คม105 เคมีพื้นฐาน ปีการศึกษา 1-2561

บทที่ 4

หัวข้อ

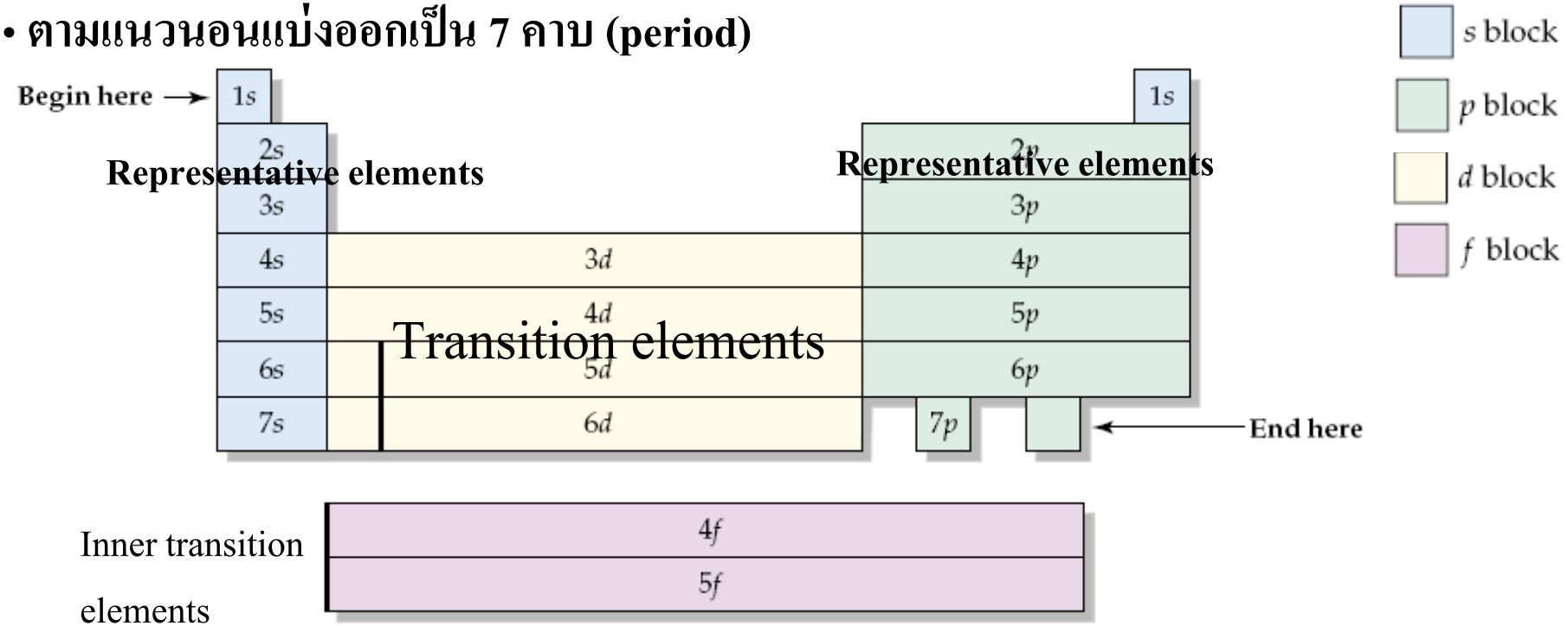
1. แนวโน้มสมบัติของธาตุ
2. ธาตุเรพรีเซนเตทีฟ
3. ธาตุทรานสิชัน

หนังสืออ้างอิง

1. เคมี 2, ทบวงมหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 3, พ.ศ. 2532.

2. เคมี 2, Raymond Chang แปลและเรียบเรียงโดย รศ.ดร. นภดล ไชยคำ, สำนักพิมพ์ท้อป/แมคกรอฮิล, 2547.

• ตามแนวนอนแบ่งออกเป็น 7 คาบ (period)



ธาตุในหมู่เดียวกันมีโครงสร้างอิเล็คตรอนเหมือนกัน

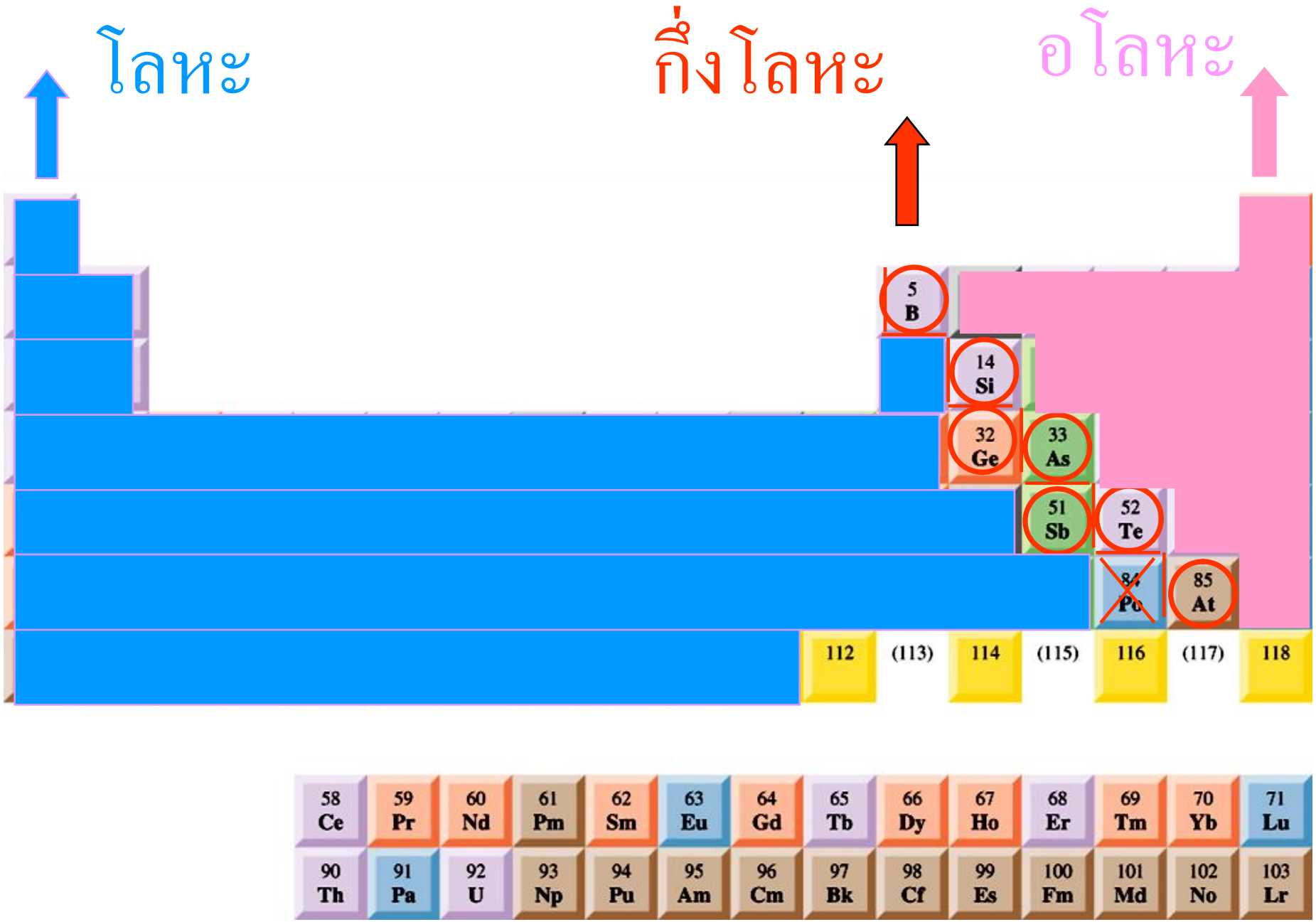
หมู่ต่างๆมีโครงสร้างอิเล็คตรอนดังนี้ (โดยอาศัยโครงสร้างอิเล็คตรอนที่มีไม่เต็มในวงนอกสุด)

1. ns^1 หรือ ns^2 สำหรับธาตุ s block (IA alkali และ IIA alkali earth)

2. $ns^2\ np^x$ (x = 1-6) ธาตุ p block (IIIA – VIIA nonmetal และ VIIIA noble gas)

3. $(n-1)d^x\ ns^2$ (x = 1-10) สำหรับธาตุ d block (transition element)

4. $(n-2)f^x\ ns^2$ หรือ $(n-2)f^x\ (n-1)d^1\ ns^2$ สำหรับธาตุ f block (Lanthanide and Actinide)


โลหะ
กึ่งโลหะ
อโลหะ
5 B
14 Si
32 Ge
33 As
51 Sb
52 Te
85 At
112
(113)
114
(115)
116
(117)
118
58 Ce
59 Pr
60 Nd
61 Pm
62 Sm
63 Eu
64 Gd
65 Tb
66 Dy
67 Ho
68 Er
69 Tm
70 Yb
71 Lu
90 Th
91 Pa
92 U
93 Np
94 Pu
95 Am
96 Cm
97 Bk
98 Cf
99 Es
100 Fm
101 Md
102 No
103 Lr

กึ่งโลหะ → แสดงสมบัติเป็นได้ทั้งโลหะและอโลหะ

สมบัติของโลหะ	สมบัติของอโลหะ
1. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้น ปรอท เป็นของเหลว	1. ที่อุณหภูมิห้องมีทุกสถานะ
2. เป็นมันวาว	2. ไม่เป็นมันวาว
3. นำไฟฟ้าและความร้อน	3. ไม่นำไฟฟ้าและความร้อน เว้น แกรไฟต์
4. เคาะจะมีเสียงกังวาน	4. เคาะจะไม่มีเสียงกังวาน
5. แข็ง+เหนียว ตีเป็นแผ่น เส้นได้	5. ส่วนมากเปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่น เส้นได้
6. จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความหนาแน่นสูง	6. ส่วนมาก จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความหนาแน่นต่ำ

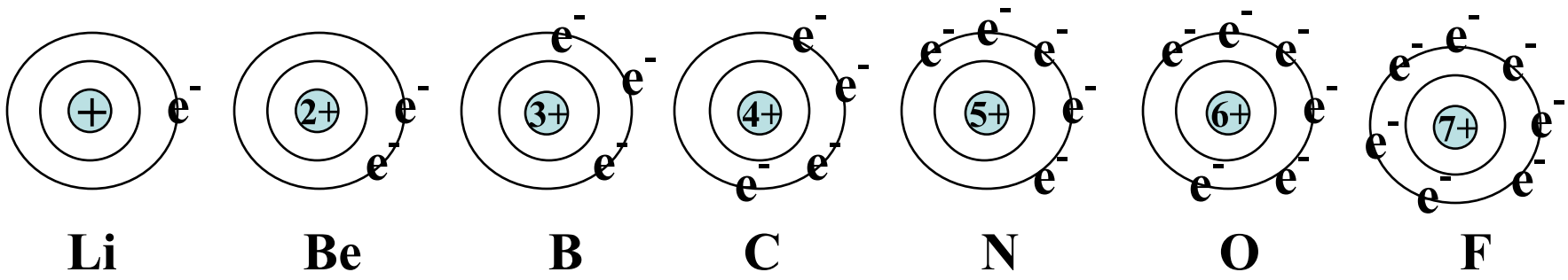
สมบัติต่างๆในตารางธาตุ

1. ขนาดอะตอมตามตารางธาตุ

คาบเดียวกัน ➤ ขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา

เนื่องจากในคาบเดียวกันเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นในระดับพลังงานเดียวกัน ดังนั้น “โปรตอนในนิวเคลียสเพิ่มขึ้น แต่ระดับพลังงานเท่าเดิม”

ประจุที่เพิ่มขึ้นจะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียสขึ้น อะตอมจึงเล็กลง



- **หมู่เดียวกัน ➤ ขนาดใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง**

ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

น่าจะดึงอิเล็กตรอนได้แรงขึ้น

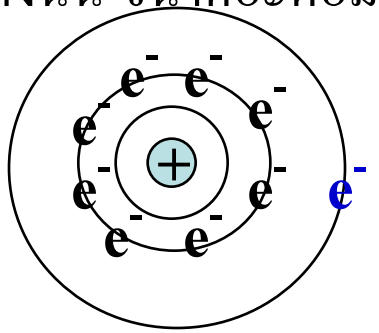
แต่ชั้นของอิเล็กตรอนก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

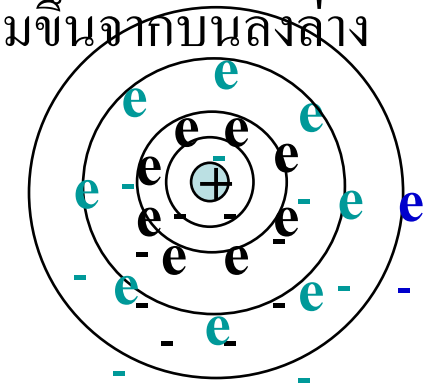
ทำให้ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

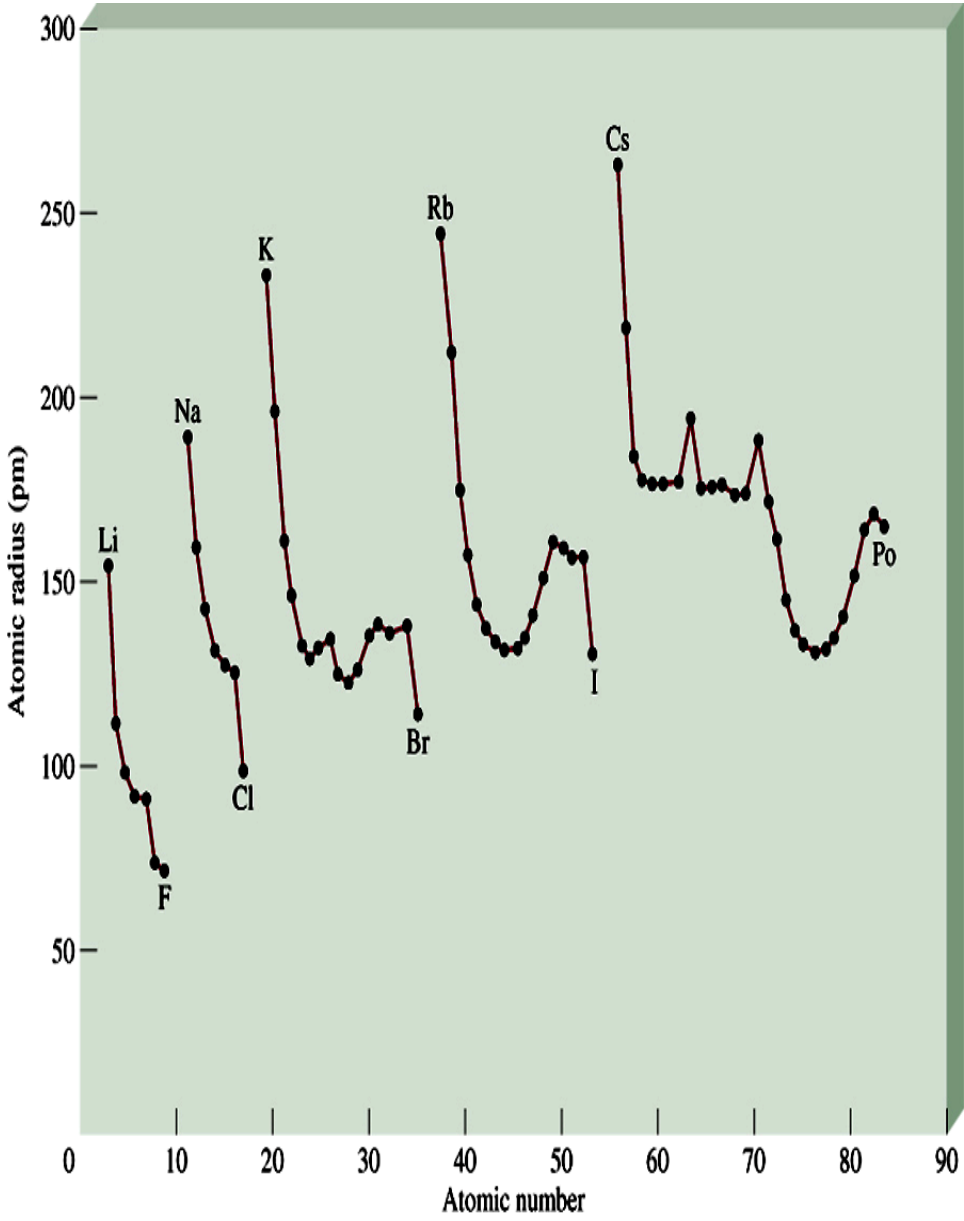
ชั้นนอกสุดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอิเล็กตรอนชั้นใน

ยังเป็นตัวกั้นการดึงดูดจากนิวเคลียสอีกด้วย

ดังนั้น ขนาดอะตอมจึงเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

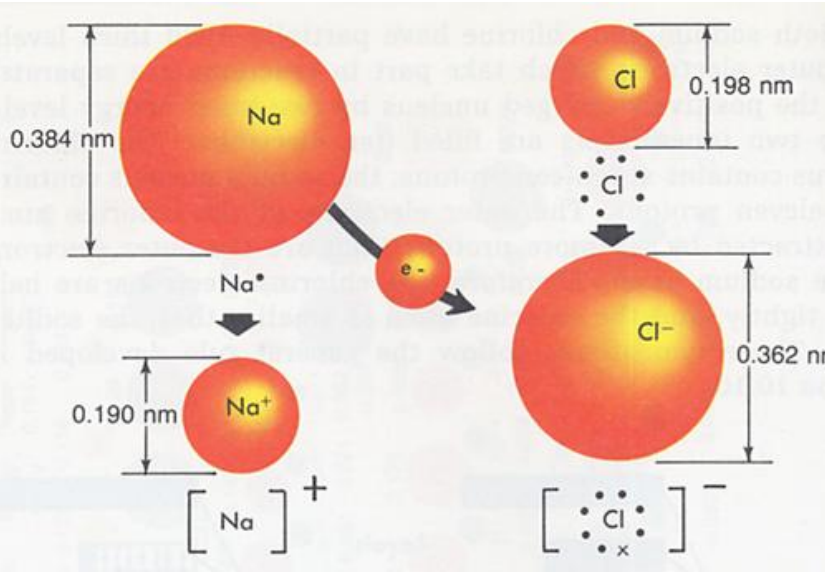


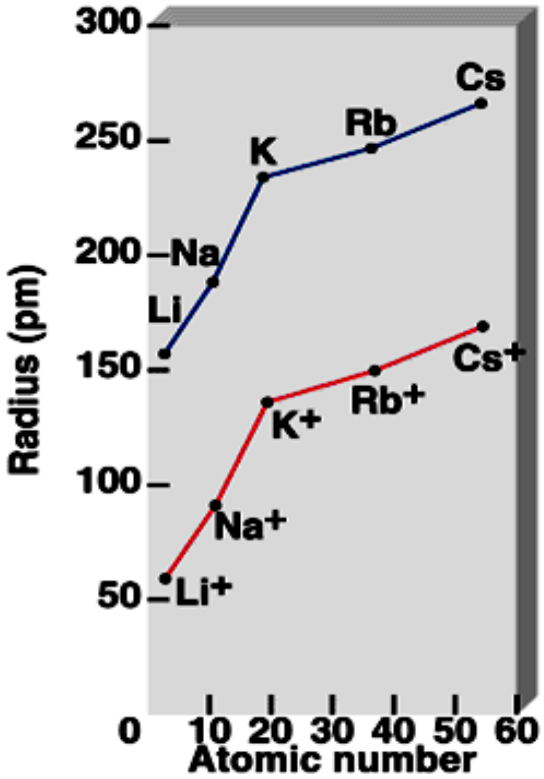


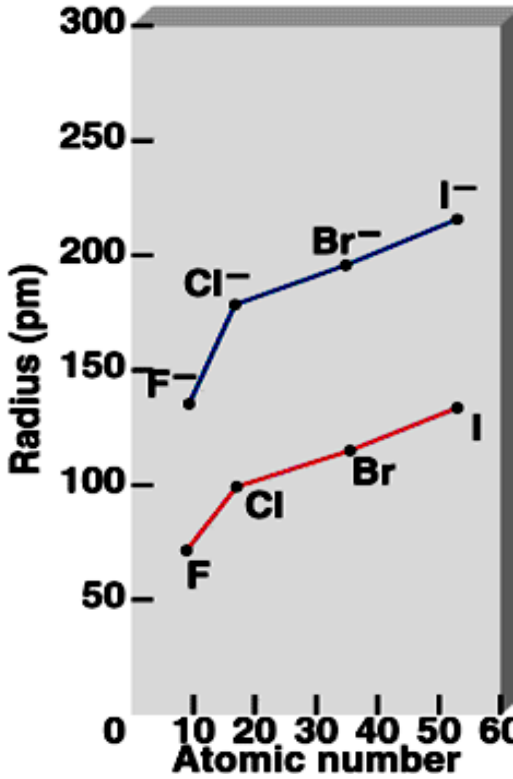


2. ขนาดไอออนตามตารางธาตุ

- ไอออนบวก ขนาดจะเล็กลงเพราะจ่ายอิเล็กตรอน
- ไอออนลบ ขนาดจะเพิ่มขึ้น เพราะรับอิเล็กตรอน







http://boomeria.org/chemlectures/textass2/firstsemass.html

3. พลังงานไอออไนเซชัน พลังงานน้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในการแยกอิเล็กตรอนออกจากอะตอมอิสระในสภาวะพื้นของอะตอมนั้น

$IE_1 + X_{(g)} \longrightarrow X^+_{(g)} +$ IE_1 first ionization energy

$IE_2 + X_{(g)} \xrightarrow{e^-} X^{2+}_{(g)} + e^-$ IE_2 second ionization energy

$IE_3 + X_{(g)} \longrightarrow X^{3+}_{(g)} + e^-$ IE_3 third ionization energy

$$IE_1 < IE_2 < IE_3$$

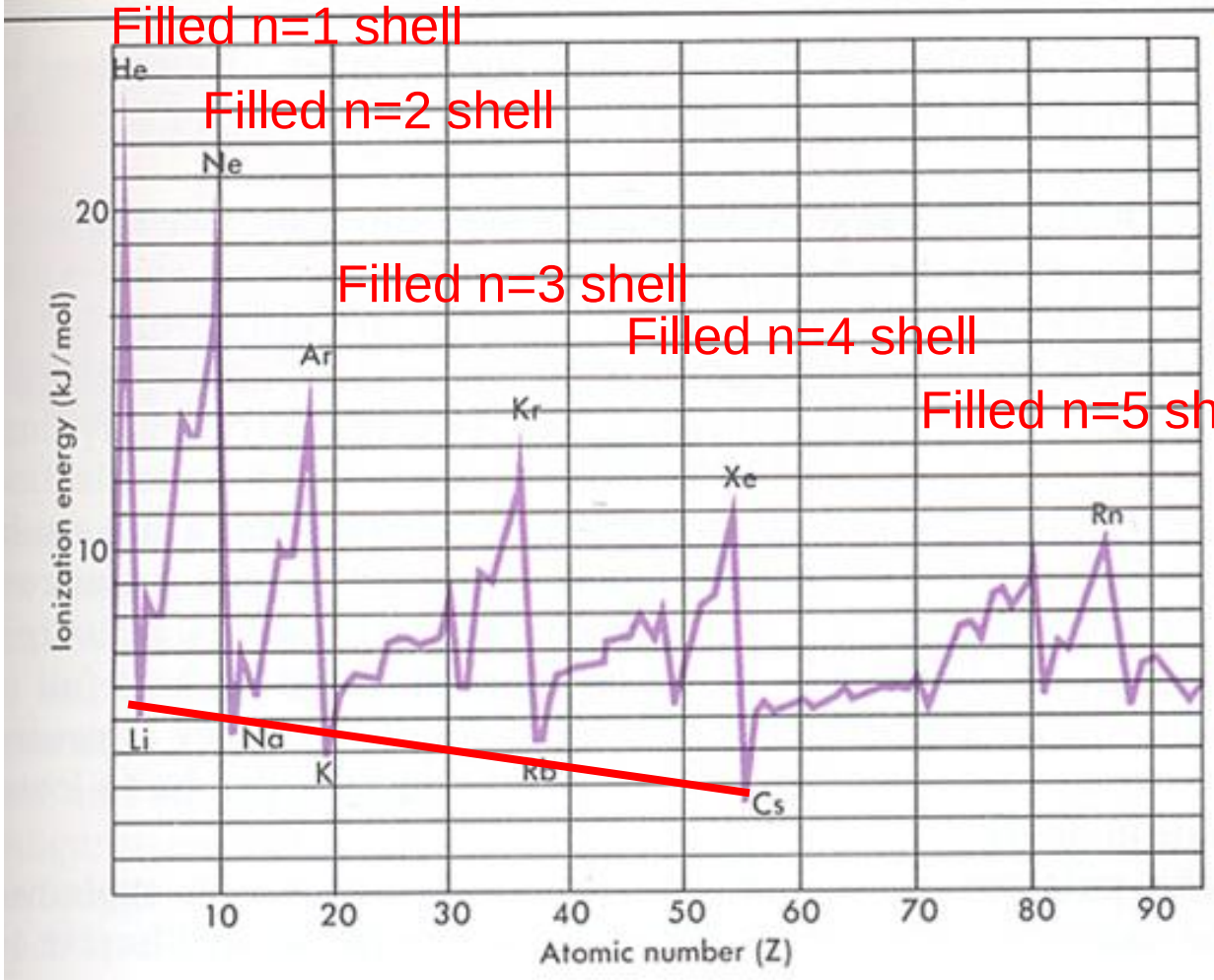
แนวโน้มพลังงานไอออไนเซชัน

คาบเดียวกัน → **เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา**

หมู่เดียวกัน → **ลดลงจากบนลงล่าง**

FIGURE 12-2. The peaks in the graph indicate that ionization energy is a periodic property.

12:2 First Ionization Energies



The energies shown on the graph are first ionization energies. Subsequent ionization energies give experimental evidence for the existence of energy levels and sublevels.

ตามหมู่ จะต่ำลงจากบนลงล่าง

ตามคาบ จะสูงขึ้นจากซ้ายไปขวา ยกเว้น หมู่ 2 สูงกว่า หมู่ 3 และ หมู่ 5 สูงกว่า หมู่ 6

http://boomeria.org/chemlectures/textass2/firstsemass.html

4. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (*Electron affinity*, EA)

คือพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการรับอิเล็กตรอนเข้าไป 1 อิเล็กตรอน ของอะตอมธาตุแล้วเกิดเป็นแอนไอออน ณ สถานะแก๊ส

$$X_{(g)} + e^- \longrightarrow X^-_{(g)} + EA$$

$$O_{(g)} + e^- \longrightarrow O^-_{(g)} + EA$$

EA เป็นลบ = รับอิเล็คตรอนได้ง่าย

EA เป็นบวก = ไอออนลบที่เกิดขึ้นไม่เสถียร

<u>แนวโน้มสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน</u>

ในคาบเดียวกัน EA เพิ่มจากซ้ายไปขวา เพราะ nuclear charge เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา และมีขนาดเล็กกว่าทางซ้าย จึงดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาได้ดีกว่า

ในหมู่เดียวกัน EA ลดลงจากบนลงล่างเล็กน้อย เพราะธาตุข้างบนมีขนาดเล็กกว่าธาตุข้างล่างจึงดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาได้ดีกว่า ทำให้ธาตุข้างบนมีค่า EA มากกว่า

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H							**He**
-72							+20
Li	**Be**	**B**	**C**	**N**	**O**	**F**	**Ne**
-60	+240	-23	-123	0	-141	-322	+30
Na	**Mg**	**Al**	**Si**	**P**	**S**	**Cl**	**Ar**
-53	+230	-44	-120	-74	-201	-348	+35
K	**Ca**	**Ga**	**Ge**	**As**	**Se**	**Br**	**Kr**
-48	+150	-40	-116	-77	-195	-324	+40
Rb	**Sr**	**In**	**Sn**	**Sb**	**Te**	**I**	**Xe**
-46	+160	-40	-121	-101	-190	-295	+40
Cs	**Ba**	**Tl**	**Pb**	**Bi**	**Po**	**At**	**Rn**
-45	+50	-50	-101	-101	-170	-270	+40

ทำไมโลหะหมู่ 2A จึงรับอิเล็กตรอนได้ยากกว่าโลหะหมู่ 1A

โลหะหมู่ 2A มีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม subshell s แล้ว อิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่จะอยู่ห่างจากนิวเคลียสและถูก shield มากกว่า ในกรณีของโลหะหมู่ 1A ที่ยังมีที่ว่างใน subshell s

- ค่า EA ของโลหะหมู่ IIA มีค่าเป็นบวก เพราะ โลหะหมู่ IIA มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเป็น ns^2 การที่จะรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไป อิเล็กตรอนตัวใหม่จะไปอยู่ที่ np ออร์บิทัล ซึ่งไกลจากนิวเคลียสและยังมีอิเล็กตรอนใน ns^2 กั้นแรงดึงดูดจากนิวเคลียสไว้ ดังนั้น อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้าไปจึงไม่เสถียรนัก
- ธาตุฮาโลเจน ($ns^2\ np^5$) มีค่า EA เป็นลบ เพราะเมื่อเพิ่มอิเล็คตรอนหนึ่งตัว จะทำให้มีโครงแบบอิเล็คตรอนเหมือนแก๊สเฉื่อย ($ns^2\ np^6$) ซึ่งเสถียร
- แก๊สเฉื่อย ($ns^2\ np^6$) มีค่า EA เป็นบวก เพราะออร์บิทัลที่อยู่นอกสุดมีอิเล็คตรอนอยู่เต็ม จึงไม่มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็คตรอน

5. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

คือ ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาหาอะตอมนั้น

ธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง

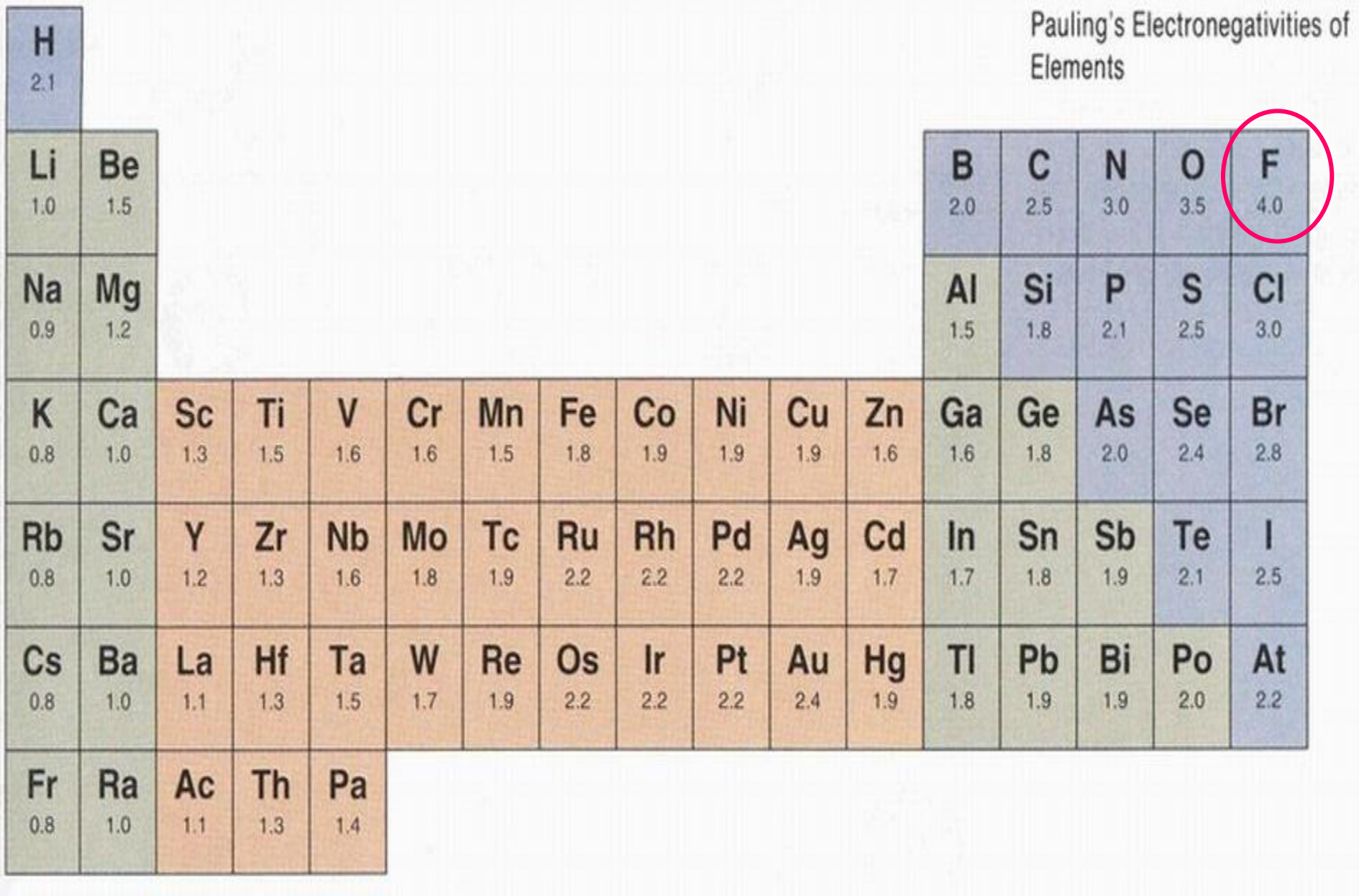
⇩

ธาตุที่มีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ในการสร้างพันธะได้มาก

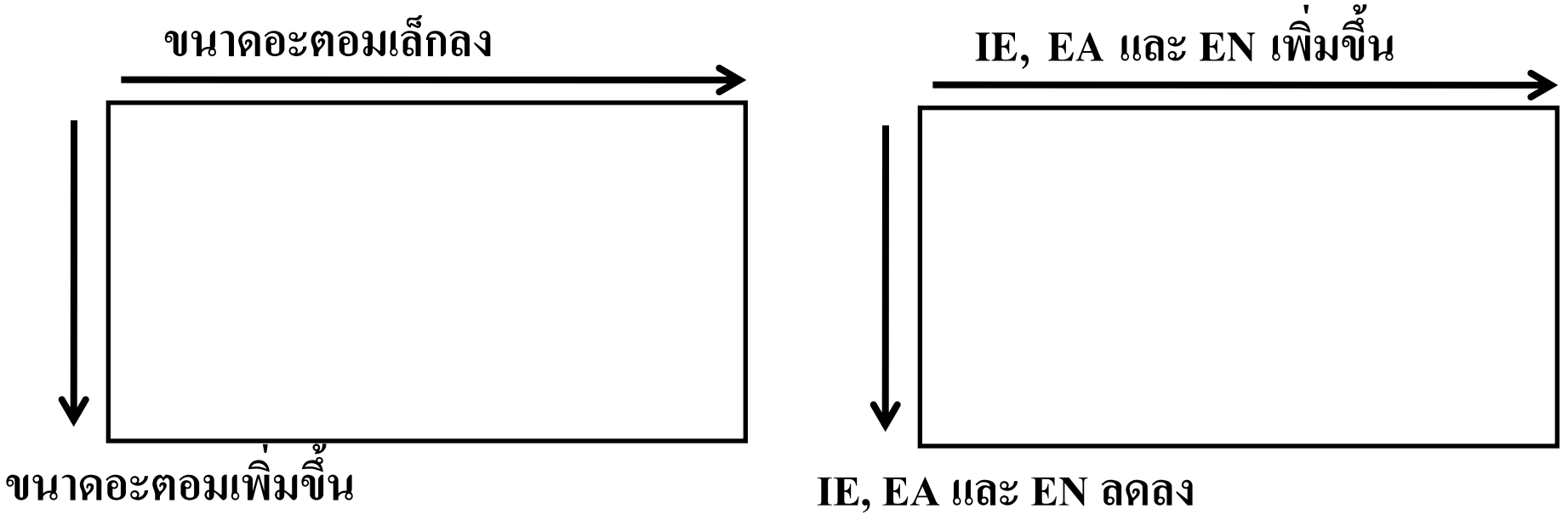
แนวโน้มค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

คาบเดียวกัน → **เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา**

หมู่เดียวกัน → **ลดลงจากบนลงล่าง**


Pauling's Electronegativities of Elements
H 2.1
Li 1.0
Be 1.5
B 2.0
C 2.5
N 3.0
O 3.5
F 4.0
Na 0.9
Mg 1.2
Al 1.5
Si 1.8
P 2.1
S 2.5
Cl 3.0
K 0.8
Ca 1.0
Sc 1.3
Ti 1.5
V 1.6
Cr 1.6
Mn 1.5
Fe 1.8
Co 1.9
Ni 1.9
Cu 1.9
Zn 1.6
Ga 1.6
Ge 1.8
As 2.0
Se 2.4
Br 2.8
Rb 0.8
Sr 1.0
Y 1.2
Zr 1.3
Nb 1.6
Mo 1.8
Tc 1.9
Ru 2.2
Rh 2.2
Pd 2.2
Ag 1.9
Cd 1.7
In 1.7
Sn 1.8
Sb 1.9
Te 2.1
I 2.5
Cs 0.8
Ba 1.0
La 1.1
Hf 1.3
Ta 1.5
W 1.7
Re 1.9
Os 2.2
Ir 2.2
Pt 2.2
Au 2.4
Hg 1.9
Tl 1.8
Pb 1.9
Bi 1.9
Po 2.0
At 2.2
Fr 0.8
Ra 1.0
Ac 1.1
Th 1.3
Pa 1.4

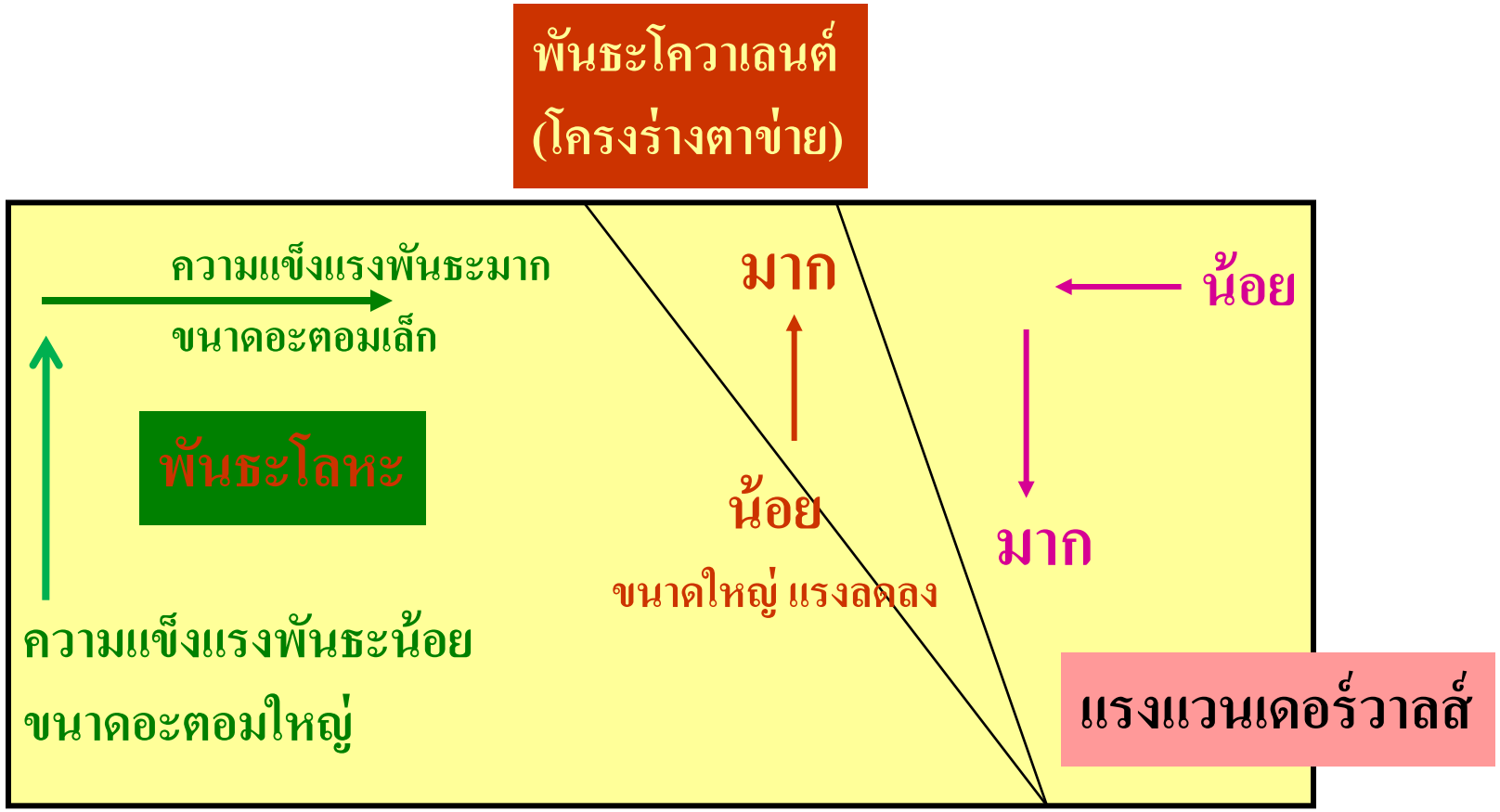
สรุป



IE, EA และ EN เกี่ยวข้องกับการดึงดูดอิเล็กตรอนของธาตุ
ธาตุที่ดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีมากจะมีค่าทั้ง 3 สูง

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุ แบ่งได้ 3 แบบ คือ พันธะโลหะ แรงแวนเดอร์วาลส์หรือแรงลอนดอน และ พันธะโคเวเลนต์

- ธาตุกลุ่ม s กลุ่ม d กลุ่ม f และกลุ่ม p บางส่วนยึดกันด้วยพันธะโลหะ
- ธาตุบริเวณทางขวา เช่น N, O, Cl ก่อพันธะโคเวเลนต์
- ธาตุหมู่ 8 ยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์



พันธะโควาเลนต์แบบโครงร่างตาข่าย

- ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงลดลง ไม่สามารถบอกได้ว่าโมเลกุลหนึ่งประกอบด้วยกี่อะตอม เป็นโครงร่างแบบตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวแบบนี้จึงแข็งแรงมาก

พันธะโลหะ

- เป็นแรงดึงดูดระหว่าง ไอออนบวกของโลหะกับทะเล e-
- ความแข็งแรงขึ้นกับปริมาณ e- ในโครงผลึก ขนาดของประจุบวกและขนาดของอะตอม
- แข็งแรงมากขึ้นเมื่ออะตอมมีขนาดเล็กลง

แรงแวนเดอร์วาลส์

- เป็นแรงที่อ่อนมาก พบในอะตอมและโมเลกุลทุกชนิด

การเข้าทำปฏิกิริยา

หมู่		
IA	$6Li + N_2 \longrightarrow 2Li_3N$	อุณหภูมิห้อง
IIA	$3Be + N_2 \longrightarrow Be_3N_2$	เผาจนร้อนแดง
IIIA	$2Al + N_2 \longrightarrow 2AlN$	เมื่อให้ความร้อน
IVA	$Sn + N_2 \not\longrightarrow$	

- โลหะหมู่ IA มีพันธะโลหะไม่แข็งแรง (จุดเดือด-จุดหลอมเหลวต่ำ) พลังงานไอออไนเซชันต่ำที่สุด จึงไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่สุด
- โลหะที่อยู่ทางขวาจะว่องไวน้อยลง

แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

ความหนาแน่น

- ขึ้นกับ ขนาด มวลของอะตอม โครงสร้างผลึกและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
- ขนาดเล็ก มวลมาก และพันธะโลหะแข็งแรง ความหนาแน่นสูง

  Be > Li, Ti > Ca
- โมเลกุลอะตอมเดี่ยว ความหนาแน่นต่ำ
- กลุ่มที่มีโครงร่างตาข่าย ความหนาแน่นปานกลาง
- ธาตุแทรนซิชัน มีความหนาแน่นสูงสุด

กลุ่มโลหะ

- ในคาบเดียวกันธาตุทางขวาซึ่งมีขนาดเล็ก แต่มวลมากกว่า และพันธะโลหะแข็งแรงกว่า จะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุทางซ้าย

- ธาตุหมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (มีขนาดอะตอมใหญ่)

- ในหมู่เดียวกัน ธาตุหนักจะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุเบา เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มมวลเร็วกว่าการเพิ่มปริมาตร

ตัวอย่าง K (เลขมวล 39) และ Rb (เลขมวล 85) มีรัศมีอะตอมเป็น 203 และ 216 pm ดังนั้น Rb จึงควรมีความหนาแน่นมากกว่า (K density = 0.856 g/cm^3)

(Rb density = 1.532 g/cm^3)

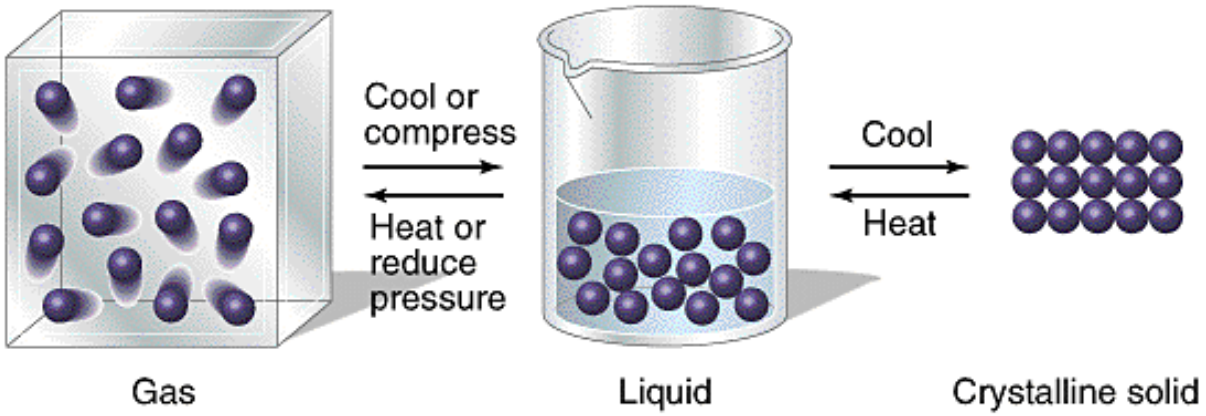
โลหะทรานสิชัน

- มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง

- ความหนาแน่นสูงที่สุด

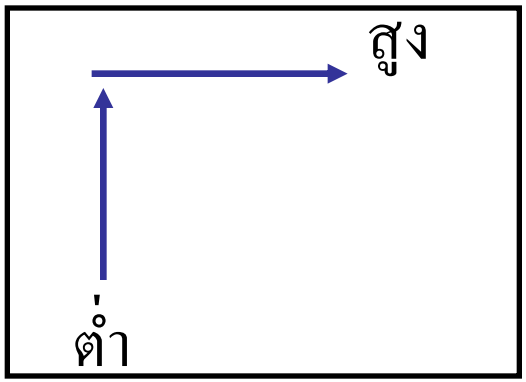
การหลอมเหลวและกลายเป็นไอ

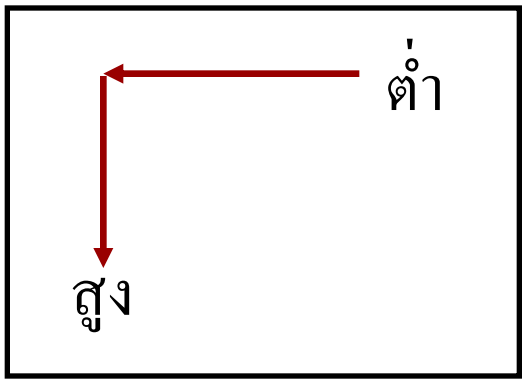
เป็นการใช้พลังงานความร้อนแยกโมเลกุลที่จัดตัวเป็นระเบียบในผลึกให้ห่างกัน เคลื่อนที่ไปมาได้บ้างจนถึงแยกจากกันโดยเด็ดขาดในสภาวะแก๊ส



http://chemistry4gcms2011.wikispaces.com/Melting+and+Freezing.+(Smith)

หมู่ IA หมู่ IVA หมู่ VA หมู่ 0





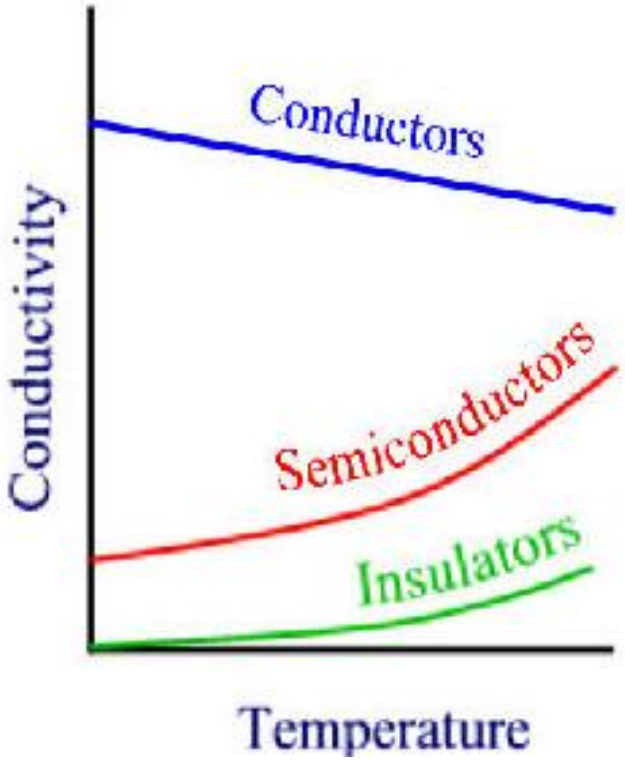
โครงสร้างโมเลกุลแบบเดี่ยว ใช้ความร้อนทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงขนาดอ่อน จุดหลอมเหลวและจุดเดือดจึงต่ำ แต่จะสูงขึ้นเมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น

พันธะโลหะใช้ความร้อนทำลายพันธะโลหะ และโครงร่างตาข่ายใช้ความร้อนทำลายพันธะโคเวเลนซ์ จึงต้องใช้พลังงานมากกว่า

**** โลหะทรานสิชัน มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงที่สุด (เชื่อมกันด้วยพันธะโลหะ) มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีมวลมาก รองลงมาคือกลุ่มโครงร่างตาข่าย

การนำไฟฟ้าและความร้อน

- ธาตุบริสุทธิ์สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ ถ้ามีอิเล็กตรอนอิสระ แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- กึ่งโลหะนำไฟฟ้าได้เล็กน้อย แต่จะนำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- อโลหะเป็นฉนวน มีความต้านทานสูงมาก



http://faculty.chem.queensu.ca/people/faculty/mombourquette/FirstYrChem/Molecular/bands/

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

เลขออกซิเดชัน

เลขออกซิเดชัน : สารประกอบมักจะแสดงเลขออกซิเดชันที่มีค่าเท่ากับเลขหมู่นั้น

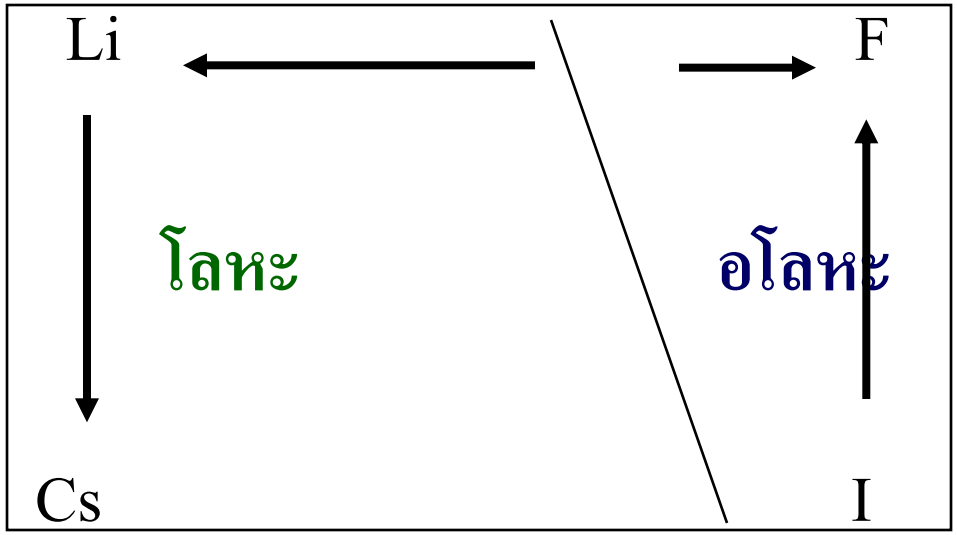
- ธาตุกลุ่ม s หมู่ IA มีเลขออกซิเดชันเป็น +1
- ธาตุกลุ่ม s หมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเป็น +2
- ธาตุกลุ่มอื่น ๆ ส่วนใหญ่จะมีเลขออกซิเดชันได้มากกว่าหนึ่งค่า

ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)

- โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น
- อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมากรับอิเล็กตรอนได้ดี สอดคล้องกับค่า IE, EN

การเข้าทำปฏิกิริยา

- โลหะหมู่ 1A : พันธะโลหะไม่แข็งแรง พลังงานไอออไนเซชันต่ำ ที่สุด ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน โลหะหนักจะว่องไวกว่า (ขนาดอะตอมใหญ่ เสีย e^- ได้ง่าย)
- อโลหะที่ว่องไวที่สุด คือ ฟลูออรีน เนื่องจากมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงที่สุด พันธะ F-F อ่อน (รับ e^- ได้ง่าย)



- อโลหะสามารถทำปฏิกิริยากับอโลหะด้วยกันเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้
- ปฏิกิริยามักเกิดเมื่อให้ความร้อนจำนวนหนึ่งเพื่อทำลายพันธะโคเวเลนต์ที่มีอยู่เดิม

$$2H_2(g) \xrightarrow{\text{เผาไหม้}} 2H_2O(l)$$

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{อุณหภูมิ, ความดันสูง}} 2NH_3(g)$$

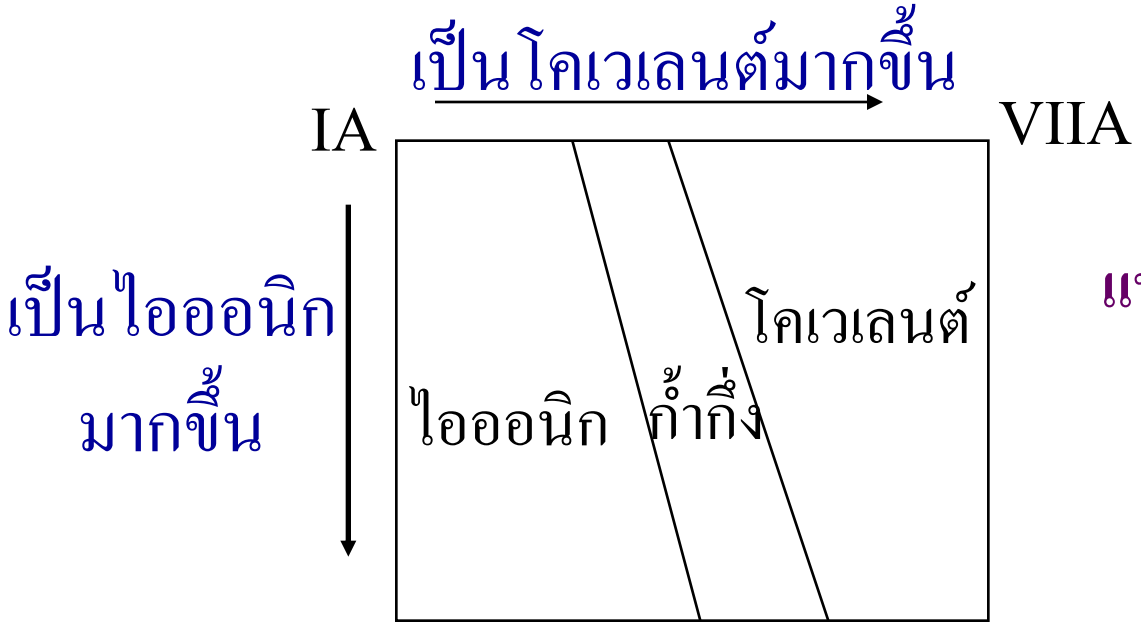
แนวโน้มความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์

ออกไซด์ ได้แก่ สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่ง ๆ กับออกซิเจน โดยที่ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชันเป็น **-2** เช่น Na_2O, B_2O_3 , P_2O_5

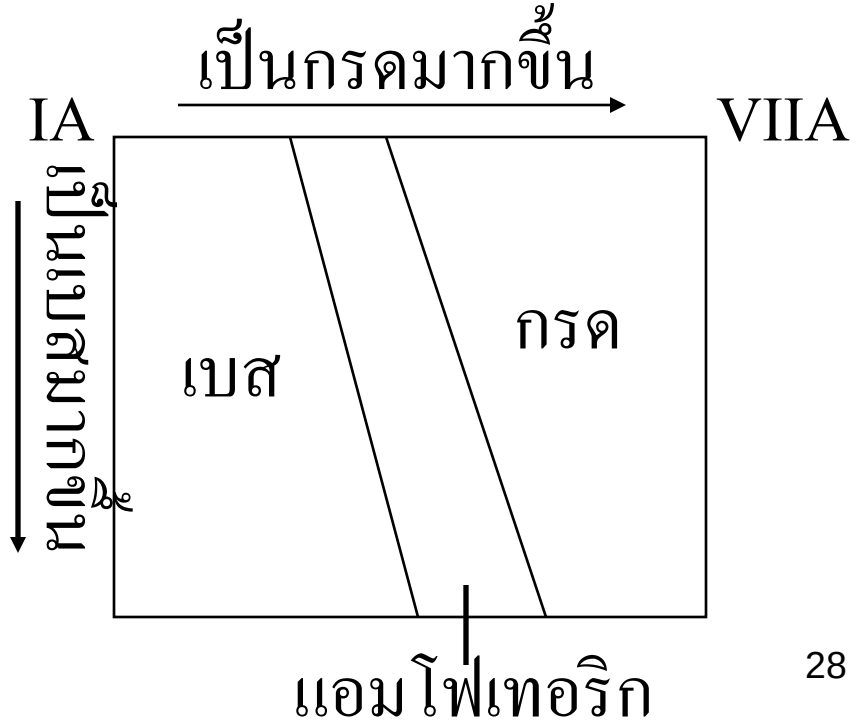
ไฮดรอกไซด์ ได้แก่ สารประกอบที่มีหมู่ –OH (ประจุเป็น **-1**) โดยเฉพาะกรณีที่ธาตุเกิดพันธะด้วยเป็นโลหะ สูตรทั่วไปเป็น $M(OH)_n$

- พันธะระหว่าง M ใด ๆ กับ O ในสารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็นพันธะไอออนหรือโคเวเลนต์ก็ได้ ขึ้นกับความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุทั้งสอง
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุทางซ้ายมือมีฤทธิ์เป็นเบส เมื่อเลื่อนมาทางขวา ความเป็นเบสจะลดลง จนเป็นกรดในที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุหนักจะเป็นเบสมากขึ้นตามแนวดิ่ง (ให้ e- ได้ง่าย)

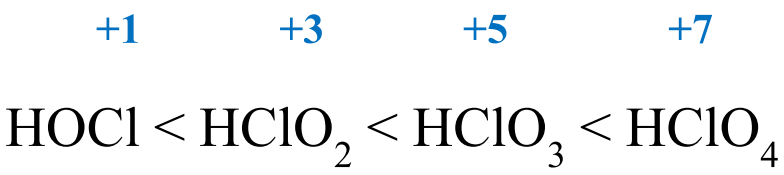


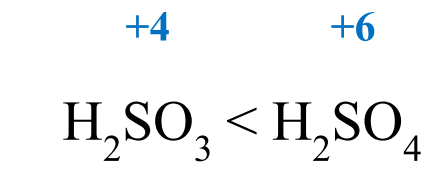
แนวโน้มของออกไซด์
เกี่ยวกับพันธะ

แนวโน้มของออกไซด์
เกี่ยวกับความเป็นกรด-เบส



- กรณีที่ธาตุหนึ่งมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ความเป็นกรดจะแรงขึ้นตามลำดับของเลขออกซิเดชันจากต่ำไปสูง (รับ e- ได้ง่าย)
- **ไอออนของธาตุเดียวกันที่มีเลขออกซิเดชันสูงกว่า จะมีความเป็นกรดแรงกว่า (Lewis acid)**





กรดอ่อน กรดแก่

ไฮไดรด์โคเวเลนต์ มีพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุกับไฮโดรเจน ได้แก่ ไฮไดรด์ของธาตุหมู่ 3 เกือบทั้งหมด

เช่น BH_4^+ (boron hydride), AlH_4^+ (aluminium hydride)

HF (hydrogen fluoride), HBr (hydrogen bromide)

สารประกอบไฮไดรด์โคเวเลนต์

ธาตุหนักยิ่งเป็นกรดแรงขึ้น ตามปัจจัย 3 ประการคือ

1. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (ค่า EN มาก โอกาสที่ H จะกลายเป็น H^{+1} ได้ง่ายขึ้น)

เช่น H_2S

HCl

- ความแข็งแรงของพันธะ M-H ซึ่งเปลี่ยนตามขนาดของ M (ขนาดอะตอมเล็ก ความแข็งแรงของพันธะมากไฮไดรด์ของธาตุที่มีขนาดอะตอมเล็ก เป็นกรดอ่อน
- พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของไฮไดรด์ (พันธะไฮโดรเจน ทำให้ H^+ หลุดออกยาก จึงเป็นกรดอ่อน ซึ่ง HF เกิดพันธะไฮโดรเจนได้ดี)

- ธาตุในคาบเดียวกัน

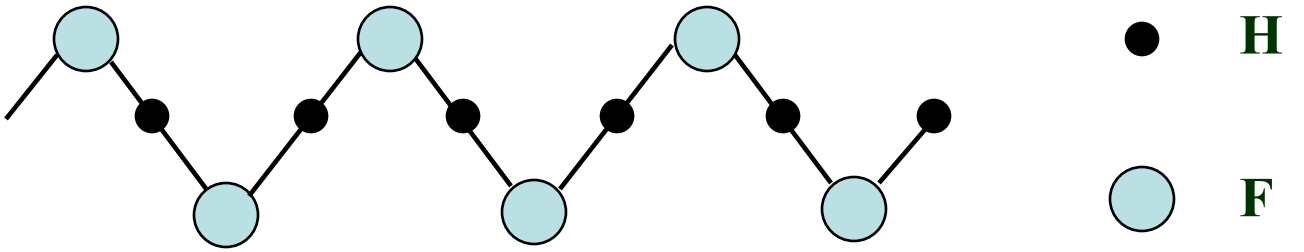
  อิเล็กโตรเนกาติวิตีมีความสำคัญมาก เพราะขนาดของธาตุใกล้เคียงกัน ความเป็นกรดเรียงตามแนวโน้มของอิเล็กโตรเนกาติวิตี

- ธาตุในหมู่เดียวกัน: ขนาดของ M และพันธะไฮโดรเจนมีความสำคัญ เช่น

  HF น่าจะเป็นกรดที่แรง แต่พันธะไฮโดรเจนที่เป็นระเบียบและพันธะ H─Fมีความแข็งแรง ทำให้ HF เป็นกรดอ่อน

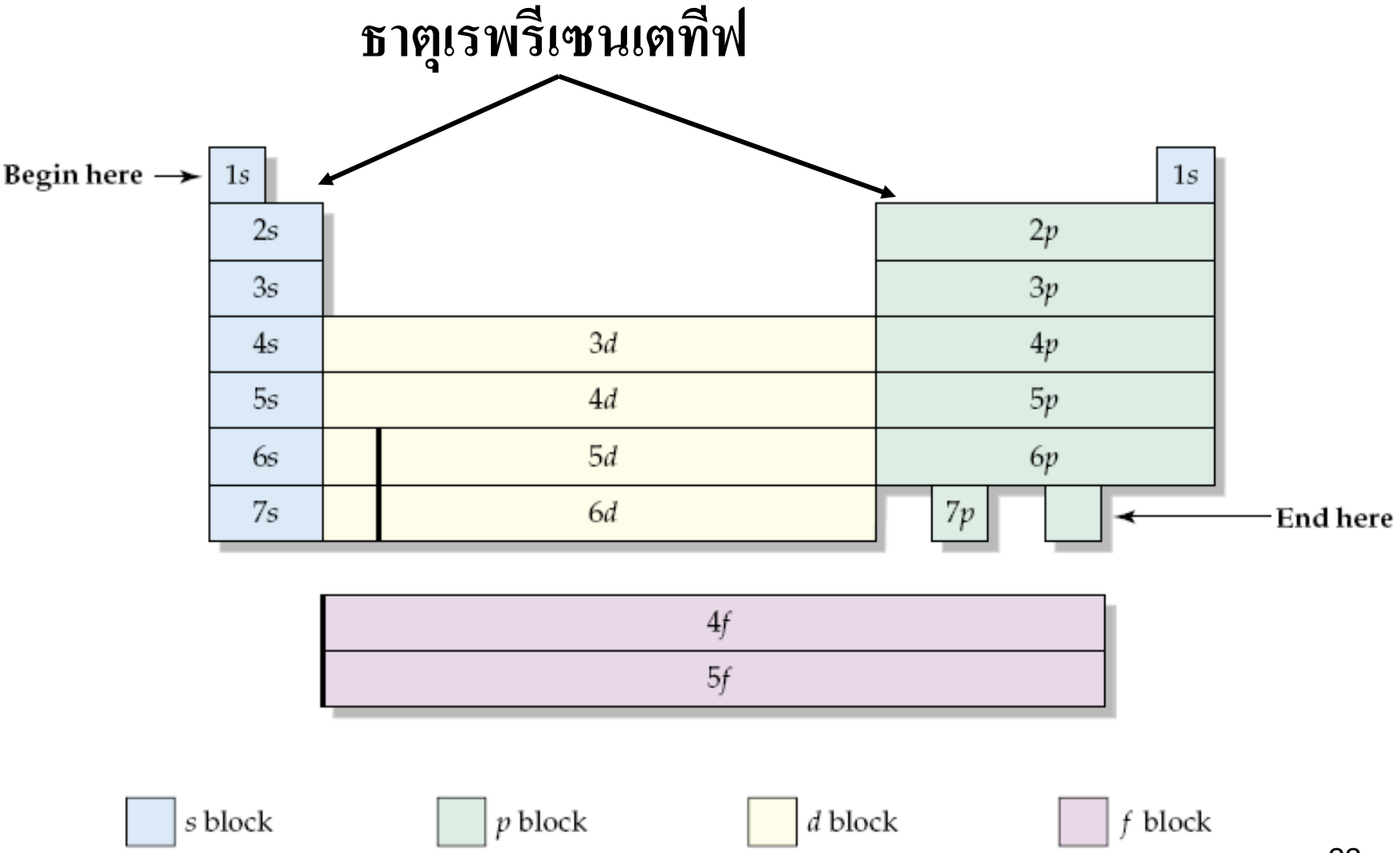
  HBr และ HI มีพันธะ H-Br และ H-I ที่ไม่แข็งแรงและไม่มีพันธะไฮโดรเจน

เรียงลำดับความเป็นกรด ดังนี้ HI > HBr > HCl > HF



Cations whose salts are generally soluble	Na^+, K^+, NH_4^+, and other Group IA metal ions
Anions whose salts are all soluble	NO_3^-, CH_3COO^-, and ClO_4^-
Anions whose salts are generally soluble	Cl^-, except for AgCl, Hg_2Cl_2, and $PbCl_2$
	Br^-, except for AgBr, Hg_2Br_2, $PbBr_2$, and $HgBr_2$
	I^-, except for AgI, Hg_2I_2, PbI_2, and HgI_2
	SO_4^{2-} except for $CaSO_4$, $SrSO_4$, $BaSO_4$, $PbSO_4$, Hg_2SO_4, and Ag_2SO_4
Anions whose salts are generally insoluble	S^{2-}, except for those of IA and IIA metals and $(NH_4)_2S$
	CO_3^{2-} except for those of IA metals and $(NH_4)_2CO_3$
	SO_3^{2-} except for those of IA metals and $(NH_4)_2SO_3$
	PO_4^{2-} except for those of IA metals and $(NH_4)_2PO_4$
	OH^- except for those of IA metals, $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, and $Ca(OH)_2$

ธาตุเรพรีเซนเตทีฟ คือ ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนบรรจุใน s และ p ออร์บิทัล โดยที่ใน d และ f ออร์บิทัลอาจจะไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลยหรือมีบรรจุอยู่เต็ม ไม่ว่าจะเป็นอะตอมหรือไอออน



Group IA (Alkali metal) ns^1

สมบัติความเป็นกรดเบสของธาตุหมู่ IA มักเป็นเบส จึงเรียกว่า alkali metal

โลหะอัลคาไลมีสีเงิน Cs มีสีทอง

1 **H** hydrogen [1.007, 1.009]
3 **Li** lithium [6.938, 6.997]
11 **Na** sodium 22.99
19 **K** potassium 39.10
37 **Rb** rubidium 85.47
55 **Cs** caesium 132.9
87 * **Fr** francium

* ธาตุกัมมันตรังสี

Alkali metal	Standard Atomic Weight (u)	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density ($g \cdot cm^{-3}$)	Electronegativity (Pauling)
Lithium	6.941	453	1615	0.534	0.98
Sodium	22.990	370	1156	0.968	0.93
Potassium	39.098	336	1032	0.89	0.82
Rubidium	85.468	312	961	1.532	0.82
Cesium	132.905	301	944	1.93	0.79
Francium	(223)	295	950	1.87	0.70

- มีลักษณะอ่อน ตัดง่าย จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ ความหนาแน่นน้อย
- นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
- เป็นโลหะที่ว่องไว จึงไม่พบโลหะหมู่นี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบอื่นๆ เช่น เกลือคลอไรด์ LiCl, KCl
- การเตรียมโลหะใช้วิธี electrolysis เกลือคลอไรด์

Elements	1st Ionization energy (kJ/mol)	2nd Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^+ + e^- \longrightarrow M$	Radius of M^+ (pm)
Lithium	526	7302	-3.05	60
Sodium	502	4569	-2.71	95
Potassium	425	3058	-2.92	133
Rubidium	409	2638	-2.99	148
Cesium	382	2430	-3.02	169

- เป็น reducing agent ที่ดีที่สุด เห็นได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของอิเล็คโตรด (M^+/M) มีค่าเป็นลบมาก

- Cs และ Fr เป็นธาตุที่ reactive ที่สุดในหมู่ IA

- จากค่า E^0 แสดงให้เห็นว่า Li ให้อิเล็กตรอนได้ดีที่สุด ซึ่งขัดแย้งกับค่า IE ที่มีค่าสูง เนื่องจากค่า IE ได้มาจาก Li ในสถานะแก๊ส ส่วนค่า E^0 อยู่ในสารละลาย

Reaction	Comment
$2M + X_2 \longrightarrow 2MX$	X_2 = any halogen molecule
$4Li + O_2 \longrightarrow 2Li_2O$	Excess oxygen
$2Na + O_2 \longrightarrow Na_2O_2$	
$M + O_2 \longrightarrow MO_2$	M = K, Rb, or Cs
$2M + S \longrightarrow M_2S$	
$6Li + N_2 \longrightarrow 2Li_3N$	Li only
$12M + P_4 \longrightarrow 4M_3P$	
$2M + 2C \longrightarrow M_2C_2$	M = Li, Na
$2M + H_2 \longrightarrow 2MH$	
$2M + 2H_2O \longrightarrow 2MOH + H_2$	
$2M + 2H^+ \longrightarrow 2M^+ + H_2$	Violent reaction!
$2M + 2NH_3 \longrightarrow 2MNH_2 + H_2$	Liq.NH_3 มี Fe เป็นตัวเร่ง

- โลหะอัลคาไลสามารถระเบิดได้หากสัมผัสกับน้ำ
- สารประกอบของโลหะอัลคาไลสามารถละลายน้ำได้ เช่น NaCl, Na_2CO_3, Na_2SO_4

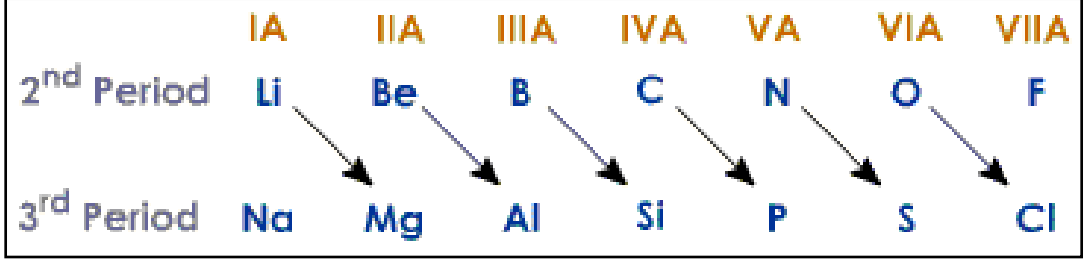
Types of compounds formed by the alkali metals with O_2

General formula	Name	Examples
M_2O	Oxide	Li_2O, Na_2O
M_2O_2	Peroxide	Na_2O_2
MO_2	Superoxide	KO_2, RbO_2, CsO_2

Flame test

Li	Crimson red
Na	Yellow
K	Pale violet
Rb	Violet
Cs	blulish

Diagonal relationship



	Li	Mg
Atomic radii	152 pm	160 pm
Ionic radii	78 pm	78 pm
Boiling point	1347 °C	1090 °C
Electronegativity	1.0	1.3
Nitride compounds	$6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N$	$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$

- Lithium is much harder than the other alkali metals, more like magnesium
- Lithium does not form a peroxide, unlike other alkali metals, neither does magnesium
- Lithium hydroxide is sparingly soluble, as is magnesium hydroxide, but sodium hydroxide etc. are very soluble in water.

การนำลิเทียมไปใช้ประโยชน์

เป็นตัวต้านความร้อน เช่น แก้ว เซรามิก

ใช้ทำเครื่องบินเนื่องจากมีความแข็งแต่น้ำหนักเบาจึง

ทำลิเทียมแบตเตอรี

เป็นส่วนผสมในอาวุธสงคราม

ใช้ในการบำบัดโรค bipolar เช่น lithium carbonate, lithium citrate, lithium orotate

เป็นตัวช่วยป้องกันการปวดไมเกรนและปวดศีรษะ

การนำโซเดียมไปใช้ประโยชน์

- ใช้ทำสบู่โดยผสมกับกรดไขมัน ซึ่งสบู่โซเดียมมีความแข็งกว่าสบู่โปแทสเซียม
- เป็นสารเคมีที่สำคัญในอุตสาหกรรมแก้ว เหล็ก กระดาษ ปิโตรเลียม สบู่ และใยผ้า
- สารประกอบโซเดียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ common salt (NaCl), soda ash (Na_2CO_3), baking soda ($NaHCO_3$), caustic soda (NaOH), sodium nitrate ($NaNO_3$),
- ไอออนโซเดียมและไอออนโปแทสเซียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่ออวัยวะของสิ่งมีชีวิต

การนำโปแทสเซียมไปใช้ประโยชน์

- ใช้ทำปุ๋ย เช่น KCl, K_2SO_4, KNO_3

- Potassium sodium tartrate หรือ Rochelle salt ($KNaC_4H_4O_6$) เป็นองค์ประกอบหลักของผงฟู

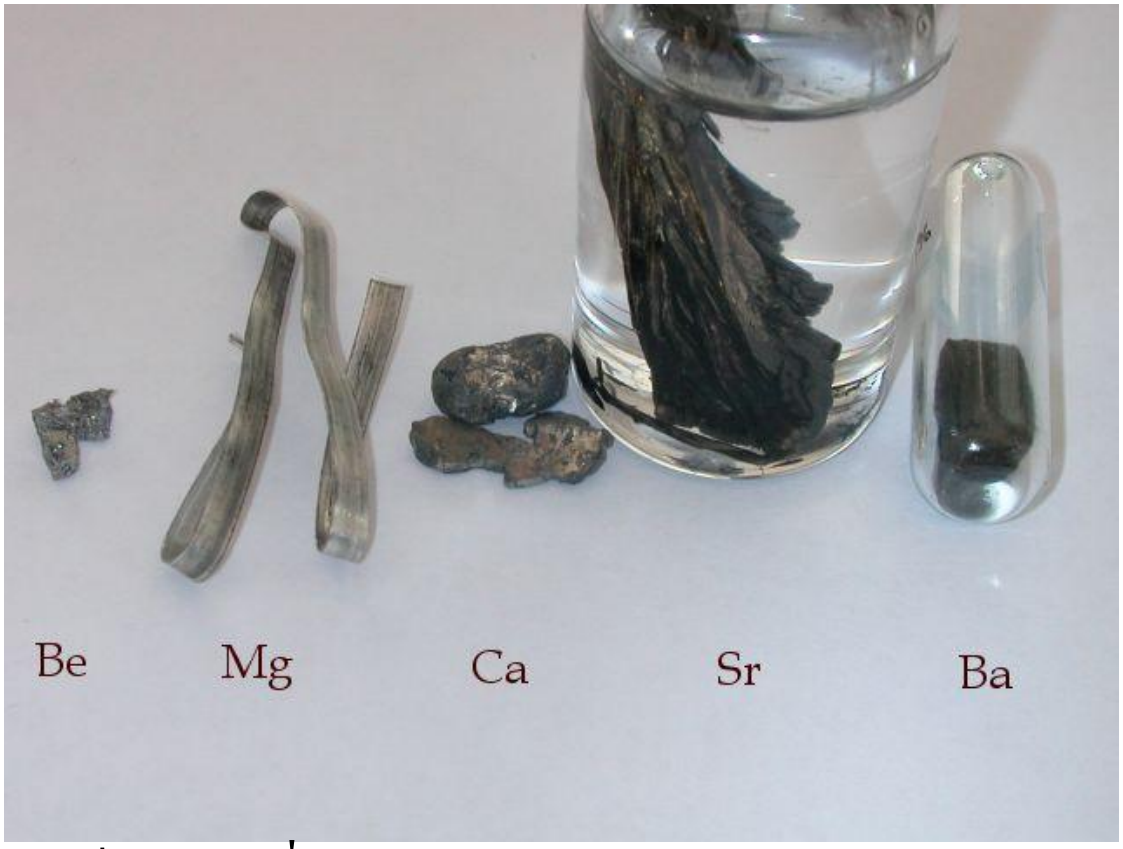
- Potassium bromate ($KBrO_3$) เป็น strong oxidiser ใช้เป็น flour improver (E924) เพื่อให้แป้งนิ่มฟู

- Potassium bisulfite ($KHSO_3$) ใช้ถนอมอาหาร เช่น ไวน์ เบียร์ และใช้ฟอกหนัง

- KBr, KI และ KCl ใช้ทำ photographic emulsion เพื่อใช้ทำภาพ photosensitive silver halides

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

4 **Be** beryllium 9.012
12 **Mg** magnesium [24.30, 24.31]
20 **Ca** calcium 40.08
38 **Sr** strontium 87.62
56 **Ba** barium 137.3
88 * **Ra** radium



เป็นโลหะที่ว่องไวอันดับสองรองจากหมู่ IA ความว่องไวเพิ่มขึ้นตามขนาด ไม่พบโลหะหมู่นี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบอื่นๆ เช่น carbonate, sulphate, chloride

เกิดเป็นไอออนที่มีประจุ +2

* ธาตุกัมมันตรังสี

Alkali Earth	Standard Atomic Weight (u)	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density ($g \cdot cm^{-3}$)	Electronegativity (Pauling)
Beryllium (Be)	9.012	1280	1500	1.86	1.57
Magnesium (Mg)	24.305	651	1107	1.75	1.31
Calcium (Ca)	40.078	851	1440	1.55	1.00
Strontium (Sr)	87.62	800	1366	2.6	0.95
Barium (Ba)	137.327	850	1537	3.59	0.89
Radium (Ra)	226.0	295	950	1.87	0.9

การเตรียมโลหะใช้วิธี electrolysis เกลือคลอไรด์ที่หลอมเหลว

Elements	1^{st} Ionization energy (kJ/mol)	2^{nd} Ionization energy (kJ/mol)	3^{rd} Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^{2+} + 2e^- \longrightarrow M$	Radius of M^{2+} (pm)
Be	906	1763	14855	-1.70	$\approx$30
Mg	744	1457	7739	-2.37	65
Ca	596	1152	4913	-2.76	99
Sr	556	1071	4210	-2.89	113
Ba	509	972	-	-2.90	135
Ra	509	979	-	-2.92	140

แนวโน้มการละลายน้ำของสารประกอบหมู่ IIA

	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	$C_2O_4^{2-}$	CrO_4^{2-}	OH^-	F^-
Be^{2+}	มาก	มาก	มาก	มาก	น้อย	น้อย
Mg^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Ca^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Sr^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Ba^{2+}	น้อย	น้อย	น้อย	น้อย	มาก	มาก

ธาตุหมู่ IIA จัดเป็นธาตุที่ว่องไว ความว่องไวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น ยกเว้น Be ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำแม้จะใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น

Reaction	Comment
$M + X_2 \longrightarrow MX_2$	X_2 = any halogen molecule
$M + O_2 \longrightarrow 2MO$	Ba gives BaO_2 as well
$M + S \longrightarrow MS$	
$3M + N_2 \longrightarrow M_3N_2$	High temperatures
$6M + P_4 \longrightarrow 2M_3P_2$	High temperatures
$M + H_2 \longrightarrow MH_2$	M = Ca, Sr, or Ba; high temperatures
	Mg at high pressure
$M + 2H_2O \longrightarrow M(OH)_2 + H_2$	M = Ca, Sr, or Ba
$Mg + 2H_2O \longrightarrow MgO + H_2$	High temperature, Except Be
$M + 2H^+ \longrightarrow M^{2+} + H_2$	
$Be + 2OH^- + 2H_2O \longrightarrow Be(OH)_4^{2-} + H_2$	Be only
$M + 2NH_3 \longrightarrow M(NH_2)_2 + H_2$	M = Ca, Sr, Ba, liq.NH_3 included catalyst
$3M + 2NH_3 \longrightarrow M_2N_2 + 3H_2$	NH_3 gas, high temperature

ความสัมพันธ์เชิงเส้นทแยงมุมของ Be และ Al

BeO และ Al_2O_3 เป็น amphoteric (แต่ oxides ของ Group 2 เป็น basic)

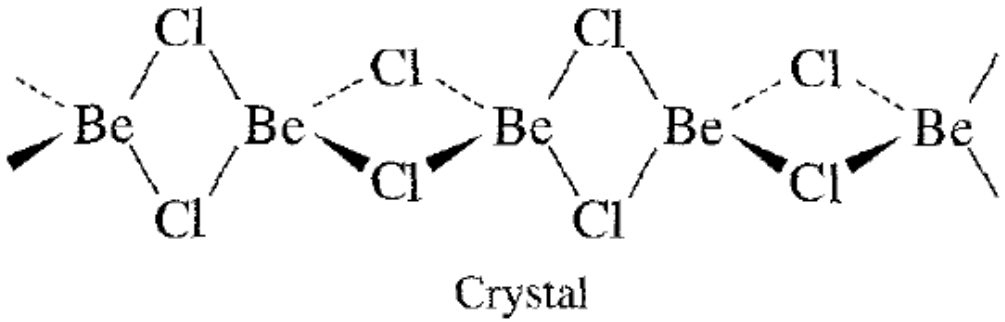
$$BeO + 2HCl \longrightarrow BeCl_2 + H_2O$$

$$BeO + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{Sodium beryllate}}{Na_2BeO_2} + H_2O$$

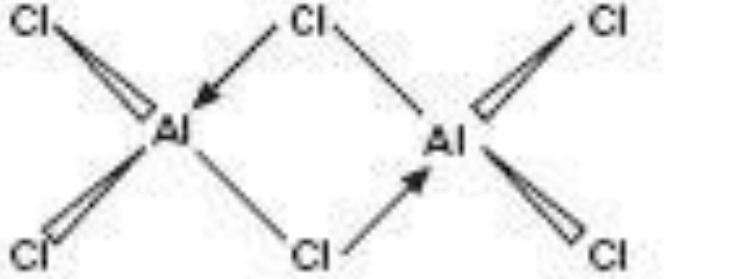
$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$$

สารประกอบเฮไลด์ของ Be และ Al เช่น $BeCl_2$ และ $AlCl_3$ เป็นสารประกอบโควาเลนตที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน



Crystal



Structure of aluminium trichloride dimer

Beryllium ใช้เป็น p-type dopant ใน semiconductors ของสารประกอบของธาตุหมู่ IIIA

การนำ Mg ใช้ประโยชน์

MgO: ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก แก้ว ซีเมนต์ การเกษตร สารเคมีต่างๆ อุตสาหกรรมก่อสร้าง กระป๋องเครื่องดื่ม (aluminium-magnesium alloys)

Mg^{2+} จำเป็นต่อร่างกายดังนั้นจึงมีการเติมลงไปในอาหาร ปุ๋ย

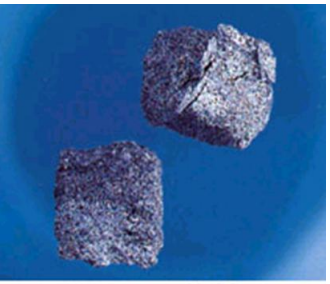
Mg เป็นองค์ประกอบใน chlorophyll

Magnesium salicylate และ Magnesium sulfate ใช้เป็นยา antiseptics.

การนำ Ca ใช้ประโยชน์

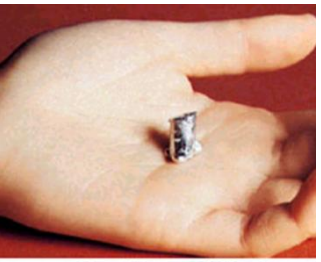
- เป็น reducing agent ในการสกัดโลหะเช่น uranium, zirconium, and thorium.
- เป็น deoxidizer, desulfurizer, decarbonizer สำหรับโลหะผสมที่เป็นเหล็กและไม่เป็นเหล็ก
- เป็น alloying agent ในการผลิต aluminium, beryllium, copper, lead, magnesium alloy
- ใช้ทำ cements และ mortars ในการก่อสร้าง
- ใช้ทำ cheese

Group IIIA (Triel element) $ns^2\ np^1$


Boron (B)

Aluminum (Al)

Indium (In)


Gallium (Ga)

B, Al, Ga และ In มีเลขออกซิเดชัน +3

Tl มีเลขออกซิเดชันคือ +1 และ +3 เนื่องจากมีขนาดใหญ่

B เป็นกึ่งโลหะ มีลักษณะโควาเลนต์มากกว่าไอออนิก

Al เป็นโลหะที่มีมากที่สุดบนผิวโลกรูปของสารประกอบ $KAlSi_3O_8$, Al_2O_3

Al, Ga และ In มีออกไซด์เคลือบผิว ทำให้เฉื่อย ทำให้ไม่ละลายใน HNO_3 ที่เป็นตัวออกซิไดซ์ แต่ละลายในกรดที่ไม่เป็นตัวออกซิไดซ์ (ยกเว้น Tl)

Elements	Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^{3+} + 3e^- \longrightarrow M$	Radius of M^{3+} (pm)
Boron	798	-	20
Aluminum	581	-1.66	50
Gallium	577	-0.53	62
Indium	556	-0.34	81
Thallium	589	0.72	95

Reaction	Comment
$2M + 3X_2 \longrightarrow 2MX_3$	X_2 = any halogen molecule,
	Tl gives TlX as well, but no TlI_3
$4M + 3O_2 \longrightarrow 2M_2O_3$	High temperatures; Tl gives TlO_2 as well
	High temperatures; Tl gives TlS_2 as well
$2M + 3S \longrightarrow M_2S_3$	
$2M + N_2 \longrightarrow 2MN$	M = Al only
$2M + 6H^+ \longrightarrow 2M^{3+} + 3H_2$	M = Al, Ga, or In; Tl gives Tl^+
$2M + 2OH^- + 6H_2O \longrightarrow 2M(OH)_4^{2-} + 3H_2$	M = Al or Ga

- เกลือซัลเฟต ไนเตรตและเฮไลด์ของโลหะหมู่นี้ละลายน้ำได้ดี
- ไฮดรอกไซด์โลหะหมู่นี้ไม่ละลายน้ำ
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของ Al และ Ga มีสมบัติเป็น amphoteric

Reaction with acids; $Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

Reaction with base; $Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \rightarrow 2NaAl(OH)_4$

B_2O_3 (boron oxide) เป็นออกไซด์ที่มีความเป็นกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ

$$B_2O_3 + 3H_2O \rightarrow B(OH)_3 \text{ (Lewis acid)}$$

$$B(OH)_3 + H_2O \rightarrow [B(OH)_4]^- + H^+$$

Trihydroxidoboron (boric acid) H_3BO_3

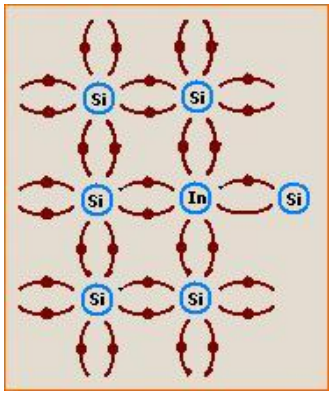
ความสัมพันธ์เชิงเส้นทแยงมุมของ B (หมู่ IIIA) และ Si (หมู่ IVA)

- Atomic radii: B 88 pm, Si 117 pm
- เป็นอโลหะ
- เกิดเป็น acidic oxide อย่างอ่อน
- เป็น semiconductor

การนำ Boron ใช้ประโยชน์

Borosilicate glassware เช่น beakers และ test tube

Boron carbide ใช้เป็นแผ่นกันกระสุนในเสื้อกันกระสุน



Dopant ใน semiconductor

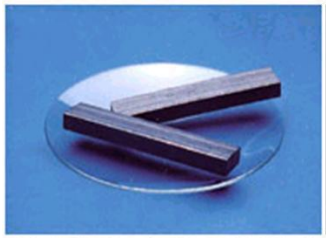
การนำ Aluminium ใช้ประโยชน์

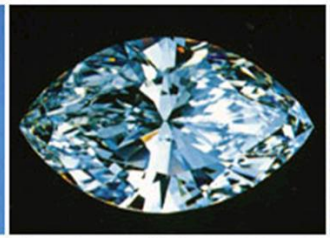
เป็นวัสดุทำ automobiles, aircraft, trucks, railway cars, marine vessels, bicycles

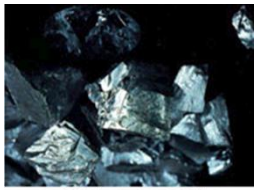
Packaging (cans, foil)

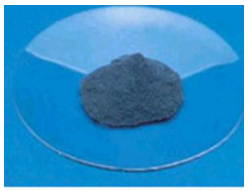
Group IVA (Tetrel element) $ns^2\ np^2$

6	
C	
carbon	
[12.00, 12.02]	
14	
Si	
silicon	
[28.08, 28.09]	
32	
Ge	
germanium	
72.63	
50	
Sn	
tin	
118.7	
82	
Pb	
lead	
207.2	
114	
Fl	
flerovium	

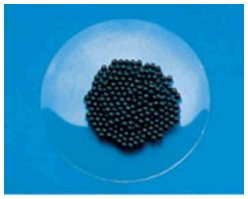

Carbon (graphite)


Carbon (diamond)


Silicon (Si)


Germanium (Ge)

Tin (Sn)


Lead (Pb)

หมู่ Group IVA แบ่งได้เป็น 3 classes:

- Carbon เป็น nonmetal
- Silicon และ Germanium เป็น semimetal
- Tin และ Lead เป็น metals

(ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น)

-C, Si และ Ge มีเลขออกซิเดชัน เป็น +4

-Sn และ Pb มีเลขออกซิเดชัน เป็น +4 และ +2

- Hydrolysis เกิดเฉพาะ Sn และ Pb ที่มีเลขออกซิเดชัน +2

$[Sn(OH)(H_2O)_x]^+$, $[Pb(OH)(H_2O)_x]^+$

Elements	Electronegativity	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
Carbon	2.5	3727	-
Silicon	1.8	1410	2355
Germanium	1.8	937	2830
Tin	1.8	232	2270
Lead	1.9	327	1740

Reaction	Comment
$M + 2X_2 \longrightarrow MX_4$	X_2 = any halogen molecule;
	M = Ge or Sn; Pb gives PbX_2
$M + O_2 \longrightarrow MO_2$	M = C, Si
	M = Ge or Sn; high temperature,
	Pb gives PbO or Pb_3O_4
$M + 2H^+ \longrightarrow M^{2+} + H_2$	M = Sn or Pb
$M + OH^- + 2H_2O \longrightarrow M(OH)_3^{2-} + H_2$	ปฏิกิริยาเกิดช้า
$Ge + 2OH^- + 4H_2O \longrightarrow Ge(OH)_6^{2-} + 2H_2$	

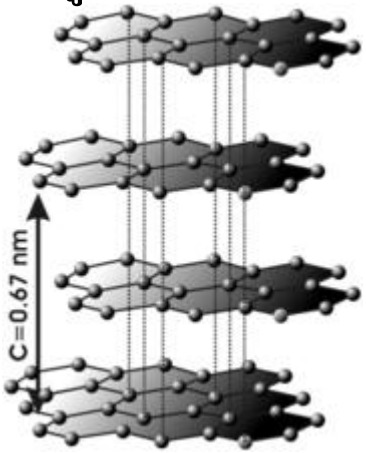
- ออกไซด์ของคาร์บอนมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส

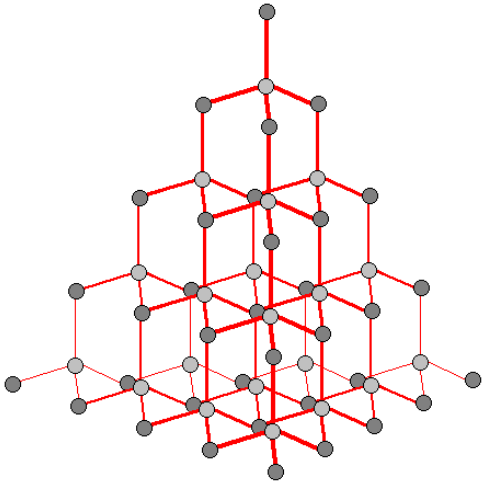
CO_2 (g) ละลายน้ำแล้วได้กรด H_2CO_3 (liq)

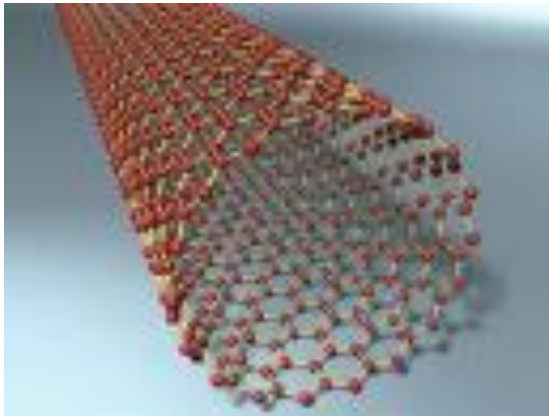
- ออกไซด์ของธาตุอื่นๆมีสถานะเป็นของแข็ง

CaO (s) เตรียมโดยโดย $CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$

- รูป (form) ของคาร์บอน

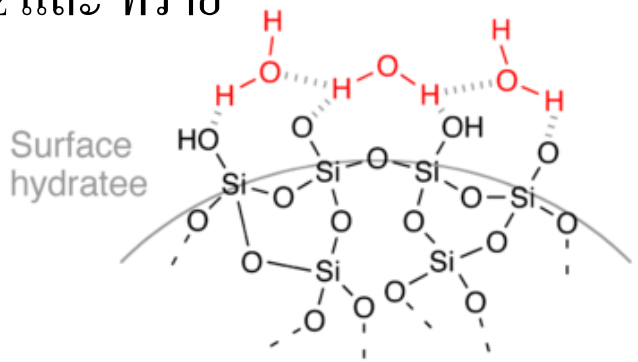






Graphite **Diamond** **Bulky ball (C_{60})** **Carbon nanotube (CNT)**

- ออกไซด์ของซิลิกอน คือ ซิลิกา (SiO_2) อยู่ในรูป quartz และ ทราย



ในการก่อสร้างซึ่งเป็นส่วนสำคัญของคอนกรีตและก้อนอิฐ

ใช้ทำแก้วและฉนวน ใช้เป็นวัสดุทำขัดหรือเจียระไนเพชร

ใช้ทำวัสดุอัดรูโดยผสม boric acid กับ silicone oil

Group VA ($ns^2 np^3$) (Pnicogens)

N	nonmetal
P	
As	metalloid (semiconductor)
Sb	
Bi	metal

increasing metallic character

เลขออกซิเดชัน = +3 และ +5

N อยู่ในรูปของแก๊สและของเหลวที่อุณหภูมิต่ำ

P มีหลายอัญรูป เป็นของแข็ง

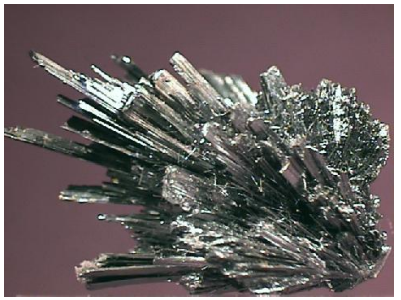
- ฟอสฟอรัสขาว ลุกติดไฟในบรรยากาศของ O_2
- ฟอสฟอรัสแดง ได้จากการเผาฟอสฟอรัสขาวทำปฏิกิริยากับ O_2 ที่อุณหภูมิสูง
- ฟอสฟอรัสดำ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง

Elements		Ionization energy (kJ/mol)	Electronegativity	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
N	Nitrogen	1402	3.0	-210	-195.79
P	Phosphorus	1012	2.1	44.2 (white) 610 (black)	280.5 (white)
As	Arsenic	947	2.0		
Sb	Antimony	834	1.9		
Bi	Bismuth	703	1.9		

Phosphate rock

Fluorapatite

Arsenopyrite



Stibnite

Bismite

Oxidation state of nitrogen	compound	formula
-3	Ammonia	NH_3
-2	Hydrazine	N_2H_4
-1	Hydroxylamine	NH_2OH
0	Nitrogen	N_2
+1	Dinitrogen monoxide (nitrous oxide)	N_2O
+2	Nitrogen monoxide (nitric oxide)	NO
+3	Dinitrogen trioxide	N_2O_3
+4	Nitrogen dioxide	NO_2
+5	Nitric acid	HNO_3

Group VIA ($ns^2\ np^4$) (Chalcogens)

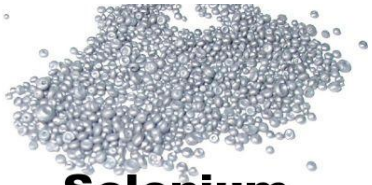
8 O

liquid oxygen with bubbles of oxygen gas

16 S

Crystals of rhombic sulfur

34 Se

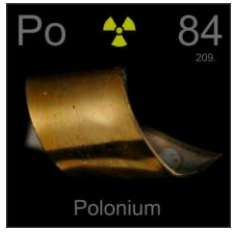


Selenium

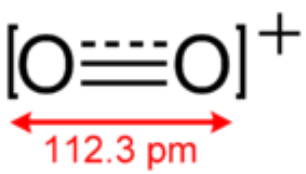
52 Te

Tellurium

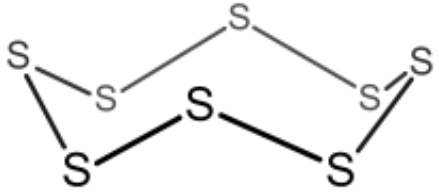
84 Po



- ธาตุในหมู่นี้ไม่เกิดเป็นสารประกอบในรูปของแคทไอออนอะตอมเดี่ยว (M^{n+}) แต่เกิดเป็น polyatomic cation เช่น O_2^+ และ S^{8+}



dioxygenyl



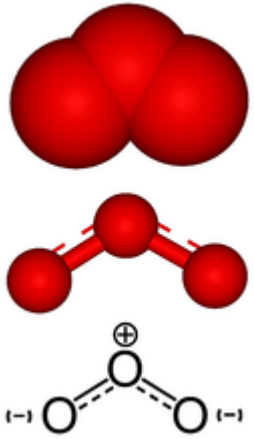
S_8^+ crown

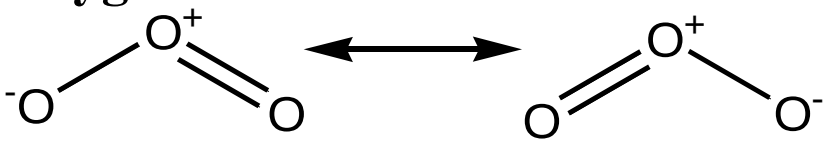
- ยกเว้น Po เกิดเป็นแคทไอออนอะตอมเดี่ยว (M^{n+}) ได้

Elements	Electronegativity	Radius of X^{2-} (pm)	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
Oxygen	3.5	140	-218.79	-182.95
Sulfur	2.5	184	115.21	444.6
Selenium	2.4	198	221	685
Tellurium	2.1	221		
Polonium	2.0	230	254	962

Oxides	**Hydrides**	**Halogen compounds**
PoO_2	PoH_2	PoX_2 เช่น $PoCl_2$
PoO_3		PoX_4
		PoX_6

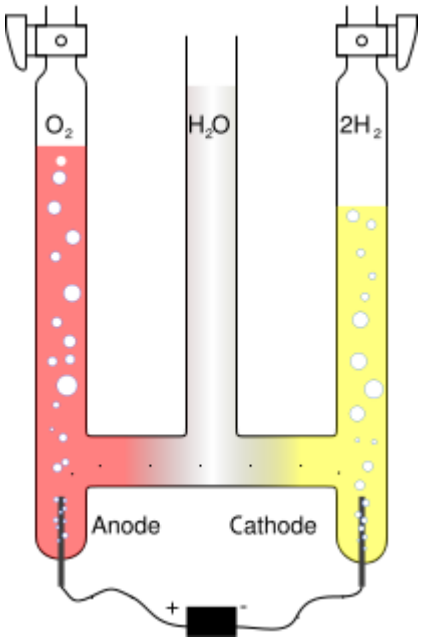
The chemistry of oxygen





$$3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O$$



ในกระบวนการอิเล็คโตรไลซิสของน้ำสามารถผลิตก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน

electrolysis of water

oxidation state of oxygen

-2 oxide

-1 peroxides.

uncommon:

-1/2 (superoxides),

-1/3 (ozonides),

0 (elemental, hypofluorous acid)

+1/2 (dioxygenyl),

+1 (dioxygen difluoride)

+2 (oxygen difluoride)

Oxidation state of sulfur	Compounds
+6	SO_3, H_2SO_4, SO_{42-}, SF_6
+4	SO_2, HSO_3^-, SO_3^{2-}, SF_4
+2	SCl_2
0	S_8 and all other forms of elemental sulfur
-2	H_2S, S^{2-}

S^{2-} Sulfides

SO_3^{2-} Sulfites

H_2SO_3 Sulfurous acid

SO_2 Sulfure dioxide

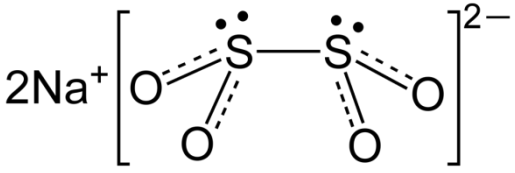
SO_4^{2-} Sulfates

$S_2O_3^{2-}$ Thiosulfates

SCN^- Thiocyanates

S_4N_4 Tetrasulfur tetranitride

SF_6 Sulfur hexafluoride



Sodium hydrosulfite

(sodium dithionite)

สารฟอกขาว

Group VIIA , Halogen ($ns^2\ np^5$)

- เลขออกซิเดชัน = -1, +1, +3, +5, +7

ยกเว้น F มีเลขออกซิเดชัน = -1 เท่านั้น

- ทั้งหมดเป็นอโลหะ และ At เป็นธาตุกัมมันตรังสี

Elements	E.N.	Radius of X^- (pm)	Standard reduction potential (V) for $X_2 + 2e^- \longrightarrow 2X$	Melting point (°C)	Boiling point (°C)	Bond energy of X_2 (kJ/mol)
Fluorine	4.0	136	2.87	-220	-188	154
Chlorine	3.0	181	1.36	-101	-34	239
Bromine	2.8	195	1.09	-7.3	59	193
Iodine	2.5	216	0.54	113	184	149
Astatine	2.2	-	-			-

- Halogen เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกแบบ monovalent ion ที่เป็น anion
- F_2 ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเพราะมีค่า EN สูงที่สุด
- F_2 เป็น oxidizing agent ที่ดี

$$F_2 + H_2O \rightarrow 2HF + O_2$$

Hydrogen halides

$H_2(g) + X_2(g) \longrightarrow 2HX(g)$

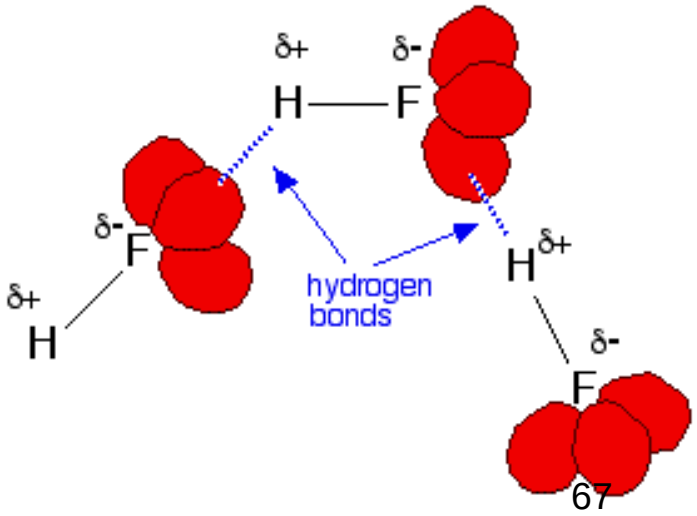
$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow HCl + NaHSO_4$

HI > HBr > HCl >> HF

strongest acid

weakgest acid

HX	H—X bond energy (kJ/mol)	d(H—X) (pm) gas phase
HF	565	91.7
HCl	427	127.4
HBr	363	141.4
HI	295	160.9



F_2 มีสมบัติทางเคมีแตกต่างไปจาก halogen อื่นๆ ดังนี้

1. F_2 มีความไวต่อปฏิกิริยามากที่สุด

2. พลังงานพันธะ F-F แข็งแรงน้อยกว่า Cl-Cl เนื่องจากอะตอม F มีขนาดเล็ก อิเล็คตรอนคู่โดดเดี่ยวทั้งสามคู่จึงอยู่ใกล้กันมากและผลักกันได้แรงกว่าใน Cl_2 ซึ่งมีอะตอมใหญ่กว่า

3. HF มีจุดเดือดสูง (19.5 °C) เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างโมเลกุล แต่ไฮโดรเจนเฮไลด์อื่นมีจุดเดือดต่ำกว่ามาก เช่น HCl มีจุดเดือด -85.1 °C

4. HF เป็นกรดอ่อนแต่กรดไฮโดรเฮลิกอื่น เช่น HCl, HBr และ HI เป็นกรดแก่

5. AgF ละลายน้ำได้ แต่ซิลเวอร์เฮไลด์อื่นๆ ไม่ละลายน้ำ

Compound	Solubility (g / 100 g H_2O)
AgF	172
AgCl	0.00019
AgBr	0.000014
AgI	0.000003

Interhalogen

XY_n, where n = 1, 3, 5 or 7

(X is the less electronegative of the two halogens).

	F	**Cl**	**Br**	**I**
F	F_2			
Cl	ClF, ClF_3, ClF_5	Cl_2		
Br	BrF, BrF_3, BrF_5	$BrCl$	Br_2	
I	IF, IF_3, IF_5, IF_7	ICl, I_2Cl_6	IBr	I_2

sodium fluoride (NaF), stannous fluoride (SnF_2) และ sodium MFP ใช้ทำยาสีฟันเพื่อป้องกันฟันผุ

Brominated vegetable oil (BVO) ใช้เป็น emulsifier ใน citrus-flavored soft drinks เช่น Mountain Dew, Gatorade, Powerade, Pineapple and Orange Fanta, Orange Crush, Sun Drop, Squirt และ Fresca เพื่อช่วยให้ natural fat-soluble citrus flavors กระจายตัวในน้ำดื่ม

โบรมีนมีประโยชน์ในการเตรียม ethylene dibromide ($BrCH_2CH_2Br$) ซึ่งใช้เป็นยาฆ่าแมลง และใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำมันรถยนต์เพื่อไม่ให้มีตะกั่วเข้าไปอุดตันในเครื่องยนต์ แต่สารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง

โบรมีนรวมตัวกับเงินได้โดยตรง เกิดเป็น AgBr ซึ่งใช้ในการทำฟิล์มถ่ายรูป

ไอโอดีน เป็นส่วนประกอบสำคัญของไทรอยด์ฮอร์โมนชื่อ thyroxine

ถ้าร่างกายขาดไอโอดีนอาจทำให้ต่อมไทรอยด์บวม ซึ่งไอโอดีนใช้ผลิตไทรอกซินในร่างกาย

ทิงก์เจอร์ไอโอดีน (tincture iodine) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค มีไอโอดีน 2-7%, potassium iodide หรือ sodium iodide ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์

O.S	Name	Formula	Example compounds
−1	chlorides	Cl^-	ionic chlorides, organic chlorides, hydrochloric acid
0	chlorine	Cl_2	elemental chlorine
+1	hypochlorites	ClO^-	sodium hypochlorite, Calcium hypochlorite
+3	chlorites	ClO_2^-	Sodium chlorite
+5	chlorates	ClO_3^-	sodium chlorate, potassium chlorate, chloric acid
+7	perchlorates	ClO_4^-	Potassium perchlorate, Perchloric acid, Magnesium perchlorate ammonium perchlorate

Group VIIIA , Noble gas ($ns^2\ np^6$)

- ธาตุในหมู่นี้เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี เพราะมีอิเล็กตรอนครบ 8 ตัว
- ธาตุที่มีขนาดใหญ่ และมีค่า EN ต่ำๆ สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ เช่น Xe

Elements		IE (kJ/mol)	OS.	Density g/cm^3	mp. (°C)	bp. (°C)	Atmospheric abundance (% by V)	Example of compound
He	Helium	2372	0	1.8×10^{-4}	-270	-269	5×10^{-4}	None
Ne	Neon	2080	0	9.0×10^{-4}	-249	-246	1×10^{-3}	None
Ar	Argon	1520	0	1.8×10^{-3}	-189	-186	9×10^{-1}	None
Kr	Krypton	1351	+2	3.7×10^{-3}	-157	-153	1×10^{-4}	KrF_2
Xe	Xenon	1170	+2, +4, +6, +8	5.9×10^{-3}	-112	-107	9×10^{-6}	XeF_4, XeO_3, XeF_6

Helium

ใช้เป็นแก๊สในบอลลูนเนื่องจากฮีเลียมมีความหนาแน่นต่ำและการเผาไหม้ต่ำ

ฮีเลียมเหลวใช้เป็นสารหล่อเย็นในเครื่อง MRI scanners

มีน้ำหนักน้อยกว่าอากาศ ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น

มีปริมาณมากเป็นธาตุอันดับสองรองจากไฮโดรเจน

มีความปลอดภัยสูง ไม่เกิดการเผาไหม้

หากมีการสูดดมก๊าซฮีเลียมเข้าไป เสียงจะแหบ

Neon

ไม่มีสี เฉื่อยภายใต้สภาวะปกติ

นีออนให้สีส้มแดงเมื่อใช้กับ discharge tube และหลอดนีออน

Argon

เป็นก๊าซเฉื่อยราคาถูก มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ

การเก็บ Cs ในบรรยากาศของก๊าซอาร์กอน

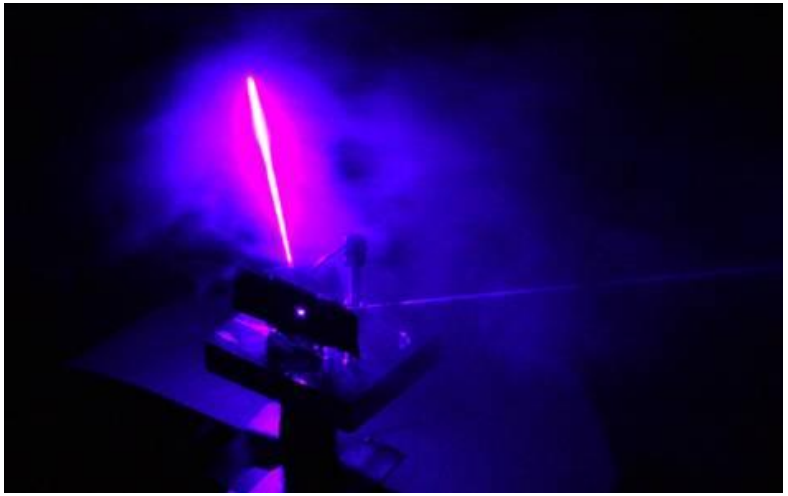
สื่อญี่ปุ่นรายงานว่าไอดอลสาววัย 12 ปีสมาชิกวง 3B junior ต้องถูกส่งเข้ารับการรักษาตัวในห้องฉุกเฉิน หลังสูดแก๊สฮีเลียมเข้าไประหว่างร่วมรายการโทรทัศน์ของ TV Asahi และขณะนี้ก็ยังไม่ได้สติ

ฮีเลียม เป็นแก๊สเฉื่อยที่มีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งสามารถสั่นสะเทือนเส้นเสียง จนทำให้เสียงพูด ฟังเหมือนสูงขึ้นได้ โดยปกติฮีเลียมมักจะไม่ค่อยมีอันตรายต่อมนุษย์ แต่หากสูดเข้าไปในปริมาณที่มากเกินไปก็อาจจะส่งผลร้ายต่อร่างกาย ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เชื่อว่าไอดอลสาวน่าจะหมดสติจากอาการที่สมองขาดเลือด เพราะฮีเลียมเข้าไปบล็อคอ็อกซิเจนในร่างกายจากการสูดแก๊สเข้าไปมากเกินไป

http://manager.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ก.พ. 2558)

Krypton

เป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ใช้บรรจุในหลอดฟลูออเรสเซนต์



Krypton laser

"excimer" lasers

Xenon

Xe-lighting

- ภาพ tomography (ภาพเอ็กซ์เรย์)ของหัวใจ ปอด และสมองที่เกิดจากการปลดปล่อยรังสีแกมมาของ 133Xe ของธาตุซีนอน
- 133Xe ของธาตุซีนอน ใช้วัดการไหลของเลือด

ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน (ที่แตกต่างจากกลุ่ม s และ p)

1. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

ยกเว้น หมู่ IIB (Zn, Cd, Hg) O.S = 2

หมู่ IIIB (Sc, Y, La, Ac) O.S. = 3

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
				7					
			6	6	6				
		5	5	5	5	5			
	4	4	4	4	4	4	4		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	1	1	1	1	1	1	1	

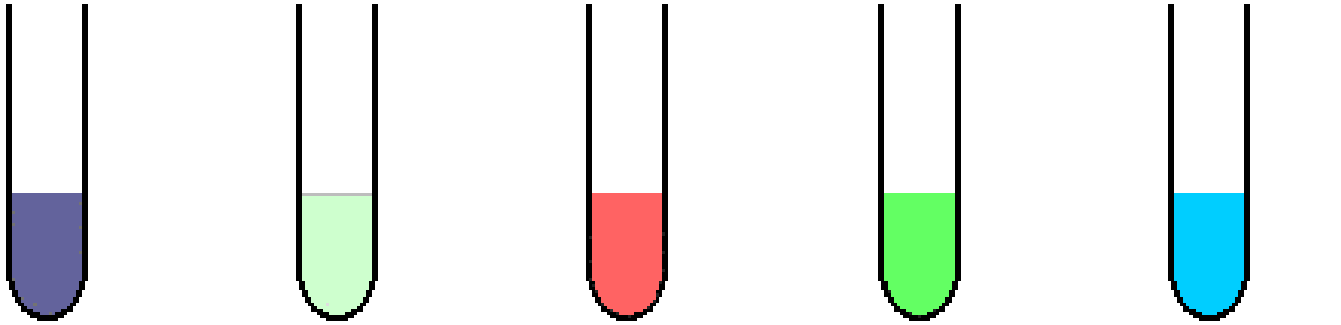
All show o.s. +2 (except Sc) due to loss of two 4s electrons (Sc = [Ar] $3d^1$ $4s^2$)

All show +3, but rare in Ni and Cu.

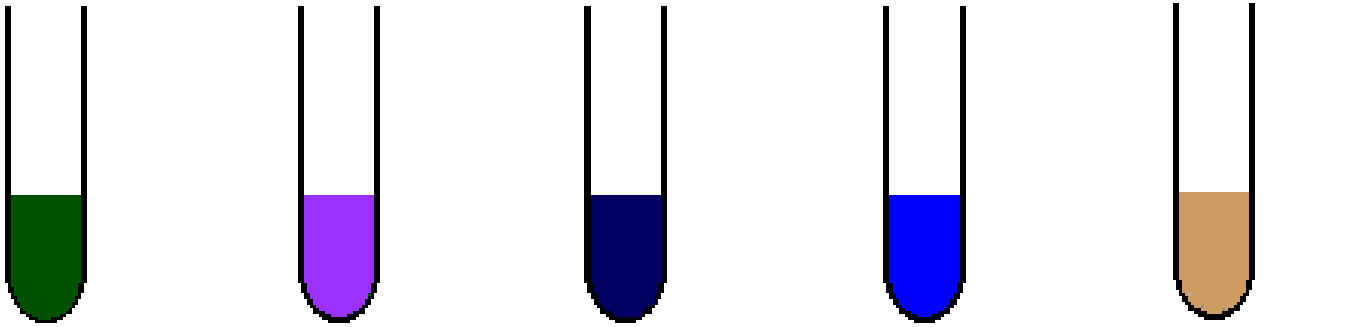
Transition metal ions are small they have a high charge density

2. สารประกอบส่วนใหญ่มีสี (ยกเว้นหมู่ IIIB) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p ไม่มีสี

$Co(NH_3)_6Cl_3$

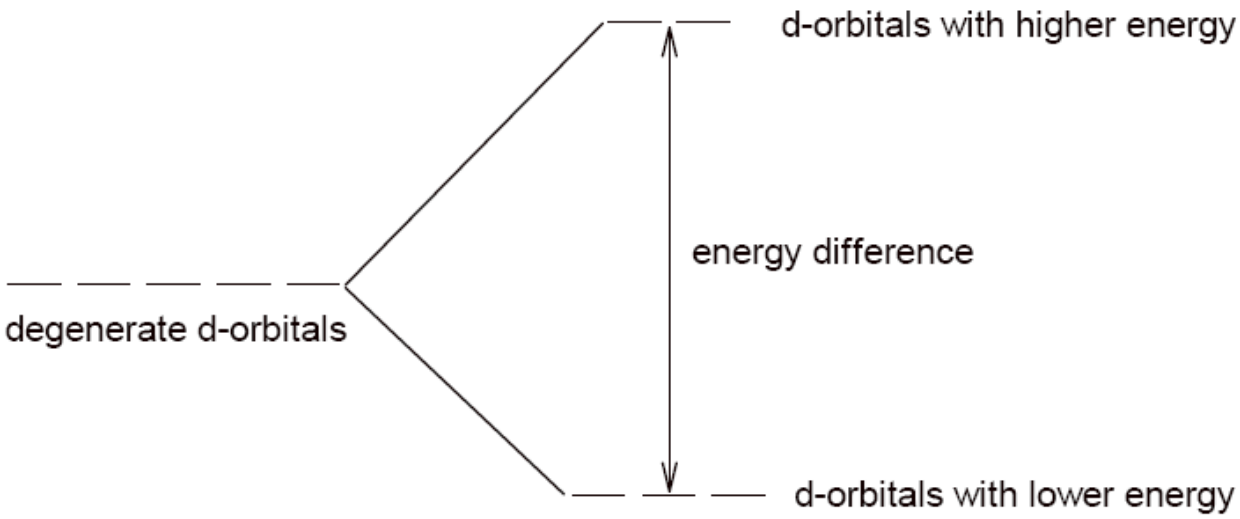


$[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$



$[Cr(OH)_6]^{3-}$ $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$ $[CoCl_4]^{2-}$ $[Co(NH_3)_6]^{2+}$

http://www.chemguide.co.uk/inorganic/transition/features.html



ธาตุทรานสิชันมักมีสี ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนใน d orbital หรือเกิด d-d electronic transition ซึ่งเกิดเป็น electromagnetic spectrum ในย่านวิซิเบิล โลหะไอออนจะดูดกลืนสีหนึ่งๆเมื่อเกิด d-d electronic transition และมีการคายสีที่เหลือออกมา จึงเป็นสีของไอออนที่มองเห็น

การเกิด d-d electronic transition เกิดได้ต่อเมื่อมีอิเล็คตรอนไม่เต็มใน d orbital ดังนั้นโลหะไอออนที่มีสีเป็นโลหะไอออนที่มีอิเล็คตรอนไม่เต็มใน d orbital ส่วนโลหะไอออนที่มีอิเล็คตรอนเต็มหรือไม่มีอิเล็คตรอนใน d orbital เลย โลหะไอออนนั้นไม่แสดงสี

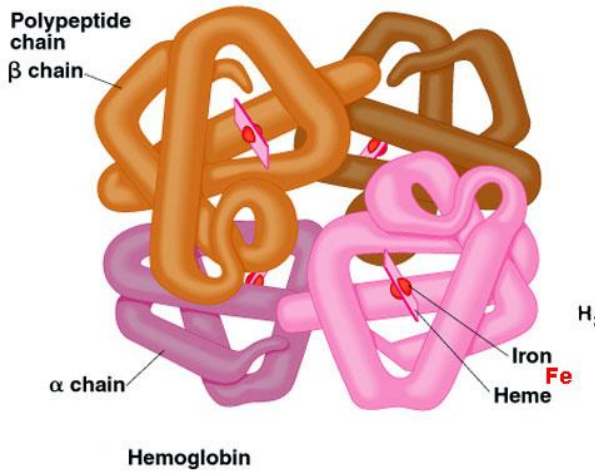
3. เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (paramagnetic) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p เป็นสารที่ไม่มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (diamagnetic)

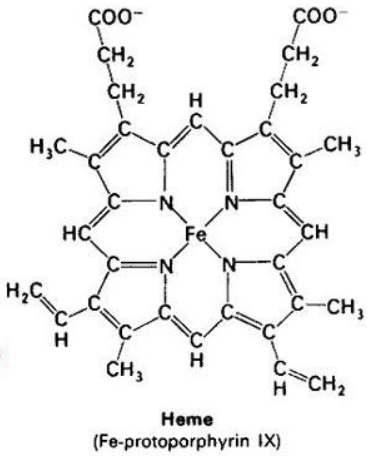
Diamagnetism เมื่อวางสารไว้ในสนามแม่เหล็กจะมีการเหนี่ยวนำการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนในทิศทางที่จะให้มีค่า magnetic moment ตรงข้ามกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

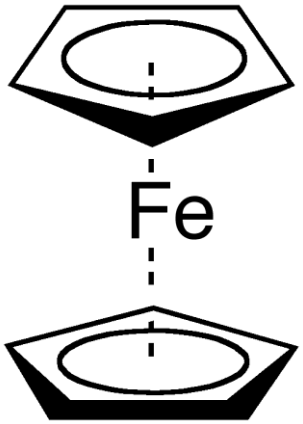
Paramagnetism สารมี magnetic moment มีทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็ก

- ความเป็นแม่เหล็กวัดได้จากจำนวน unpaired electron
- สมบัติความเป็นแม่เหล็กขึ้นกับการจัดเรียงอิเล็คตรอนว่าเป็น high spin หรือ low spin

4. มีแนวโน้มที่จะเกิดสารเชิงซ้อน (complex หรือ coordination compound) ได้ง่ายกว่า เช่น heme, ferrocene







5. มีจุดเดือด-จุดหลอมเหลวสูง และเป็น hard solid

	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
m.p (°C)	1541	1660	1890	1857	1244	1535	1495	1453	1083	420
b.p (°C)	2831	3287	3380	2672	1962	2750	2870	2732	2567	907
D (g/cm^3)	3.0	4.5	6.0	7.2	7.2	7.9	8.9	8.9	8.9	7.1

ลักษณะทั่วไปของธาตุทรานสิชัน

1. มีความเป็นมัน เงา
2. นำไฟฟ้าและความร้อนสูง Ag เป็นตัวนำที่ดีที่สุด Cu รองลงมา
3. หนักและแข็งแรง เช่น เหล็ก ทังสเตน จึงใช้ในการก่อสร้าง แต่ทอง เงิน ทองแดง อ่อน
4. ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ที่ผิวของโลหะ เช่น เหล็กออกไซด์ Fe_2O_3 (hematite)

Au, Ag, Pt, Pd ไม่เกิดออกไซด์

^{21}Sc = [Ar] $3d^1\ 4s^2$ Sc^+ = [Ar] $3d^1\ 4s^1$ Sc^{2+} = [Ar] $3d^1$

^{26}Fe = [Ar] $3d^6\ 4s^2$ Fe^{2+} = [Ar] $3d^6$ Fe^{3+} = [Ar] $3d^5$

^{24}Cr = [Ar] $3d^5\ 4s^1$ Cr^{2+} = [Ar] $3d^4$ Cr^{3+} = [Ar] $3d^3$

^{29}Cu = [Ar] $3d^{10}\ 4s^1$ Cu^+ = [Ar] $3d^{10}$ Cu^{2+} = [Ar] $3d^9$

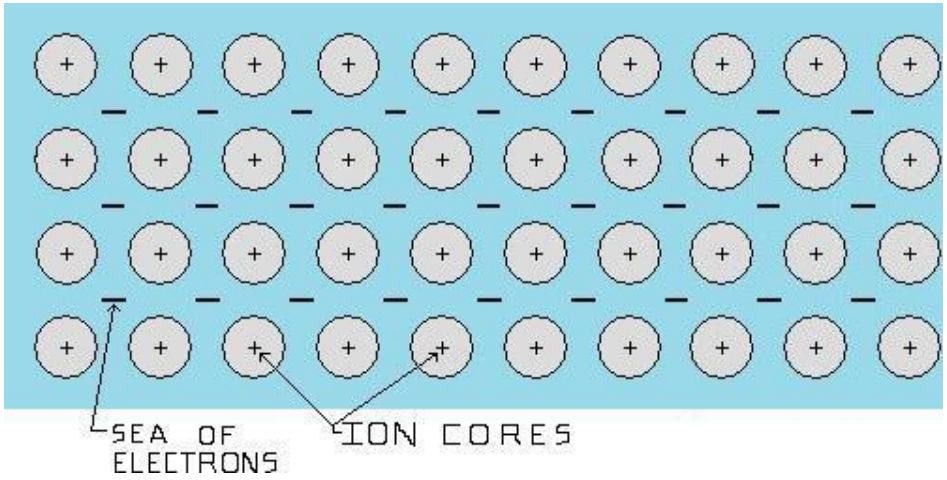
3d e^- หลุดออกที่หลัง 4s e^- เพราะ 3d orbtial มีอำนาจการทะลุทะลวง (penetrate) ดีกว่า 4s orbital ทำให้ 3d e^- เข้าใกล้นิวเคลียสได้มากกว่า 4s e^-

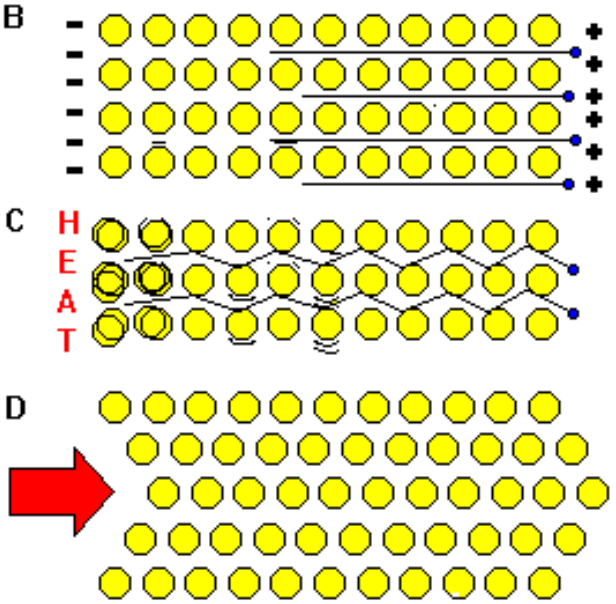
Cr $3d^5\ 4s^1$
Mo $4d^5\ 5s^1$
W $5d^5\ 6s^1$
Cu $3d^{10}\ 4s^1$

Ag $4d^{10}\ 5s^1$
Au $5d^{10}\ 6s^1$
Pd $4d^{10}\ 5s^0$
Pt $5d^{10}\ 6s^0$

สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี มีความแข็งแรง จุดเดือด-จุดหลอมเหลวสูง ความหนาแน่นสูง ผิวเป็นมันแวววาว จากสมบัติเหล่านี้การเกิดพันธะโลหะและมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็คตรอนในพันธะโลหะมาก ทำให้อะตอมยึดกันอย่างแข็งแรง





ประจุบวกของแกนไอออนของธาตุจับกันด้วยทะเลอิเล็คตรอน ซึ่งอิเล็คตรอนในทะเลนี้เคลื่อนที่ไปมาได้ ไม่จับกับอะตอมใดอะตอมหนึ่ง จากเหตุผลนี้ทำให้โลหะมีสมบัติในการเปลี่ยนรูปร่าง (shape) ได้ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความเหนียว

Atomic and ionic radii

คาบเดียวกัน: atomic และ ionic radiii ลดลงจากซ้ายไปขวาเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น แต่ลดลงเพียงเล็กน้อยเพราะการบดบังของอิเล็คตรอนใน inner d obital น้อยลง

3d series	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIII	10	11 IB	12 IIB
Element	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Atomic radius (pm)	164	147	135	129	137	126	125	125	128	137

หมู่เดียวกัน: ขนาดอะตอมเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างจาก 3d series ไปยัง 4d series แต่ 4d series กับ 5d series ขนาดอะตอมใกล้เคียงกันหรือเล็กกว่า เพราะมีกลุ่มธาตุ Lanthanides และ Actinides คั่น ซึ่งธาตุเหล่านี้มีประจุบวกที่นิวเคลียสสูง มีวาเลนซ์อิเล็คตรอนอยู่ใน 5d หรือ 4f orbital แต่ทำหน้าที่บดบังได้ไม่ดี (shielding: s>p>d>f) ทำให้วาเลนซ์อิเล็คตรอนได้รับแรงดึงดูดจากประจุนิวเคลียสสุทธิได้มาก ทำให้ขนาดอะตอมมีขนาดเล็กลง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **Lanthanide Contraction**

	IIIB	Atomic radius (A^o)
3d	Sc	1.62
4d	Y	1.80
5d	^{57}La	1.87

IVB	Atomic radius (A^o)
Ti	1.47
Zr	1.60
^{72}Hf	1.58

สมบัติทางเคมี (Chemical properties)

Ionization energy

I.E (eV/atom)	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
I.E 1	6.54	6.82	6.74	6.77	7.44	7.87	7.86	7.64	7.73	9.39
I.E 2	12.80	13.58	14.65	16.50	15.64	16.18	17.06	18.17	20.29	17.96
I.E 3	24.76	27.49	29.31	30.96	33.67	30.65	33.50	35.17	36.83	39.72

ค่า I.E และ E.N เพิ่มจากซ้ายไปขวา

โดยปกติค่า I.E เพิ่มขึ้นเมื่อรัศมีอะตอมลดลง และประจุนิวเคลียสเพิ่มขึ้น แต่ธาตุทรานสิชันที่มีการจัดเรียงอิเล็คตรอนแบบ half filled และ full filled มีค่า I.E สูงกว่า เช่น

Cr^{+} และ Cu^{+} มีค่า I.E 2 มาก

^{24}Cr = [Ar] $3d^5\ 4s^1$ Cr^{1+} = [Ar] $3d^5$ half filled

^{29}Cu = [Ar] $3d^{10}\ 4s^1$ Cu^{+} = [Ar] $3d^{10}$ full filled

กรณีธาตุ s และ p block ค่า I.E ลดลงจากบนลงล่างในหมู่เดียวกัน เช่นเดียวกับหมู่ IIIB

แต่บางหมู่เช่น IVB ค่า I.E เพิ่มขึ้นจาก 4d ไป 5d เพราะขนาดอะตอมใกล้เคียงกัน (เป็นผลจาก lanthanide contraction) และประจุนิวเคลียสที่เพิ่มขึ้น

	Element	Atomic radius (A^0)	I P $kJ.mol^{-1}$	Element	Atomic radius (A)	I P $kJ.mol^{-1}$
3d	Sc 21	1.62	631	Ti 22	1.47	656
4d	Y 39	1.8	616	Zr 40	1.6	674
5d	La 57	1.87	541	Hf 72	1.58	760

ไม่ค่อยว่องไวต่อปฏิกิริยาเท่ากับธาตุกลุ่ม s เพราะมีค่า I.E สูงและไอออนของธาตุนี้ถูกรีดิวซ์ได้ง่ายกว่า

ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอโลหะเมื่อให้ความร้อน แต่ปฏิกิริยาไม่รุนแรงเท่าธาตุกลุ่ม s

โครเมียมและนิเกิลค่อนข้างเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเพราะมีชั้นออกไซด์บางๆ (oxide film ทำหน้าที่เป็น protective oxide film) เคลือบผิว แต่เหล็กทำปฏิกิริยากับออกซิเจนซึ่งมีความชื้นอยู่ด้วยเกิดเป็น $Fe_2O_3.H_2O$ นั้นคือสนิมเหล็ก

เลขออกซิเดชัน (oxidation state)

- มีเลขออกซิเดชัน (oxidation state) ได้หลายค่าเนื่องจากค่า I.E แต่ละลำดับไม่ต่างกัน
- เลขออกซิเดชันสูงสุดเท่ากับเลขหมู่หรือจำนวนเวเลนซ์อิเล็คตรอน
- มักมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 2 เนื่องจากมีการสูญเสียอิเล็คตรอนใน ns
- เลขออกซิเดชันต่ำสุดเท่ากับจำนวนอิเล็คตรอนใน ns orbital
- เลขออกซิเดชันสูงสุดเท่ากับผลรวมของอิเล็คตรอนใน ns และ (n-1)d

เช่น Mn^{7+}, Os^{8+} (stable), Ru^{8+} (unstable)

- เลขออกซิเดชันที่มีการจัดเรียงอิเล็คตรอนเป็นแบบ half filled และ full filled เสถียรกว่า เช่น

$Mn^{2+} = [Ar]\ 3d^5$, $Fe^{3+} = [Ar]\ 3d^5$, $Zn^{2+} = [Ar]\ 3d^{10}$

- ธาตุที่อยู่ตรงกลางมีจำนวนเลขออกซิเดชันมากที่สุด

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
				7					
			6	6	6				
		5	5	5	5	5			
	4	4	4	***4***	4	4	4		
3	***3***	***3***	***3***	3	***3***	***3***	3	3	
	2	2	2	***2***	***2***	***2***	***2***	***2***	***2***
	1	1	1	1	1	1	1	***1***	

Manganese (Mn)

valence electron $(n-1)d^5\ ns^2$

มีเลขออกซิเดชัน +2, +3, +4,(+5), +6, +7

- มีมากเป็นอันดับสองรองจากเหล็ก แข็งกว่า/เปราะกว่า/ทนความร้อนได้ไม่ดีเท่าเหล็ก
- ว่องไวต่อปฏิกิริยา ไม่มี protective oxide film
- Mn(II) เสถียรมาก เนื่องจากจัดเรียงอิเล็คตรอนเป็น $[Ar]3d^5$
- Mn(III) เกิด disproportionation (self redox) ได้ Mn(II) และ MnO_2

$$2Mn^{3+} + 2H_2O \rightarrow Mn^{2+} + MnO_2 + 4H^+$$

- Mn(VI) เกิด disproportionation ได้ MnO_2 และ MnO_4^-

$$3MnO_4^{2-} + 4H^+ \rightarrow MnO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O$$

การบ้าน (คะแนนเข้าห้อง)

จงค้นคว้าสารประกอบของธาตุทรานสิชัน และการนำไปใช้ประโยชน์ เลือกมา 3 ธาตุ ธาตุละหนึ่งสารประกอบ

ธาตุ	สารประกอบ	การนำไปใช้ประโยชน์
Mn	$KMnO_4$	เป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงมากใช้ฆ่าเชื้อ ฟอกสี ทำน้ำบริสุทธิ์ ใช้วิเคราะห์หา Fe^{2+} ถ้าเก็บไว้นานๆ สลายตัวให้ MnO_2

Questions

1. Write full electron configurations for the following species.

(a) Mn

(b) Cu

(c) V^{3+}

(d) Fe^{2+}

2. List three common properties of transition metals.

3. True or False.

1. Copper is not a transition element because it has completely filled d-orbitals.

2. The ionization energies of transition metals are higher than those of alkali metals.

3. CuCl is diamagnetic and colorless.

4. $ZnSO_4$ is dark blue in color due to presence of d^{10} configuration.

5. Fe^{3+} ion is more stable than Fe^{2+} ion.