

เอกสารประกอบการบรรยาย

รายวิชา เคมีพื้นฐาน (คม105 และ 10303105)

สมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟและทรานสิชัน

- ☐ ตารางธาตุ แนวโน้ม และสมบัติธาตุ
- ☐ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ
- ☐ โลหะทรานสิชัน

อาจารย์ ดร. วีรินทร์ดา ทะปะละ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 1/2566

ตารางธาตุในปัจจุบัน

“จัดเรียงธาตุตามลำดับของเลขอะตอม จากน้อยไปมาก”

“จัดเรียงธาตุตามลำดับของเลขอะตอม จากน้อยไปมาก”

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											13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	17 F fluorine 18.998	18 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 28.086 [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 101.07(2)	44 Ru ruthenium 102.91	45 Rh rhodium 106.42	46 Pd palladium 107.87	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



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

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 232.04	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium 231.04	95 Am americium	96 Cm curium 231.04	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

113 = Nihonium (Nh)

115 = Moscovium (Mc)

117 = Tennessine (Ts)

118 = Organesson (Og)

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.

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

ลักษณะสำคัญของธาตุในตารางธาตุ

- ❑ ธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน จึงทำให้มีสมบัติเคมีคล้ายคลึงกัน
- ❑ ธาตุในหมู่ย่อย A (IA - VIIIA) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเลขที่ของหมู่ เช่น ธาตุในหมู่ IA และ IIA จะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ
- ❑ ธาตุในคาบเดียวกันมีจำนวนระดับพลังงานเท่ากัน และเท่ากับเลขที่ของคาบ
- ❑ 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

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

- ❖ ธาตุเรพรีเซนเตติฟ หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group or Representative)
ธาตุหมู่ 1A–7A ซึ่งชั้นย่อย s และ p ของเลขควอนตัมหลักสูงสุดมีอิเล็กตรอนบรรจุไม่เต็ม
- ❖ แก๊สเฉื่อย หรือแก๊สมีตระกูล (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
- ❖ ธาตุที่ไม่ใช่ทั้งเรพรีเซนเตติฟและธาตุทรานซิชัน
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

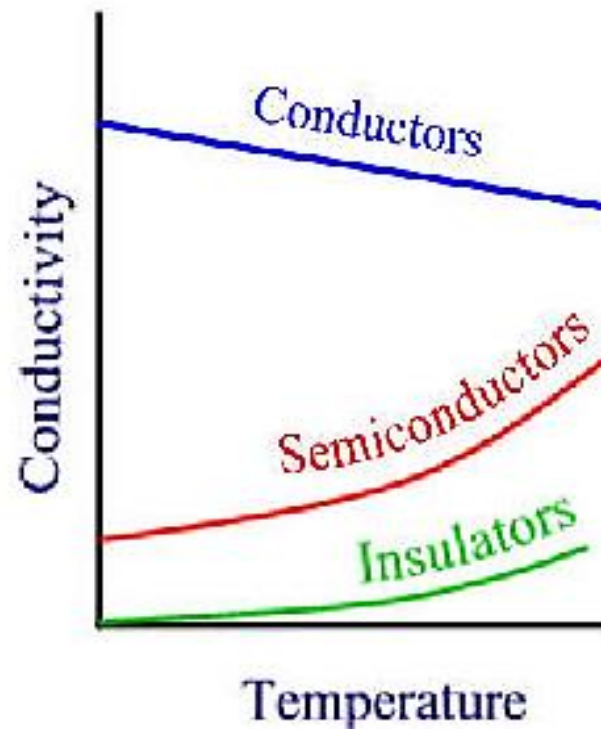
Metals	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Metalloids	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
Nonmetals														

*ธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะถูกแยกออกจากกันด้วยเส้นขั้นบันได โดยทางซ้ายของเส้นขั้นบันไดเป็นโลหะ ทางขวาของเส้นขั้นบันไดเป็นอโลหะ ส่วนธาตุที่อยู่ชิดเส้นขั้นบันไดจะมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะกับอโลหะ เรียกธาตุพวกนี้ว่า ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid)

สมบัติของโลหะ	สมบัติของอโลหะ
- มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นปรอท เป็นของเหลว - นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี - สามารถตีแผ่ให้เป็นแผ่นหรือดึงเป็นเส้นได้ - ผิวมันวาว - เคาะมีเสียงดังกังวาน - มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง	- มีทั้ง 3 สถานะที่อุณหภูมิห้อง คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส - ส่วนใหญ่นำความร้อนและไฟฟ้าไม่ดี - เปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่นหรือเส้นได้ - ผิวไม่เป็นมันวาว - เคาะไม่มีเสียงดังกังวาน - ส่วนใหญ่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ ยกเว้น คาร์บอน ซิลิกอน และกำมะถัน

การนำไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ

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



การจำแนกกลุ่มธาตุ: ชั้นย่อยที่ใช้บรรจุอิเล็กตรอนวงนอก

$$_{11}\text{Na} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \quad \text{หรือ} \quad [\text{Ne}] 3s^1$$

⇒ กลุ่ม s (s-block)

$_{17}\text{Cl} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ หรือ $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$

⇒ กลุ่ม p (p -block)

$${}_{24}\text{Cr} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5 \text{ หรือ } [\text{Ar}] 4s^1 3d^5$$

5 $\Rightarrow$ กลุ่ม d (d -block)

s-block												p-block																																		
1	2											13	14	15	16	17	18																													
1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A																													
1	1 H 1s ¹	2 He 1s 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																												
2	3 Li 2s ¹	4 Be 2s ²											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																												
3	11 Na 3s ¹	12 Mg 3s ²	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B	10 8B	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																												
<table><tr><td>58 Ce 6s²4f¹5d¹</td><td>59 Pr 6s²4f³</td><td>60 Nd 6s²4f⁴</td><td>61 Pm 6s²4f⁵</td><td>62 Sm 6s²4f⁶</td><td>63 Eu 6s²4f⁷</td><td>64 Gd 6s²4f⁷5d¹</td><td>65 Tb 6s²4f⁹</td><td>66 Dy 6s²4f¹⁰</td><td>67 Ho 6s²4f¹¹</td><td>68 Er 6s²4f¹²</td><td>69 Tm 6s²4f¹³</td><td>70 Yb 6s²4f¹⁴</td><td>71 Lu 6s²4f¹⁴5d¹</td></tr><tr><td>90 Th 7s²6d²</td><td>91 Pa 7s²5f²6d¹</td><td>92 U 7s²5f³6d¹</td><td>93 Np 7s²5f⁴6d¹</td><td>94 Pu 7s²5f⁶</td><td>95 Am 7s²5f⁷</td><td>96 Cm 7s²5f⁷6d¹</td><td>97 Bk 7s²5f⁹</td><td>98 Cf 7s²5f¹⁰</td><td>99 Es 7s²5f¹¹</td><td>100 Fm 7s²5f¹²</td><td>101 Md 7s²5f¹³</td><td>102 No 7s²5f¹⁴</td><td>103 Lr 7s²5f¹⁴6d¹</td></tr></table>																			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
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																																	
f-block																																														

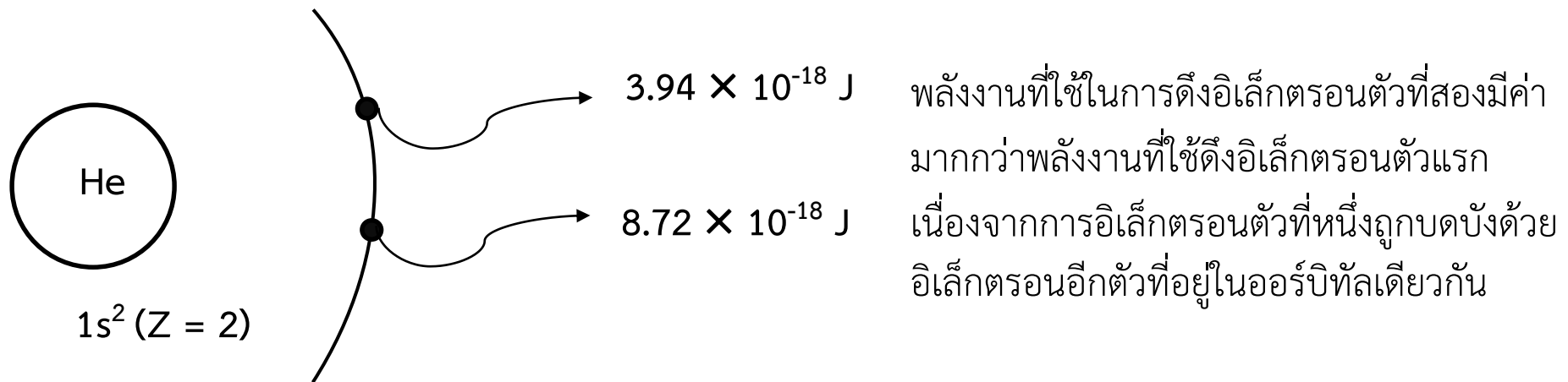
แนวโน้มและสมบัติของธาตุ

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

ประจุนิวเคลียสสุทธิ (Effective nuclear charge, Z_{eff})

“ประจুবวกที่นิวเคลียส ที่ก่อให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน ”

พิจารณาทั้งค่าประจุนิวเคลียส (Z) ของนิวเคลียสและผลจากการกำบัง (Shielding) ของอิเล็กตรอนตัวอื่นในอะตอม



การดึงอิเล็กตรอนตัวที่สองไม่มีการกำบังเพราะมีอิเล็กตรอนเหลือเพียงหนึ่งตัว ดังนั้นอิเล็กตรอนจึงรู้สึกได้ถึงอันตรกิริยาที่แท้จริงของประจุ $+2$ ที่นิวเคลียสกระทำต่ออิเล็กตรอน

พิจารณาธาตุคาบที่ 2 จากซ้ายไปขวา คือ ลิเทียม (Li) ไปจนถึงนีออน (Ne)

- ตั้งแต่ Li ถึงไปจนถึง Ne เป็นการเติมอิเล็กตรอนไปในชั้นเวเลนซ์ ขณะที่จำนวนอิเล็กตรอนในชั้นใน ($1s^2$) มีค่าเท่ากัน
- อิเล็กตรอนชั้นในที่อยู่ใกล้นิวเคลียสจะก่อบังอิเล็กตรอนที่ชั้นเวเลนซ์ได้ดีกว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนก่อบังกันเอง
- เมื่อประจุที่นิวเคลียส (Z) มีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา ค่าประจุนิวเคลียสสุทธิของธาตุที่อยู่คาบเดียวกันจึงมีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาเช่นกัน
- ธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกัน จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนถูกเติมไปยังชั้นที่มีระดับพลังงาน (n) ที่สูงขึ้น อันตรกิริยาที่ประจุที่นิวเคลียสกระทำต่อเวเลนซ์อิเล็กตรอนจึงลดลงไปเรื่อย ๆ

ค่าประจุนิวเคลียสสุทธิของธาตุคาบที่ 2								
ธาตุ	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
การจัดเรียงอิเล็กตรอน	$1s^2 2s^1$	$1s^2 2s^2$	$1s^2 2s^2 2p^1$	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^3$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6$
Z	3	4	5	6	7	8	9	10
Z_{eff}	1.28	1.91	2.42	3.14	3.83	4.45	5.10	5.76

ขนาดของอะตอม

ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม

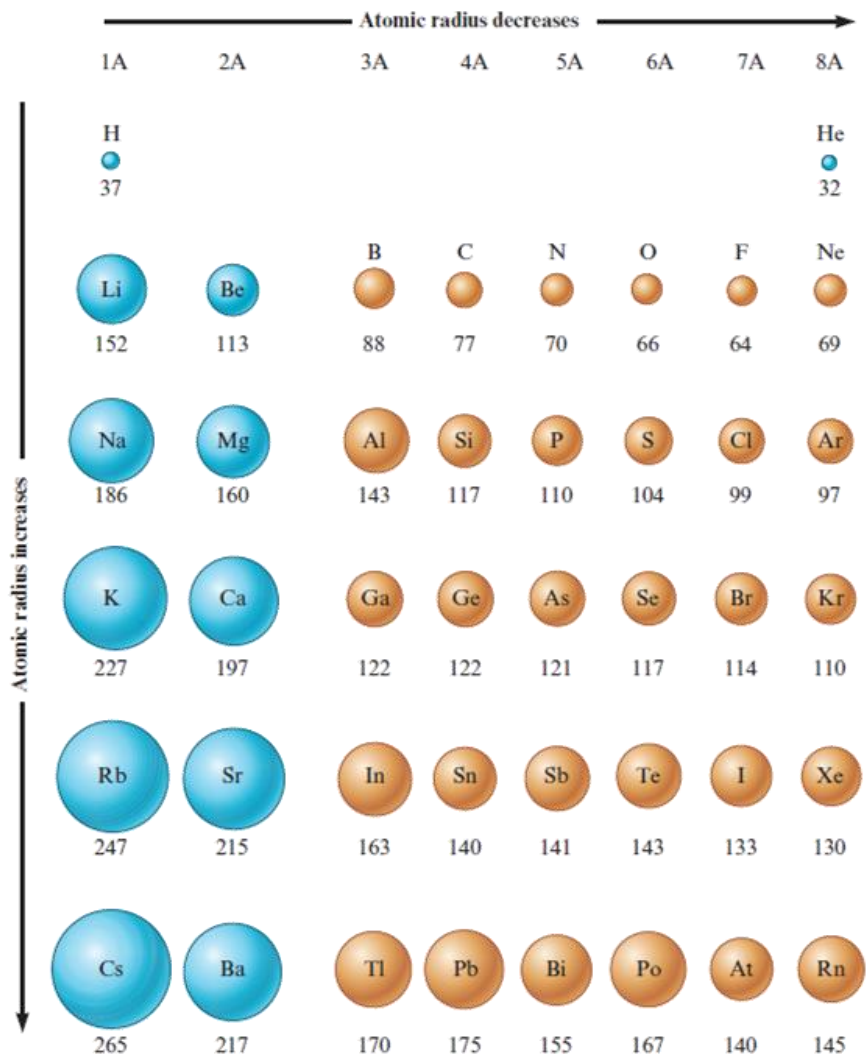
- เลขควอนตัมหลัก (n) ของเวเลนซ์อิเล็กตรอน (จำนวนชั้นของอิเล็กตรอน)
- แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน

➤ หมู่เดียวกัน: ขนาดอะตอมใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง

เช่น $Li < Na < K < Rb < Cs$
(ธาตุที่อยู่ด้านล่างมี n มาก)

➤ คาบเดียวกัน: ขนาดของอะตอมจะเล็กลงจากซ้ายไปขวา

เช่น $Li > Be > B > C > N > O > F$



ขนาดของไอออน

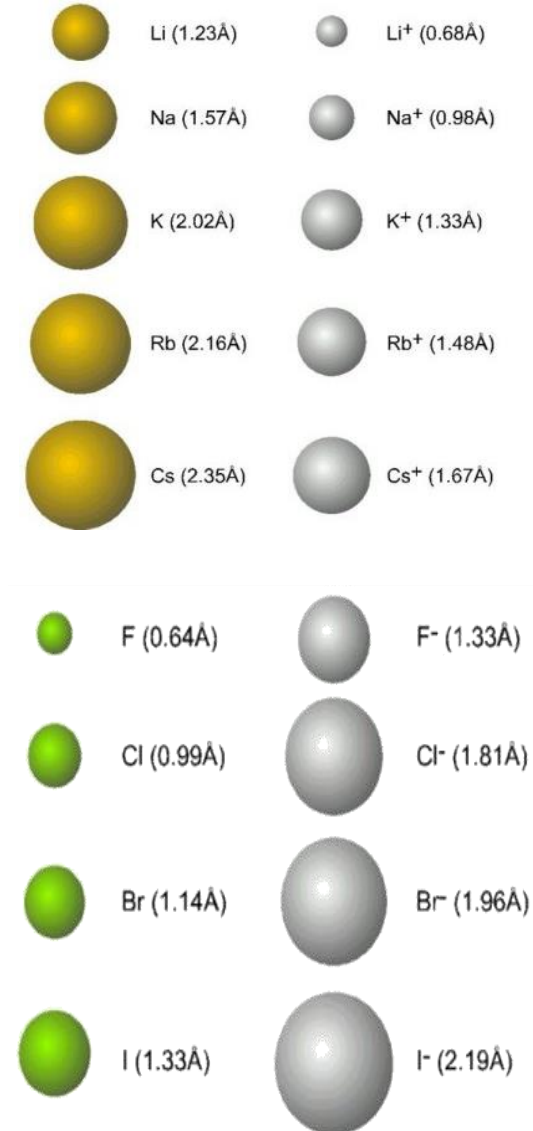
“ขึ้นกับประจุบวกของนิวเคลียส จำนวนอิเล็กตรอน และออร์บิทัลของเวเลนซ์อิเล็กตรอน”

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

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

❑ ไอออนที่มีประจุเท่ากัน รัศมีไอออนของหมู่เดียวกันจะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

❑ ไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน (isoelectronic series) ถ้าประจุของนิวเคลียสเพิ่มขึ้น ขนาดอะตอมจะเล็กลง

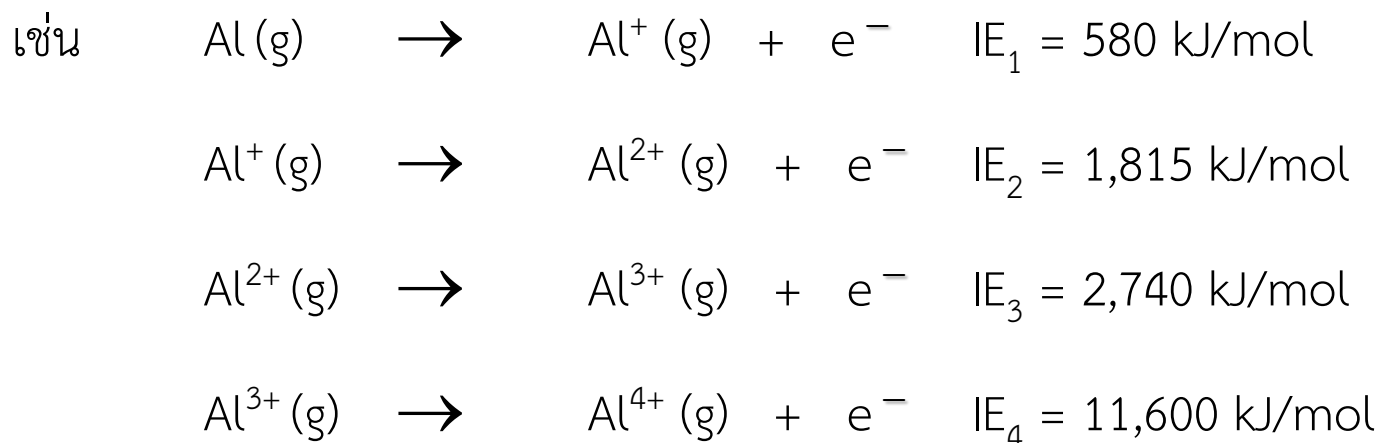


พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization energy: IE)

“พลังงานที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้เพื่อดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส”



IE เป็นค่าที่ใช้วัดความยากง่ายในการทำให้อะตอมเกิดเป็นไอออนบวก



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

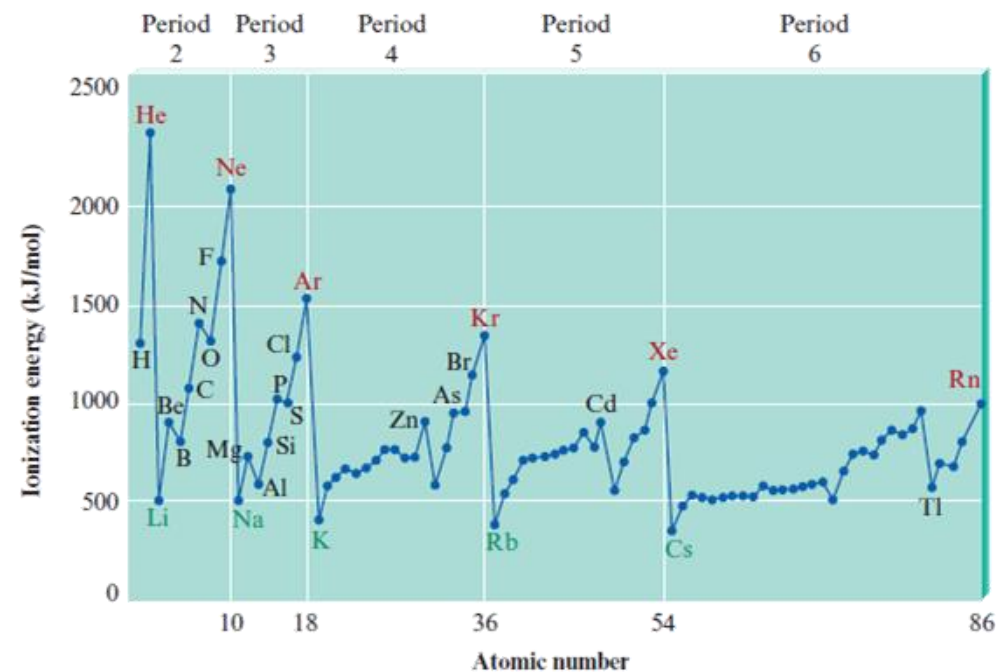
Successive Ionization Energies (kJ/mol) for the Elements in Period 3

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.

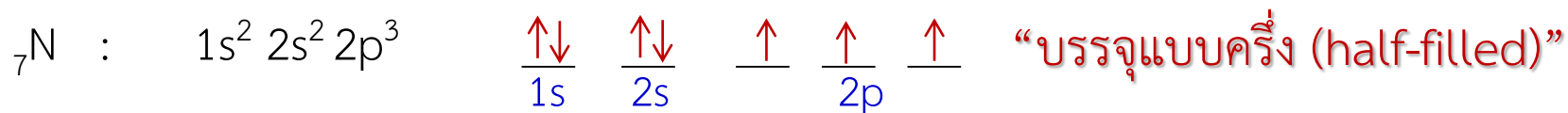
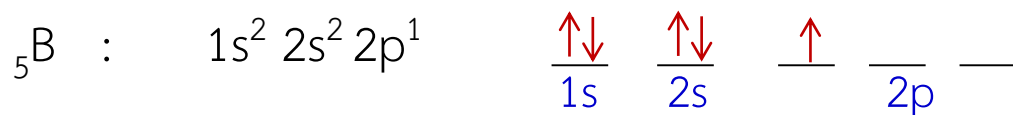
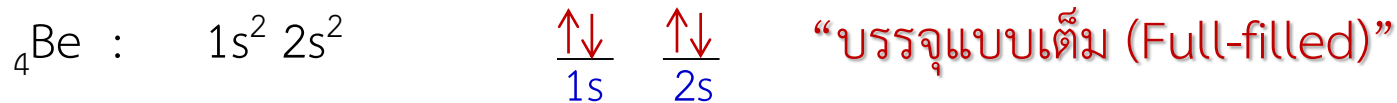
หมู่เดียวกัน: ค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง เนื่องจากขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น พลังงานที่ใช้สำหรับการดึงอิเล็กตรอนในวงนอกสุดจึงมีค่ามีค่าน้อย (สามารถดึง e^- ออกได้ง่าย)

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”

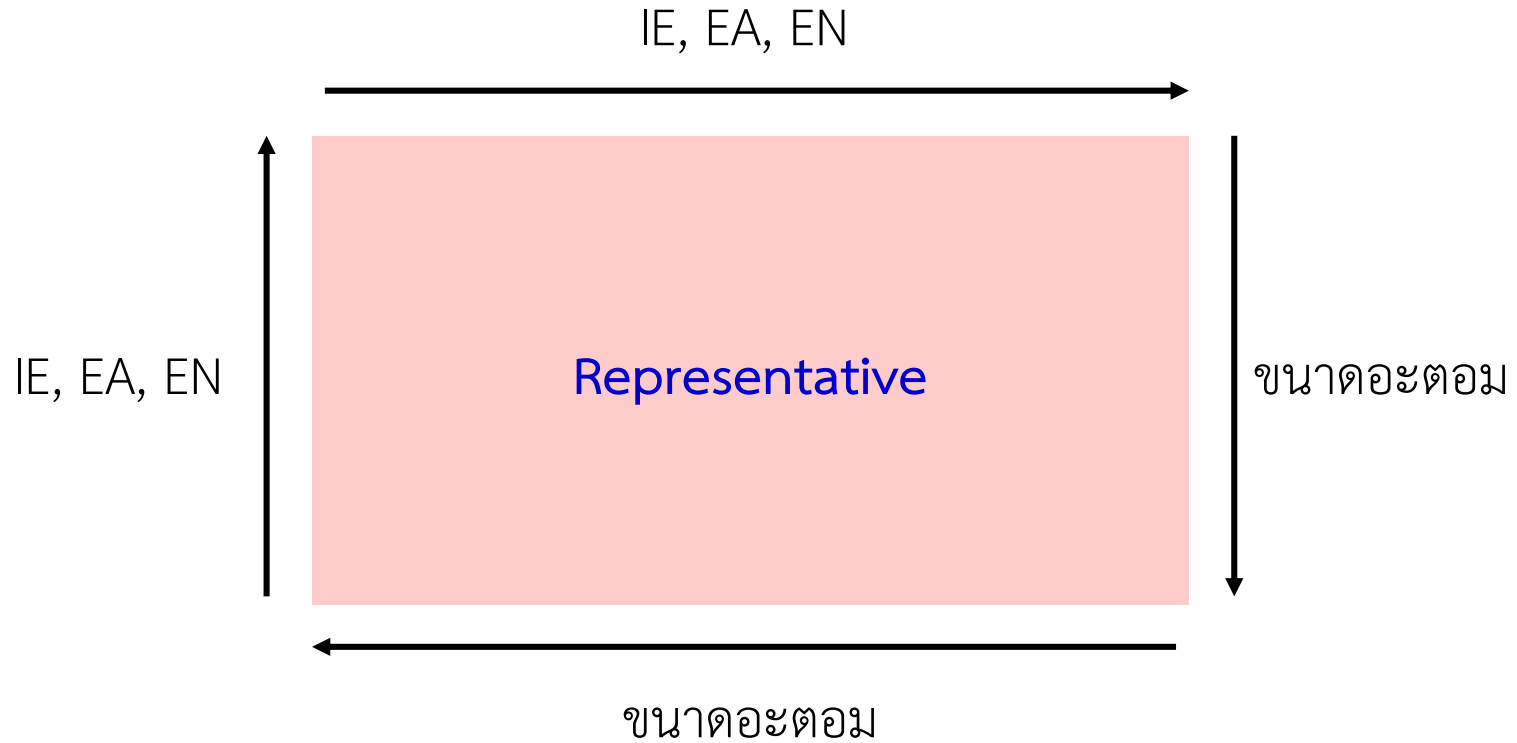
ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุต่าง ๆ

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											

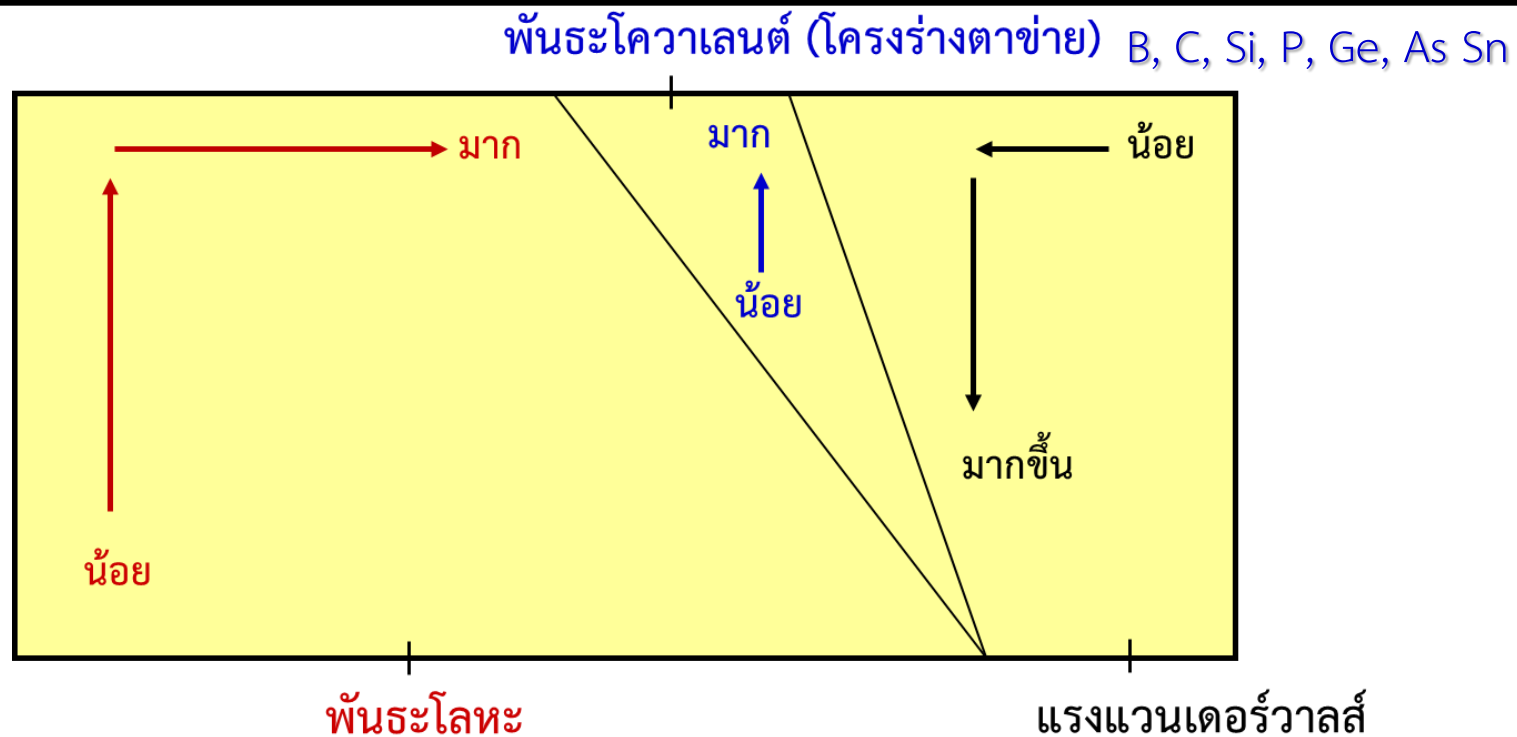
หมู่เดียวกัน: ลดลงจากบนลงล่าง

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

- ธาตุที่อยู่ทางขวามือของตารางธาตุจะมีขนาดเล็ก แต่มีน้ำหนักอะตอมมากกว่า และยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะที่แข็งแรงกว่า ดังนั้นจึงมีความหนาแน่นสูงกว่าธาตุที่อยู่ทางซ้าย เช่น $Be > Li$ และ $Ti > Ca$
(หมู่ 1A มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ส่วนธาตุทรานซิชันมีความหนาแน่นสูงที่สุด)

- ในหมู่เดียวกันจะพบว่าธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมมากกว่าซึ่งอยู่ด้านล่างของหมู่จะมีความหนาแน่นสูงกว่า เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักอะตอมมีค่าสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาตรมาก **ความหนาแน่นของธาตุหมู่เดียวกันเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง**

เช่น	K	เลขมวล = 39	} เพิ่มขึ้น 120%	รัศมีอะตอม = 203 pm	} เพิ่มขึ้น 20%
	Rb	เลขมวล = 85		รัศมีอะตอม = 216 pm	

ดังนั้น Rb จึงมีความหนาแน่นมากกว่า K

❖ **โมเลกุลอะตอมเดี่ยว** ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมีน้อย

❖ **กลุ่มที่มีโครงสร้างตาข่าย** ความหนาแน่นปานกลาง (สูงที่สุดในกลุ่ม representative)

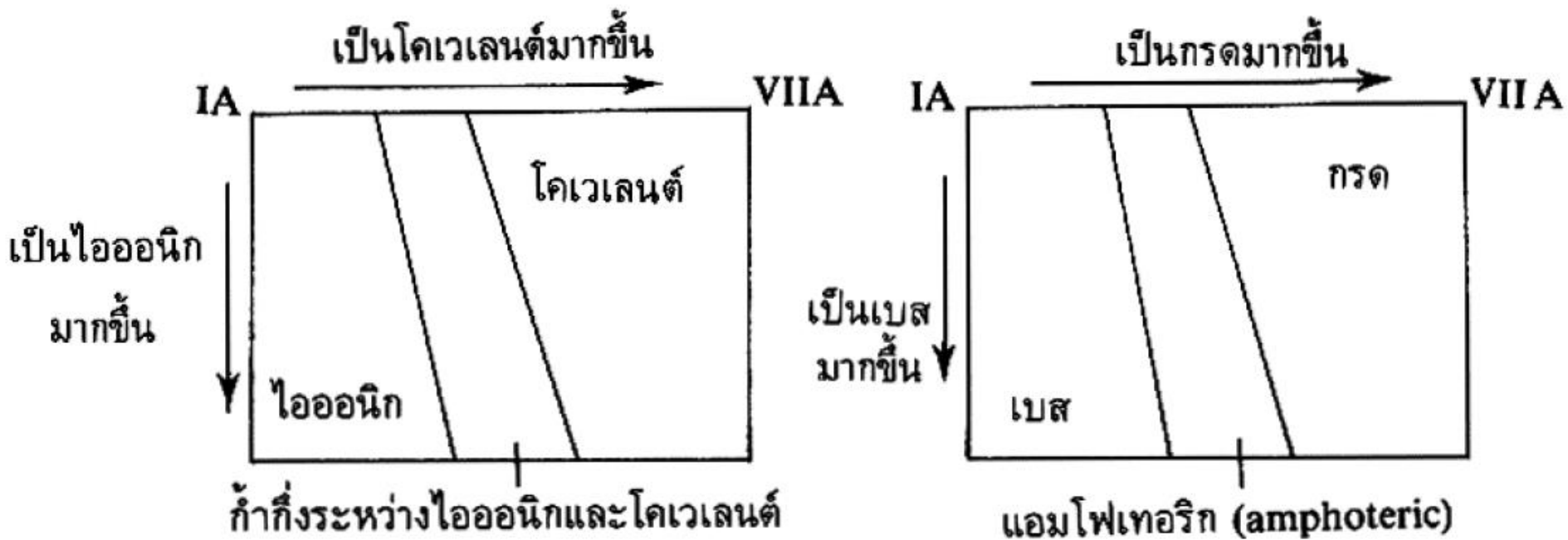
แนวโน้มของสมบัติทางเคมี

❖ เลขออกซิเดชัน

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

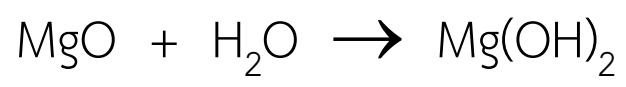
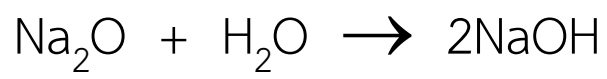
H -1,+1							He 0
Li +1	Be +2	B +3	C +4	N -3,-2,-1,0,+1,+2,+3,+4,+5	O -1,-2	F -1	Ne 0
Na +1	Mg +2	Al +3	Si +4	P -3,+1,+3+5	S -2,+2,+4+6	Cl -1,+1,+3,+5,+7	Ar 0
K +1	Ca +2	Ga +3	Ge +4	As -3,+3+5	Se -2,+2,+4+6	Br -1,+1,+3,+5	Kr 0
Rb +1	Sr +2	In +1,+3	Sn +2,+4	Sb -3,+3+5	Te +2,+4+6	I -1,+1,+3,+5,+7	Xe 0,+2,+4,+6
Cs +1	Ba +2	Tl +1,+3	Pb +2,+4	Bi +3	Po +2,+4	At -1	

❖ ความเป็นกรด-เบสของสารประกอบออกไซด์



- แนวโน้มของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันมีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาของตารางธาตุ ดังนั้นสารประกอบออกไซด์ของธาตุที่อยู่ทางซ้ายของตารางธาตุจึงเป็นสารไอออนิก และธาตุที่อยู่ทางขวาของตารางธาตุจะมีความเป็นโคเวเลนต์มากขึ้น
- ธาตุที่อยู่หมู่เดียวกันค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมีค่าลดลงจากบนลงล่าง ดังนั้นความเป็นไอออนิกของธาตุที่อยู่ด้านล่างของตารางธาตุจะมากขึ้น

■ พิจารณาการละลายของสารประกอบออกไซด์ของธาตุหมู่ 1A และ 2A คือ Na_2O และ MgO



สารประกอบออกไซด์ของธาตุที่อยู่ทางซ้ายของตารางธาตุมีสมบัติเป็นเบส

■ สารประกอบออกไซด์ของธาตุที่อยู่ทางขวาของตารางธาตุมีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากธาตุทางขวาของตารางธาตุมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง ดังนั้นจึงดึงดูดคู่อิเล็กตรอนที่อยู่ระหว่างออกซิเจนได้มาก ส่งผลให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนที่อยู่รอบ ๆ ออกซิเจนน้อยลงทำให้ความสามารถในการให้คู่อิเล็กตรอนแก่อะตอมอื่นลดลงจึงมีสมบัติความเป็นเบสลดลง (ตามนิยามกรด-เบสของลิวอิส)

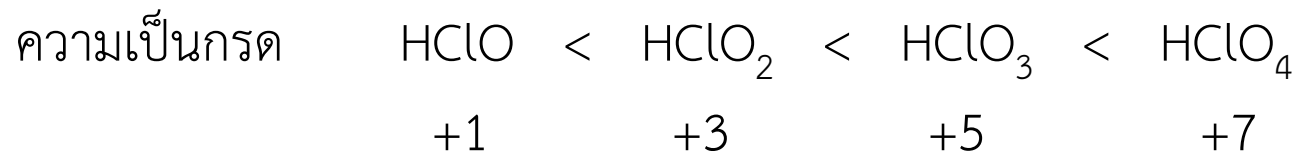
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
NaOH	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	H_3PO_4	H_2SO_4	HClO_4
เบสแก่	เบสอ่อน	กรดอ่อน/เบสอ่อน	กรดอ่อน	กรดแก่ขึ้น	กรดแก่	

■ กรณียของธาตุที่อยู่หมู่เดียวกัน ธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมมากขึ้นความเป็นเบสจะมากขึ้น

N_2O_5 (HNO_3)	กรดแก่
P_4O_{10} (H_3PO_4)	กรดอ่อน
As_4O_{10} (H_3AsO_4)	กรดอ่อน
Sb_4O_6 หรือ Sb_2O_3	กรดอ่อน/เบสอ่อน
Bi_2O_3	เบสอ่อน

สารประกอบ Al_2O_3 และ Sb_4O_6 หรือ Sb_2O_3 เป็นได้ทั้งกรดและเบส
เรียกสารที่แสดงสมบัตินี้ว่า “แอมโฟเทอริก (Amphoteric)”

■ กรณียของธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า ธาตุที่มีเลขออกซิเดชันมากจะมีความเป็นกรดมากขึ้น



ธาตุเรพรีเซนเททีฟ

ธาตุเรพรีเซนเททีฟ (Representative element) หรือ ธาตุหมู่หลัก (Main group element) คือ ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนบรรจุใน s - และ p -orbital โดยที่ใน d - และ f -orbital อาจจะไม่มียอิเล็กตรอนอยู่เลย หรือมีบรรจุอยู่เต็มหมดแล้ว

IA								VIIIA
H	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	He	
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po*	At*	Rn	
Fr*	Ra*							

“ความเป็นโลหะของธาตุลดลงจากซ้ายไปขวา (คาบเดียวกัน)”

“ความเป็นโลหะของธาตุลดลงจากซ้ายไปขวา (คาบเดียวกัน)
และ เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง (หมู่เดียวกัน)”

- สารประกอบไม่มีสี



Sodium chloride: NaCl



Barium sulfate: BaSO_4



Potassium chlorate: KClO_3

- การทดสอบเปลวไฟ (Flame test)

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



Na^+



Ba^{2+}



K^+

ธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen) “ไม่มีตำแหน่งในตารางธาตุที่เหมาะสมที่สุด”

IA

H
Li
Na
K
Rb
Cs
Fr*

- ธาตุไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล รองลงมาคือฮีเลียม (He)
- มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ $-252.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ จุดเดือดเท่ากับ $-259.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ธาตุไฮโดรเจนจะอยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจน (H_2) คล้ายกับธาตุฮาโลเจน (X_2) ซึ่งจัดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงไม่ละลายน้ำที่จัดเป็นโมเลกุลมีขั้ว
- แก๊สไฮโดรเจน (H_2) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และเป็นแก๊สที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด

สมบัติของไฮโดรเจนจะมีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกับโลหะหมู่ 1A และ ธาตุฮาโลเจนหมู่ 7A

สมบัติที่คล้ายกับโลหะหมู่ 1A

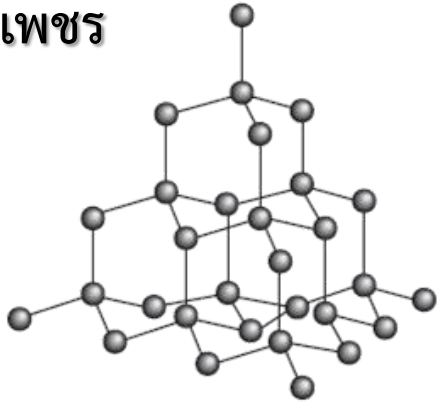
- มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็นแบบ $1s^1$ เหมือนกับโลหะหมู่ 1A $\Rightarrow$ เกิดเป็น H^+ ได้
- สามารถเกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้เป็นสารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น HX โดยชนิดของพันธะใน HX เป็นพันธะโควาเลนต์ ในขณะที่ธาตุหมู่ 1A เกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้สารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น MX ซึ่งชนิดของพันธะใน MX เป็นพันธะไอออนิก

สมบัติที่คล้ายกับโลหะหมู่ 7A

- ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ธาตุไฮโดรเจนจะอยู่ในรูปโมเลกุลของแก๊ส โดยที่หนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยสองอะตอม (diatomic molecule) ซึ่งเหมือนกับ X_2 ของฮาโลเจน
- มีสมบัติเป็นอโลหะ คือ มีค่า IE และ EN สูง
- เมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะจะสามารถรับอิเล็กตรอนเกิดเป็น “ไฮไดรด์ (hydride, H^-)” เกิดเป็นสารประกอบกับโลหะหมู่ 1A เช่น LiH และ NaH

โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอน

เพชร



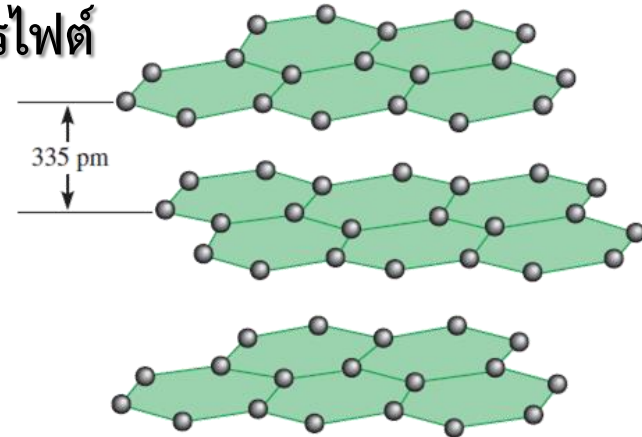
- sp^3 -C เชื่อมอยู่กับ C อื่นอีก 4 อะตอมแบบทรงสี่หน้า (Tetrahedral)
- โครงข่ายสามมิติต่อเนื่องไม่สิ้นสุด
- มีความแข็งแรง
- มีจุดหลอมเหลวสูงมาก (3550 °C)

ฟูลเลอรีน (Fullerenes, C_{60})



C 60 อะตอม เชื่อมต่อกันเป็นวงแหวนหกเหลี่ยม และวงแหวนห้าเหลี่ยม มีลักษณะเป็นทรงกลมกลวงคล้ายลูกฟุตบอล

แกรไฟต์



- sp^2 -C แต่ละ C ต่อกันเป็นรูปหกเหลี่ยมและเชื่อมกับ C อื่นอีก 3 อะตอม
- นำไฟฟ้าได้ดีในทิศทางตามแนวระนาบของ C เนื่องจากมีออร์บิทัล p ที่ใช้ในการสร้างพันธะไพ ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในแต่ละชั้น
- แต่ละชั้นยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ที่อ่อนทำให้เลื่อนผ่านกันได้ง่าย แกรไฟต์จึงมีความลื่นและถูกใช้เป็นสารหล่อลื่น ไส้ดินสอ และหมึกสำหรับเครื่องพิมพ์

ธาตุฮาโลเจน (Halogen, 7A)

ธาตุ	F	Cl	Br	I
สี (X_2)	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	น้ำตาล	ม่วงเข้ม
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	- 223	- 102	- 7	+114
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	- 188	- 34	+ 59	+ 185

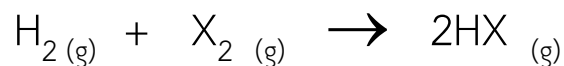


- ธาตุฮาโลเจนสามารถเกิดเป็นสารประกอบระหว่างธาตุฮาโลเจนด้วยกันเอง (Interhalogen) ได้ เกิดเป็นโมเลกุลโควาเลนต์ เช่น ICl และ BrF_3
- โมเลกุลของธาตุที่มีขนาดเล็กกว่า จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮไลต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ เนื่องจากมีค่า EN น้อยกว่า

$$\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2 \text{ (สีส้มหรือสีน้ำตาลใน CCl}_4\text{)}$$

$$\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2 \text{ (สีชมพูหรือสีม่วง CCl}_4\text{)}$$

$$\text{Br}_2 + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{Br}^- + \text{I}_2$$
- ทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนเกิดเป็นสารประกอบ “ไฮโดรเจนไฮไลต์ (hydrogen halide)” ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ โดย HF เป็นกรดอ่อน ส่วน HCl , HBr และ HI เป็นกรดแก่



แก๊สมีตระกูล (Noble gas, 8A)

- มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิและความดันปกติ โดย 1 โมเลกุลจะมีเพียง 1 อะตอม (monoatomic gas) ซึ่งทุกชนิดไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
- ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ “แก๊สเฉื่อย (inert gas)”
- Xe, Kr และ Rn สามารถทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบได้ เช่น XeF_4 , XeO_3 , XeO_4 , XeOF_4 , KrF_2 และ HArF

โลหะทรานซิชัน

ธาตุทรานซิชัน (transition element) คือ ธาตุหรือไอออนที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดใน d -orbital โดยที่อิเล็กตรอนจำนวนนั้นต้องไม่เต็มใน d -orbital

	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B
1 st row transition elements (3d)	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
2 nd row transition elements (4d)	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd
3 rd row transition elements (5d)	57- 71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg
4 th row transition elements (6d)	89- 103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn

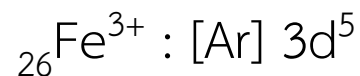
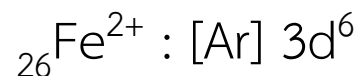
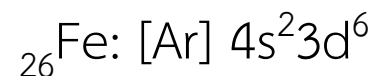
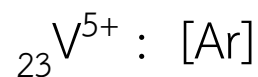
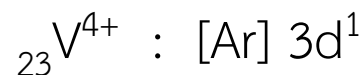
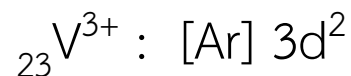
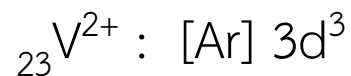
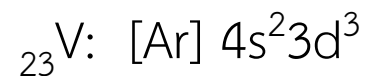
Inner transition

Lanthanide	57 La	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
Actinide	89 Ac	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

การจัดเรียงอิเล็กตรอน (Electron configuration)

Scandium	$_{21}\text{Sc}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^1$	
Titanium	$_{22}\text{Ti}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^2$	
Vanadium	$_{23}\text{V}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^3$	
Chromium	$_{24}\text{Cr}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^1 3d^5$	การบรรจุแบบครึ่ง (half-filled)
Manganese	$_{25}\text{Mn}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^5$	
Iron	$_{26}\text{Fe}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^6$	
Cobalt	$_{27}\text{Co}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^7$	
Nickel	$_{28}\text{Ni}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^8$	
Copper	$_{29}\text{Cu}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10} \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$	การบรรจุแบบเต็ม (full-filled)
Zinc	$_{30}\text{Zn}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} \Rightarrow [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$	

การเกิดเป็นไอออนบวก (อะตอมสูญเสีย e⁻)



3d e⁻ หลุดออกทีหลัง 4s e⁻ เพราะ 3d orbital มีอำนาจการทะลุทะลวง (penetrate) ดีกว่า 4s orbital ทำให้ 3d e⁻ เข้าใกล้นิวเคลียสได้มากกว่า 4s e⁻

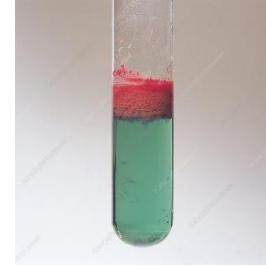
สมบัติทั่วไปของธาตุทรานซิชัน

- ธาตุทรานซิชันที่อยู่ในหมู่เดียวกันจะมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพคล้ายกัน

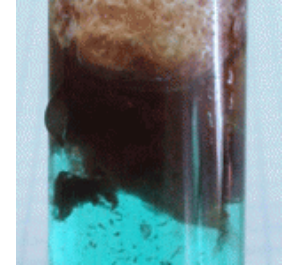
- มีแนวโน้มเกิดเป็นสารเชิงซ้อน หรือ สารประกอบโคออร์ดิเนชัน (coordination compound)



$[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$



$[\text{Ni}(\text{DMG})_2]$



$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

- มีสมบัติการเป็นแม่เหล็ก
- ธาตุทรานซิชันมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับ ออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ซึ่งจะเคลือบเป็นผิวด้านนอกของโลหะเอาไว้ ทำให้ทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับกรดได้ดีขึ้น เช่น Fe_2O_3 และ Cr_2O_3 เป็นต้น โดย Cr นิยมใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวโลหะชนิดอื่น เพื่อป้องกันการผุกร่อนรวมทั้งการเคลือบโครเมียม (chromium plating)



กรณี Au, Ag, Pt และ Pd จะไม่เกิดออกไซด์

- ธาตุทรานซิชันมีความหนาแน่นสูง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง และมีค่าความร้อนของการหลอมและการกลายเป็นไอ มากกว่าโลหะอัลคาไลน์และโลหะอัลคาไลน์เอิร์ธ เนื่องจากมีขนาดของอะตอมและไอออนเล็ก และโครงสร้างแบบจัดเรียงตัวชิดที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีลักษณะพันธะเป็นพันธะโลหะที่แข็งแรง
- ธาตุทรานซิชันมีนำไฟฟ้าและความร้อนสูง โดย Ag เป็นตัวนำที่ดีที่สุด และ Cu รองลงมา

สมบัติทางกายภาพของธาตุ K ถึง Zn

	1A	2A	Transition Metals								2B	
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Atomic radius (pm)	227	197	162	147	134	130	135	126	125	124	128	138
Melting point (°C)	63.7	838	1539	1668	1900	1875	1245	1536	1495	1453	1083	419.5
Boiling point (°C)	760	1440	2730	3260	3450	2665	2150	3000	2900	2730	2595	906
Density (g/cm³)	0.86	1.54	3.0	4.51	6.1	7.19	7.43	7.86	8.9	8.9	8.96	7.14

- สารประกอบส่วนใหญ่มีสี (ยกเว้นหมู่ 3B) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p ไม่มีสี

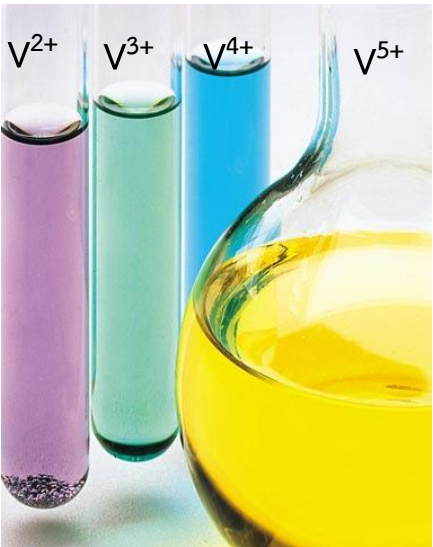
ตัวอย่างสีของสารละลายของ
โลหะไนเตรตบางตัว: $M(\text{NO}_3)_x$

ไอออนของโลหะ	สีของสารละลายในน้ำ
Cr^{3+}	น้ำเงินเข้ม
Mn^{2+}	ชมพูอ่อน
Fe^{2+}	เขียวอ่อน
Fe^{3+}	น้ำตาลเหลือง
Co^{2+}	ชมพู
Ni^{2+}	เขียว
Cu^{2+}	น้ำเงิน

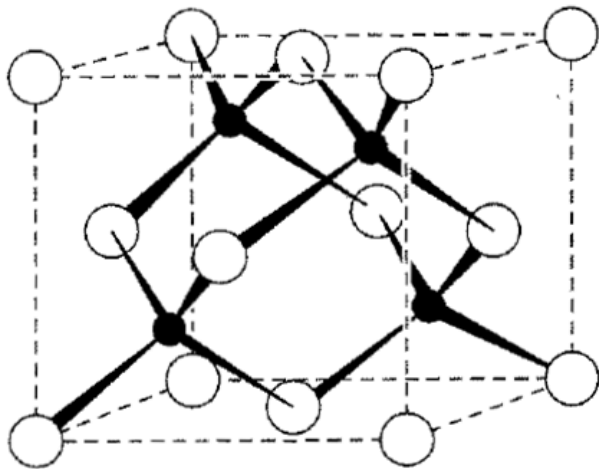


■ มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ยกเว้นหมู่ 3B

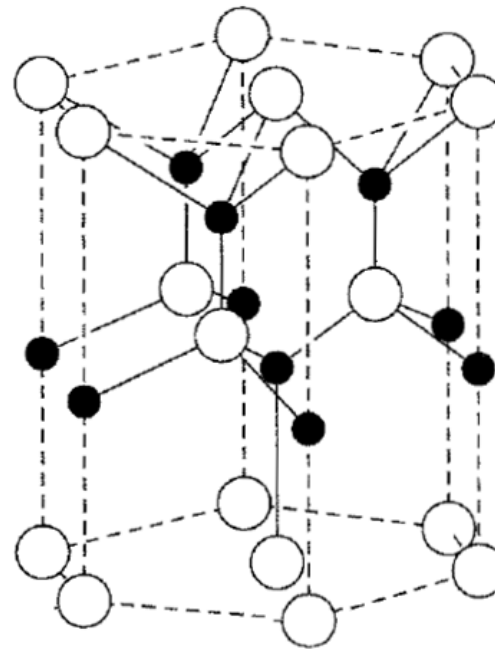
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
				+7				
			+6	+6	+6			
		+5	+5	+5	+5			
	+4	+4	+4	+4	+4	+4		
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
								+1



ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide)

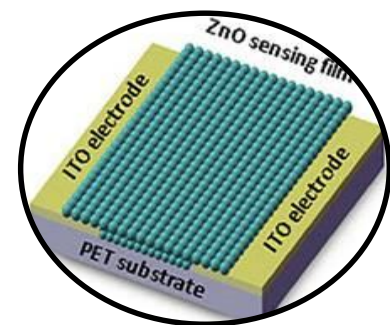


Zinc blend

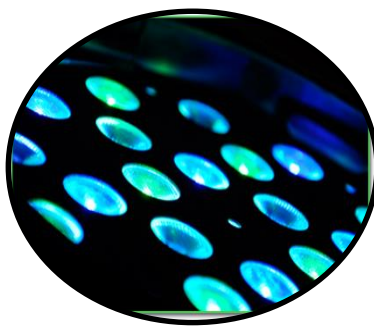


Wurtzite

การประยุกต์ใช้



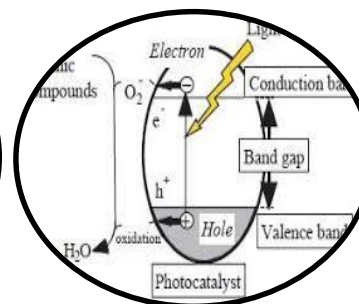
Sensor



LED



Cream/Lotion



Photocatalyst



Solar Cell