2 , H_2 hoặc là các hợp chất H_2O , CO_2 , C_6H_6
- Trong các chất rắn và chất lỏng (condensed liquid), liên kết giữa các phân tử là liên kết yếu, yếu. Nói chung các vật liệu phân tử có nhiệt độ sôi và nhiệt độ nóng chảy khá thấp
- Phần lớn các vật liệu này có phân tử nhỏ chỉ gồm vài nguyên tử và dạng khí
- Nhiệt độ chuyển polymer cũng xem là các vật liệu phân tử có các phân tử có cấu trúc nhất định. Nhiệt độ tính chất của chúng lại phụ thuộc nhiều do liên kết van der Waals và liên kết yếu phân tử



Liên kết hydro



Bảng tuần hoàn các nguyên tố

1A 1 H $1s^1$																	8A 2 He $1s^2$
3 Li $2s^1$	2A 4 Be $2s^2$											3A 5 B $2s^2 2p^1$	4A 6 C $2s^2 2p^2$	5A 7 N $2s^2 2p^3$	6A 8 O $2s^2 2p^4$	7A 9 F $2s^2 2p^5$	10 Ne $2s^2 2p^6$
11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	13 Al $3s^2 3p^1$	14 Si $3s^2 3p^2$	15 P $3s^2 3p^3$	16 S $3s^2 3p^4$	17 Cl $3s^2 3p^5$	18 Ar $3s^2 3p^6$
19 K $4s^1$	20 Ca $4s^2$	21 Sc $3d^1 4s^2$	22 Ti $3d^2 4s^2$	23 V $3d^3 4s^2$	24 Cr $3d^5 4s^1$	25 Mn $3d^5 4s^2$	26 Fe $3d^6 4s^2$	27 Co $3d^7 4s^2$	28 Ni $3d^8 4s^2$	29 Cu $3d^{10} 4s^1$	30 Zn $3d^{10} 4s^2$	31 Ga $4s^2 4p^1$	32 Ge $4s^2 4p^2$	33 As $4s^2 4p^3$	34 Se $4s^2 4p^4$	35 Br $4s^2 4p^5$	36 Kr $4s^2 4p^6$
37 Rb $5s^1$	38 Sr $5s^2$	39 Y $4d^1 5s^2$	40 Zr $4d^2 5s^2$	41 Nb $4d^4 5s^1$	42 Mo $4d^5 5s^1$	43 Tc $4d^5 5s^2$	44 Ru $4d^7 5s^1$	45 Rh $4d^8 5s^1$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $4d^{10} 5s^1$	48 Cd $4d^{10} 5s^2$	49 In $5s^2 5p^1$	50 Sn $5s^2 5p^2$	51 Sb $5s^2 5p^3$	52 Te $5s^2 5p^4$	53 I $5s^2 5p^5$	54 Xe $5s^2 5p^6$
55 Cs $6s^1$	56 Ba $6s^2$	57 *La $5d^1 6s^2$	72 Hf $5d^2 6s^2$	73 Ta $5d^4 6s^2$	74 W $5d^4 6s^2$	75 Re $5d^5 6s^2$	76 Os $5d^6 6s^2$	77 Ir $5d^7 6s^2$	78 Pt $5d^9 6s^1$	79 Au $5d^{10} 6s^1$	80 Hg $5d^{10} 6s^2$	81 Tl $6s^2 6p^1$	82 Pb $6s^2 6p^2$	83 Bi $6s^2 6p^3$	84 Po $6s^2 6p^4$	85 At $6s^2 6p^5$	86 Rn $6s^2 6p^6$
87 Fr $7s^1$	88 Ra $7s^2$	89 †Ac $6d^1 7s^2$	104 Rf $6d^2 7s^2$	105 Db $6d^3 7s^2$	106 Sg $6d^4 7s^2$	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112	Unknown	114	Unknown	††116	Unknown	††118

* 58 Ce $4f^2 6s^2$	59 Pr $4f^3 6s^2$	60 Nd $4f^4 6s^2$	61 Pm $4f^5 6s^2$	62 Sm $4f^6 6s^2$	63 Eu $4f^7 6s^2$	64 Gd $4f^7 5d^1 6s^2$	65 Tb $4f^9 6s^2$	66 Dy $4f^{10} 6s^2$	67 Ho $4f^{11} 6s^2$	68 Er $4f^{12} 6s^2$	69 Tm $4f^{13} 6s^2$	70 Yb $4f^{14} 6s^2$	71 Lu $4f^{14} 5d^1 6s^2$
† 90 Th $6d^2 7s^2$	91 Pa $5f^2 6d^1 7s^2$	92 U $5f^3 6d^1 7s^2$	93 Np $5f^4 6d^1 7s^2$	94 Pu $5f^6 7s^2$	95 Am $5f^7 7s^2$	96 Cm $5f^7 6d^1 7s^2$	97 Bk $5f^9 7s^2$	98 Cf $5f^{10} 7s^2$	99 Es $5f^{11} 7s^2$	100 Fm $5f^{12} 7s^2$	101 Md $5f^{13} 7s^2$	102 No $5f^{14} 7s^2$	103 Lr $5f^{14} 6d^1 7s^2$



Bảng tuần hoàn các nguyên tố

Key

- Atomic number
- Symbol
- Atomic weight

Legend:

- Metal (Light blue)
- Nonmetal (Dark blue)
- Intermediate (Diagonal split)

IA 1 H 1.0080	IIA 4 Be 9.0122												III A 5 B 10.811	IV A 6 C 12.011	V A 7 N 14.007	VIA 8 O 15.999	VII A 9 F 18.998	VIII A 10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	II B 12 Zn 65.41	13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.87	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.69	29 Cu 63.54	30 Zn 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80	
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30	
55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	Rare earth series	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.2	76 Os 190.23	77 Ir 192.2	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.19	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)	
87 Fr (223)	88 Ra (226)	Actinide series	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)									
Rare earth series		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97		
Actinide series		89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)		



Bảng tuần hoàn các nguyên tố

- Các nguyên tố trong cùng một cột có tính chất giống nhau. Số electron ở nhóm cho biết số electron có thể tham gia vào liên kết
- Nhóm 8A: Khí trơ, có các lớp con đầy electron \rightarrow trơ về mặt hóa học
- Nhóm 1A: Kim loại kiềm, có 1 electron lớp ngoài cùng chỉ một lớp con s \rightarrow dễ nhường electron \rightarrow hoạt động về mặt hóa học
- Nhóm 7A: Halogen, thiếu một electron lớp ngoài cùng chỉ một lớp con p \rightarrow có xu hướng nhận thêm electron \rightarrow hoạt động về mặt hóa học

The Analytical Detective—great events in Chemistry

1858: Kekulé, moments before his inspirational insight into the structure of benzene.



copyright Nick Kim
<http://strangematter.sci.waikato.ac.nz/>

NICK