

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา คม 103 หลักเคมี 2

ตารางธาตุ และแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

- ☐ วิวัฒนาการของตารางธาตุ
- ☐ ตารางธาตุปัจจุบัน
- ☐ การจำแนกกลุ่มธาตุในตารางธาตุ
- ☐ แนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

อาจารย์ ดร. วีรินทร์ดา ทะปะละ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ

□ โยฮัน เดอเบไรเนอร์ (Johann Döbereiner, 1817)

จัดธาตุเป็นกลุ่มๆ ละ 3 ธาตุ ตามสมบัติที่คล้ายคลึงกัน เรียกว่า **“Triad”**

โดยธาตุตัวกลางจะมีน้ำหนักอะตอมเป็นค่าเฉลี่ยของอีกสองธาตุ

Li	7	Ca	40	Cl	35
Na	23	Sr	88	Br	80
K	39	Ba	137	I	129

แตเมื่อนำหลัก Triad มาใช้กับธาตุกลุ่มอื่น พบว่าน้ำหนักอะตอมของธาตุตัวกลางไม่ได้มีค่าเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักอะตอมของธาตุที่เหลือในแต่ละกลุ่ม

เช่น Cu (63.6), Ag (108), Au (197)

Zn (65.4), Cd (112.4), Hg (200.6)

ข้อจำกัด: ใช้ได้กับธาตุบางกลุ่มเท่านั้น

❑ จอห์น เอ. อาร์. นิวแลนด์ (John A.R. Newlands, 1864)

“Law of Octaves” ถ้านำธาตุมาเรียงลำดับกันตามน้ำหนักอะตอมจากน้อยไปหามาก จะพบว่าธาตุที่ 8 จะมีสมบัติทางเคมีและกายภาพ คล้ายกับธาตุตัวที่ 1 เสมอ และจะเกิดขึ้นทุกๆ ช่วงของธาตุที่ 8 โดยเริ่มจากธาตุใดก็ได้” (ไม่รวม H และแก๊สเฉื่อย)

						H
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	Co, Ni
Cu	Zn	Y	In	As	Se	Br
Rb	Sr	La, Ce	Zr	Nb, Mo	Ru, Rh	Pd
Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te	I
Cs	Ba, V					

ข้อจำกัด: - ไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายได้

- ใช้ได้กับธาตุที่มีเลขอะตอมถึงธาตุ Ca เท่านั้น

❑ จูเลียส โลเธอร์ ไมเออร์ และ ดมิทรี อิวาโนวิช เมนเดเลเอฟ และไมเออร์
(Julius Lothar Meyer and Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1869)

“ถ้าเรียงธาตุตามน้ำหนักอะตอม
จากน้อยไปมาก แล้วแบ่งเป็น
แถวให้เหมาะสม ธาตุที่มี
คุณสมบัติทางเคมีและทาง
กายภาพคล้ายกัน จะปรากฏอยู่
ตรงกันเป็นช่วงๆ ตามการ
เปลี่ยนค่าของน้ำหนักอะตอม”
เรียกว่า สมบัติของธาตุต่างๆ
เป็นฟังก์ชันพีริออดิกของน้ำหนัก
อะตอมของธาตุ

“กฎพีริออดิก (Periodic Law)”

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.4
			Fe = 56	Ru 104.4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199
H = 1			Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9.4	Mg = 24	Zn = 65.2	Cd = 112	Au = 197?
	B = 11	Al = 27.4	? = 68	Ur = 116	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210
	O = 16	S = 32	Se = 79.4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75.6	Th = 118?		

ข้อจำกัด: - ไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอนในการจัด

(ใช้ความคล้ายคลึงของสมบัติทางเคมี/กายภาพของธาตุช่วยพิจารณาด้วย)

❑ เฮนรี จี.เจ. มอสเลย์ (Henry G.J. Moseley, 1913)

อาศัยความรู้ทาง X-rays หาเลขอะตอมของธาตุ พบว่าการจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมหรือจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมสอดคล้องกับกฎพีริออดิก ไม่มีปัญหาการสลับที่เหมือนการเรียงมวลอะตอม (เช่น ตารางธาตุของเมนเดเลฟ Co อยู่หน้า Ni ทั้งที่มวลอะตอมของ Co มากกว่า Ni)

มอสลีย์ได้ตั้งกฎพีริออดิกว่า “สมบัติของธาตุต่างๆ เป็นฟังก์ชันพีริออดิกของเลขอะตอม โดยขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุเหล่านั้น” กฎพีริออดิกใหม่นี้ช่วยให้สามารถจัดธาตุต่างๆ โดยเรียงตามเลขอะตอม ทำให้ได้ตารางธาตุที่สมบูรณ์ขึ้น ทำให้ง่ายต่อการจดจำ และใช้ทำนายสมบัติของธาตุได้เป็นอย่างดี

❑ ตารางธาตุในปัจจุบัน “จัดเรียงธาตุตามลำดับของเลขอะตอม”

IUPAC Periodic Table of the Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements																	18
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]													2 He helium 4.0026				
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122											5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 99.907	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium 227.03	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

เลขอะตอม 113 = Nihonium (Nh)

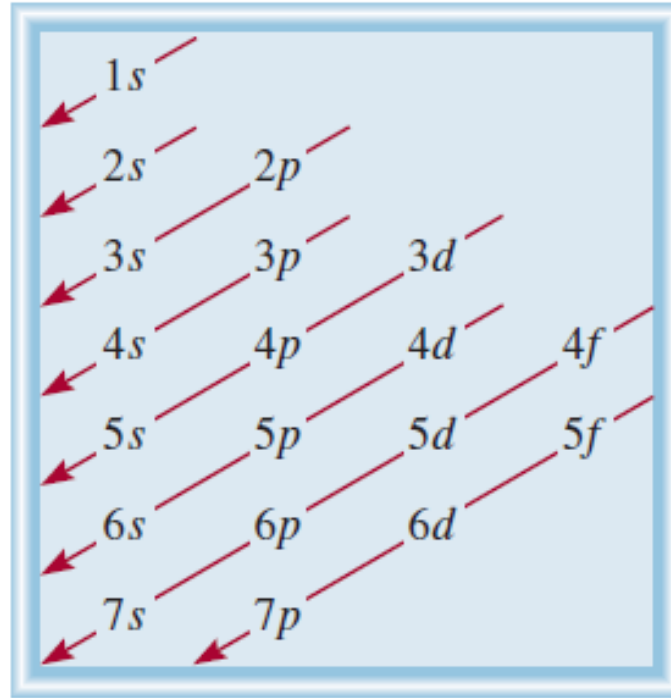
เลขอะตอม 115 = Moscovium (Mc)

เลขอะตอม 117 = Tennessine (Ts)

เลขอะตอม 118 = Oganesson (Og)

การจัดเรียงอิเล็กตรอน (Electron configuration)

“ต้องเติมอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่ำทำให้เต็มก่อน แล้วจึงเติมในออร์บิทัลที่พลังงานสูงขึ้น”

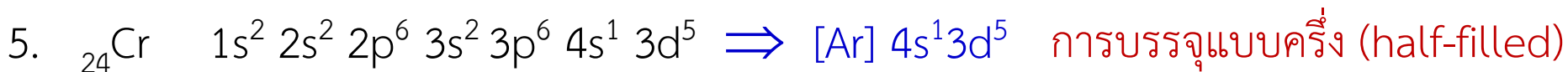
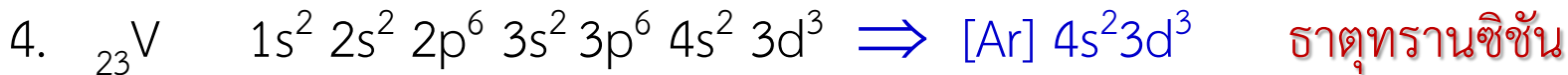
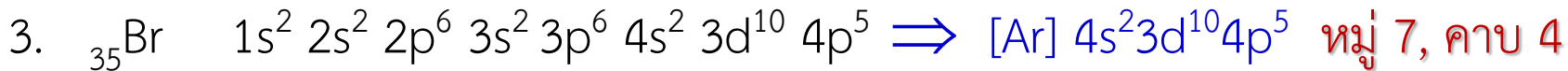
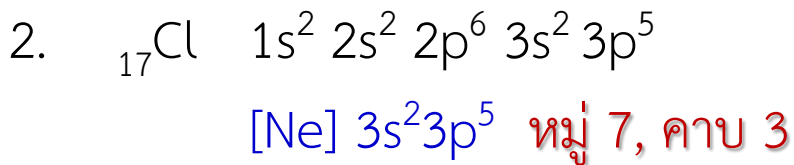
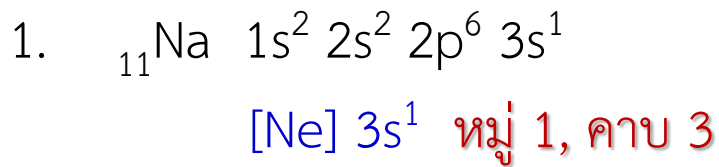


s -orbital มี 1 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 2 ตัว
 p -orbital มี 3 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 6 ตัว
 d -orbital มี 5 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 10 ตัว
 f -orbital มี 7 ออร์บิทัล → บรรจุอิเล็กตรอนได้มากที่สุด 14 ตัว

การจัดอิเล็กตรอนในสถานะพื้น (ground state) ของอะตอม

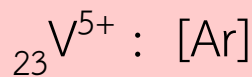
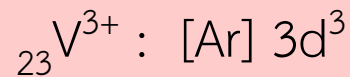
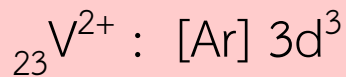
Atomic Number	Symbol	Electron Configuration
1	H	$1s^1$
2	He	$1s^2$
3	Li	$[\text{He}]2s^1$
4	Be	$[\text{He}]2s^2$
5	B	$[\text{He}]2s^22p^1$
6	C	$[\text{He}]2s^22p^2$
7	N	$[\text{He}]2s^22p^3$
8	O	$[\text{He}]2s^22p^4$
9	F	$[\text{He}]2s^22p^5$
10	Ne	$[\text{He}]2s^22p^6$
11	Na	$[\text{Ne}]3s^1$
12	Mg	$[\text{Ne}]3s^2$
13	Al	$[\text{Ne}]3s^23p^1$
14	Si	$[\text{Ne}]3s^23p^2$
15	P	$[\text{Ne}]3s^23p^3$
16	S	$[\text{Ne}]3s^23p^4$
17	Cl	$[\text{Ne}]3s^23p^5$
18	Ar	$[\text{Ne}]3s^23p^6$
19	K	$[\text{Ar}]4s^1$
20	Ca	$[\text{Ar}]4s^2$

Atomic Number	Symbol	Electron Configuration
21	Sc	$[\text{Ar}]4s^23d^1$
22	Ti	$[\text{Ar}]4s^23d^2$
23	V	$[\text{Ar}]4s^23d^3$
24	Cr	$[\text{Ar}]4s^13d^5$
25	Mn	$[\text{Ar}]4s^23d^5$
26	Fe	$[\text{Ar}]4s^23d^6$
27	Co	$[\text{Ar}]4s^23d^7$
28	Ni	$[\text{Ar}]4s^23d^8$
29	Cu	$[\text{Ar}]4s^13d^{10}$
30	Zn	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}$
31	Ga	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^1$
32	Ge	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^2$
33	As	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^3$
34	Se	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^4$
35	Br	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^5$
36	Kr	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^6$
37	Rb	$[\text{Kr}]5s^1$



1A	2A		3A	4A	5A	6A	7A	8A
								He
								Ne
								Ar
								Kr
								Xe
								Rn

ไอออนบวก (อะตอมเสีย e^-) $_{23}\text{V} : [\text{Ar}] 4s^2 3d^3$



2. การจำแนกกลุ่มธาตุในตารางธาตุ

- แถวในแนวนอน เรียกว่า “คาบ (period)” ซึ่งมีทั้งหมด 7 คาบ
- แถวในแนวตั้ง เรียกว่า “หมู่ (group)” ซึ่งมีทั้งหมด 18 หมู่ (มีตัวเลขกำกับ)

	1 1A	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
1	1 H 1s ¹																	2 He 1s ²
2	3 Li 2s ¹	4 Be 2s ²											5 B 2s ² 2p ¹	6 C 2s ² 2p ²	7 N 2s ² 2p ³	8 O 2s ² 2p ⁴	9 F 2s ² 2p ⁵	10 Ne 2s ² 2p ⁶
3	11 Na 3s ¹	12 Mg 3s ²	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B		10 10	11 1B	12 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
4	19 K 4s ¹	20 Ca 4s ²	21 Sc 4s ² 3d ¹	22 Ti 4s ² 3d ²	23 V 4s ² 3d ³	24 Cr 4s ¹ 3d ⁵	25 Mn 4s ² 3d ⁵	26 Fe 4s ² 3d ⁶	27 Co 4s ² 3d ⁷	28 Ni 4s ² 3d ⁸	29 Cu 4s ¹ 3d ¹⁰	30 Zn 4s ² 3d ¹⁰	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
5	37 Rb 5s ¹	38 Sr 5s ²	39 Y 5s ² 4d ¹	40 Zr 5s ² 4d ²	41 Nb 5s ¹ 4d ⁴	42 Mo 5s ¹ 4d ⁵	43 Tc 5s ² 4d ⁵	44 Ru 5s ¹ 4d ⁷	45 Rh 5s ¹ 4d ⁸	46 Pd 4d ¹⁰	47 Ag 5s ¹ 4d ¹⁰	48 Cd 5s ² 4d ¹⁰	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
6	55 Cs 6s ¹	56 Ba 6s ²	57 La 6s ² 5d ¹	72 Hf 6s ² 5d ²	73 Ta 6s ² 5d ³	74 W 6s ² 5d ⁴	75 Re 6s ² 5d ⁵	76 Os 6s ² 5d ⁶	77 Ir 6s ² 5d ⁷	78 Pt 6s ¹ 5d ⁹	79 Au 6s ¹ 5d ¹⁰	80 Hg 6s ² 5d ¹⁰	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
7	87 Fr 7s ¹	88 Ra 7s ²	89 Ac 7s ² 6d ¹	104 Rf 7s ² 6d ²	105 Db 7s ² 6d ³	106 Sg 7s ² 6d ⁴	107 Bh 7s ² 6d ⁵	108 Hs 7s ² 6d ⁶	109 Mt 7s ² 6d ⁷	110 Ds 7s ² 6d ⁸	111 Rg 7s ² 6d ⁹	112 7s ² 6d ¹⁰	113 7s ² 7p ¹	114 7s ² 7p ²	115 7s ² 7p ³	116 7s ² 7p ⁴	(117)	118 7s ² 7p ⁶

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

ลักษณะสำคัญของธาตุในหมู่เดียวกัน

- ❑ ธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน จึงทำให้มีสมบัติคล้ายกัน
- ❑ ธาตุในหมู่ย่อย A (IA - VIIIA) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเลขที่ของหมู่ เช่น ธาตุในหมู่ IA และ IIA จะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ
- ❑ ธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2
ยกเว้นบางธาตุ เช่น Cr Cu จะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1
- ❑ ธาตุในหมู่เดียวกันจะมีจำนวนระดับพลังงานไม่เท่ากัน โดยมีจำนวนระดับพลังงานเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง
- ❑ ชื่อเรียกชื่อเฉพาะหมู่
 - หมู่ 1A $\Rightarrow$ โลหะอัลคาไลน์ (Alkali metal) : Li Na K Rb Cs Fr
 - หมู่ 2A $\Rightarrow$ โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkali earth metal): Be Mg Ca Sr Ba Ra
 - หมู่ 7A $\Rightarrow$ ฮาโลเจน (Halogen) : F Cl Br I At
 - หมู่ 8A $\Rightarrow$ แก๊สเฉื่อย (Inert/Noble gas) : He Ne Ar Kr Xe Rn

ลักษณะสำคัญของธาตุในคาบเดียวกัน

- ❑ ธาตุในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากัน โดยมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา ดังนั้น ธาตุในคาบเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีสมบัติทางเคมีเหมือนกัน
ยกเว้น ธาตุแทรนซิชันซึ่งส่วนใหญ่มีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เท่ากัน จึงมีคุณสมบัติคล้ายกันทั้งในหมู่และในคาบเดียวกัน
- ❑ ธาตุในคาบเดียวกันมีจำนวนระดับพลังงานเท่ากัน และเท่ากับเลขที่ของคาบ
เช่น ธาตุในคาบที่ 2 ทุกธาตุ (Li ถึง Ne) ต่างก็มีจำนวนระดับพลังงานเท่ากับ 2
คือ ชั้น K ($n=1$) และชั้น L ($n=2$) เป็นต้น

การจำแนกกลุ่มธาตุ

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

- ❖ ธาตุเวรีเชนเตติฟ หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group or Representative)
ธาตุหมู่ 1A–7A ซึ่งชั้นย่อย s และ p ของเลขควอนตัมหลักสูงสุดมีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❖ แก๊สเฉื่อย (Inert gas or Noble gas)
ธาตุหมู่ 8A ซึ่งชั้นย่อย p มีอิเล็กตรอนบรรจุเต็ม ยกเว้น He ที่มีการจัดเรียงเป็น $1s^2$
- ❖ ธาตุทรานซิชัน (Transition)
ธาตุหมู่ 1B และ 3B–8B ซึ่งชั้นย่อย d มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❖ ธาตุที่ไม่ใช่ทั้งเวรีเชนเตติฟและธาตุทรานซิชัน
ธาตุหมู่ 2B คือ Zn, Cd และ Hg
- ❖ ธาตุทรานซิชันชั้นใน (Inner transition)
ชั้นย่อย f มีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
 - แลนทาไนด์ (Lanthanide) หรือ ธาตุแร่หายาก (rare earth)
ธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 58 ถึง 71
 - แอกทิไนด์ (Actinide) หรือ ธาตุแร่หายากหนัก (heavy rare earth)
ธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 90 ถึง 103

❑ การจำแนกกลุ่มธาตุ: โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ

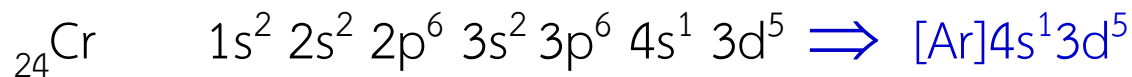
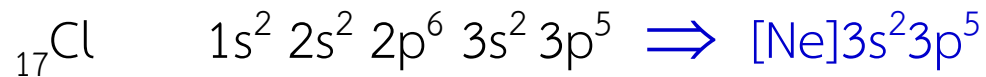
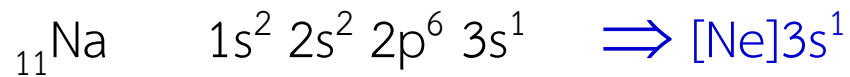
1 1A																	18 8A
1 H	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9	10	11 1B	12 2B	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112	113	114	115	116	(117)	118

Metals	Lanthanide	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
Metalloids	Actinide	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
Nonmetals															

*ธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะถูกแยกออกจากกันด้วยเส้นขั้นบันได โดยทางซ้ายของเส้นขั้นบันไดเป็นโลหะ ทางขวาของเส้นขั้นบันไดเป็นอโลหะ ส่วนธาตุที่อยู่ชิดเส้นขั้นบันไดจะมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะกับอโลหะ เรียกธาตุพวกนี้ว่า ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid)

สมบัติของโลหะ	สมบัติของอโลหะ
1. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นปรอทเป็นของเหลว 2. มันวาว 3. นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่อุณหภูมิปกติ แต่ที่อุณหภูมิสูงจะนำไฟฟ้าได้น้อยลง 4. เคาะจะมีเสียงดังกังวาน 5. แข็งและเหนียว สามารถทำให้เป็นแผ่นและเป็นเส้นได้ 6. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง 7. มีความหนาแน่นสูง	1. มีได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง เช่น กำมะถัน; ของเหลว เช่น โบรมีน; แก๊ส เช่น ออกซิเจน คลอรีน ไนโตรเจน 2. ไม่เป็นมันวาว 3. ไม่นำไฟฟ้าและไม่นำความร้อน ยกเว้นแกรไฟต์ 4. เคาะจะไม่มีเสียงกังวาน 5. ส่วนมากเปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่นหรือเส้นได้ 6. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ ยกเว้น คาร์บอน ซิลิกอน และกำมะถัน 7. มีความหนาแน่นต่ำ

❑ การจำแนกกลุ่มธาตุตามชนิดชั้นย่อยที่ใช้บรรจุอิเล็กตรอนวงนอก



1s			1s
2s			2p
3s			3p
4s	3d		4p
5s	4d		5p
6s	5d		6p
7s	6d		7p

4f
5f

3. แนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

- ❖ ขนาดของอะตอมและไอออน
- ❖ พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization energy: IE)
- ❖ สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity: EA)
- ❖ อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)
- ❖ แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ
- ❖ แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ
- ❖ ความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

ขนาดของอะตอม

ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม

- จำนวนชั้นของอิเล็กตรอน [เลขควอนตัมหลัก (n) ของเวเลนซ์อิเล็กตรอน]
- แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

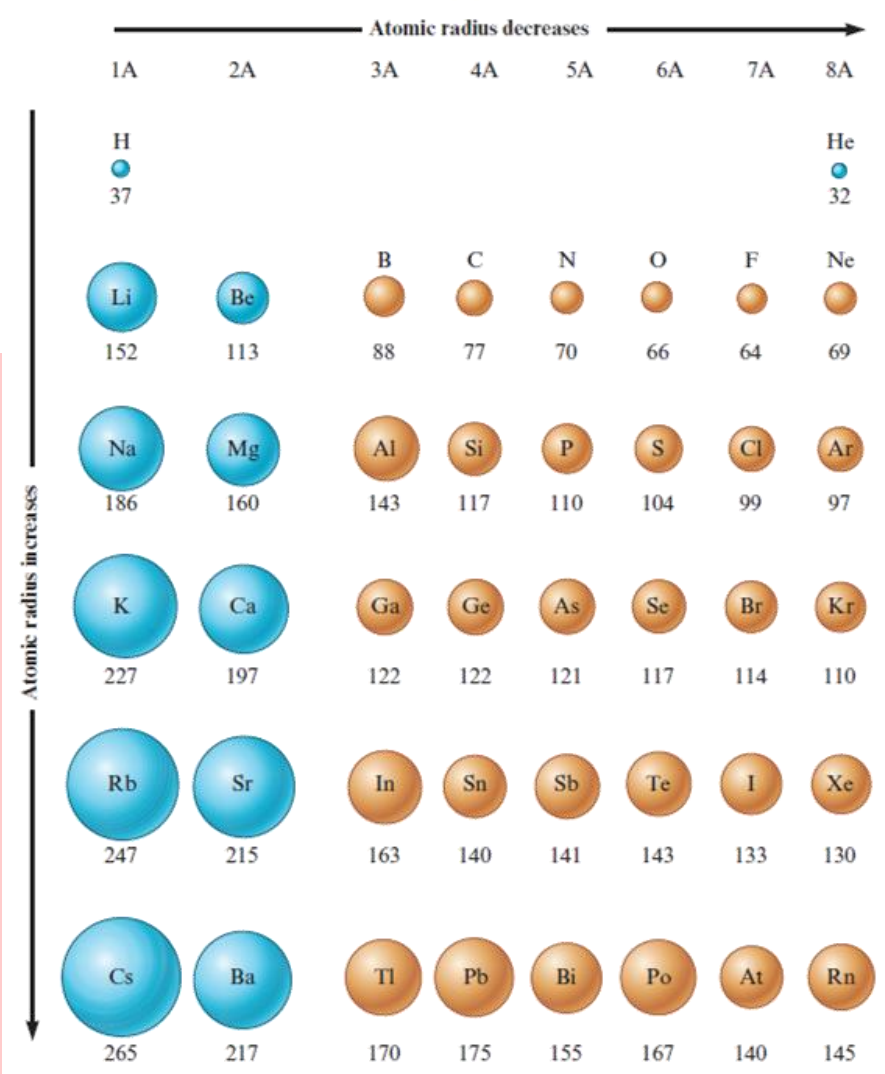
➤ หมู่เดียวกัน: ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง

เช่น $Li < Na < K < Rb < Cs$

(ธาตุที่อยู่ด้านล่างมี n มาก)

➤ คาบเดียวกัน: ขนาดของอะตอมจะเล็กลงจากซ้ายไปขวา

เช่น $Li > Be > B > C > N > O > F$



ขนาดของไอออน

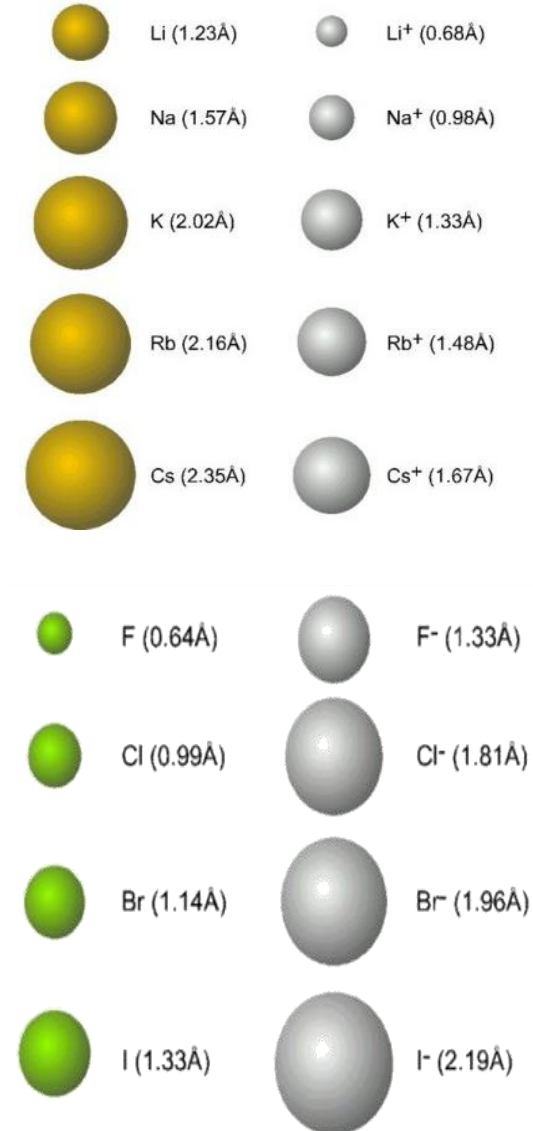
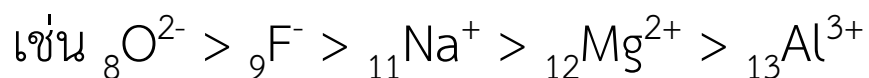
“ขึ้นกับประจุบวกของนิวเคลียส จำนวนอิเล็กตรอน และออร์บิทัลของเวเลนซ์อิเล็กตรอน”

❑ **ไอออนบวก (Cation)** เกิดจากการเสียอิเล็กตรอนออกจากอะตอม ดังนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยลง ในขณะที่โปรตอนเท่าเดิม จึงทำให้มีขนาดเล็กลงกว่าอะตอมที่เป็นกลาง

❑ **ไอออนลบ (Anion)** เกิดจากการรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา แต่จำนวนโปรตอนยังเท่าเดิม ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าอะตอมที่เป็นกลาง

❑ ไอออนที่มีประจุเท่ากัน รัศมีไอออนของหมู่เดียวกันจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

❑ ไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน (isoelectronic series) ถ้าประจุของนิวเคลียสเพิ่มขึ้น ขนาดอะตอมจะเล็กลง

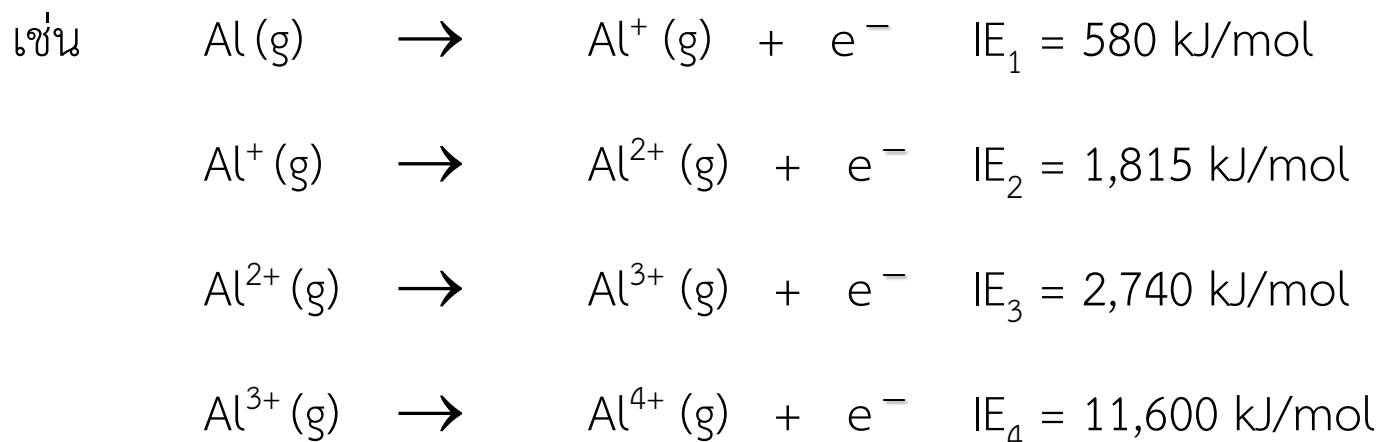


พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization energy: IE)

“พลังงานที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้เพื่อดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส”



IE เป็นค่าที่ใช้วัดความยากง่ายในการทำให้อะตอมเกิดเป็นไอออนบวก



พลังงานไอออไนเซชัน จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลำดับในการดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมในสถานะ
แก๊สเพิ่มมากขึ้น โดย $IE_1 < IE_2 < IE_3 < \dots$

Successive Ionization Energies (kJ/mol) for the Elements in Period 3

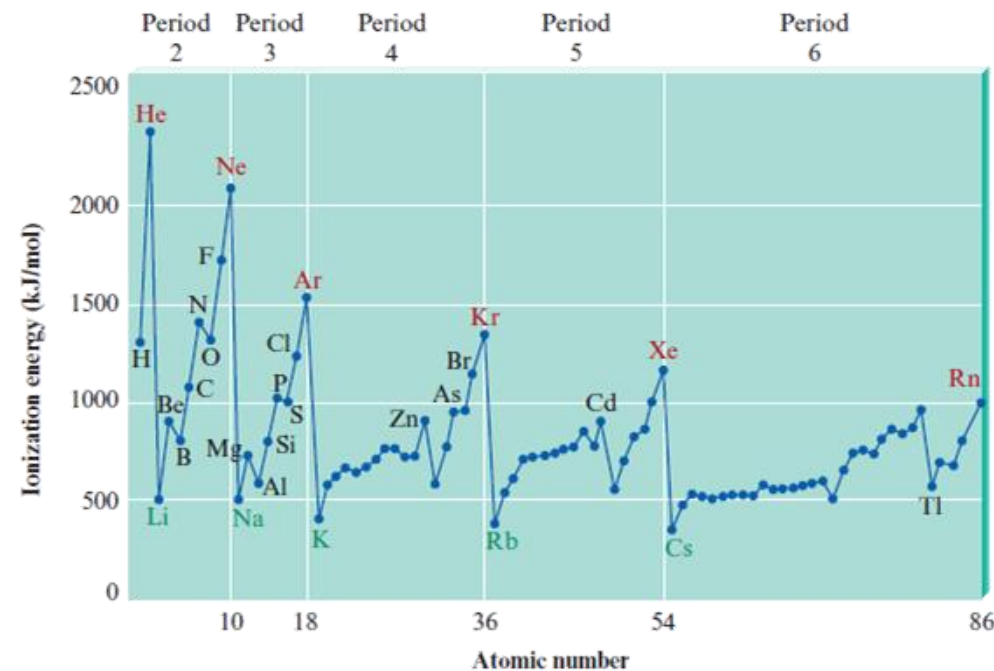
Element	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Na	495	4560					
Mg	735	1445	7730	Core electrons*			
Al	580	1815	2740	11,600			
Si	780	1575	3220	4350	16,100		
P	1060	1890	2905	4950	6270	21,200	
S	1005	2260	3375	4565	6950	8490	27,000
Cl	1255	2295	3850	5160	6560	9360	11,000
Ar	1527	2665	3945	5770	7230	8780	12,000

*Note the large jump in ionization energy in going from removal of valence electrons to removal of core electrons.

General decrease (upward arrow)
General increase (downward arrow)

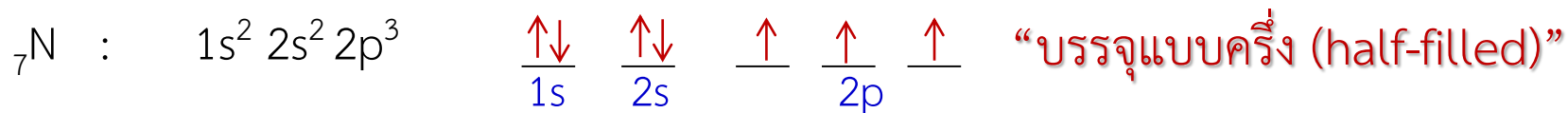
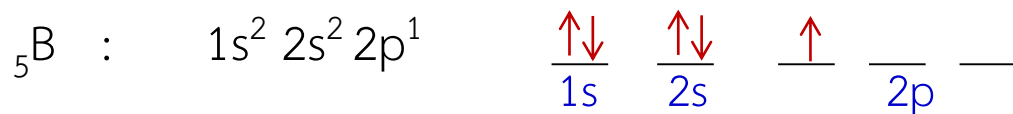
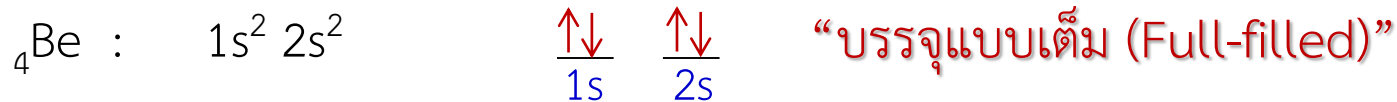
หมู่เดียวกัน: ค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง เนื่องจากขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น พลังงานที่ใช้สำหรับการดึงอิเล็กตรอนในวงนอกสุดจึงมีค่ามีค่าน้อย (สามารถดึง e^- ออกได้ง่าย)

คาบเดียวกัน: ค่า IE_1 จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา เนื่องจากขนาดอะตอมเล็กลง พลังงานที่ใช้สำหรับดึงอิเล็กตรอนในวงนอกสุดมีค่ามาก (การดึงออก e^- ยากขึ้น)



1A	2A
H 1311	
Li 520	Be 899
Na 495	Mg 735
K 419	Ca 590
Rb 409	Sr 549
Cs 382	Ba 503

3A	4A	5A	6A	7A	8A
					He 2377
B 800	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2088
Al 580	Si 780	P 1060	S 1005	Cl 1255	Ar 1527
Ga 579	Ge 761	As 947	Se 941	Br 1143	Kr 1356
In 558	Sn 708	Sb 834	Te 869	I 1009	Xe 1176
Tl 589	Pb 715	Bi 703	Po 813	At (926)	Rn 1042



สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity: EA)

“พลังงานที่ถูกคายออกมา เมื่ออะตอมในสถานะแก๊สรับอิเล็กตรอนเข้าไปในอะตอม แล้วเกิดเป็นไอออนลบ”



หมู่เดียวกัน: ค่า EA จะต่ำลง เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากอะตอมมีขนาดใหญ่ขึ้น แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีค่าลดลง

คาบเดียวกัน: ค่า EA จะสูงขึ้น เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กลง แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีค่ามากกว่าอะตอมที่มีขนาดใหญ่

- EA เป็นค่าที่ใช้วัดความง่ายของอะตอมในการที่จะรับอิเล็กตรอนเข้าไปในอะตอม แล้วเกิดเป็นไอออนลบ
- ยิ่งค่า EA ติดลบมากขึ้นเท่าใด แสดงว่าพลังงานที่ถูกคายออกมาเมื่ออะตอมรับอิเล็กตรอนเข้าไวยิ่งมีค่ามาก นั่นคืออะตอมนั้นรับอิเล็กตรอนและเกิดเป็นไอออนลบได้ง่าย



Electron Affinities (kJ/mol) of Some Representative Elements and the Noble Gases*

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H							He
73							< 0
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
60	≤ 0	27	122	0	141	328	< 0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
53	≤ 0	44	134	72	200	349	< 0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
48	2.4	29	118	77	195	325	< 0
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
47	4.7	29	121	101	190	295	< 0
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
45	14	30	110	110	?	?	< 0

อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN)

“ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้ามาหาอะตอม”

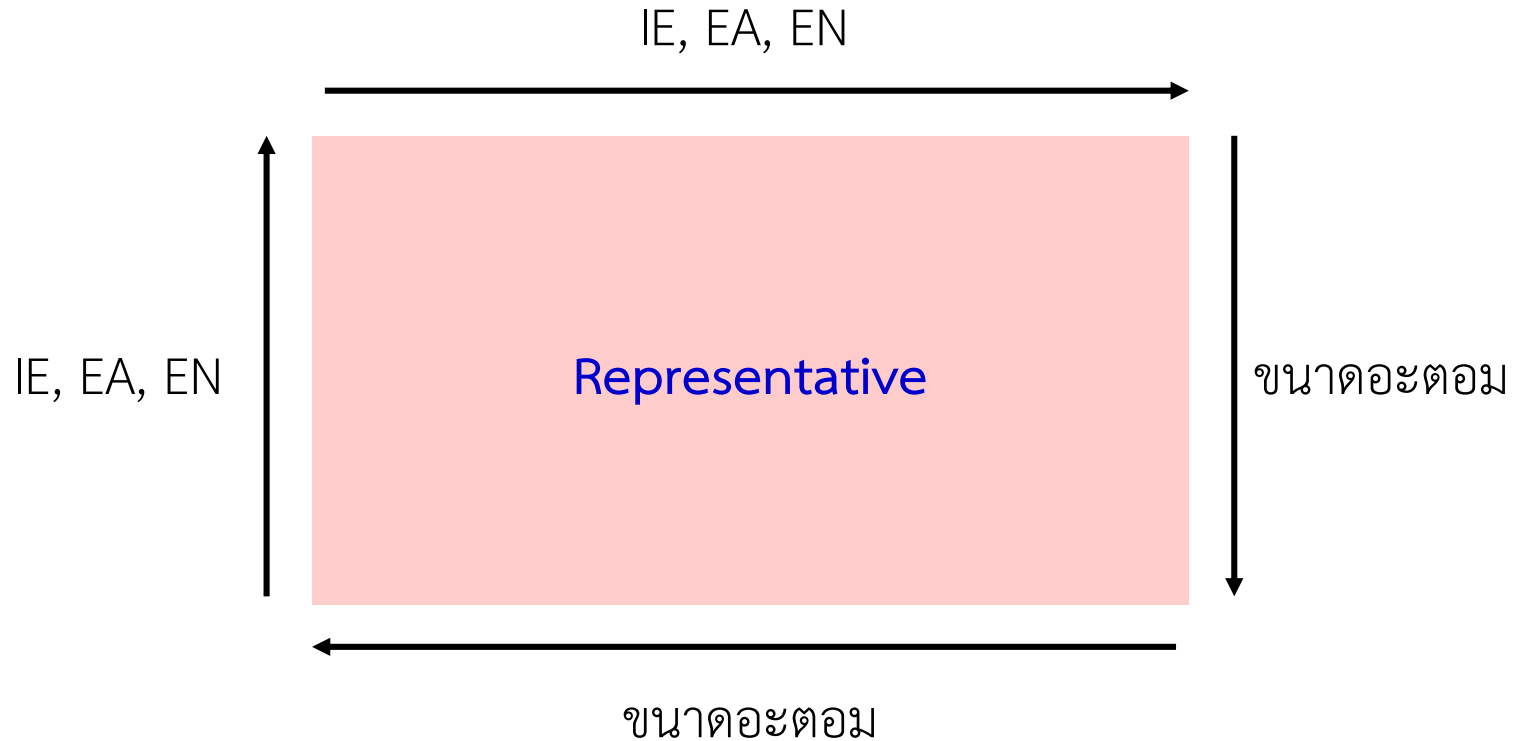
ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุต่าง ๆ

Li	Be											H	B	C	N	O	F
1.0	1.5											2.1	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl
0.9	1.2												1.5	1.8	2.1	2.5	3.0
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
0.8	1.0	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.2	2.2	2.2	1.9	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.5	
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
0.7	0.9	1.1-1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np-No											
0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.3											

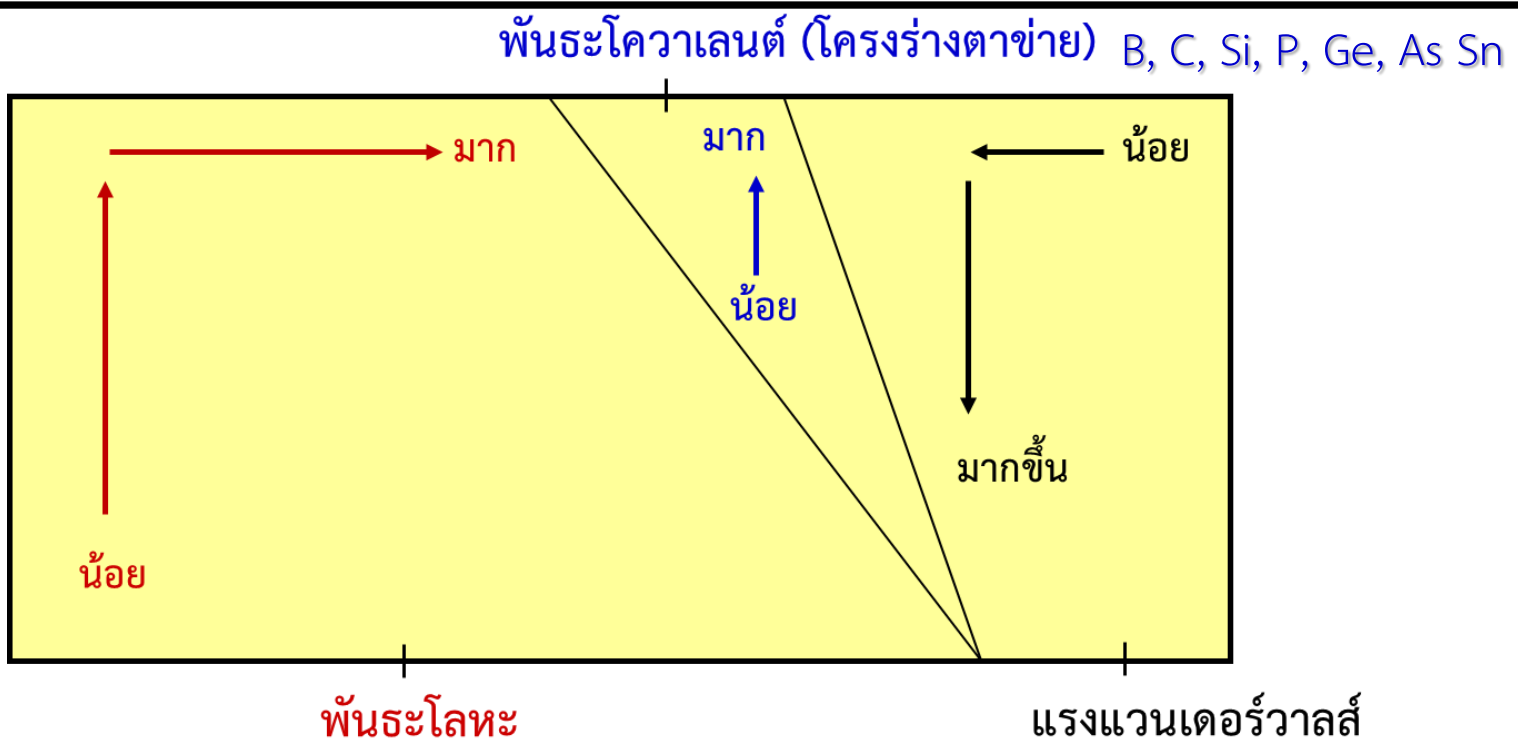
หมู่เดียวกัน: ลดลงจากบนลงล่าง

คาบเดียวกัน: เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

สรุปแนวโน้มขนาดอะตอม, IE, EA และ EN



แนวโน้มของสมบัติทางกายภาพ



- ธาตุกลุ่ม s กลุ่ม d กลุ่ม f และกลุ่ม p บางส่วนยึดกันด้วยพันธะโลหะ ซึ่งจะแข็งแรงขึ้นเมื่ออะตอมมีขนาดเล็ก
- ธาตุบริเวณทางขวา เช่น N, O, Cl ก่อพันธะโคเวเลนต์ได้เป็นโมเลกุลเดี่ยว พันธะโคเวเลนต์แข็งแรงมากโดยเฉพาะในกรณีที่มีอะตอมมีขนาดเล็ก
- โมเลกุลเดี่ยวรวมกันเป็นกลุ่มด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ซึ่งค่อนข้างอ่อน แต่ถ้าโมเลกุลมีขนาดใหญ่แรงแวนเดอร์วาลส์จะมากขึ้น

ความหนาแน่น

“ขึ้นกับ ขนาด มวลของอะตอม โครงสร้างผลึก และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน”

❖ กลุ่มโลหะ

- ธาตุทางขวามีขนาดเล็ก แต่มีมวลมากกว่า และพันธะโลหะแข็งแรงกว่า จะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุทางซ้าย

เช่น $\text{Be} > \text{Li}$ และ $\text{Ti} > \text{Ca}$ (หมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด)

- ในหมู่เดียวกัน ธาตุหนักจะมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุเบา เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มมวลเร็วกว่าการเพิ่มปริมาตร

เช่น K เลขมวล = 39

Rb เลขมวล = 85

} เพิ่มขึ้น 120%

รัศมีอะตอม = 203 pm

รัศมีอะตอม = 216 pm

} เพิ่มขึ้น 20%

ดังนั้น Rb จึงควรมีความหนาแน่นมากกว่า

- โลหะแทรนซิชัน มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง มีความหนาแน่นสูงสุด

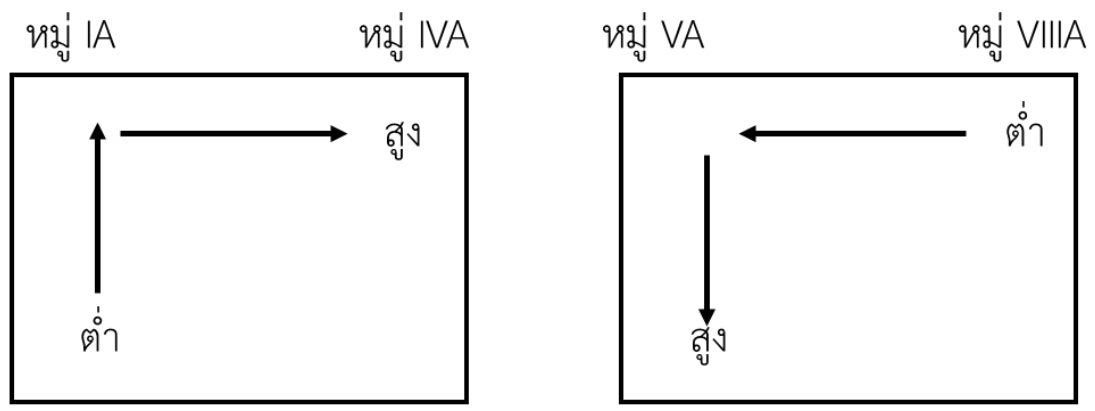
❖ โมเลกุลอะตอมเดี่ยว ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมีน้อย

❖ กลุ่มที่มีโครงสร้างตาข่าย ความหนาแน่นปานกลาง (สูงที่สุดในกลุ่ม representative)

การหลอมเหลวและกลายเป็นไอ

“เป็นการใช้พลังงานความร้อนแยกโมเลกุลที่จัดตัวเป็นระเบียบในผลึกให้ห่างกัน”

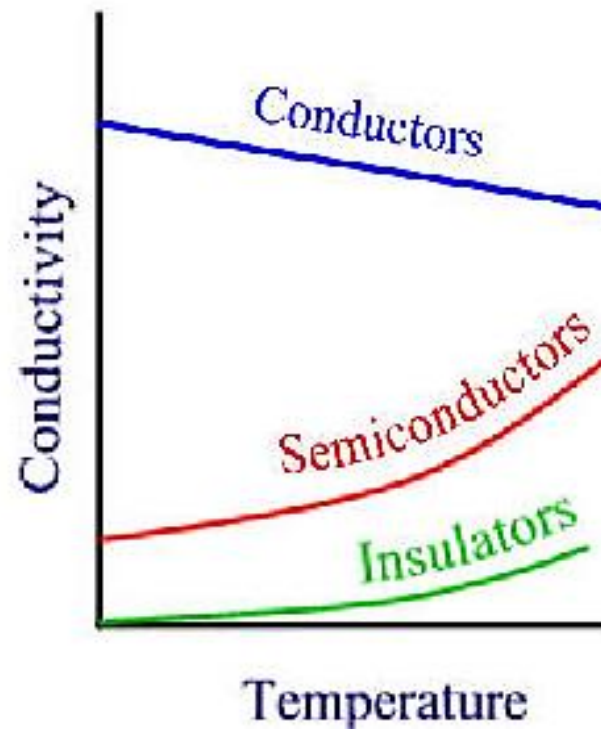
- กรณีที่มีโครงสร้างโมเลกุลเดี่ยว พลังงานความร้อนจะไปทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงขนาดอ่อน ธาตุกลุ่มนี้จึงมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างต่ำ แต่จะสูงขึ้นเมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น
- กรณีโลหะหรือพวกโครงร่างตาข่าย ต้องใช้ความร้อนทำลายพันธะโลหะหรือพันธะโคเวเลนต์ จึงต้องใช้พลังงานมากกว่า



โลหะทรานสิชัน มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงที่สุด มีความหนาแน่นสูง
รองลงมา คือ กลุ่มโครงร่างตาข่าย

การนำไฟฟ้าและความร้อน

- โลหะ เป็นตัวนำที่ดี แต่การนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- อโลหะ เป็นฉนวน มีความต้านทานสูงมาก
- กึ่งโลหะ นำไฟฟ้าได้ แต่จะนำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

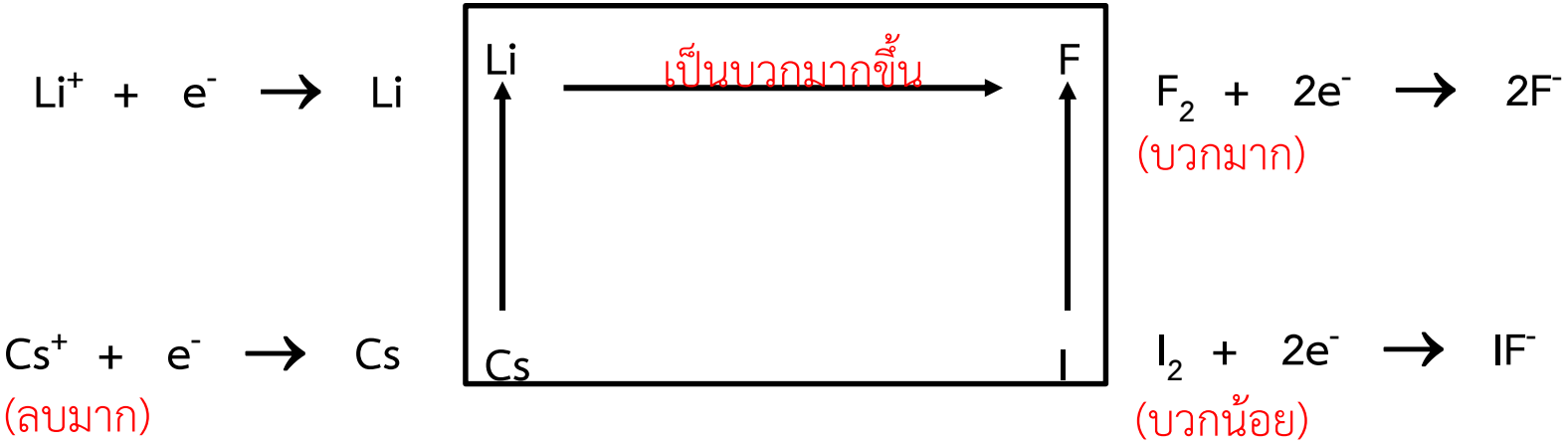


แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

❖ เลขออกซิเดชัน

- ธาตุหมู่ IA มีเลขออกซิเดชันเป็น +1
- ธาตุหมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเป็น +2
- ธาตุกลุ่มอื่นๆ ส่วนใหญ่จะมีเลขออกซิเดชันได้มากกว่าหนึ่งค่า
- อโลหะ ถ้าปรากฏเป็นไอออนลบมักแสดงเลขออกซิเดชันค่าเดียว เช่น Cl^- , S^{2-} , O^{2-} แต่ถ้าเกิดสารประกอบโคเวเลนต์อาจมีเลขออกซิเดชันค่าบวกหรือลบก็ได้

❖ ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0)



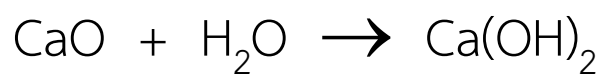
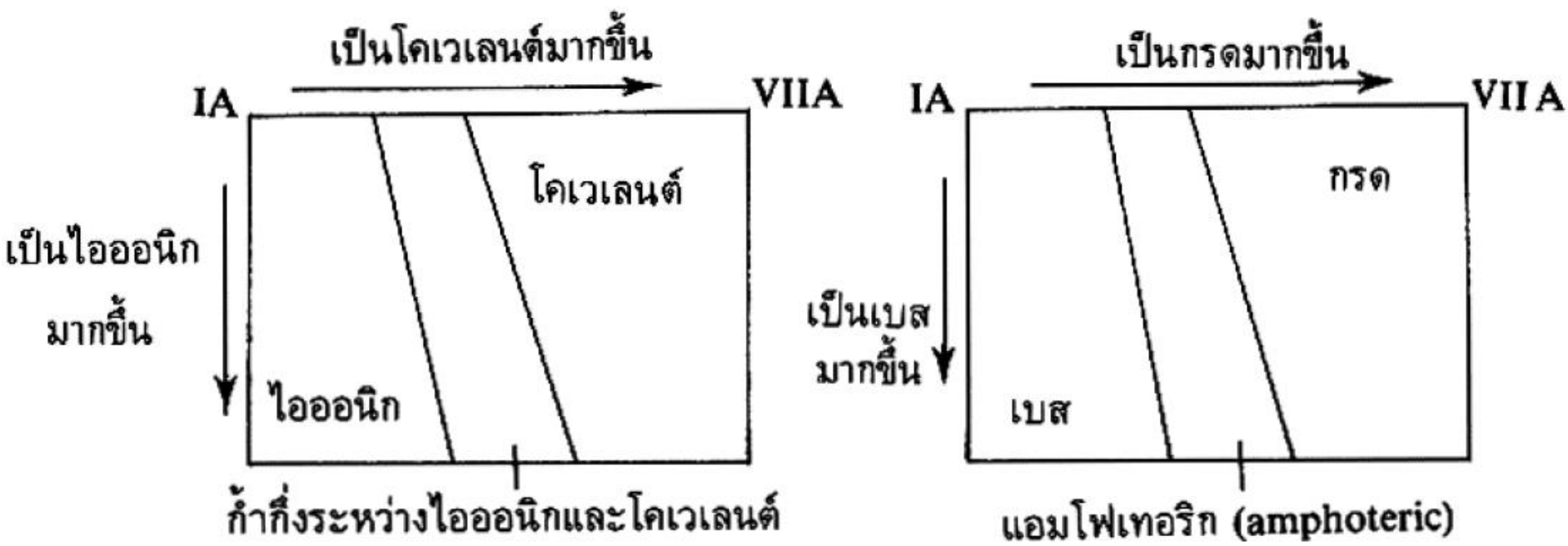
โลหะทางด้านซ้ายของตารางธาตุเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย และโลหะหนักเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีขึ้น
อโลหะเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีมากรับอิเล็กตรอนได้ดี

แนวโน้มความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ

❖ สารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์

ออกไซด์: สารประกอบระหว่างธาตุหนึ่งๆ กับออกซิเจน

ไฮดรอกไซด์: สารประกอบของ OH⁻ สูตรทั่วไปเป็น M(OH)₂



ตัวอย่าง การเปรียบเทียบความเป็นกรดเบสของธาตุในคาบที่ 3

Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
NaOH	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	H_3PO_4	H_2SO_4	HClO_4
เบสแก่	เบสอ่อน	กรดอ่อน/ เบสอ่อน	กรดอ่อน	กรดแก่ขึ้น	กรดแก่	

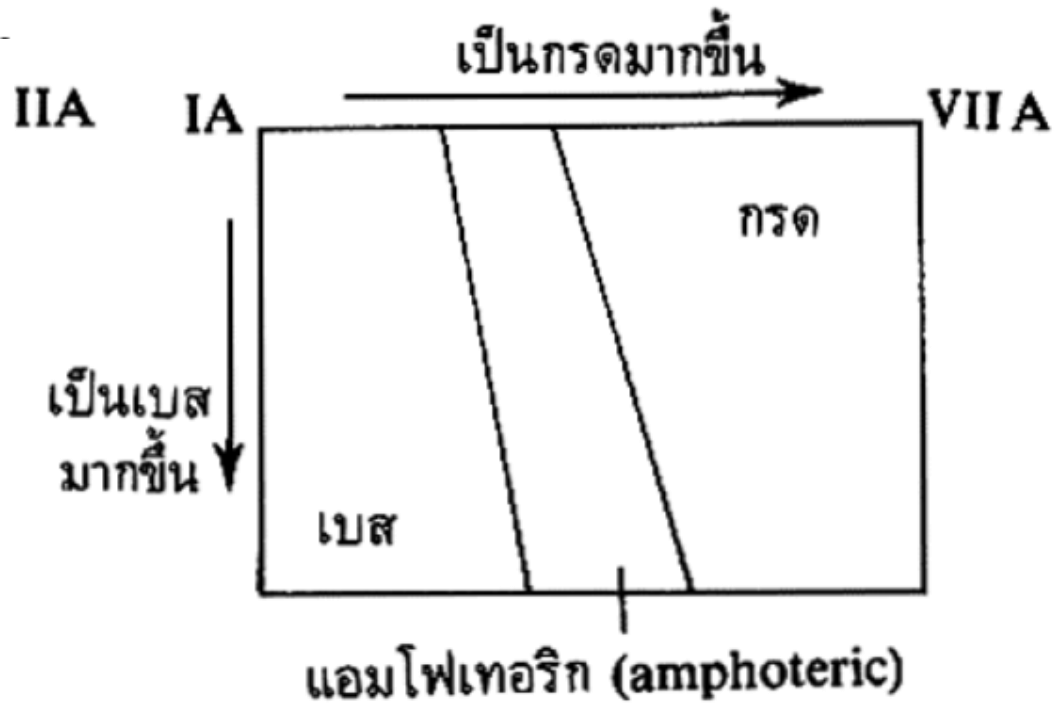
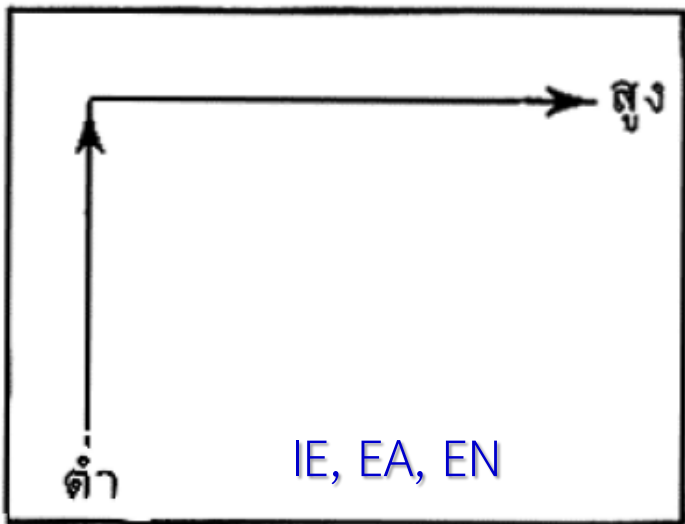
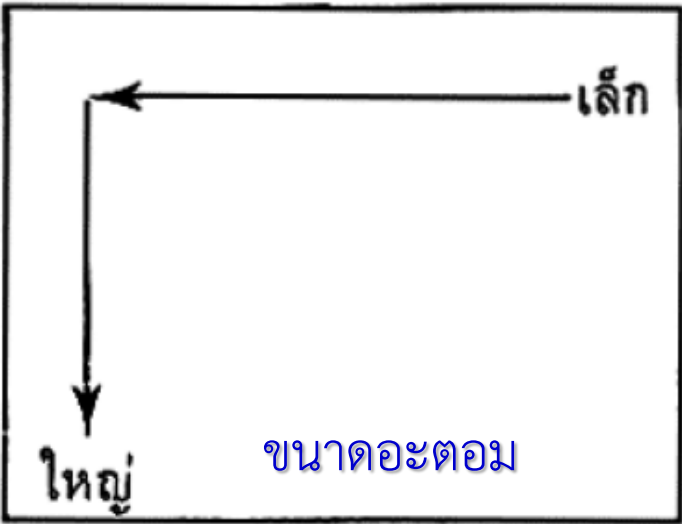
ตัวอย่าง การเปรียบเทียบความเป็นกรดเบสของธาตุในหมู่ที่ 5

N_2O_5 (HNO_3)	กรดแก่
P_4O_{10} (H_3PO_4)	กรดอ่อน
As_4O_{10} (H_3AsO_4)	กรดอ่อน
Sb_4O_6	แอมโฟเทอริก (amphoteric)
Bi_2O_3	เบสอ่อน

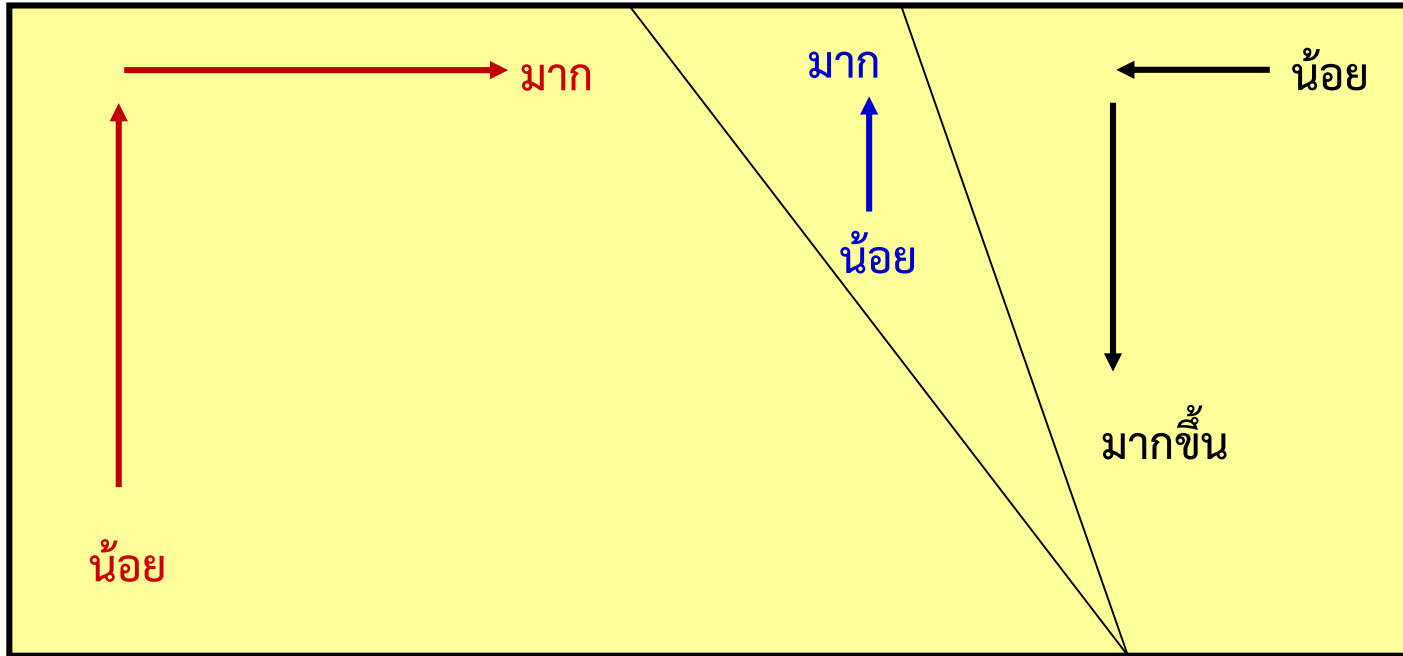
ตัวอย่าง การเปรียบเทียบความเป็นกรดเบสของธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า

ความเป็นกรด	HClO	$<$	HClO_2	$<$	HClO_3	$<$	HClO_4
	+1		+3		+5		+7

สรุปแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ



พันธะโควาเลนต์ (โครงสร้างตาข่าย)



พันธะโลหะ

แรงแวนเดอร์วาลส์