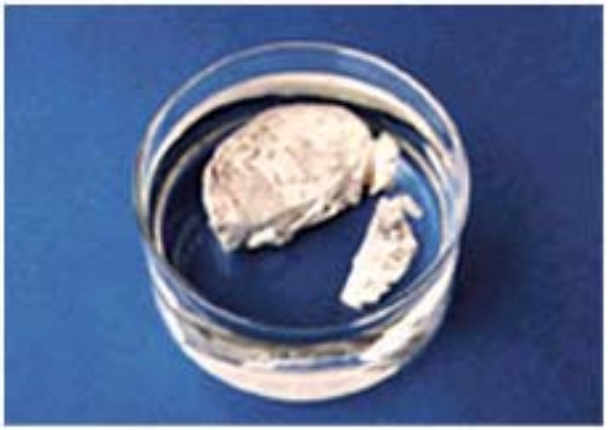
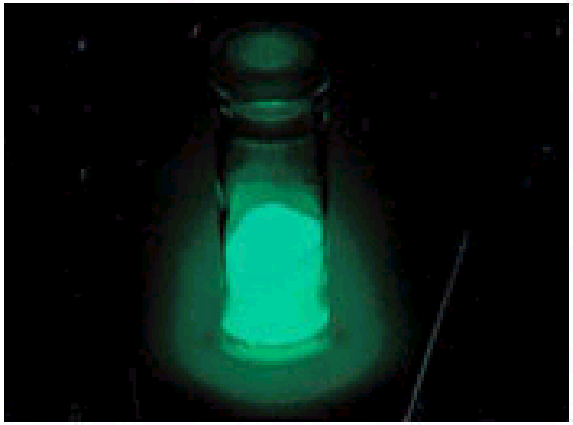


Sodium (Na)



Radium (Ra)

ตารางธาตุ

อาจารย์นิรวรรณ ธรรมขันธุ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

White and red phosphorous (P)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

โยฮัน เดอเบอไรเนอร์ นักเคมีคนแรก(ปี ค.ศ. 1817) ที่พยายามจัดธาตุเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 ธาตุ ตามสมบัติที่คล้ายคลึงกัน เรียกว่า ชุดสาม (Triad) และพบว่า ธาตุกลางจะมีมวลอะตอมเป็นค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมของอีกสองธาตุที่เหลือ

ตัวอย่างธาตุชุดสามของเดอเบอไรเนอร์ เช่น

ชุดที่ 1

Li มวลอะตอม = 7.0

Na มวลอะตอม = (7.0+39.1) / 2 = 23

K มวลอะตอม = 39.1

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

จอห์น เอ อาร์ นิวแลนด์ส (ปี ค.ศ. 1864) พบว่าถ้านำธาตุมาเรียงตามมวลอะตอม จากน้อยไปมากแล้ว จะพบว่าธาตุที่ 8 จะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพ คล้ายธาตุที่ 1 และจะเกิดขึ้นทุกๆ ช่วงของธาตุที่ 8 เรียกการจัดนี้ว่า Law of Octaves (กฎคู่แปด) และกฎนี้ใช้ได้ถึงแคลเซียม (Ca) ที่มีมวลอะตอม 40 เท่านั้น

การจัดเรียงธาตุตามกฎคู่แปดของนิวแลนด์ส

No.1	**No. 2**	**No. 3**	**No. 4**	**No. 5**	**No. 6**	**No. 7**	**No. 8**
H 1	F 8	Cl 15	Co, Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt, Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 25	Sr 31	Cd 38	Ba, V 45	Pb 54
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 24	Ce, La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di, Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro, Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

เมนเดเลเอฟ กฎพิริออดิก กล่าวว่า ถ้าจัดเรียงธาตุตามมวลอะตอมของธาตุต่าง ๆ จากน้อยไปมาก ธาตุที่มีสมบัติคล้ายกันจะปรากฏซ้ำกันและอยู่ตรงกันเป็นช่วง ๆ

เดอเบอไรเนอร์

นิวแลนด์ส

เมนเดเลเอฟ

} **มวลอะตอม**

คำทำนายของ Dmitri Mendeleev (1869)

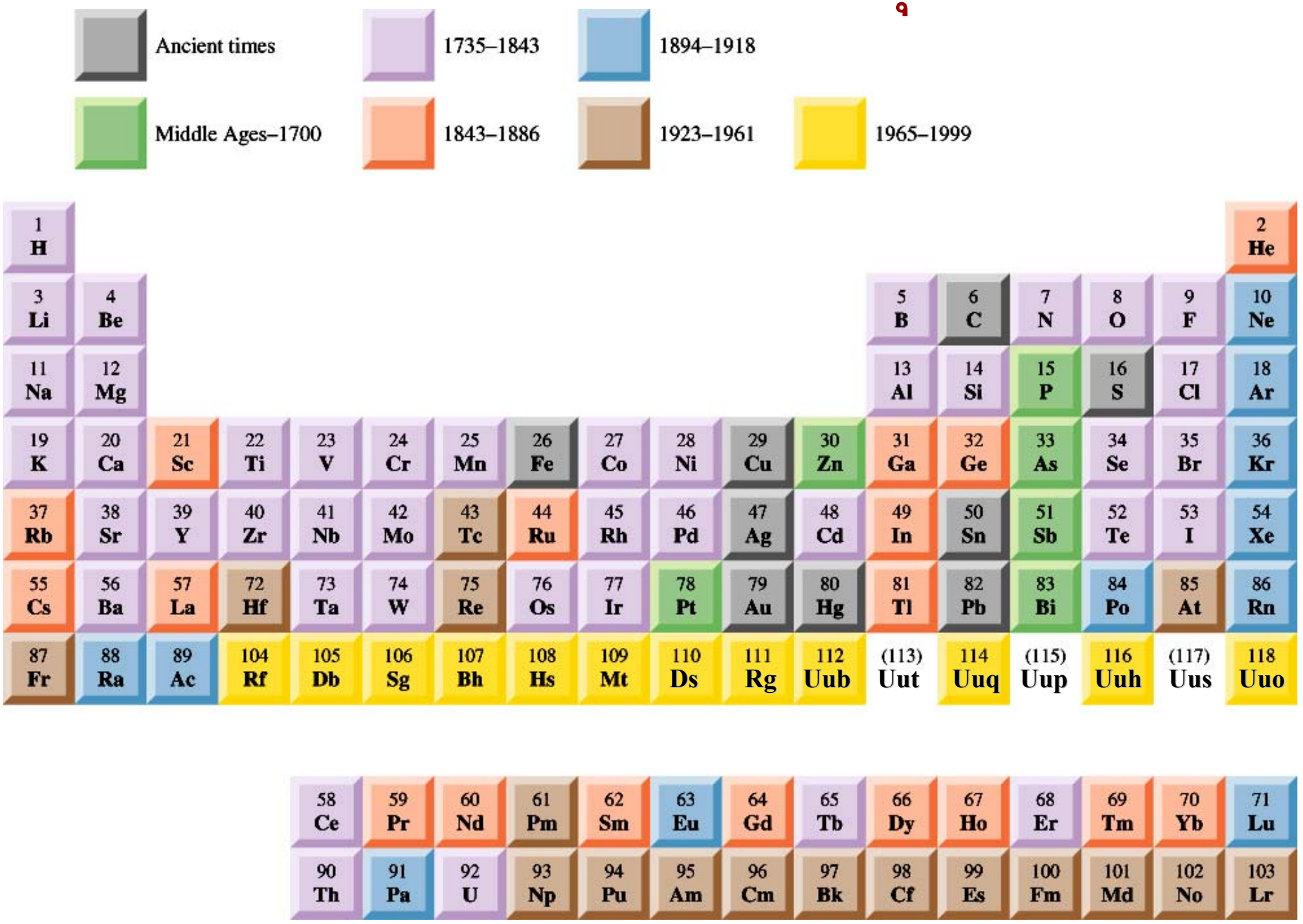
ตารางธาตุของ Mendeleev มีธาตุที่รู้จักแล้วเพียง 66 ตัว

	Eka-Aluminum (Ea)	Gallium (Ga)
Atomic mass	68 amu	69.9 amu
Melting point	Low	30.15 ^{o}C
Density	5.9 g/cm^3	5.94 g/cm^3
Formula of oxide	Ea_2O_3	Ga_2O_3

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

โมสลีย์ (ค.ศ.1913) พบว่าการเรียงธาตุตาม เลขอะตอม (จำนวนโปรตอนหรืออิเล็กตรอน) จะสอดคล้องกับกฎพิริออดิกโดยไม่ต้องสลับที่ธาตุกันเหมือนการเรียงตามมวลอะตอม และได้นำมาใช้การจัดตารางธาตุในปัจจุบัน

ลำดับการค้นพบธาตุ



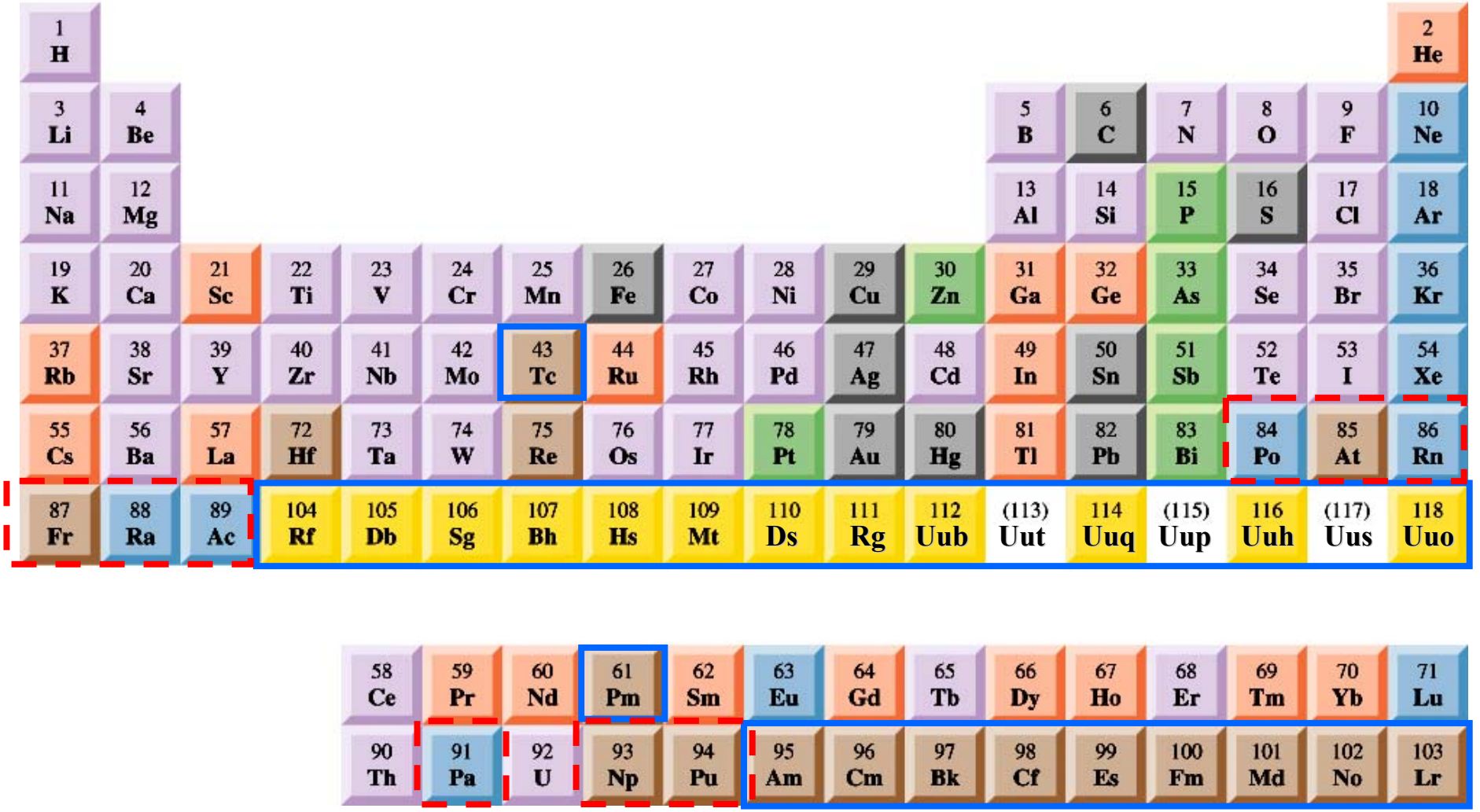
ธาตุที่สังเคราะห์ขึ้น

การสร้างธาตุลำดับที่ 43 , 61, 85, 87 และการเกิดธาตุลำดับที่ 93

ธาตุ	วิธีที่ใช้ผลิต	ปีที่ผลิตได้	ผู้ค้นพบ
43 Tc	$^{A}Mo(d,n)\ ^{(A+1)}Tc$	1937	E. Se'gre และ C.Perrier(USA)
61 Pm	ปฏิกิริยาฟิสชันของธาตุยูเรเนียม	1945	J. Marinskii และ L. Glendinin(USA)
85 At	$^{209}Bi(\alpha,2n)\ ^{211}At$	1940	E. Se'gre และ C.Perrier(USA)
87 Fr	$^{227}Ac \xrightarrow{\alpha} {}^{223}Fr$	1939	M.Perey (France)
93 Np	ปฏิกิริยาฟิสชัน	1940	E.M. McMillan และ P.H. Abelson

Synthetic

From decay



ธาตุที่สังเคราะห์ขึ้น

Mt = meitnerium

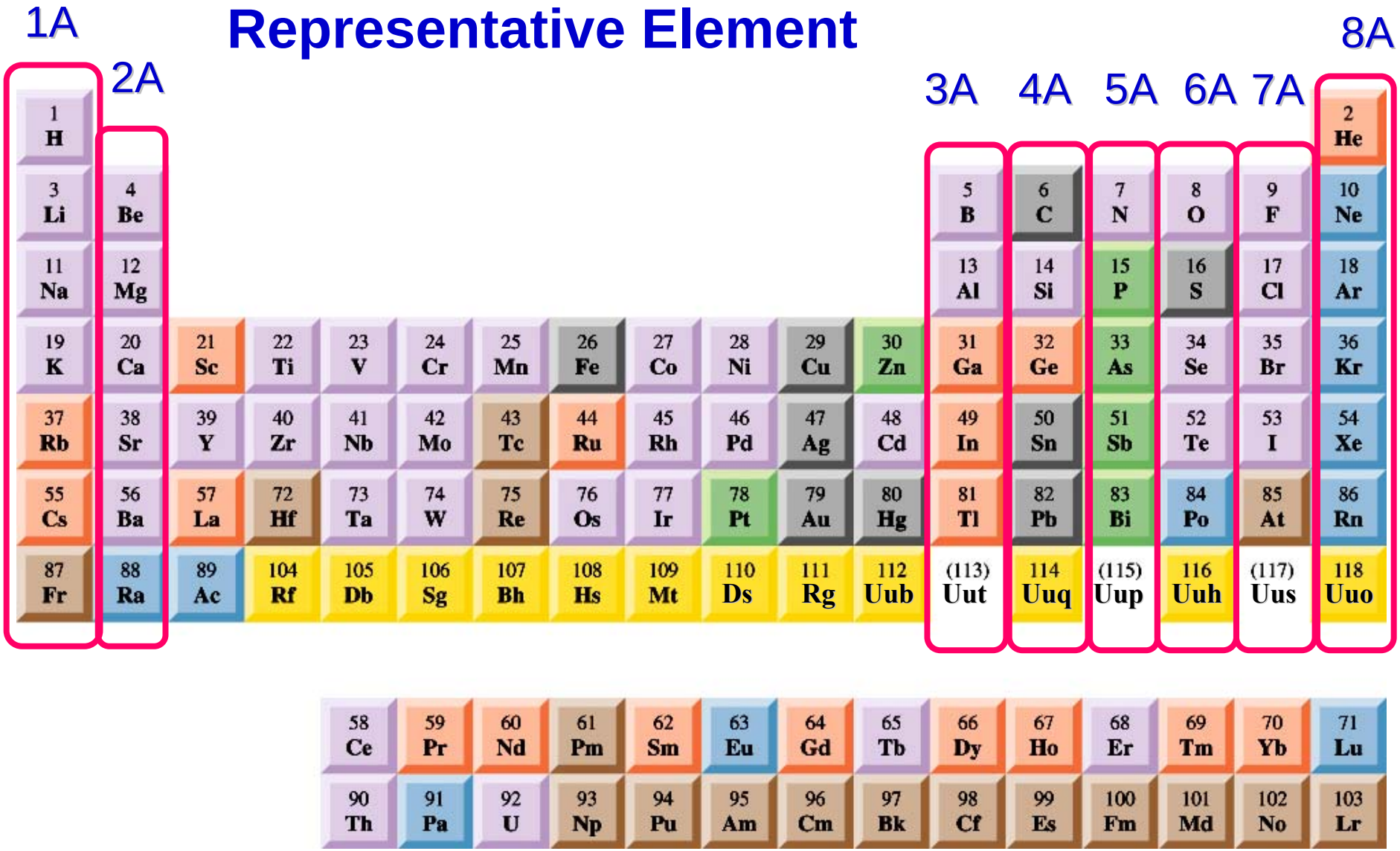
$$^{209}\mathrm{Bi} + {}^{58}\mathrm{Fe} \longrightarrow {}^{266}\mathrm{Mt} + {}^{1}\mathrm{n}$$

Ds = darmstadtium

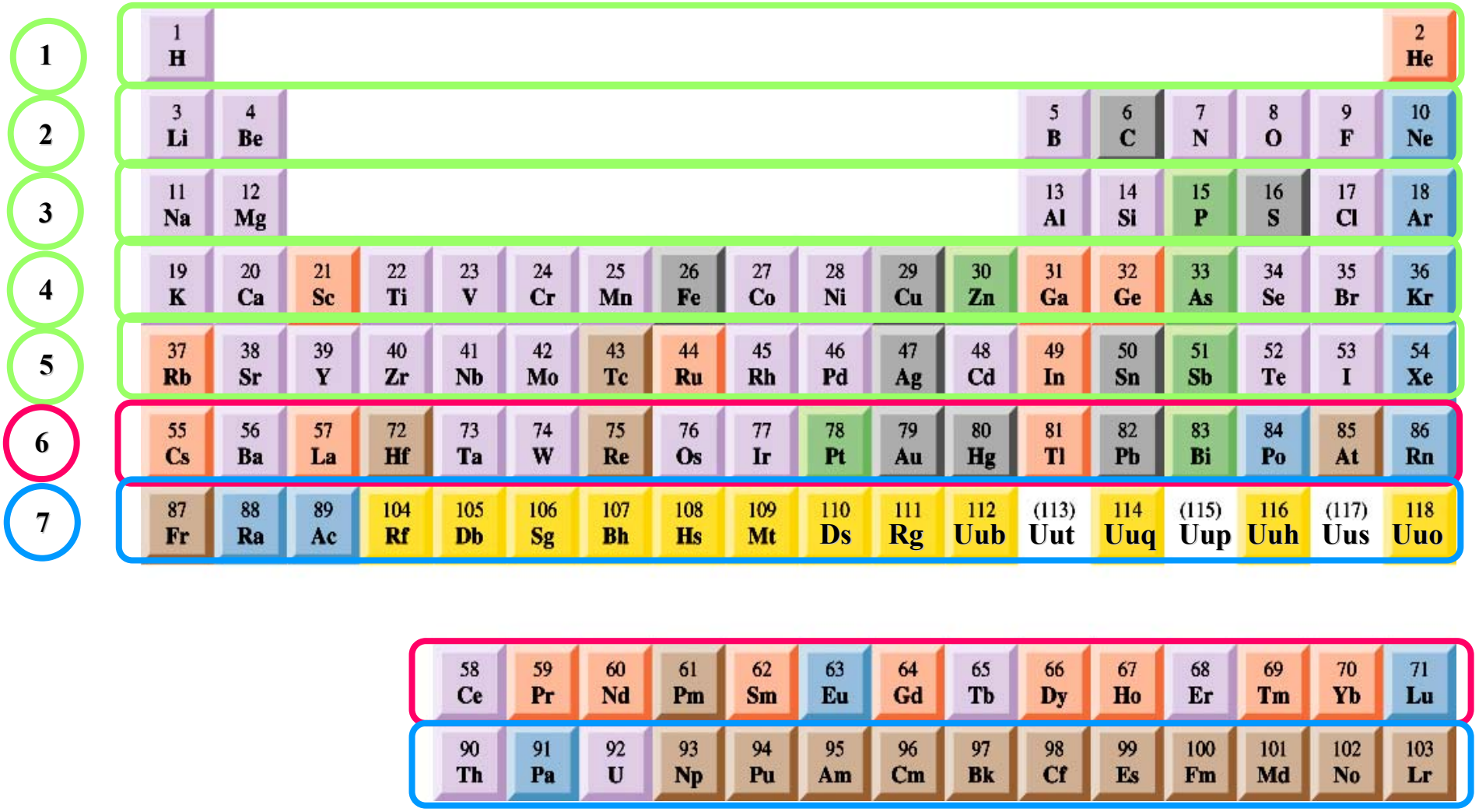
$$^{208}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{62}_{28}\mathrm{Ni} \longrightarrow {}^{269}_{110}\mathrm{Ds} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้สร้างธาตุที่หนักขึ้น
โดยการระดมยิงธาตุที่หนักกว่า Pb ด้วยไอออนของธาตุที่เบากว่า Cr เพื่อให้ได้ธาตุที่เรียกว่า ธาตุหนักยิ่งยวด (super heavy elements) เช่น ธาตุลำดับที่ 112 หรือ 114 ซึ่งคาดว่าจะเป็นธาตุที่มีครึ่งชีวิตยาวเป็นหลายร้อยล้านปี

หมู่ การจัดธาตุในแนวตั้งของตารางธาตุ



คาบ การจัดธาตุในแนวตั้งของตารางธาตุ

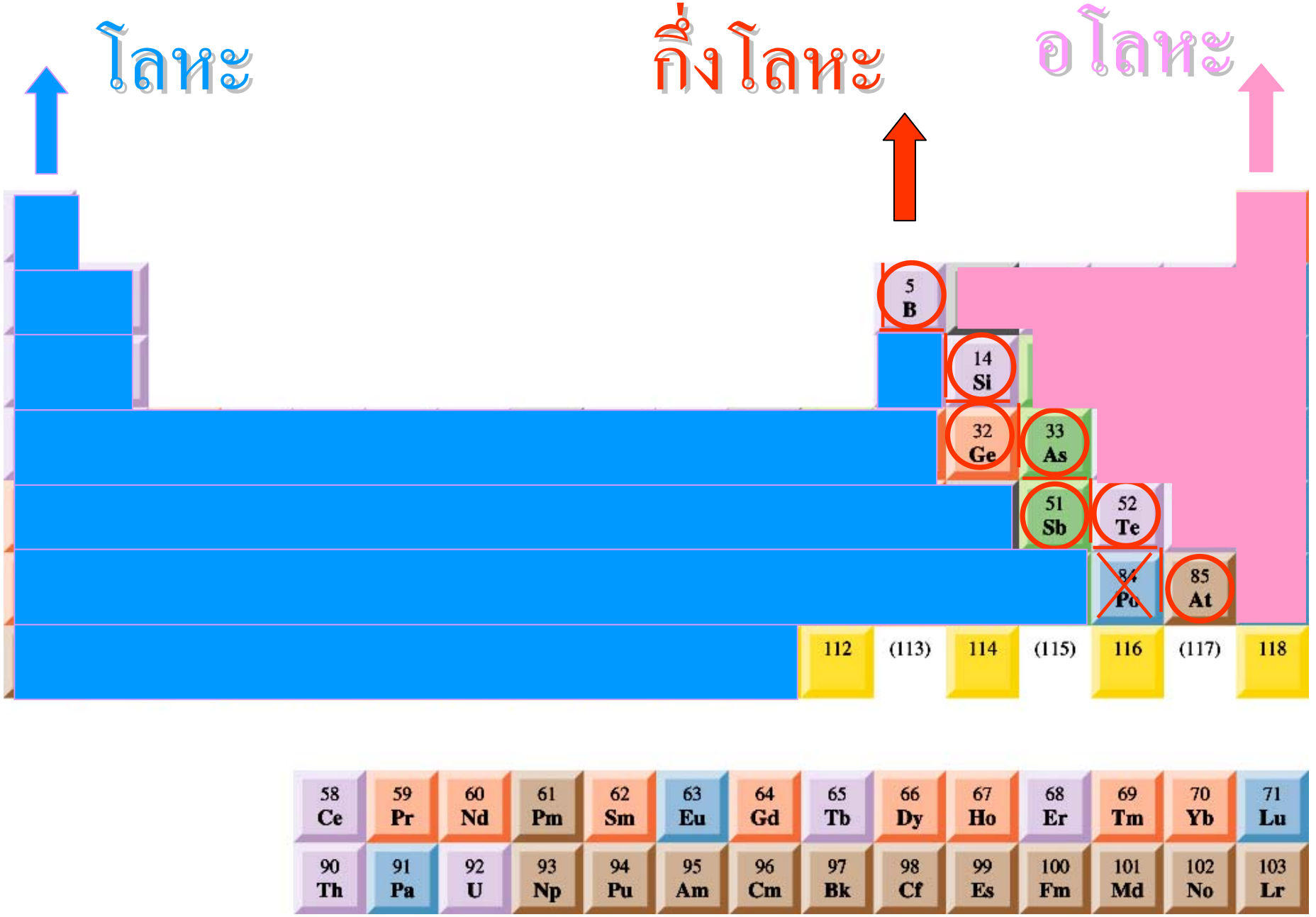


โลหะแอลคาไล

ก๊าซเฉื่อย หรือ ก๊าซมีตระกูล

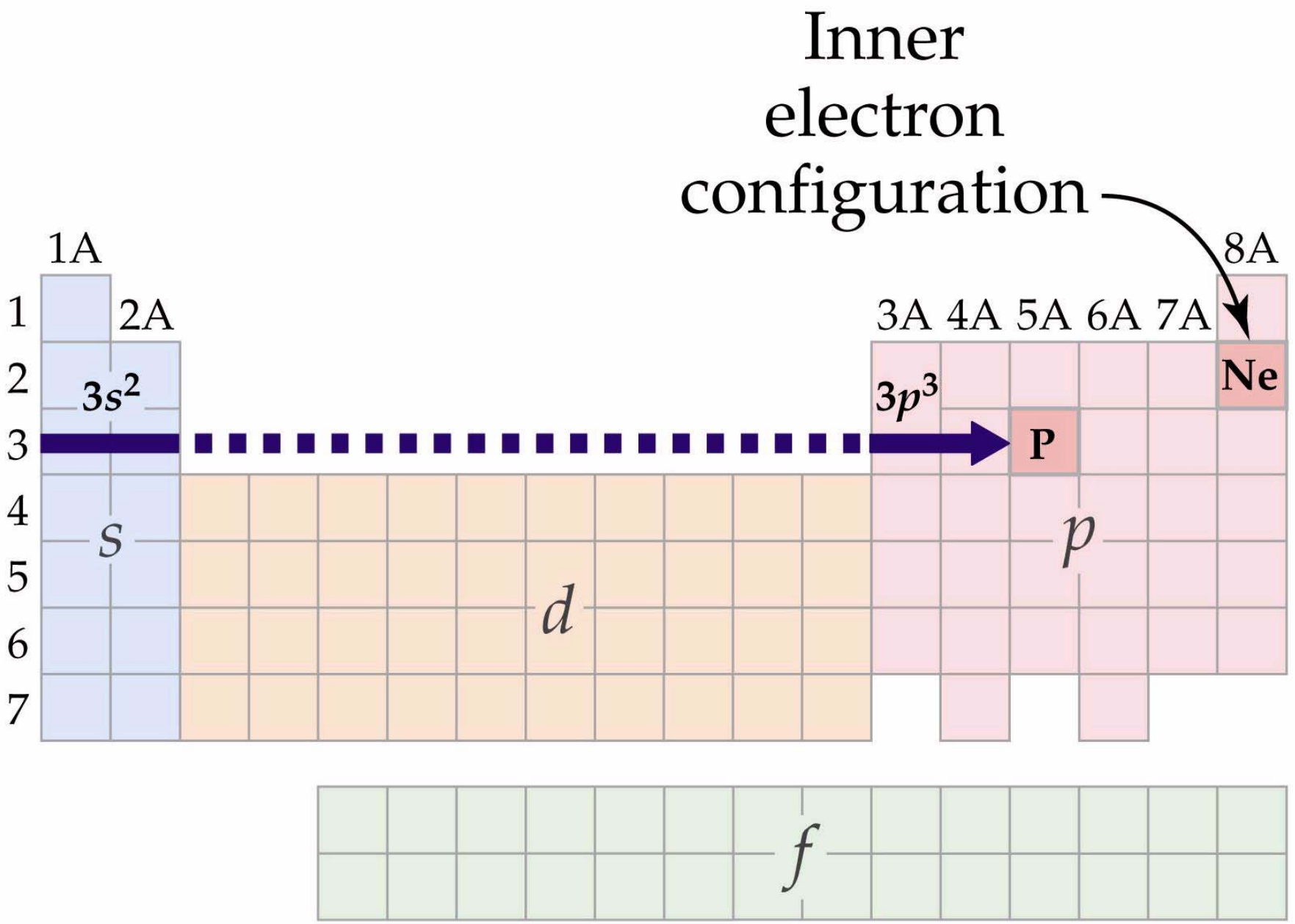
แลนทาไนด์

แอกทิไนด์


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. เป็น s ที่อุณหภูมิห้อง เว้น ปรอท เป็น l	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


Inner
electron
configuration
1A
2A
3A
4A
5A
6A
7A
8A
1
2
3
4
5
6
7
$3s^2$
$3p^3$
Ne
P
s
d
p
f

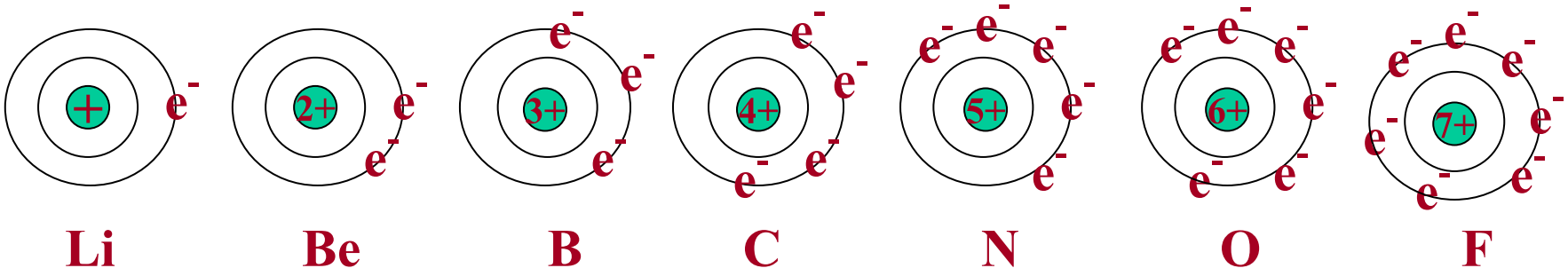
1.แนวโน้มขนาดอะตอมตามตารางธาตุ

คาบเดียวกัน ➤ ขนาดเล็กลงจากซ้ายไปขวา

เนื่องจากในคาบเดียวกันเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น ส่วนอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นในระดับพลังงานเดียวกัน ดังนั้น

"โปรตอนในนิวเคลียสเพิ่มขึ้น แต่ระดับพลังงานเท่าเดิม"

ประจุที่เพิ่มขึ้นจะดึงอิเล็กตรอนให้เข้าใกล้นิวเคลียสขึ้น อะตอมจึงเล็กลง



- ***หมู่เดียวกัน*** ➤ ขนาดใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง

ทั้งที่**ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง**

น่าจะดึงอิเล็กตรอนได้แรงขึ้น

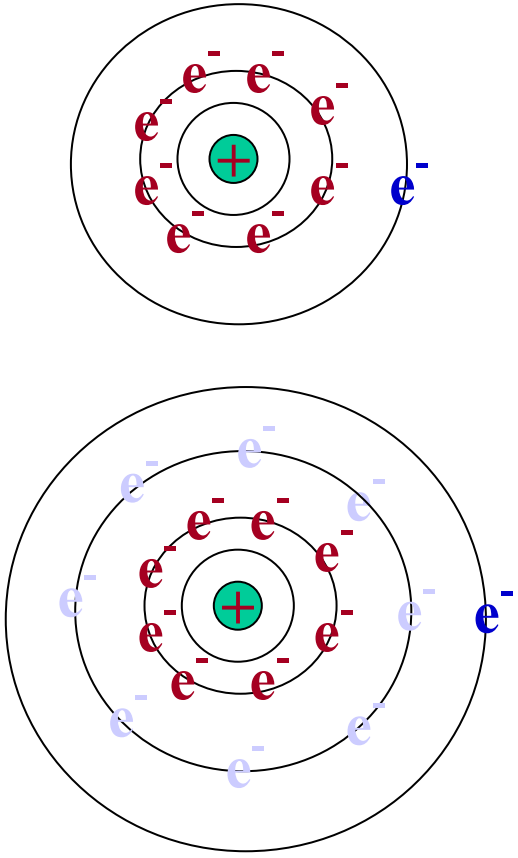
แต่**ชั้นของอิเล็กตรอนก็เพิ่มขึ้น**เช่นกัน

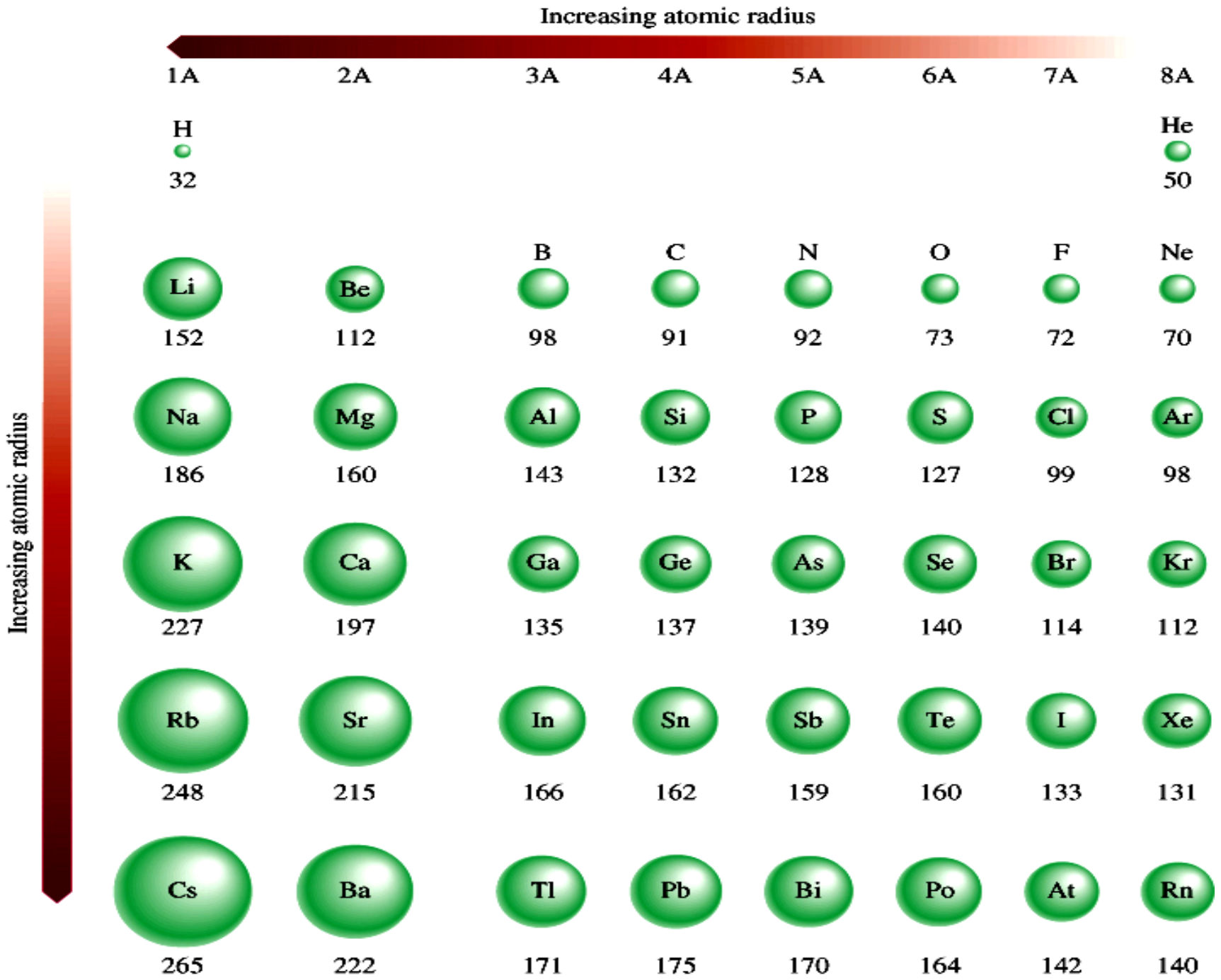
ทำให้ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

ชั้นนอกสุดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอิเล็กตรอนชั้นใน

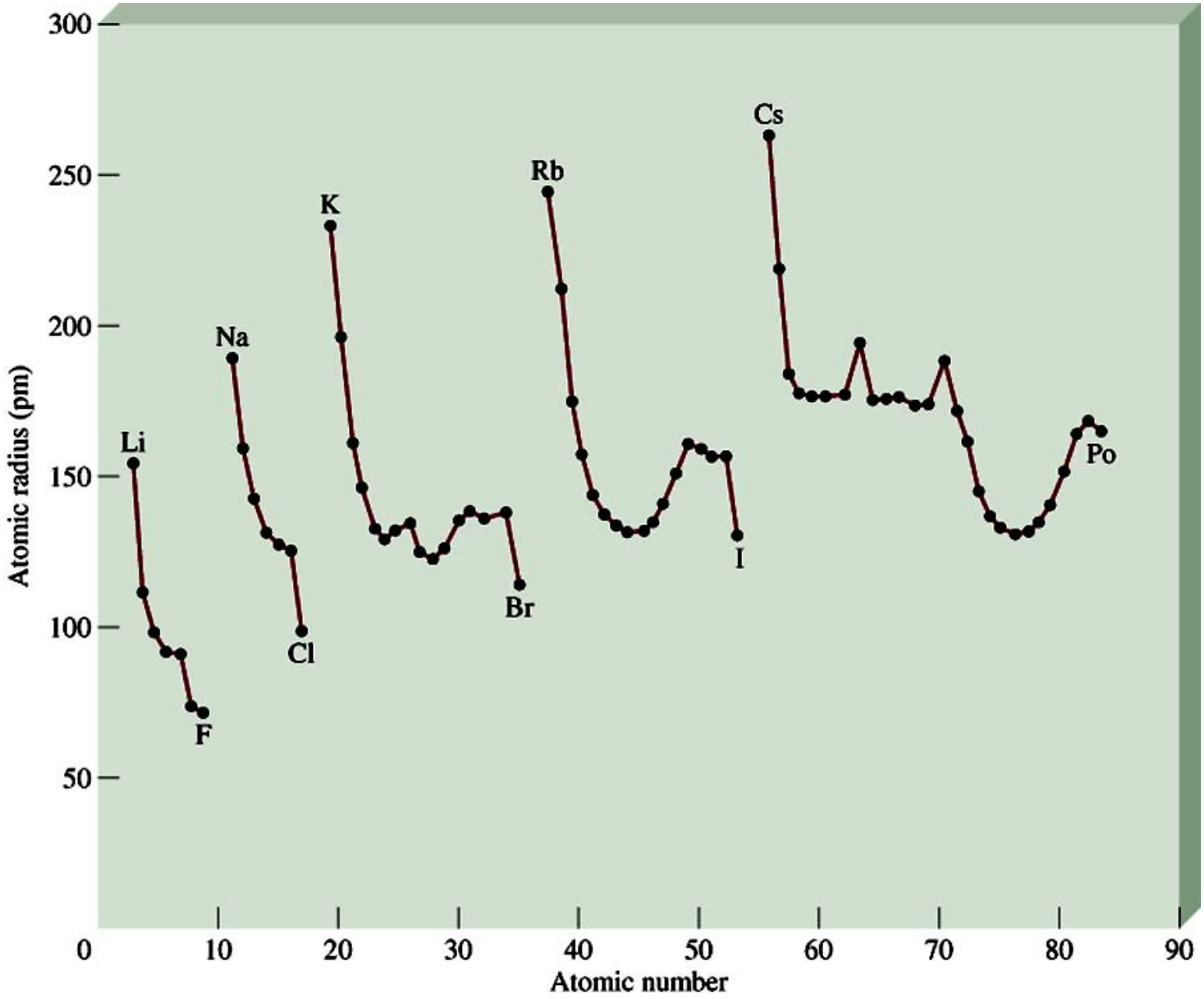
ยังเป็นตัวกั้นการดึงดูดจากนิวเคลียสอีกด้วย

ดังนั้น **ขนาดอะตอมจึงเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง**




Increasing atomic radius
Increasing atomic radius
1A
2A
3A
4A
5A
6A
7A
8A
H
32
He
50
B
C
N
O
F
Ne
Li
Be
152
112
98
91
92
73
72
70
Na
Mg
Al
Si
P
S
Cl
Ar
186
160
143
132
128
127
99
98
K
Ca
Ga
Ge
As
Se
Br
Kr
227
197
135
137
139
140
114
112
Rb
Sr
In
Sn
Sb
Te
I
Xe
248
215
166
162
159
160
133
131
Cs
Ba
Tl
Pb
Bi
Po
At
Rn
265
222
171
175
170
164
142
140

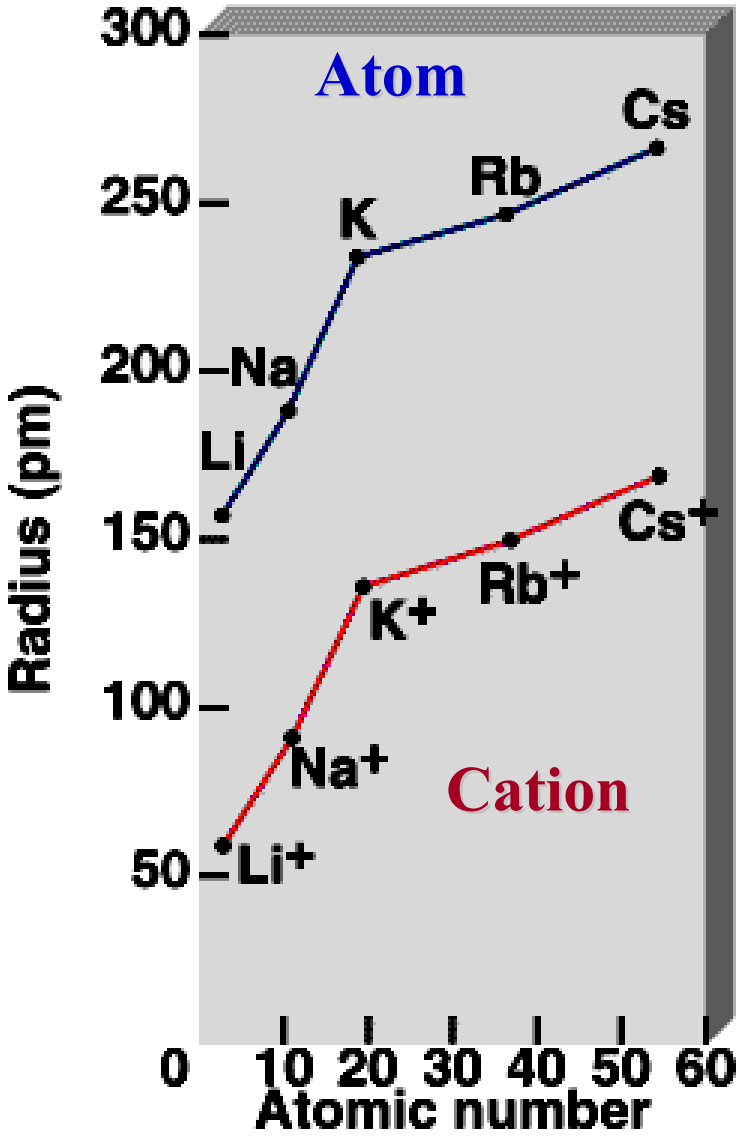
ขนาดอะตอม

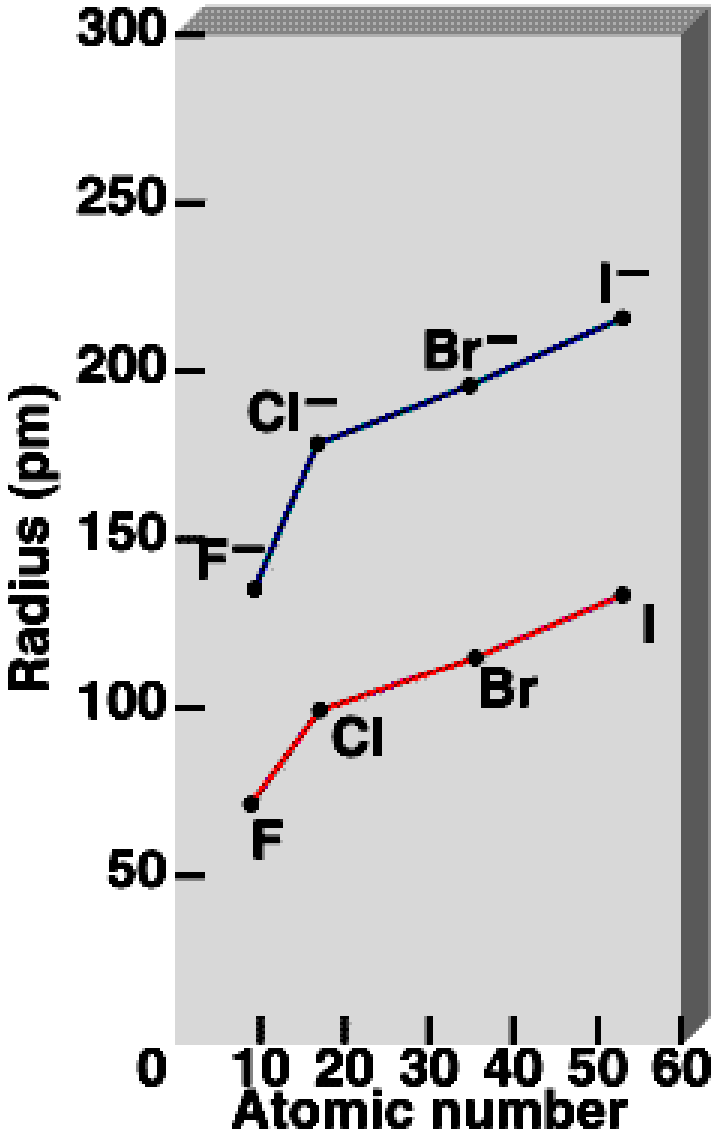

Atomic radius (pm)
300
250
200
150
100
50
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Atomic number
Li
F
Na
Cl
K
Br
Rb
I
Cs
Po

เรียงลำดับรัศมีอะตอมของธาตุต่อไปนี้จากเล็กไปหาใหญ่

P, Si, N	N < P < Si
Li, C, Be,	C < Be < Li
Na, Al, P, Cl, Mg	Cl < P < Al < Mg < Na

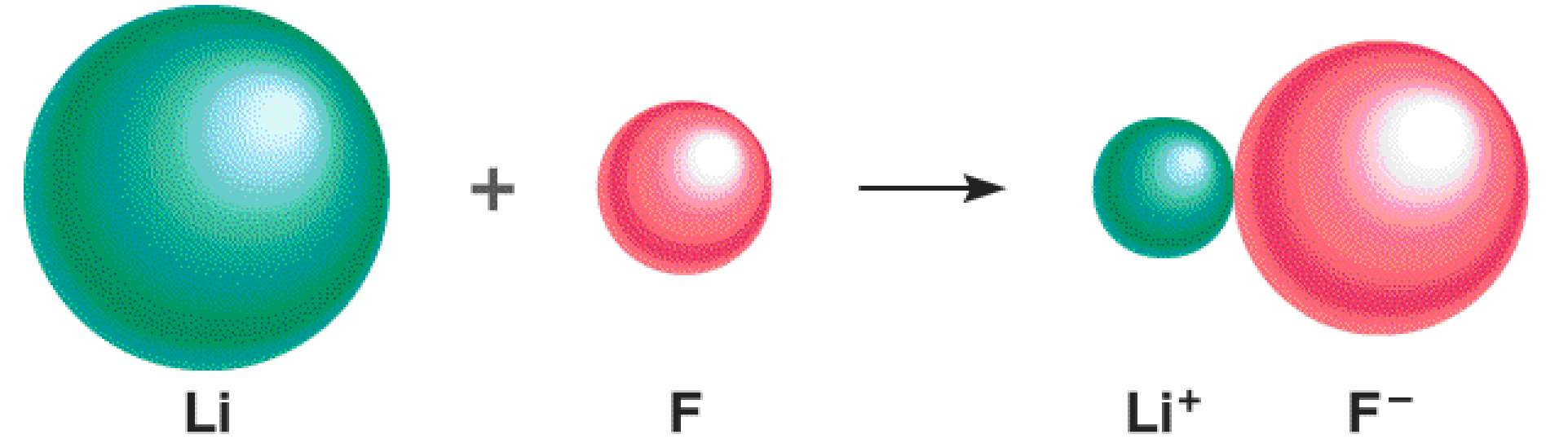
ขนาดไอออนเทียบกับขนาดอะตอม





Anion

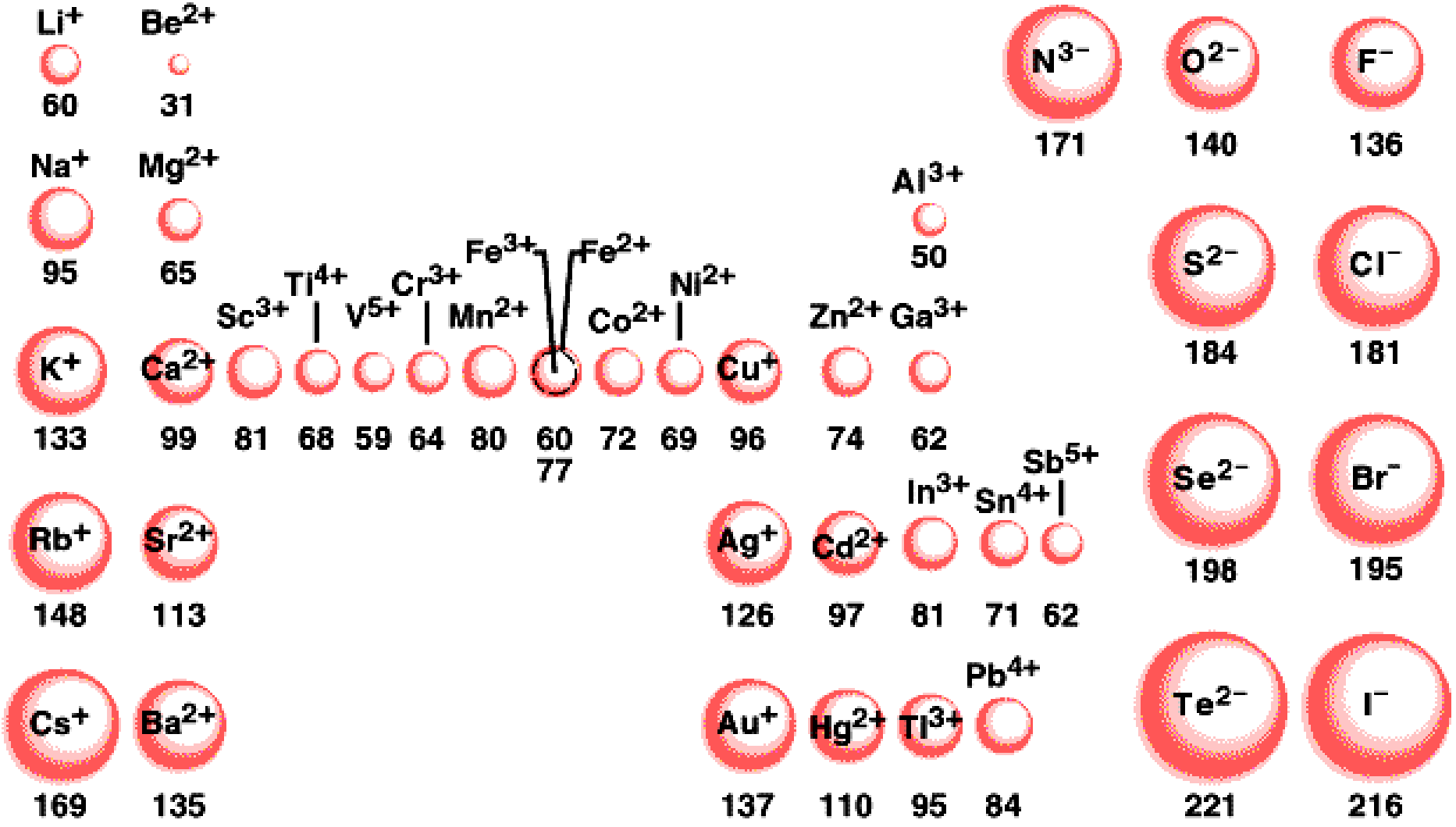
Atom



แคทไอออน มีขนาด เล็กกว่า ขนาดอะตอมของมันเสมอ

แอนไอออน มีขนาด ใหญ่กว่า ขนาดอะตอมของมันเสมอ

รัศมีของไอออน



ไอออนใดมีขนาดใหญ่กว่าในแต่ละคู่ต่อไปนี้

N^{3-}, F^{-}	N^{3-}
Mg^{2+}, Ca^{2+}	Ca^{2+}
Fe^{2+}, Fe^{3+}	Fe^{2+}
O^{2-}, Cl^{-}	Cl^{-}

2. พลังงานไอออไนเซชัน พลังงานน้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในการแยกอิเล็กตรอนออกจากอะตอมอิสระในสภาวะพื้นของอะตอมนั้น

$IE_1 + X_{(g)} \longrightarrow X^+_{(g)} + e^-$ 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

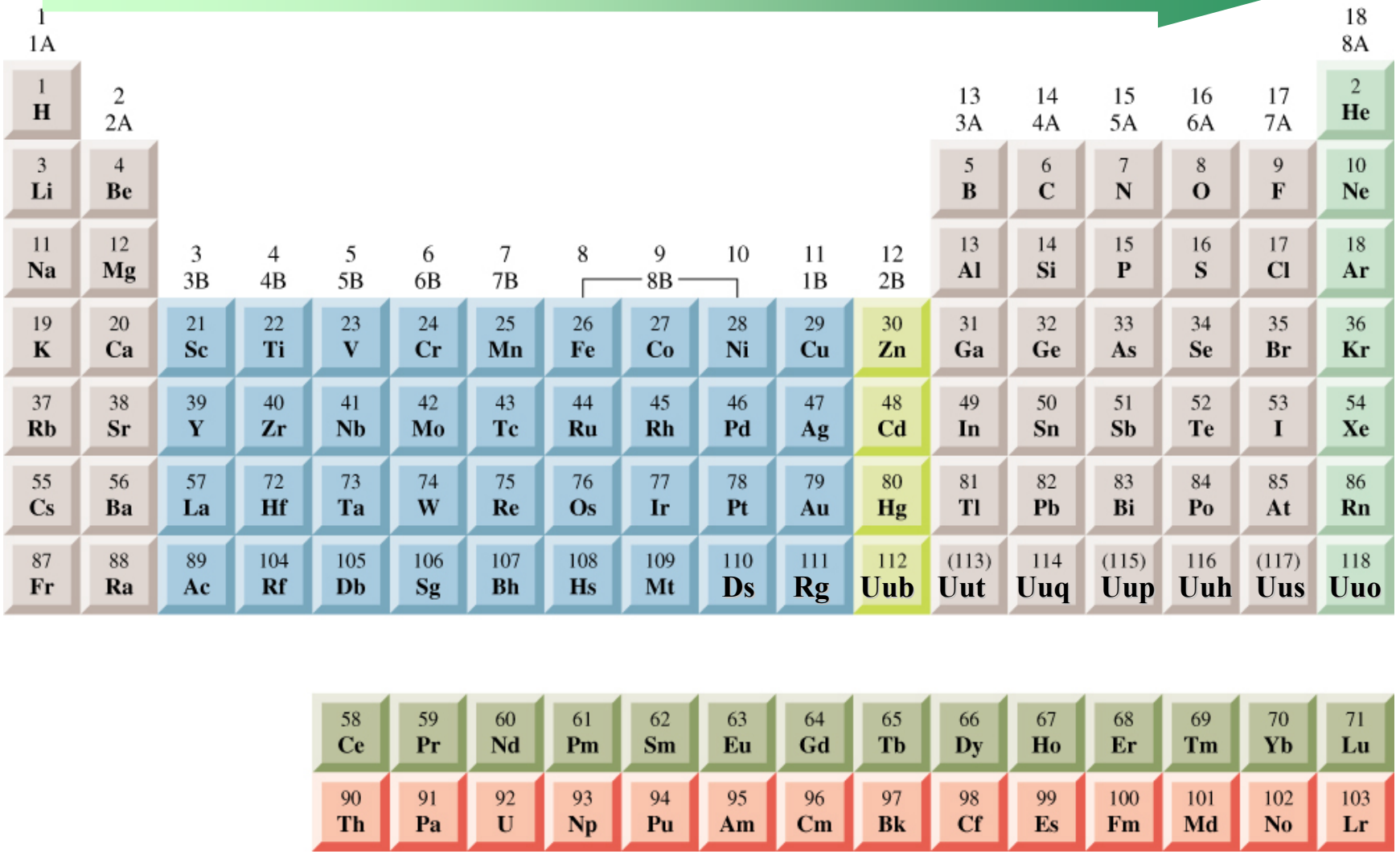
คาบเดียวกัน → เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

หมู่เดียวกัน → ลดลงจากบนลงล่าง

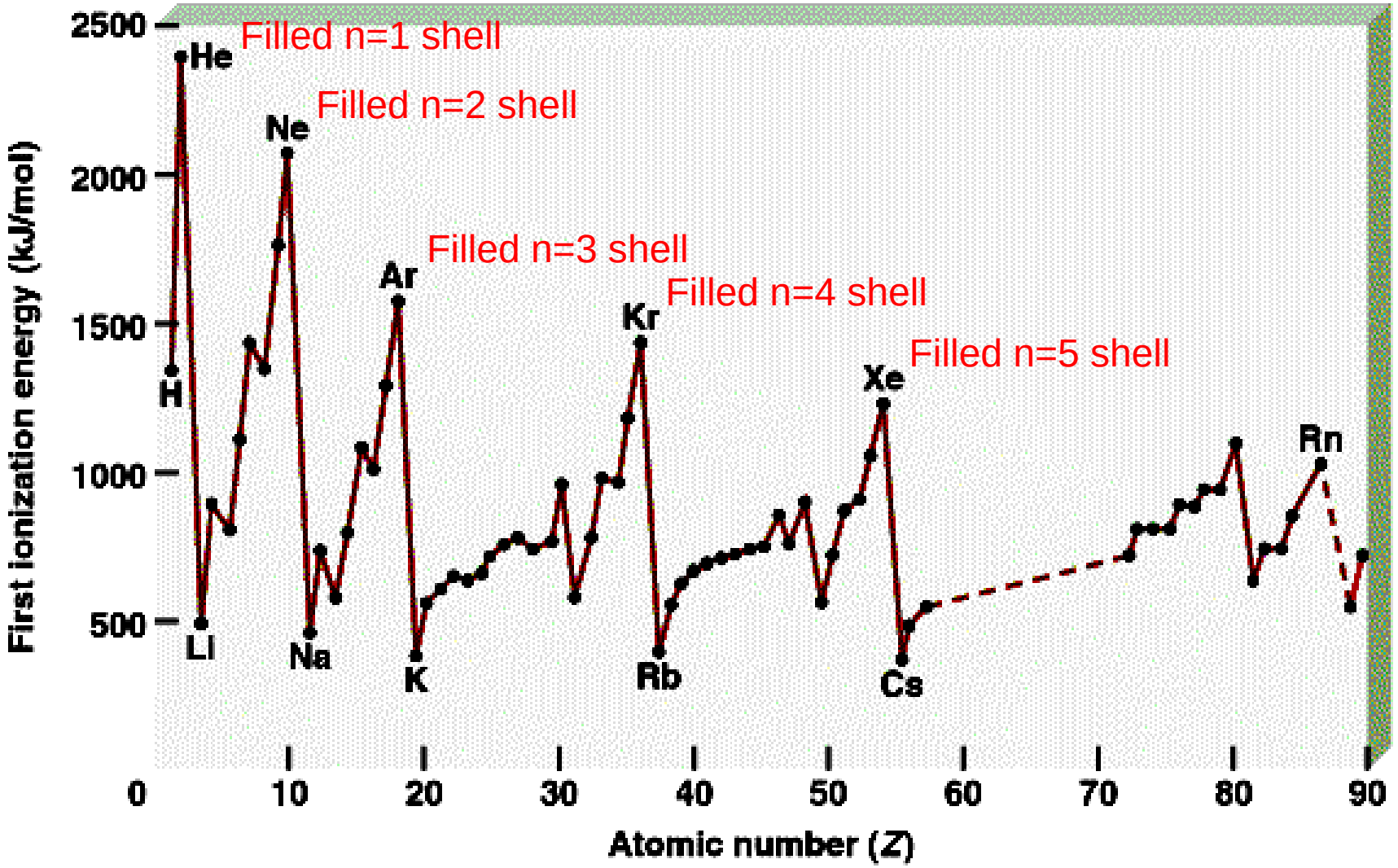
แนวโน้มพลังงานไอออไนซ์ขั้นที่ 1

First Ionization Energy เพิ่มขึ้น

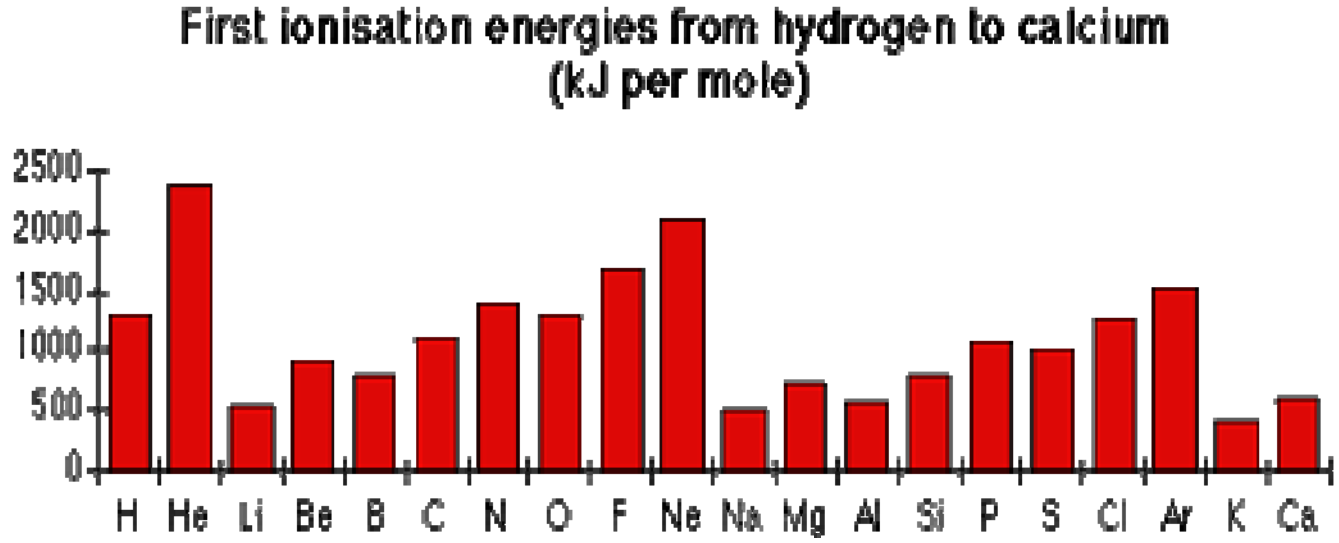
First Ionization Energy เพิ่มขึ้น

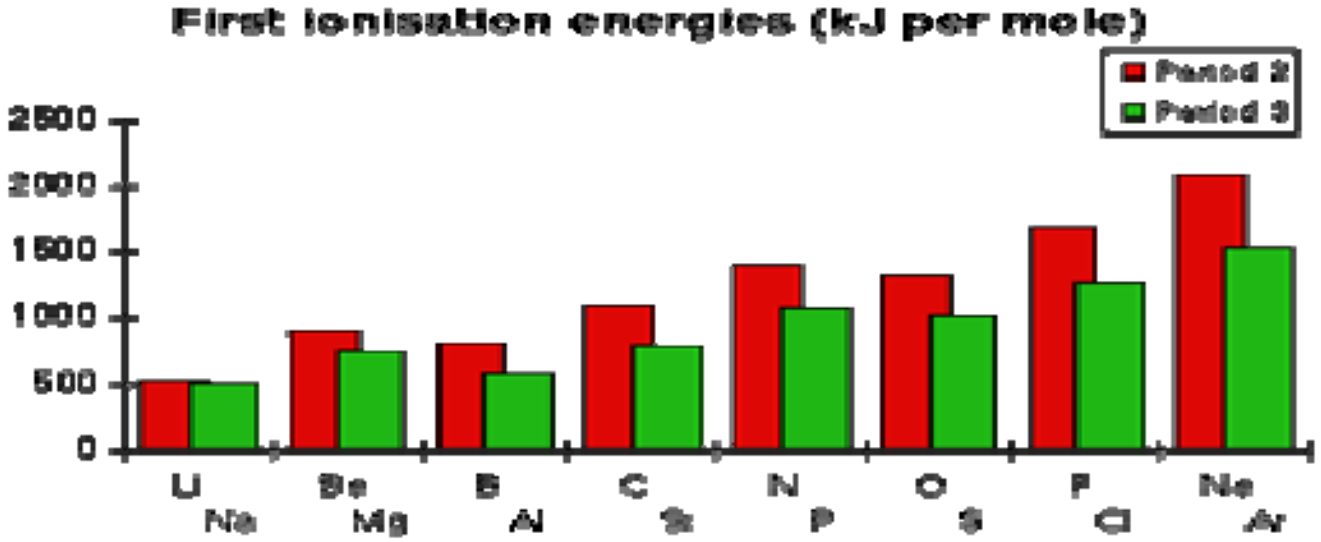


ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไอออไนซ์ขั้นที่ 1 กับเลขอะตอม



แนวโน้มพลังงานไอออไนเซชันตามคาบและหมู่





3. สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron affinity, EA)

คือพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการรับอิเล็กตรอนเข้าไป 1 อิเล็กตรอน ของอะตอมธาตุแล้วเกิดเป็นแอนไอออน ณ สถานะแก๊ส

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

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

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

แนวโน้มสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

คาบเดียวกัน ⟶ **เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา**

หมู่เดียวกัน ⟶ **ลดลงจากบนลงล่าง**

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

[a]Calculated value.

ทำไมโลหะหมู่ 2A จึงรับอิเล็กตรอนได้ยากกว่าโลหะหมู่ 1A

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

ธาตุใดมีค่า electron affinity สูงกว่า

Li, Na	Li
O, F	F

•<u>สังเกต</u>

ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนของโลหะหมู่ IIA มีค่าเป็นบวก เพราะ โลหะหมู่ IIA มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเป็น ns^2 การที่จะรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไป อิเล็กตรอนตัวใหม่จะไปอยู่ที่ np-ออร์บิทัล ซึ่งไกลจากนิวเคลียสและยังมีอิเล็กตรอนใน ns^2 กั้นแรงดึงดูดจากนิวเคลียสไว้ ดังนั้น อิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้าไปจึงไม่เสถียรนัก

4. อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาหาอะตอมนั้น

ธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง

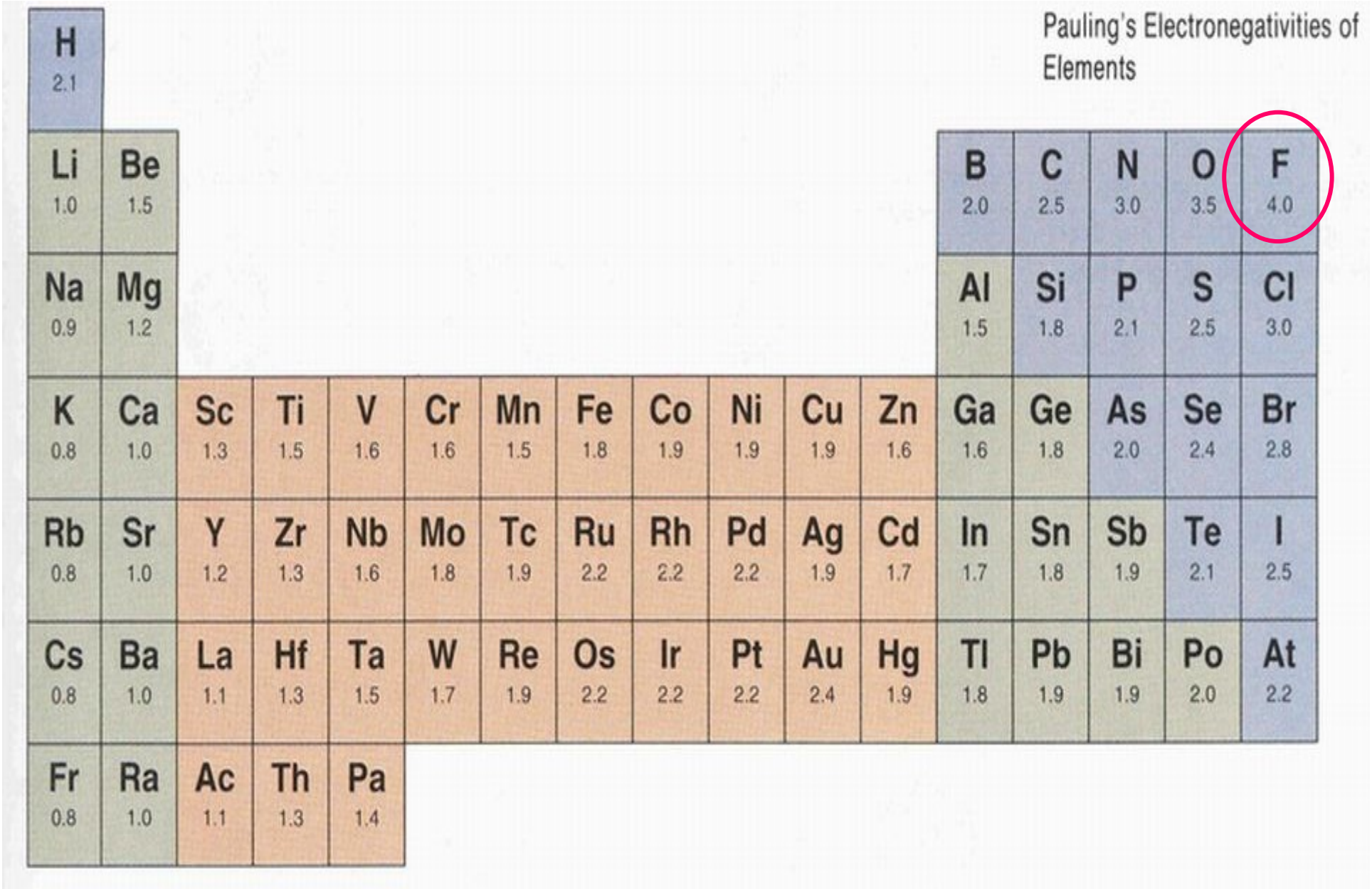
ธาตุที่มีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ในการสร้างพันธะได้มาก

แนวโน้มค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

คาบเดียวกัน → **เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา**

หมู่เดียวกัน → **ลดลงจากบนลงล่าง**

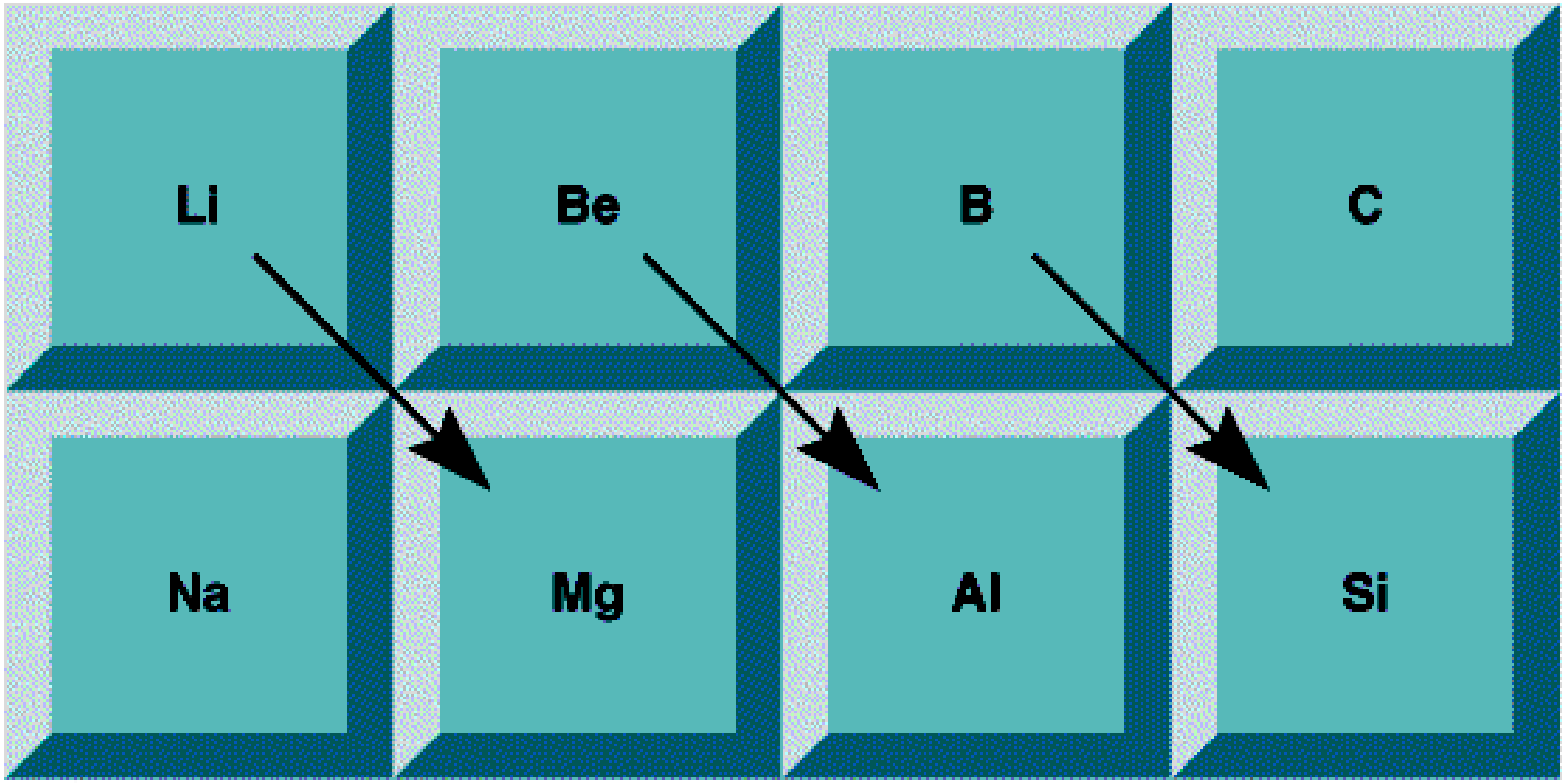
Pauling's Electronegativities of Elements



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												

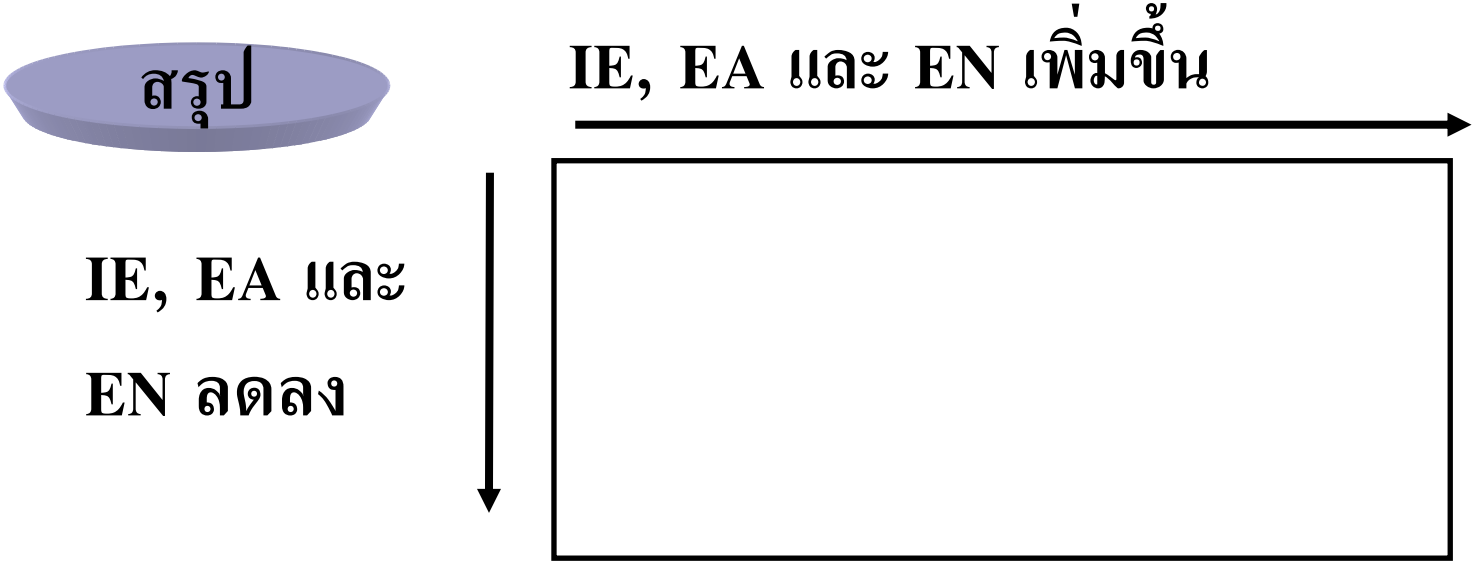
ความสัมพันธ์แบบทะแยงมุม

(diagonal relationships)



ทั้ง IE, EA และ EN ต่างก็เกี่ยวข้องกับการดึงดูดอิเล็กตรอนของธาตุ
ธาตุที่ดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีมากจะมีค่าทั้ง 3 สูง

สรุป

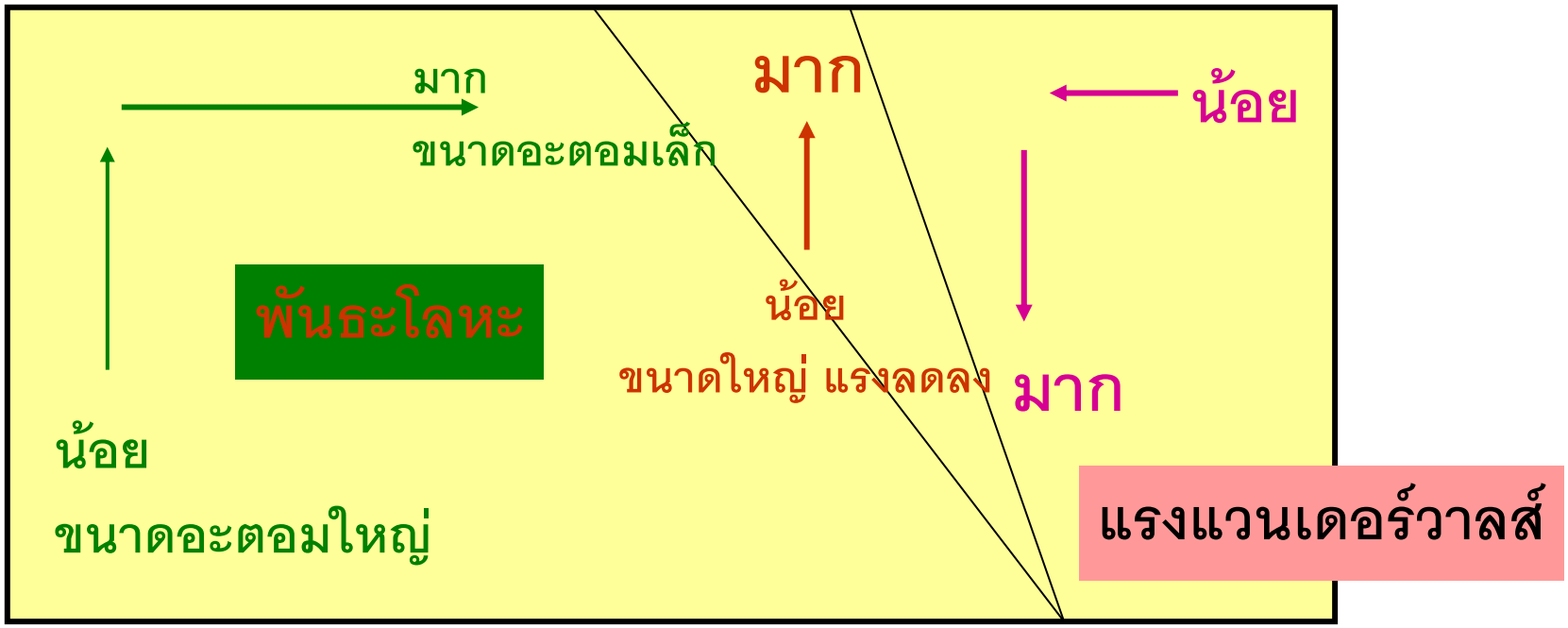


แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ

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 0 ยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์

พันธะโควาเลนต์
(โครงร่างตาข่าย)



พันธะโควาเลนต์แบบโครงร่างตาข่าย

- ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงลดลง ไม่สามารถบอกได้ว่าโมเลกุลหนึ่งประกอบด้วยกี่อะตอม เป็นโครงร่างแบบตาข่าย แรงยึดเหนี่ยวแบบนี้จึงแข็งแรงมาก

พันธะโลหะ

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

แรงแวนเดอร์วาลส์

- เป็นแรงที่อ่อนมาก พบในอะตอมและโมเลกุลทุกชนิด

1. ความหนาแน่น

- ขึ้นกับ ขนาด มวลของอะตอม โครงสร้างผลึกและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
- ขนาดเล็ก มวลมาก และพันธะโลหะแข็งแรง ความหนาแน่นสูง

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

กลุ่มโลหะ

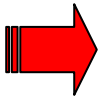
- ในคาบเดียวกันธาตุทางขวาซึ่งมีขนาดเล็ก แต่มวลมากกว่าและพันธะโลหะแข็งแรงกว่า จะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุทางซ้าย
- ธาตุหมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (มีขนาดอะตอมใหญ่)

- ในหมู่เดียวกัน ธาตุหนักจะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุเบา เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มมวลเร็วกว่าการเพิ่มปริมาตร

ตัวอย่างเช่น K (เลขมวล 39) และ Rb (เลขมวล 85) มีรัศมีอะตอมเป็น 203 และ 216 pm ดังนั้น Rb จึงควรมีความหนาแน่นมากกว่า

โลหะทรานสิชัน

มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง

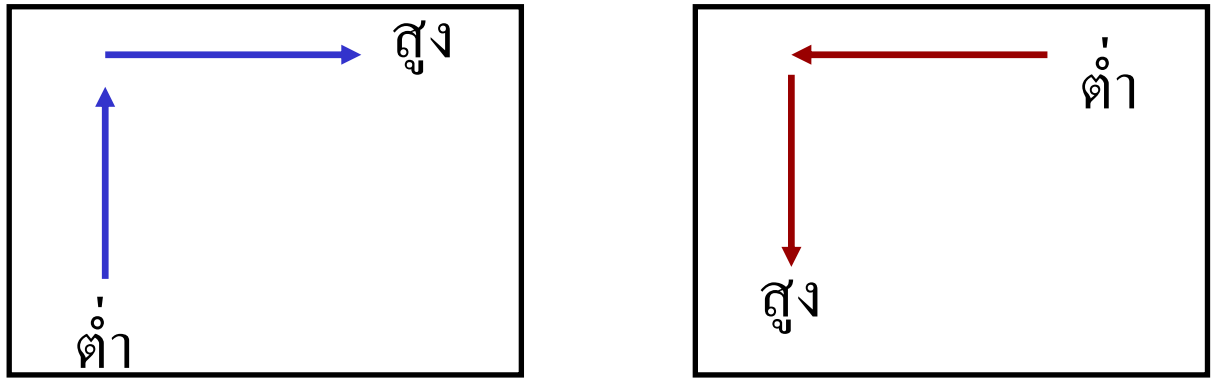


ความหนาแน่นสูงที่สุด

2. การหลอมเหลวและกลายเป็นไอ

เป็นการใช้พลังงานความร้อนแยกโมเลกุลที่จัดตัวเป็นระเบียบในผลึกให้ห่างกัน เคลื่อนที่ไปมาได้บ้างจนถึงแยกจากกันโดยเด็ดขาดในสภาวะแก๊ส

หมู่ IA หมู่ IVA หมู่ VA หมู่ 0



โครงสร้างโมเลกุลแบบเดี่ยว ใช้ความร้อนทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงขนาดอ่อน จุดหลอมเหลวและจุดเดือดจึงต่ำ แต่จะสูงขึ้นเมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น

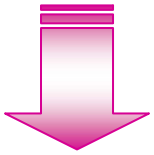
พันธะโลหะและโครงร่างตาข่าย ใช้ความร้อนทำลายพันธะโลหะ หรือพันธะโคเวเลนซ์ตามลำดับ จึงต้องใช้พลังงานมากกว่า

****โลหะทรานสิชัน มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงที่สุด (เชื่อมกันด้วยพันธะโลหะ) มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีมวลมาก รองลงมาคือกลุ่มโครงร่างตาข่าย

3. การนำไฟฟ้าและความร้อน

ธาตุบริสุทธิ์มีอิเล็กตรอนอิสระ

นำไฟฟ้าและความร้อนได้



โลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

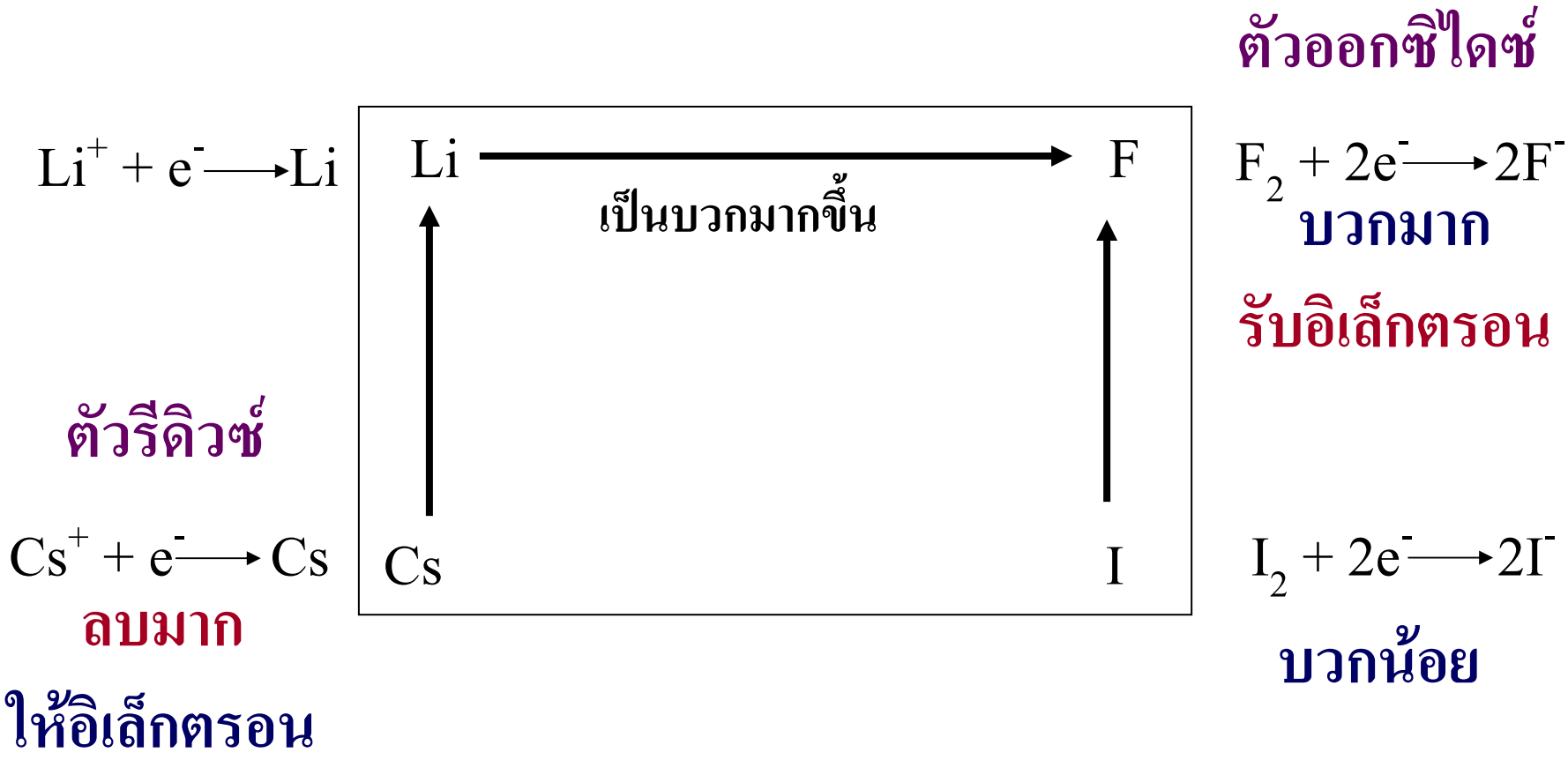
เลขออกซิเดชัน : สารประกอบมักจะแสดงเลขออกซิเดชันที่มีค่าเท่ากับเลขหมู่นั้น

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

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)

แนวโน้มของศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานเป็นดังรูป



- โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น

- อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมากรับอิเล็กตรอนได้ดี สอดคล้องกับค่า IE, EN

แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

การเข้าทำปฏิกิริยา

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

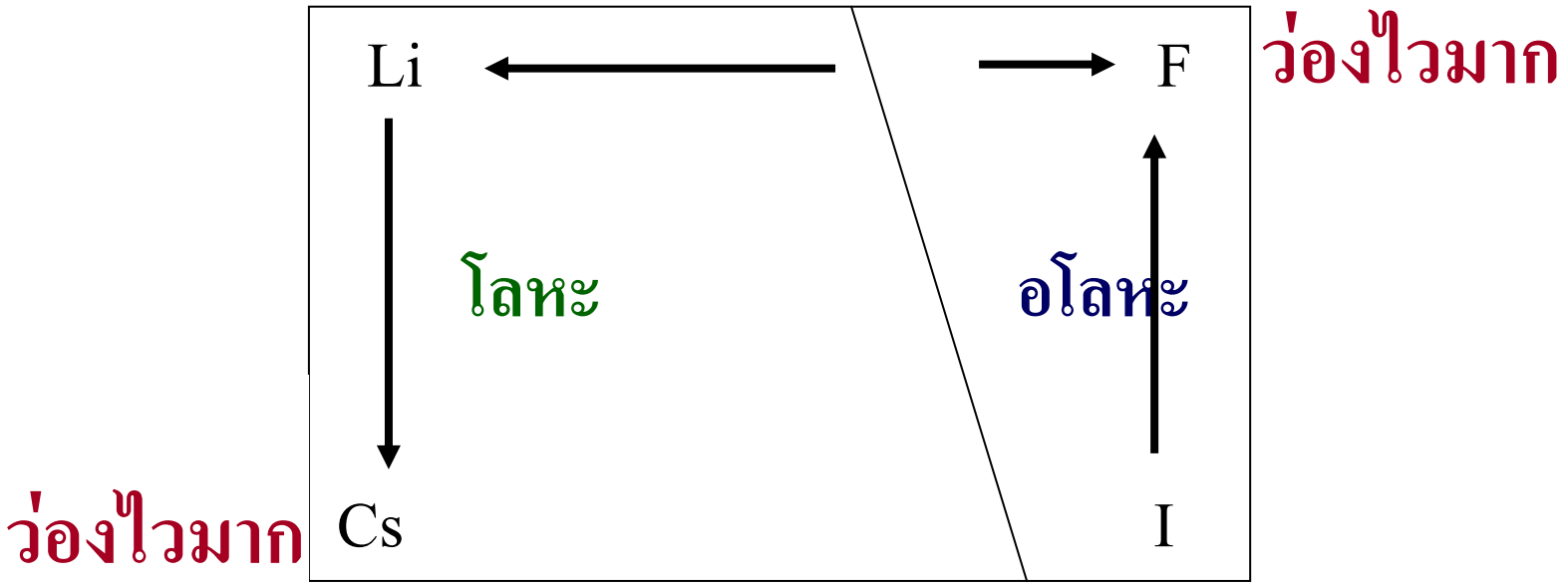
หมู่

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 $Sn + N_2 \not\longrightarrow$



- 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

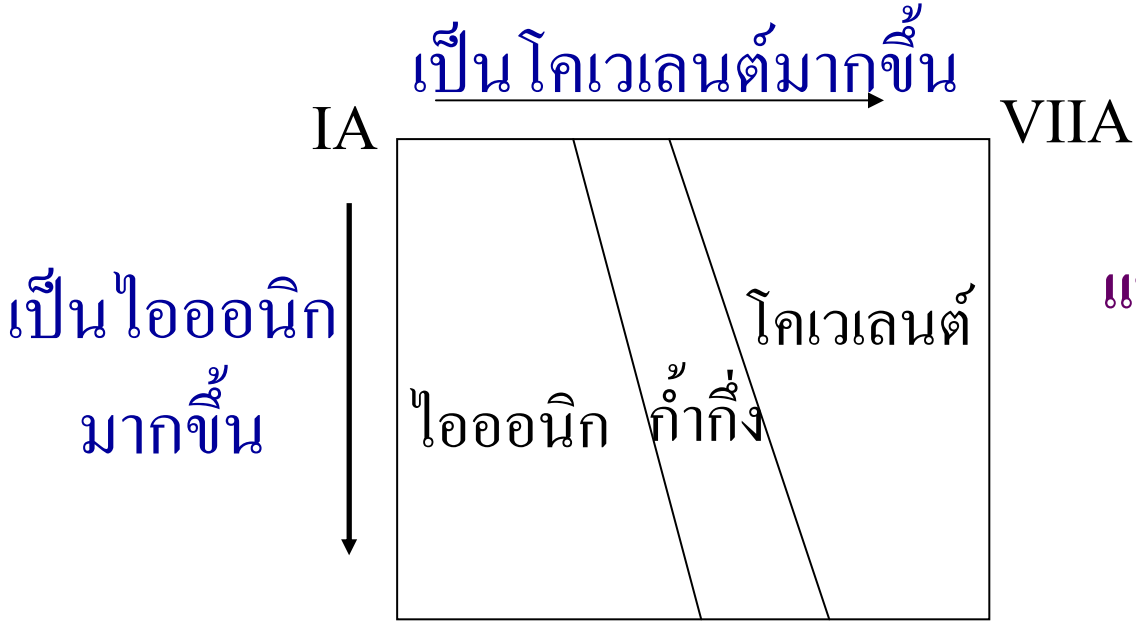
ออกไซด์และไฮดรอกไซด์

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

ไฮดรอกไซด์ ได้แก่ สารประกอบที่มีหมู่ –OH โดยเฉพาะกรณีที่ธาตุก่อพันธะด้วยเป็นโลหะ สูตรทั่วไปเป็น $M(OH)_n$ หมู่ –OH มีประจุเป็น **-1**

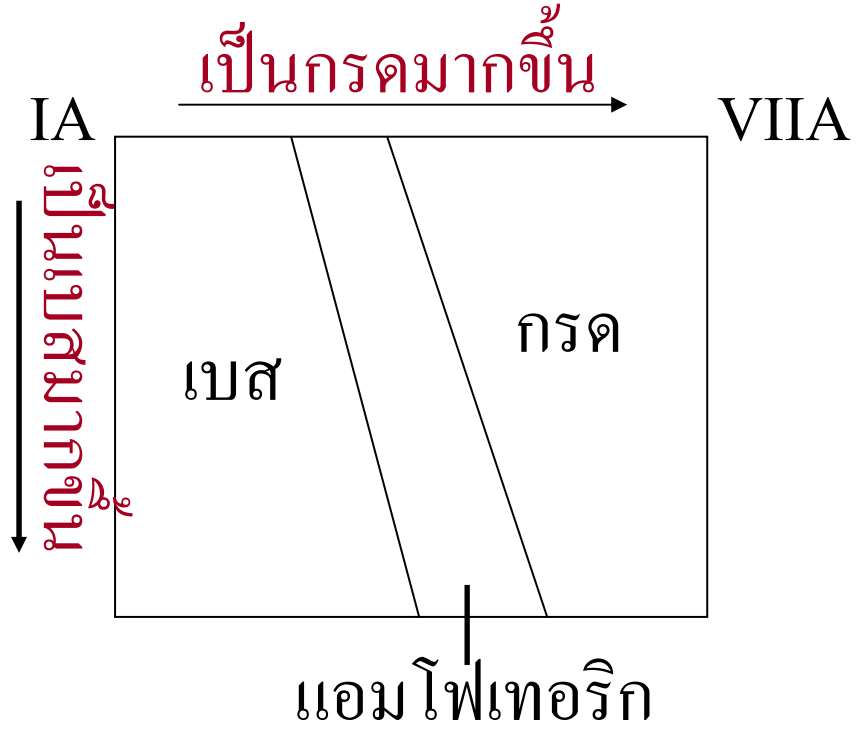
- พันธะระหว่าง M ใด ๆ กับ O ในสารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็นพันธะไอออนิกหรือโคเวเลนต์ก็ได้

  ขึ้นกับ ความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุทั้งสอง
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุทางซ้ายมือมีฤทธิ์เป็นเบส เมื่อเลื่อนมาทางขวา ความเป็นเบสจะลดลง จนเป็นกรดในที่สุด
- ในหมู่เดียวกัน ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของธาตุหนักจะเป็นเบสมากขึ้นตามแนวดิ่ง (ให้ e- ได้ง่าย)



แนวโน้มของออกไซด์
เกี่ยวกับพันธะ

แนวโน้มของออกไซด์
เกี่ยวกับความเป็นกรด-เบส



- กรณีที่ธาตุหนึ่งมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ความเป็นกรดจะแรงขึ้นตามลำดับของเลขออกซิเดชันจากต่ำไปสูง (รับ e- ได้ง่าย)

+1 +3 +5 +7

$$HOCl < HClO_2 < HClO_3 < HClO_4$$

+4 +6

$$H_2SO_3 < H_2SO_4$$

กรดอ่อน กรดแก่

ไฮไดรด์

หมายถึง สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่ง กับไฮโดรเจน แบ่งได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของพันธะ

1. ไฮไดรด์ไอออนิก มีพันธะระหว่าง M^+ กับ H^- (ไอออนไฮไดรด์) ได้แก่ ไฮไดรด์ของธาตุกลุ่ม s เกือบทั้งหมด
2. ไฮไดรด์เมตาลิก มีอะตอมของไฮโดรเจนแทรกอยู่ในผลึก บางทีเรียกว่า interstitial hydride ได้แก่ ไฮไดรด์ของธาตุแทรนซิชัน รวมทั้งกลุ่มแลนทาไนด์และแอกทิไนด์
3. ไฮไดรด์โคเวเลนต์ มีพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุ M กับไฮโดรเจน ซึ่งส่วนมากมีเลขออกซิเดชันเป็น +1 ได้แก่ ไฮไดรด์ของธาตุกลุ่ม p เกือบทั้งหมด

สารประกอบไฮไดรด์ไอออนิก

- มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก H^- สามารถให้ใช้คู่อิเล็กตรอนร่วมกันได้
- ความเป็นเบสของไฮไดรด์จะลดลงจากซ้ายไปขวา แต่เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

สารประกอบไฮไดรด์โคเวเลนต์

- ธาตุหนักยิ่งเป็นกรดแรงขึ้น ตามปัจจัย 3 ประการคือ
  - อิเล็กโตรเนกาติวิตี
  - ความแข็งแรงของพันธะ M-H ซึ่งเปลี่ยนตามขนาดของ M
  - พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของไฮไดรด์

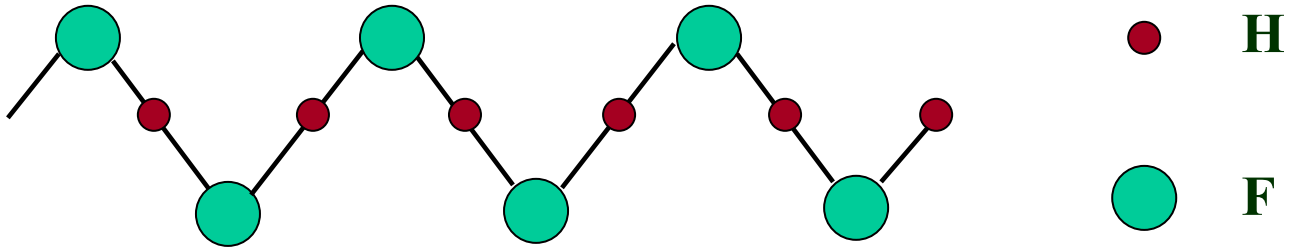
- ธาตุในคาบเดียวกัน

อิเล็กโตรเนกาติวิตีมีความสำคัญมาก เพราะขนาดของธาตุใกล้เคียงกัน ความเป็นกรดเรียงตามแนวโน้มของอิเล็กโตรเนกาติวิตี

- ธาตุในหมู่เดียวกัน

ขนาดของ M และพันธะไฮโดรเจนมีความสำคัญ เช่น

HF น่าจะเป็นกรดที่แรง แต่พันธะไฮโดรเจนที่เป็นระเบียบและความแข็งแรงของ H-F ทำให้เป็นเพียงกรดอ่อน เมื่อเทียบกับ HBr และ HI ที่พันธะไม่แข็งแรงและไม่มีพันธะไฮโดรเจน



$H\ (1S^1)$

ไฮโดรเจนควรอยู่ที่ไหนในตารางธาตุ ?

$H \longrightarrow H^+ + e^-$ หมู่ 1A ?

$H + e^- \longrightarrow H^-$ หมู่ 7A ?

H^+ เป็นกรด ส่วน H^- เป็นเบส

ไฮโดรเจนควรจัดแยกเป็นประเภทของมันเอง

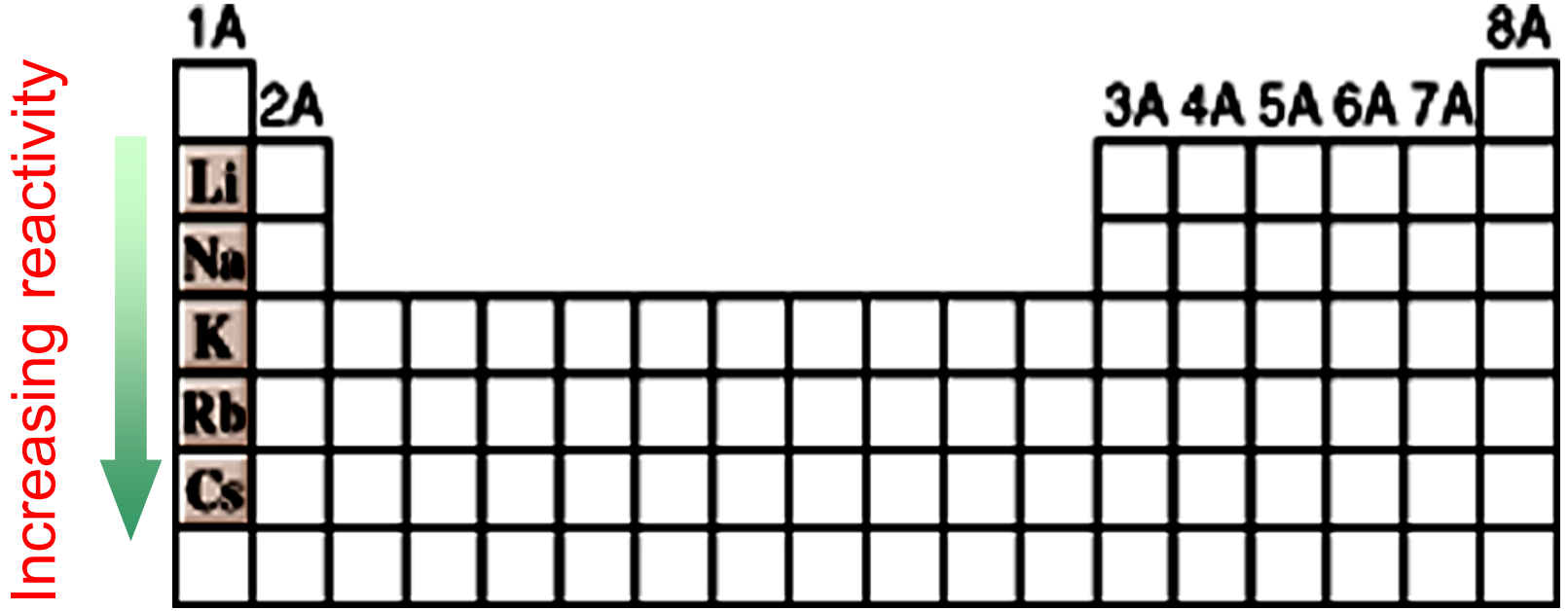
ธาตุใน Group 1A (ns^1, n ไม่ต่ำกว่า 2)

$M \longrightarrow M^{+1} + 1e^-$ low ionization energy

$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ไฮดรอกไซด์เบส

$4M_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2M_2O_{(s)}$ เกิดออกไซด์ได้ง่าย



Li_2O

Na_2O_2

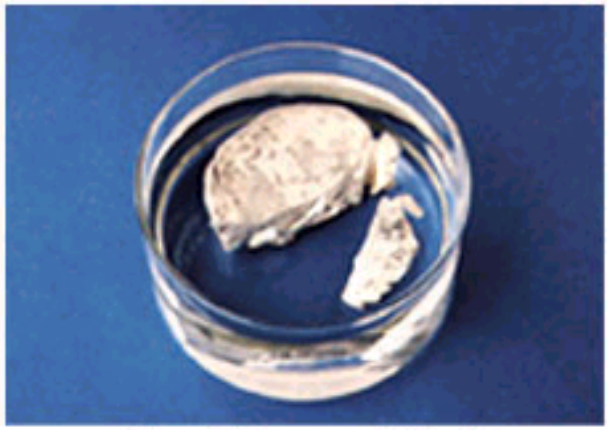
KO_2

RbO_2

CsO_2

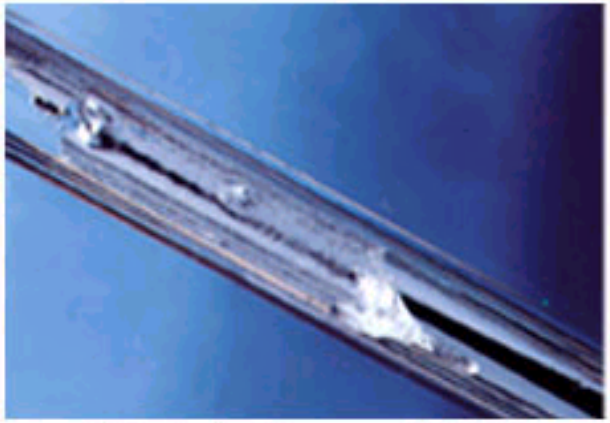
Group 1A Elements

Lithium (Li)

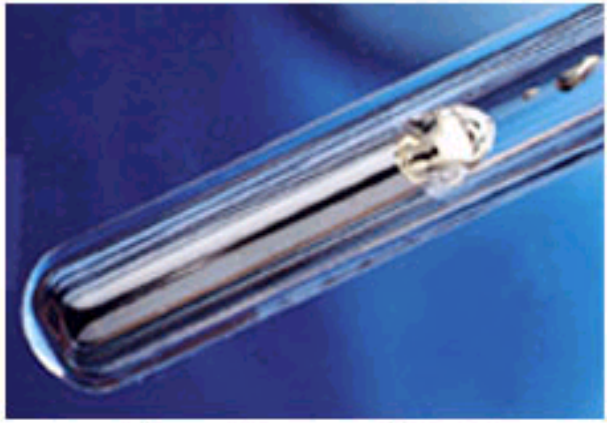


Sodium (Na)

Potassium (K)



Rubidium (Rb)



Cesium (Cs)

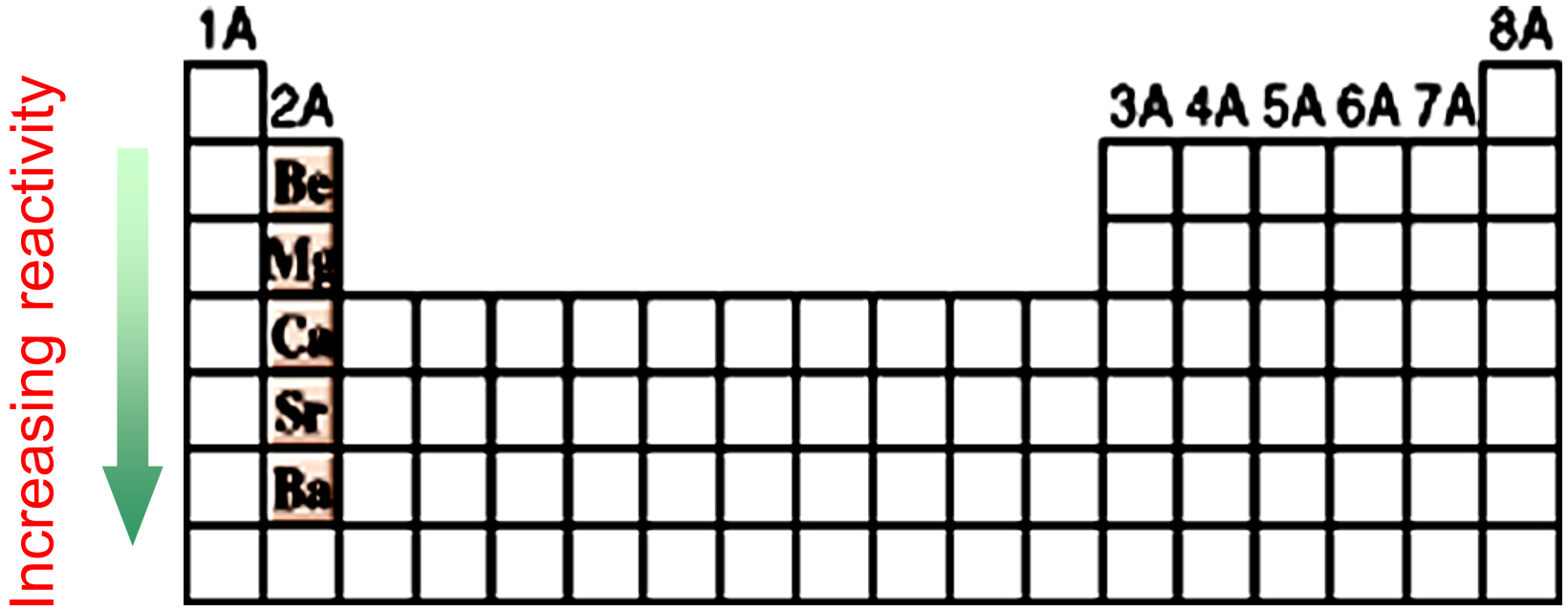
Group 2A Elements (ns^2, n ไม่ต่ำกว่า 2)

$M \longrightarrow M^{+2} + 2e^-$

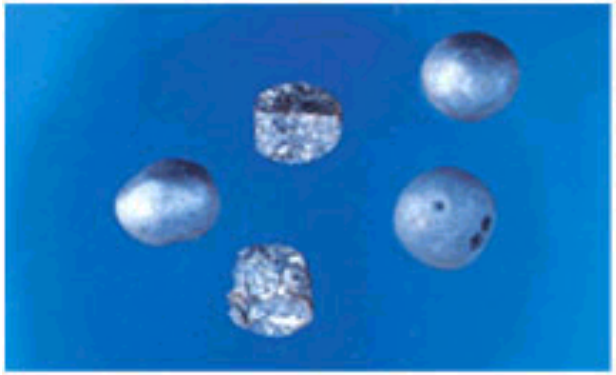
$Be_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow$ No Reaction

$Mg_{(s)} + 2H_2O_{(g)} \longrightarrow Mg(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$

$M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow M(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$ M = Ca, Sr, or Ba

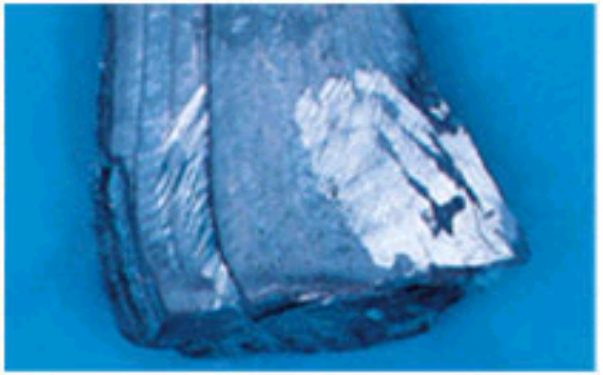


Group 2A Elements

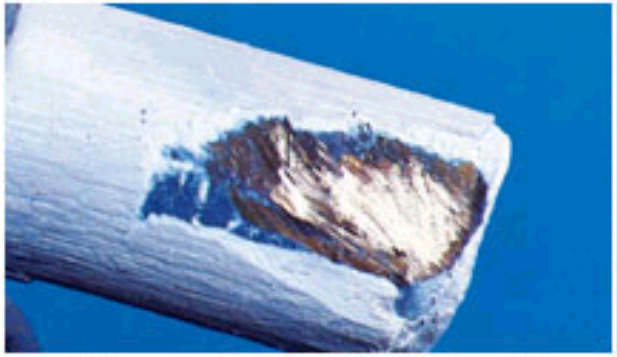


Beryllium (Be)

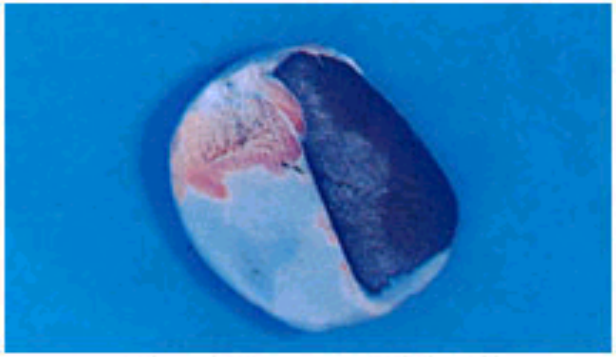
Magnesium (Mg)



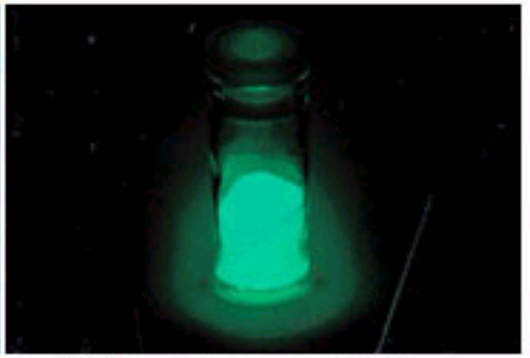
Calcium (Ca)



Strontium (Sr)



Barium (Ba)



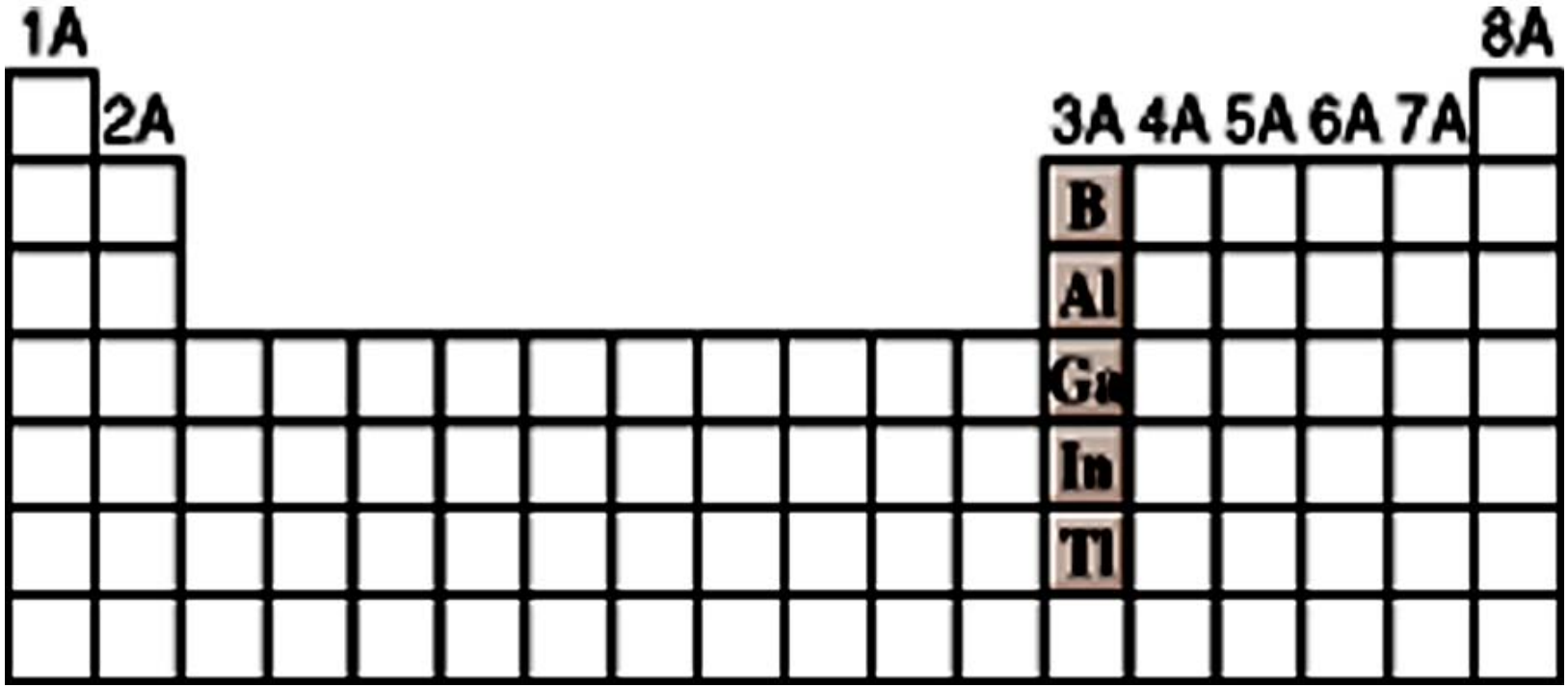
Radium (Ra)

Group 3A Elements (ns^2np^1, n ไม่ต่ำกว่า 2)

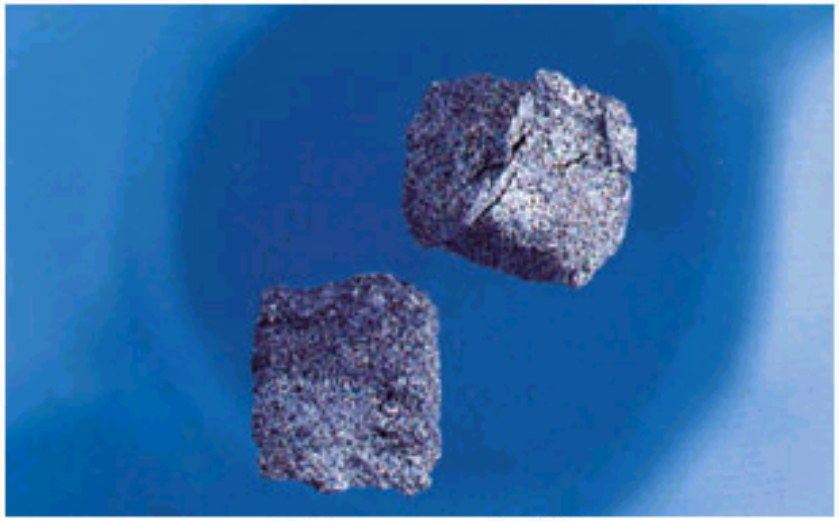
B เป็นกึ่งโลหะ

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

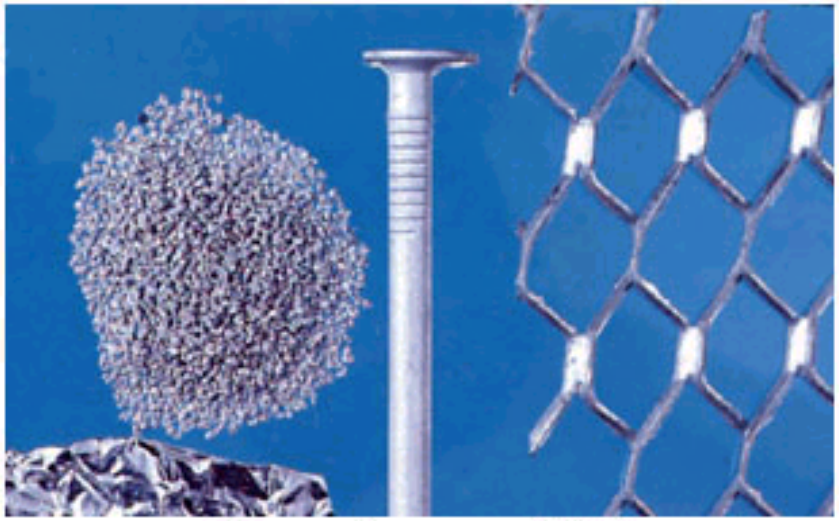
$$2Al_{(s)} + 6H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$$



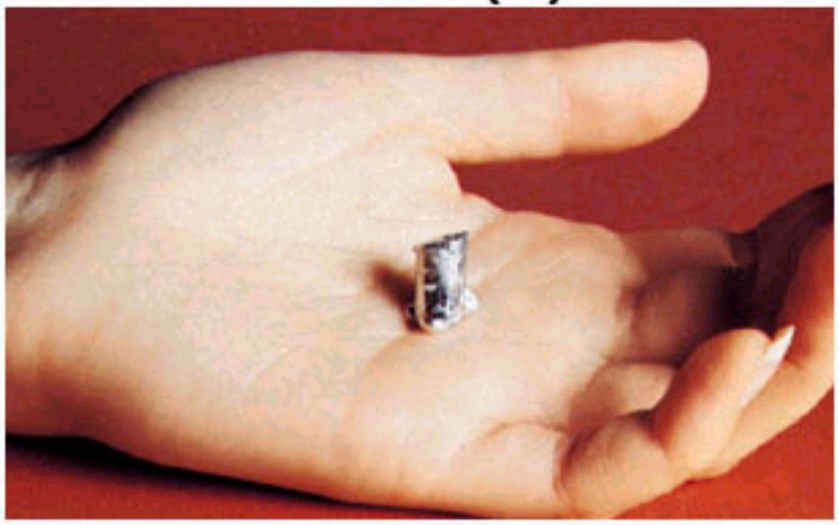
Group 3A Elements



Boron (B)



Aluminum (Al)



Gallium (Ga)

Indium (In)

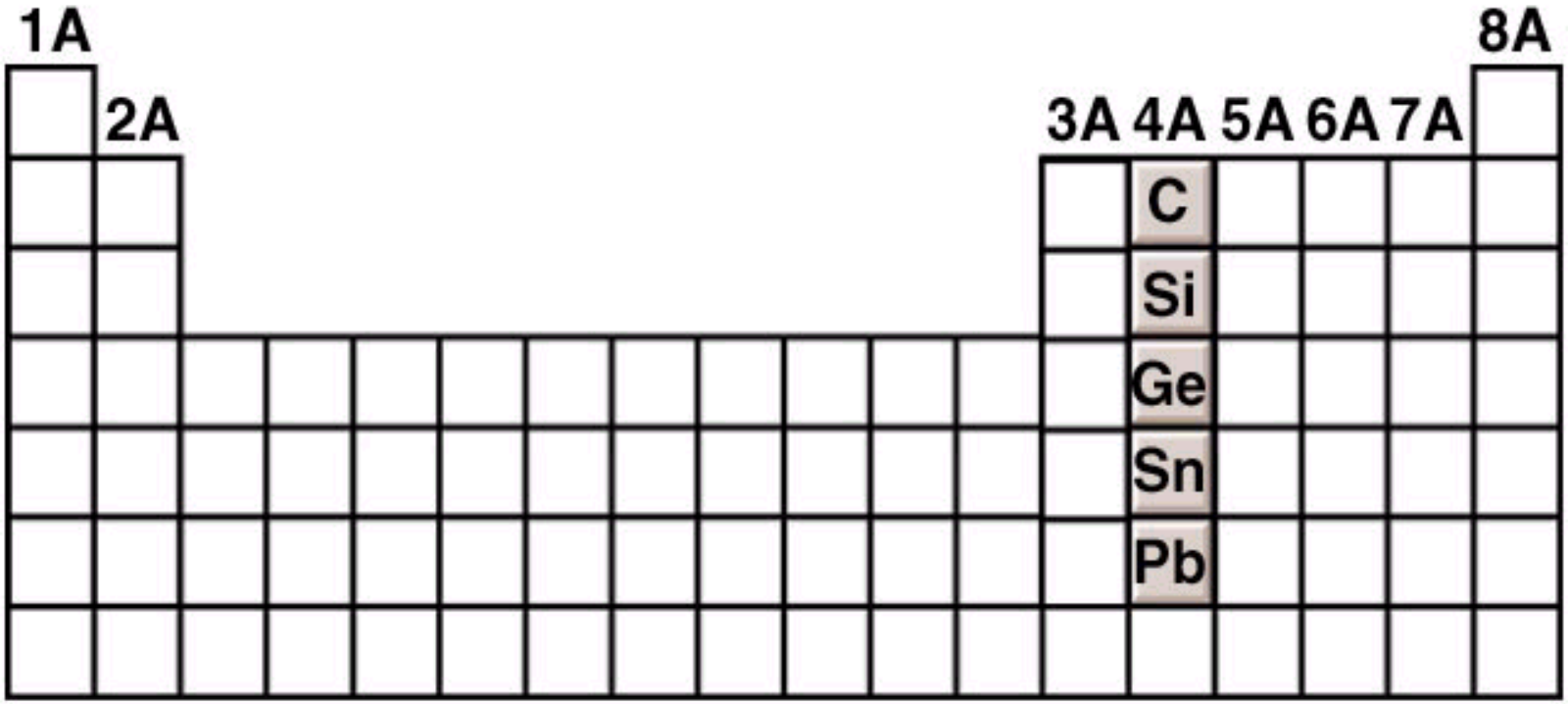
Group 4A Elements (ns^2np^2, n ไม่ต่ำกว่า 2)

ตัวอย่างออกไซด์: CO_2, CO, SiO_2 (oxidation No. 4 เสถียรกว่า 2)

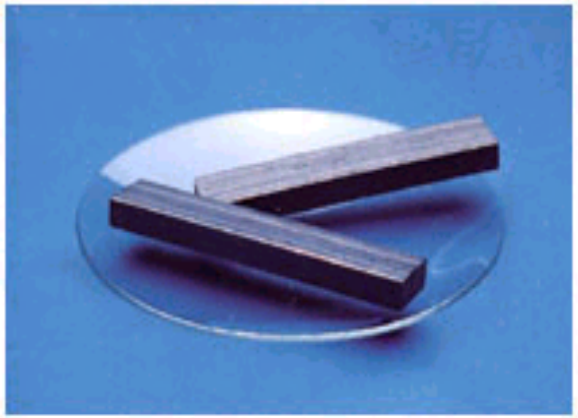
$Sn_{(s)} + 2H^+_{(g)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(s)} + H_{2\,(g)}$

(oxidation No. 4 และ 2 เสถียรพอ ๆกัน)

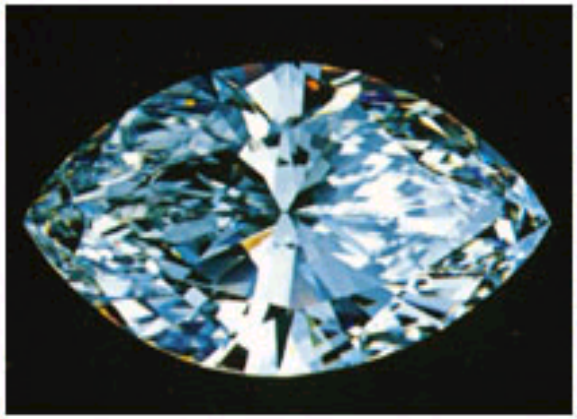
$Pb_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ (oxidation No. 2 เสถียรกว่า 4)



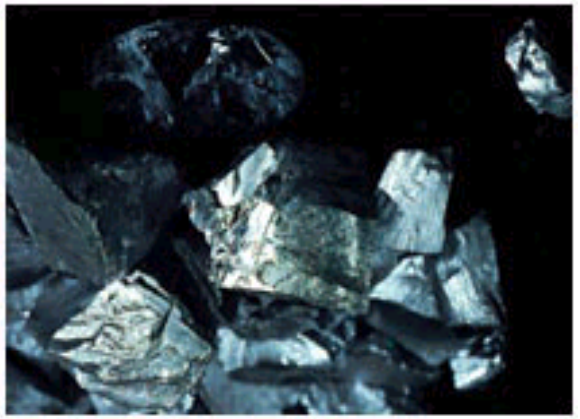
Group 4A Elements



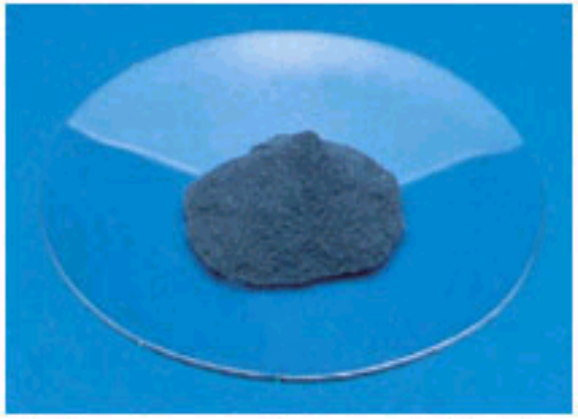
Carbon (graphite)



Carbon (diamond)

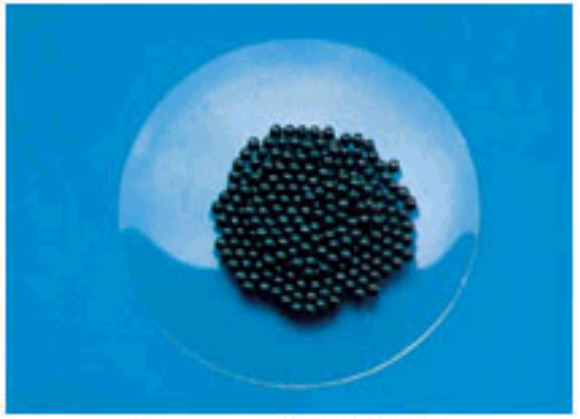


Silicon (Si)



Germanium (Ge)

Tin (Sn)



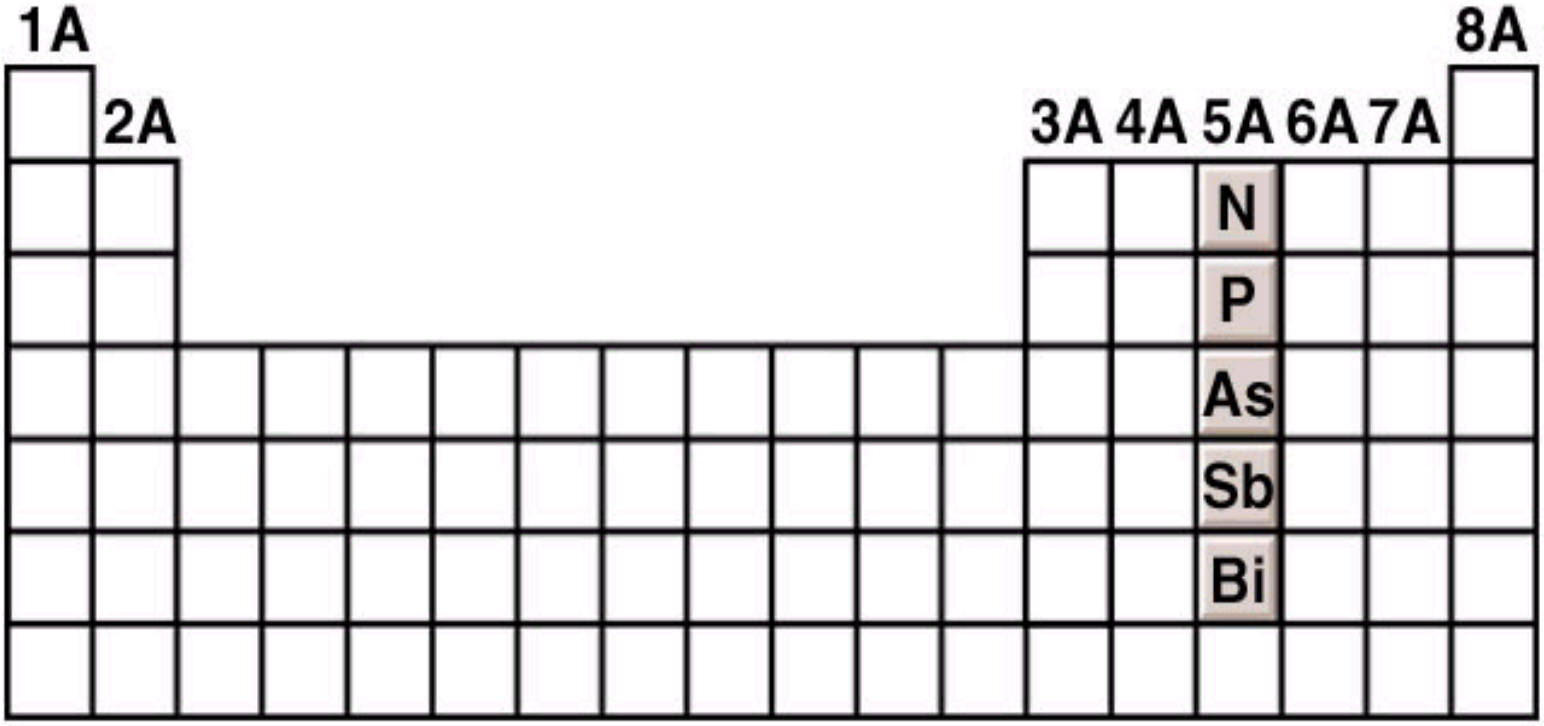
Lead (Pb)

Group 5A Elements (ns^2np^3, n ไม่ต่ำกว่า 2)

ตัวอย่างออกไซด์: N_2O, NO_2, N_2O_4, N_2O_5, P_4O_6, P_4O_{10}

$$N_2O_5(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2\,HNO_3(aq)$$

$$P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 4\,H_3PO_4(aq)$$



Group 5A Elements

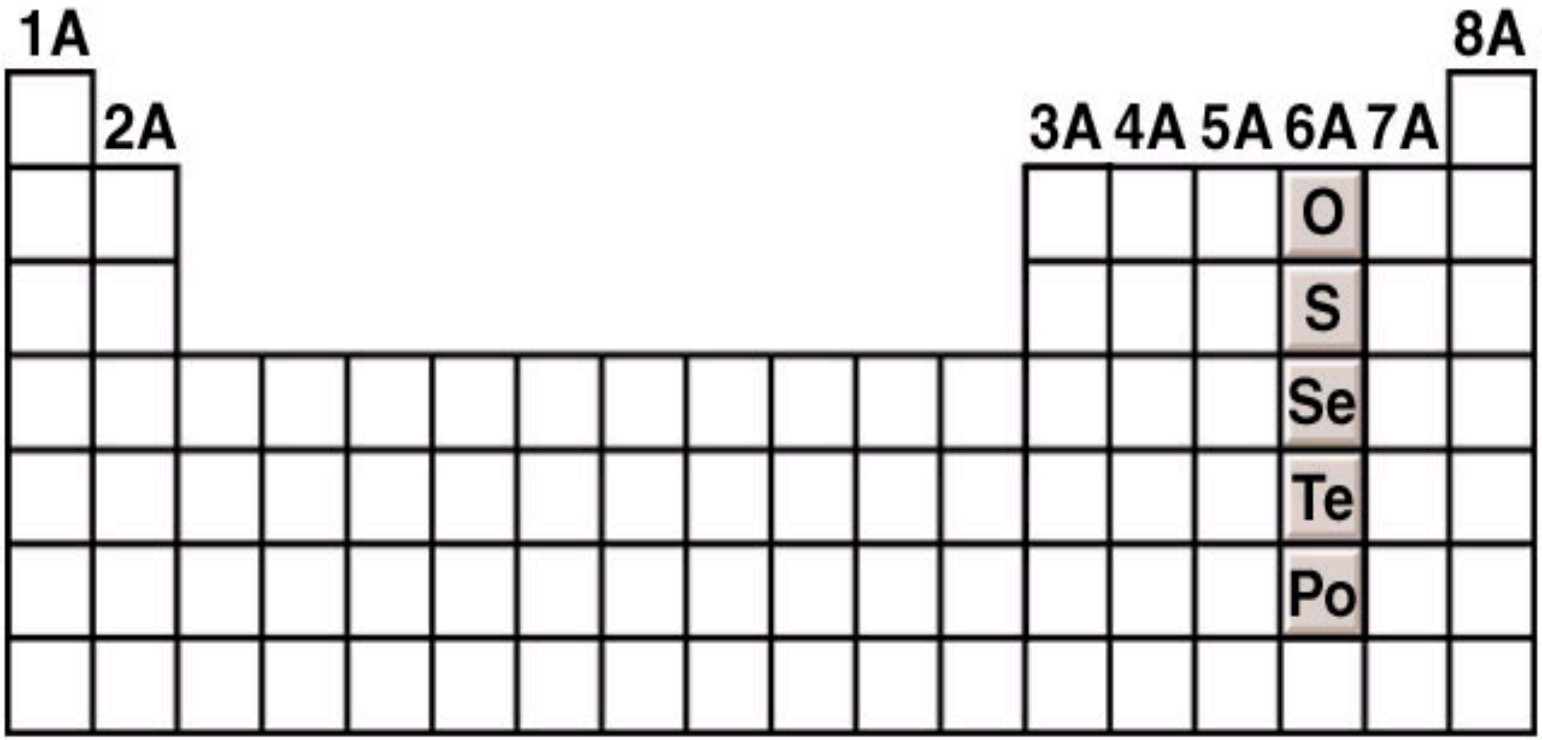
Nitrogen (N_2)

White and red phosphorous (P)

Group 6A Elements (ns^2np^4, n ไม่ต่ำกว่า 2)

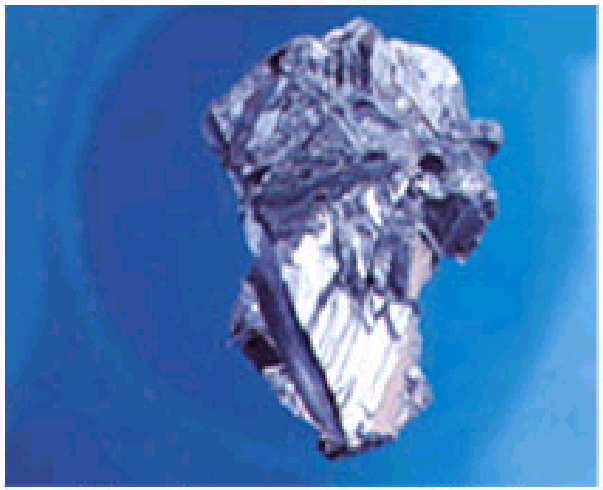
ตัวอย่างออกไซด์: SO_2, SO_3

$$SO_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$$



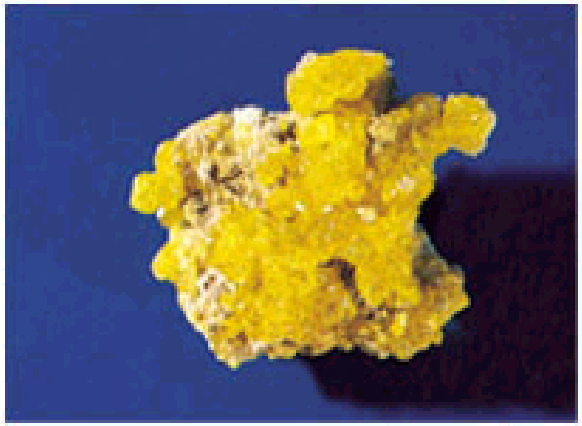
Group 6A Elements

Arsenic (As)

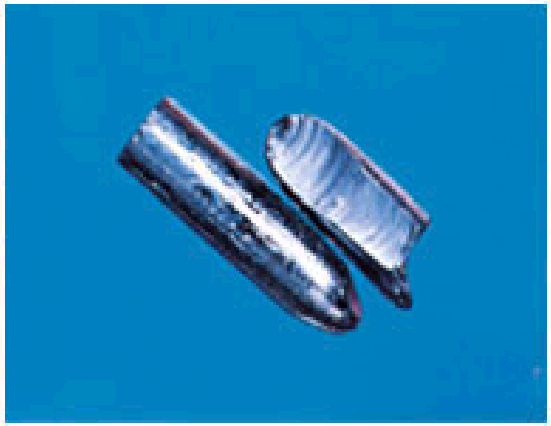


Antimony (Sb)

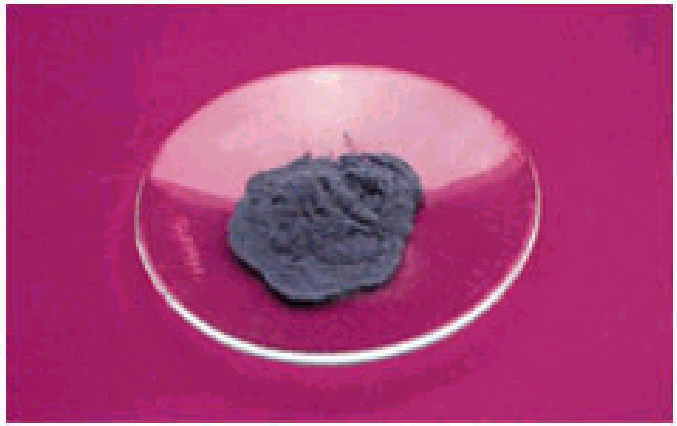
Bismuth (Bi)



Sulfur (S_8)



Selenium (Se_8)

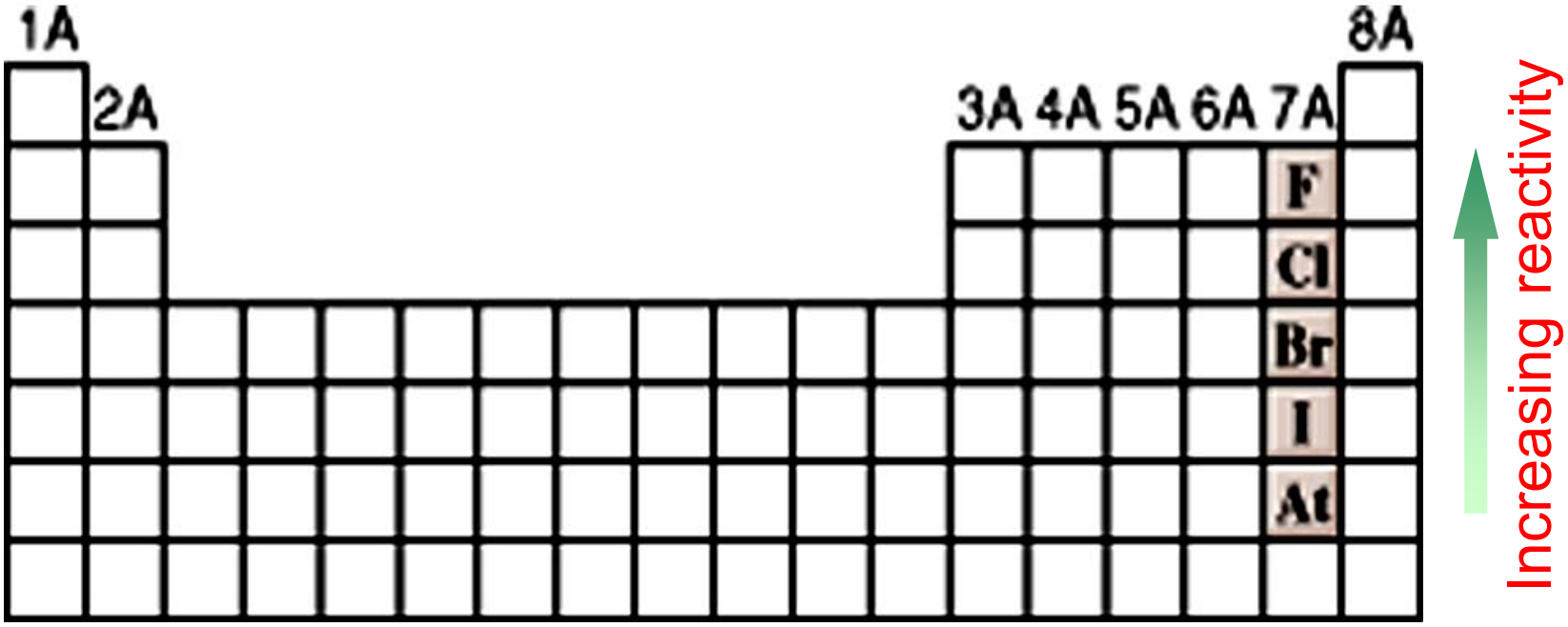


Tellurium (Te)

Group 7A Elements (ns^2np^5, n ไม่ต่ำกว่า 2)

$X + 1e^- \longrightarrow X^{-1}$

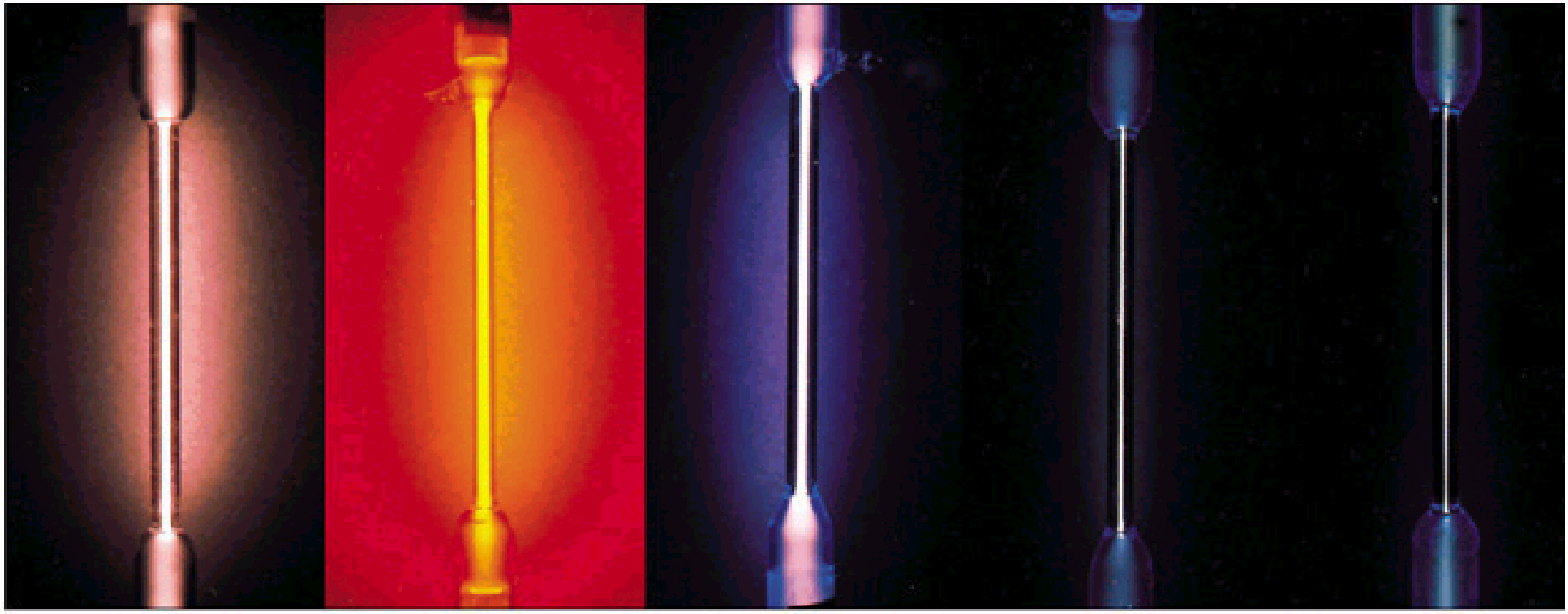
$X_{2(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow 2HX_{(g)}$



Group 7A Elements

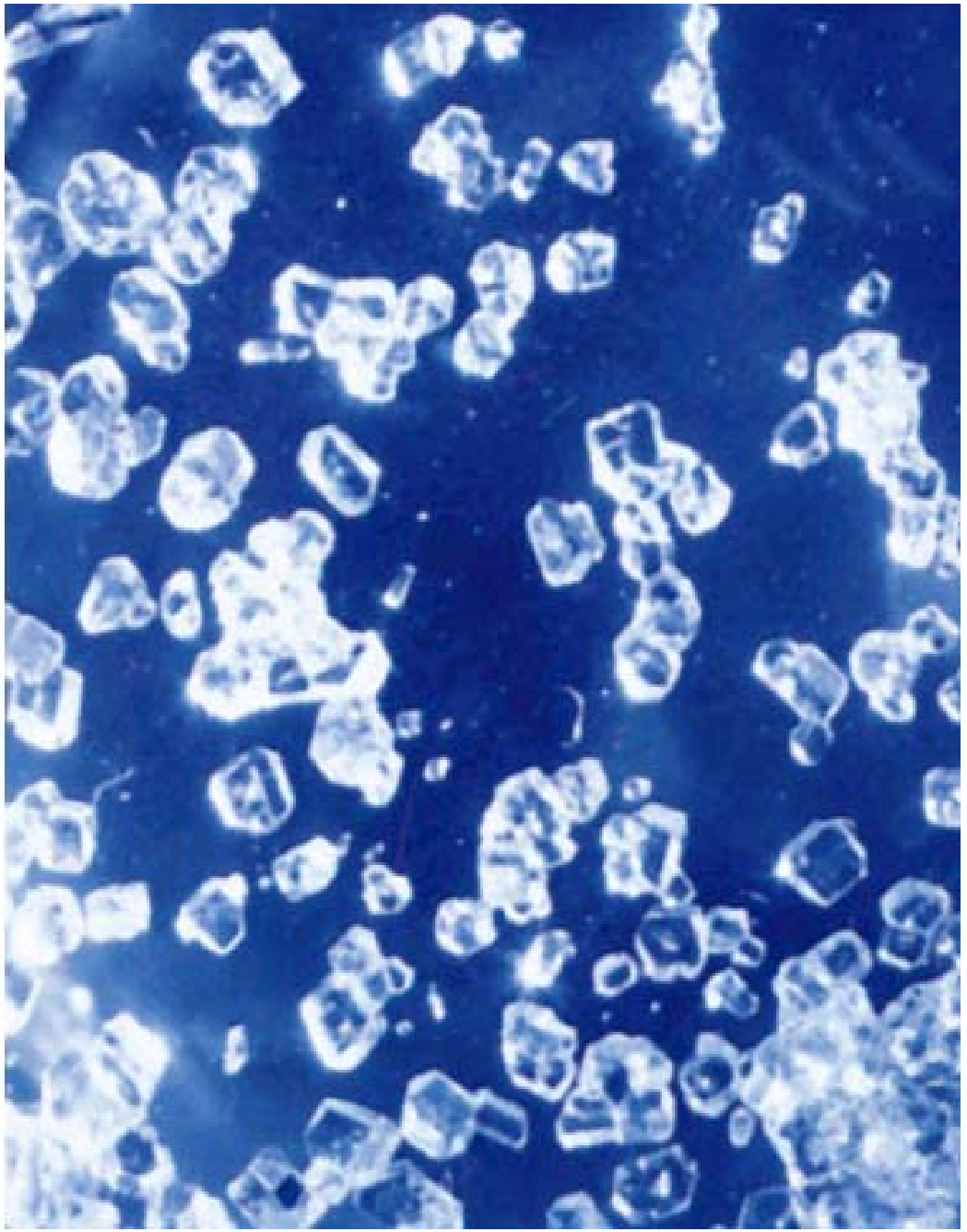
Group 8A Elements (ns^2np^6, n ไม่ต่ำกว่า 2)

Noble Gases



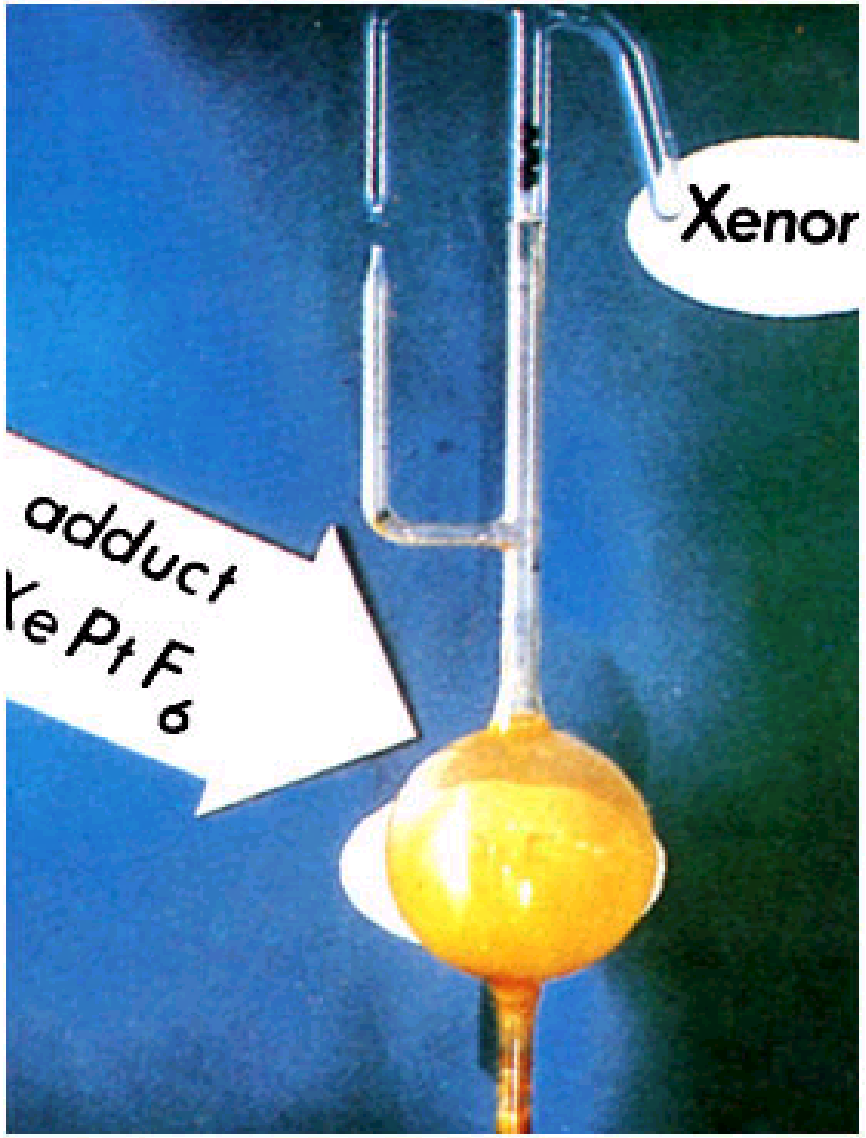
Helium (He) Neon (Ne) Argon (Ar) Krypton (Kr) Xenon (Xe)

XeF_4 Crystals



Mixing Group 8A Elements

(a)



(b)

สมบัติของสารประกอบออกไซด์

$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2\ NaOH(aq)$

$MgO(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(l)$

$Al_2O_3(s) + 6\ HCl(aq) \longrightarrow 2\ AlCl_3(aq) + 3\ H_2O(l)$

$Al_2O_3(s) + 2\ NaOH(aq) + 3\ H_2O(l) \longrightarrow 2\ NaAl(OH)_4(aq)$

$SiO_2(s) + 2\ NaOH(aq) \longrightarrow 2\ Na_2SiO_3(aq) + H_2O(l)$

$P_4O_{10}(s), SO_3(g), Cl_2O_7 + H_2O \longrightarrow\ ?$

สมบัติของสารประกอบออกไซด์

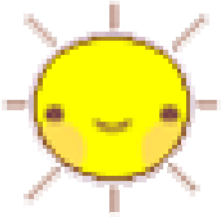
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_4O_{10}	SO_3	Cl_2O_7
กรด-เบส	เบส		แอมโฟเทริก		กรด		
ชนิดสารประกอบ	ไอออนิก				โคแวเลนต์		
โครงสร้าง	ร่างแห 3 มิติ				โมเลกุล		
จุดหลอมเหลว (^oC)	1275	2800	2045	1610	580	16.8	-91.5
จุดเดือด(^oC)	?	3600	2980	2230	?	44.8	82

ประโยชน์ของตารางธาตุ

-ทำนายสมบัติของธาตุอื่นที่ไม่ทราบ

-ใช้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม

- สามารถระบุสมบัติที่คล้ายคลึงหรือสมบัติที่แตกต่างของสารประกอบของธาตุต่างๆได้



ตารางธาตุในอนาคต

ในปี ค.ศ.1969 แกลน ที ซีบรอค (Gland T. Xebork)

ทำนายตำแหน่งของธาตุในอนาคตถึงลำดับที่ 168

เช่น

	ทำนาย	พบจริง
ธาตุที่ 104	Hega-hafnium	Rutherfordium
ธาตุที่ 105	Ega-tantalum	Hafnium

สำหรับธาตุที่ 122 ถึง 153 รวม 32 ธาตุได้นำมาจัดแยกไว้อีกอนุกรมหนึ่งต่างหาก โดยมีตำแหน่งอยู่ใต้อนุกรมแอกติไนด์ เรียกชื่อว่า super actinide

แกลน ที ซีบรอค (Gland T. Xebork)

ยังได้ศึกษาและพัฒนาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับธาตุ สรุปได้ดังนี้ “ธาตุในจักรวาลมีความเป็นระเบียบผสมผสานกลมกลืนกันและสามารถวิวัฒนาการได้จากธาตุที่มีเลขเชิงอะตอมน้อยๆไปสู่ธาตุที่มีเลขเชิงอะตอมมากขึ้นเรื่อยๆและสามารถเขียนเป็นสมการใช้ทำนายน้ำหนักเชิงอะตอม” ของธาตุได้ดังนี้

น้ำหนักเชิงอะตอม = 2.6143 x เลขเชิงอะตอม - 9.2123