

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา คม331 เคมีอนินทรีย์ 1

สมบัติทางเคมีของธาตุเรพรีเซนทีฟ (Chemistry of representative elements)

- ☐ ธาตุหมู่ IA-VIIIA
- ☐ สารประกอบของธาตุหมู่ IA-VIIIA
- ☐ สมบัติต่างๆ ของธาตุหมู่ IA-VIIIA

อาจารย์ ดร. วีรินทร์ดา ทะปะละ
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

s-block

p-block

IUPAC Periodic Table of the Elements

Key:

atomic number
Symbol
name
conventional atomic weight
standard atomic weight

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]	2
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33
87 Fr francium	88 Ra radium

3 Sc scandium 44.956	4 Ti titanium 47.867	5 V vanadium 50.942	6 Cr chromium 51.996	7 Mn manganese 54.938	8 Fe iron 55.845(2)	9 Co cobalt 58.933	10 Ni nickel 58.693	11 Cu copper 63.546(3)	12 Zn zinc 65.38(2)
39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	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
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
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

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
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
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)
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
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
113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganeson

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	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.

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

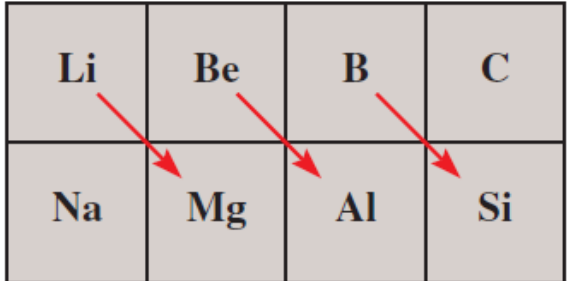
IA		VIII A					
	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	He
H							
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

“ความเป็นโลหะของธาตุลดลงจากซ้ายไปขวา (คาบเดียวกัน) และ เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง (หมู่เดียวกัน)”

สมบัติของโลหะ	สมบัติของอโลหะ
1. เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้น พรอท เป็นของเหลว 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 เว้น แกรไฟต์ 4. เคาะจะไม่มีเสียงกังวาน 5. ส่วนมากเปราะ ไม่สามารถตีเป็นแผ่นหรือเส้นได้ 6. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ ยกเว้น คาร์บอน ซิลิกอน และกำมะถัน (โครงร่างผลึกโควาเลนต์) 7. มีความหนาแน่นต่ำ

- ธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกัน คือมีโครงสร้างอิเล็กตรอนวงนอกสุดเหมือนกัน จะมีสมบัติทางเคมีเหมือนกัน
- ธาตุสมาชิกตัวบนสุดของแต่ละหมู่ (ธาตุในคาบที่ 2: Li, Be, B, C, N, O และ F) มักมีสมบัติที่แตกต่างไปจากธาตุอื่นๆ ในหมู่เดียวกัน เนื่องจากมีขนาดที่เล็กกว่ามาก เมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ ในหมู่เดียวกัน
- Li, Be และ B จะแสดง “สมบัติแนวทแยง (Diagonal relationship)”

1A	2A	3A	4A
Li	Be	B	C
Na	Mg	Al	Si



Li จะแสดงสมบัติทางเคมีหลายประการที่คล้ายคลึงกับ Mg

ตัวอย่างของความสัมพันธ์แนวทแยงระหว่างลิเทียม (Li) และแมกนีเซียม (Mg)

- ลิเทียมและแมกนีเซียมสามารถเกิด สารประกอบออกไซด์ปกติ (O^{2-}) ได้ คือ Li_2O ในขณะที่ธาตุหมู่ 1 ชนิดอื่นๆ เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide, O_2^{2-}) และซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide, O_2^-) เช่น Na_2O_2 และ KO_2
- ลิเทียมเป็นโลหะแอลคาไลเพียงชนิดเดียวที่เกิด สารประกอบไนไตรด์ (nitride) ได้เป็น Li_3N ในขณะที่ธาตุหมู่ 2 ทุกชนิดสามารถเกิดสารประกอบไนไตรด์ได้
- ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3) ลิเทียมฟอสเฟต (Li_3PO_4) ลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF) มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยซึ่งคล้ายกับสารประกอบของโลหะหมู่ 2A ที่ไม่ละลายน้ำ
- สารประกอบคาร์บอเนตของลิเทียมและแมกนีเซียมสลายตัวเป็นโลหะออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อได้รับความร้อน ส่วนสารประกอบคาร์บอเนตของโลหะแอลคาไลตัวชนิดอื่นๆ ไม่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน

ธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen, $1s^1$)

IA

H
Li
Na
K
Rb
Cs
Fr

- ไม่มีตำแหน่งในตารางธาตุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับไฮโดรเจน
- 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

สมบัติบางประการของ H เทียบกับธาตุหมู่ 1A กับหมู่ 7A

สมบัติ	IA	H	VIIA
วาเลนซ์อิเล็กตรอน	1	1	7
เลขออกซิเดชัน	+1	+1 และ -1	+1, +3, +5, +7, -1
พลังงานไอออไนเซชัน	382 - 526	1,318	1,015 - 1,687
อิเล็กโตรเนกาติวิตี	1.0 - 0.7	2.1	2.2 - 4.0
สถานะ	ของแข็ง	แก๊ส	แก๊ส/ของเหลว/ของแข็ง
การนำไฟฟ้า	นำ	ไม่นำ	ไม่นำ

สมบัติของไฮโดรเจนจะมีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกับโลหะหมู่ 1A และ ธาตุฮาโลเจนหมู่ 7A

สมบัติที่คล้ายกับโลหะหมู่ 1A

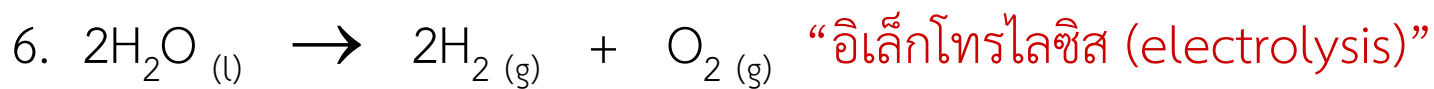
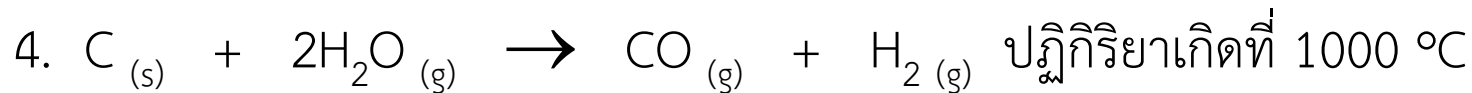
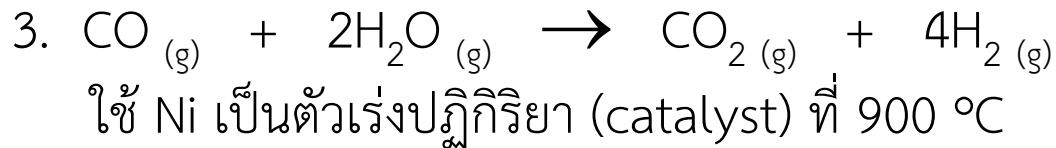
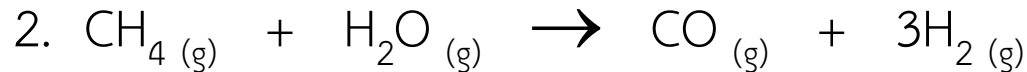
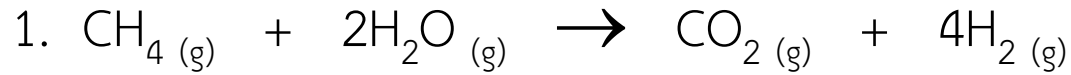
- มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็นแบบ $1s^1$ เหมือนกับโลหะหมู่ 1A $\Rightarrow$ เกิดเป็น H^+ ได้
- สามารถเกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้เป็นสารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น HX โดยชนิดของพันธะใน HX เป็นพันธะโควาเลนต์ ในขณะที่ธาตุหมู่ 1A เกิดปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้สารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น MX ซึ่งชนิดของพันธะใน 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 และ 2A เช่น NaH และ CaH_2 เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดแก๊สไฮโดรเจนและสารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะ

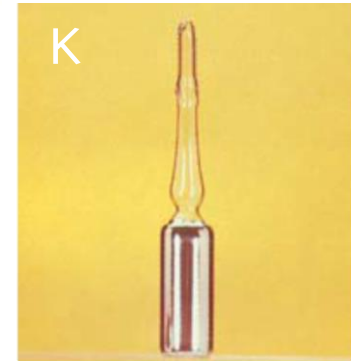
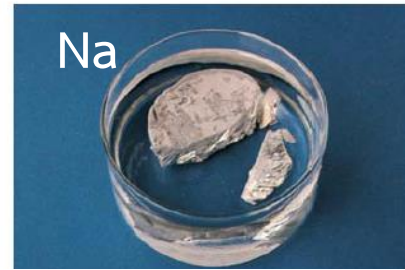


การเตรียมแก๊สไฮโดรเจนในอุตสาหกรรม



หมู่ 1 หรือ 1A (โลหะอัลคาไลน์, Alkali metals, ns^1 , $n \geq 2$)

Li Lithium
Na Sodium
K Potassium
Rb Rubidium
Cs Cesium
Fr Francium



Flame test ให้สีต่างๆ เป็นสีเฉพาะ



Li
แดงเข้ม



Na
เหลือง



K
ม่วงอ่อน



Rb
ม่วง



Cs
ฟ้า

* ธาตุกัมมันตรังสี

สมบัติที่สำคัญของโลหะอัลคาไลน์

ธาตุ	Lithium Li	Sodium Na	Potassium K	Rubidium Rb	Cesium Cs
การจัดเรียงอิเล็กตรอน	[He]2s ¹	[Ne]3s ¹	[Ar]4s ¹	[Kr]5s ¹	[Xe]6s ¹
จุดหลอมเหลว (°C)	179	97.5	63.7	39.0	28.5
จุดเดือด (°C)	1336	880	760	700	670
ความหนาแน่น (g cm ⁻¹)	0.53	0.97	0.86	1.53	1.90
รัศมีอะตอม (pm)	152	186	231	244	262
รัศมีไอออน (pm)	59	99	137	148	167
IE (kJ mol ⁻¹)					
first order, IE1	526	502	425	409	382
second order, IE2	7305	4569	3058	2638	2430
ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน, E ⁰ (V)	- 3.05	- 2.71	- 2.93	- 2.93	-2.92
M ⁺ _(aq) + e ⁻ → M _(s)					

* Francium (Fr) ธาตุกัมมันตรังสี

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

ดังนั้น Rb จึงมีความหนาแน่นมากกว่า

- โลหะทรานซิชัน มีขนาดเล็กและมวลมาก พันธะโลหะแข็งแรง มีความหนาแน่นสูงสุด

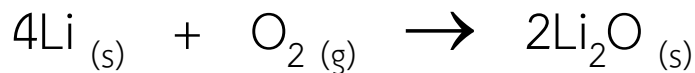
❖ โมเลกุลอะตอมเดี่ยว ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมีน้อย

❖ กลุ่มที่มีโครงร่างตาข่าย ความหนาแน่นปานกลาง (สูงที่สุดในกลุ่ม representative)

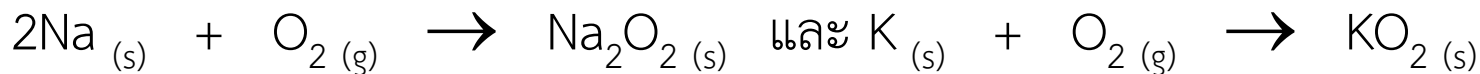
- ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะอัลคาไลน์ มีค่าติดลบมาก แสดงว่าโลหะอัลคาไลน์ มีแนวโน้มที่จะให้อิเล็กตรอนได้ดี จึงจัดเป็น “ตัวรีดิวซ์ (reducing agent)” ที่ดี
- สารประกอบโดยทั่วไปของโลหะหมู่ 1 ละลายน้ำได้ดี ยกเว้น LiOH , Li_2O_3 , Li_3PO_4 , Li_2CO_3 , LiF และ KClO_4 ที่ตกตะกอนเล็กน้อย
- การเตรียมโลหะอัลคาไลน์ วิธีที่ใช้ทั่วไปคือ อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) เกลือคลอไรด์หลอมเหลว $\text{MCl}_{(s)}$

สมบัติทางเคมี

- มีค่า IE ต่ำ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอน แล้วเกิดเป็นไอออนที่มีประจุบวก 1 (M^+)
- เป็นโลหะที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา (reactive) มาก จึงไม่ปรากฏในรูปธาตุอิสระ แต่มักจะอยู่ในรูปสารประกอบ เช่น Li_2O , $NaCl$, $NaNO_3$ และ KCl
- การเก็บโลหะแอลคาไลต้องเก็บไว้ในที่ไม่ให้ถูกความชื้นหรืออากาศ เช่น ต้องเก็บไว้ในน้ำมันก๊าด หรือน้ำมันพาราฟิน หรือภาชนะสุญญากาศ
- โลหะอัลคาไลน์จะทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำเกิดเป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์ (MOH) และแก๊สไฮโดรเจน: $2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$
- เมื่อถูกทิ้งไว้ในบรรยากาศ โลหะอัลคาไลน์จะค่อยๆ ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์รูปต่างๆ และสูญเสียความมันวาวไป



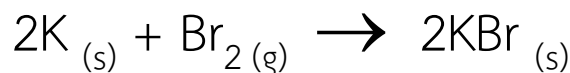
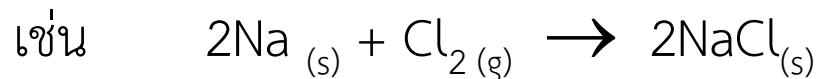
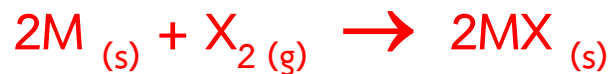
- โลหะอัลคาไลน์ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide, O_2^{2-}) และซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide, O_2^-)



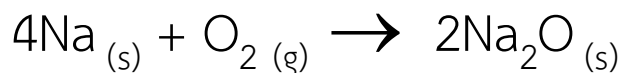
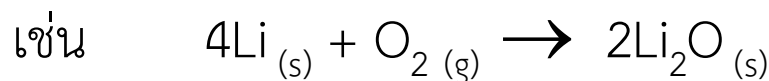
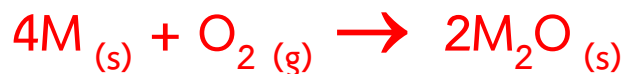
ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของโลหะอัลคาไลน์ โดย M คือ โลหะหมู่ 1A ยกเว้นตามทีระบุ

ปฏิกิริยา	หมายเหตุ
$2M + X_2 \rightarrow 2MX$	X_2 = halogen gas
$4M + O_2 \rightarrow 2M_2O$	
$2Na + O_2(\text{excess}) \rightarrow Na_2O_2$	ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากเกินไป
$M + O_2 \rightarrow MO_2$	$M = K, Rb, Cs$
$2M + S \rightarrow M_2S$	รวมทั้งปฏิกิริยากับ Se และ Te
$6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N$	เฉพาะ Li เท่านั้น
$12M + P_4 \rightarrow 4M_3P$	รวมทั้งปฏิกิริยากับ As และ Sb
$2M + C \rightarrow M_2C_2$	$M = Li$ และ Na เท่านั้น
$2M + H_2 \rightarrow 2MH$	เกิดที่อุณหภูมิสูง และ LiH เสถียรที่สุด
$2M + H_2O \rightarrow 2MOH + H_2$	เกิดที่อุณหภูมิห้อง และปฏิกิริยารุนแรง
$2M + H^+ \rightarrow 2M^+ + H_2$	ปฏิกิริยารุนแรง
$2M + 2NH_3 \rightarrow 2MNH_2 + H_2$	$NH_{3(l)}$ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น Fe

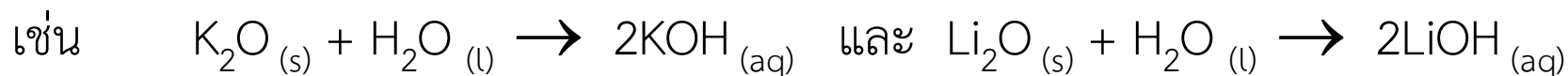
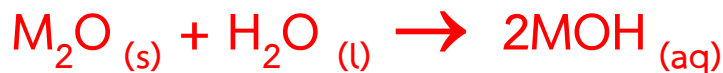
- ธาตุหมู่ 1A ทำปฏิกิริยากับธาตุแฮโลเจน (7A) ได้ทุกธาตุ



- ธาตุหมู่ 1A ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ (ความเงาจะลดลง)



- ออกไซด์ของธาตุหมู่ 1A ทำปฏิกิริยากับ H_2O ได้สารละลายเป็นเบส และค่าความเป็นเบสเพิ่มขึ้นตามสมบัติความเป็นโลหะของธาตุ คือธาตุที่มีสมบัติความเป็นโลหะมากจะได้สารประกอบที่มีสมบัติเป็นเบสที่แรง



สมบัติความเป็นเบส: $CsOH > RbOH > KOH > NaOH > LiOH$

การนำโลหะอัลคาไลไปใช้ประโยชน์

สูตรเคมี	ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ/ ชื่อทางการค้า	ประโยชน์
NaOH	โซเดียมไฮดรอกไซด์	โซดาไฟ	ใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ ผงซักฟอก และ สารฟอกขาว
NaHCO ₃	โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	โซดาทำขนม ผงฟู	ทำให้ขนมฟู เนื่องจากเกิดการสลายให้แก๊ส CO ₂ เมื่อได้รับความร้อน $2\text{NaHCO}_{3(s)} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(l)} + \text{CO}_{2(g)}$
Na ₂ CO ₃	โซเดียมคาร์บอเนต	โซดาซักผ้า โซดาแอช	ใช้ในอุตสาหกรรมทำแก้ว ผงซักฟอก ปิโตรเคมี แก้วน้ำกระด้าง ดังสมการ $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)}$
KMnO ₄	โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	ด่างทับทิม	ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ใช้ล้างผักสด
NaCl	โซเดียมคลอไรด์	เกลือแกง	ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโซดาไฟ โซดาแอช และแก๊สคลอรีน

- ลิเทียม (Li) ใช้เป็นขั้วแบตเตอรี่ (Lithium battery) เนื่องจากมีศักยภาพในการให้อิเล็กตรอนที่ดี
- ใช้ในการบำบัดโรค เช่น Li ใช้ในการรักษาความผิดปกติทางอารมณ์และช่วยควบคุมอารมณ์ให้อยู่ในระดับปกติ
- โพแทสเซียม (K) ใช้ทำปุ๋ย เช่น KCl , K_2SO_4 และ KNO_3

หมู่ 2 หรือ 2A (โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท, Alkali earth metals, ns^2 , $n \geq 2$)

Be Beryllium
Mg Magnesium
Ca Calcium
Sr Strontium
Ba Barium
Ra Radium

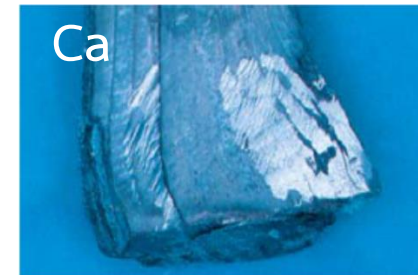
หายากที่สุด



Beryllium (Be)

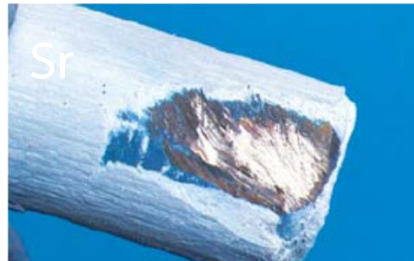


Magnesium (Mg)



Calcium (Ca)

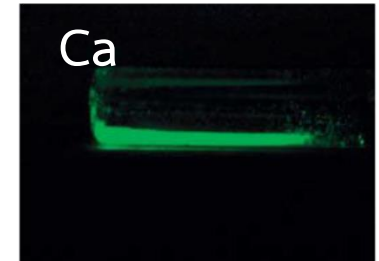
มีมาก



Strontium (Sr)



Barium (Ba)



Radium (Ra)

ค่อนข้างหายาก



Ca

ส้ม



Sr

แดงเข้ม



Ba

เขียว

ธาตุกัมมันตรังสี

สมบัติที่สำคัญของโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท

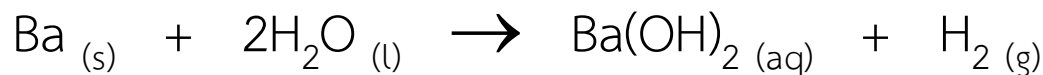
ธาตุ	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
การจัดอิเล็กตรอนวงนอกสุด	$2s^2$	$3s^2$	$4s^2$	$5s^2$	$6s^2$
จุดหลอมเหลว (°C)	1280	651	851	800	850
จุดเดือด (°C)	1280	651	851	800	850
ความหนาแน่น (g cm ⁻¹)	1.86	1.75	1.55	2.6	3.59
รัศมีอะตอม (pm)	112	160	197	215	222
รัศมีไอออน (pm)	31	65	99	113	135
IE (kJ mol ⁻¹)					
first order, IE1	906	744	596	556	509
second order, IE2	1763	1457	1152	1071	972
third order, IE3	14855	7739	4918	4210	-
ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน, E ⁰ (V)	- 1.85	- 2.36	- 2.87	- 2.89	- 2.91
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow M_{(s)}$					

- โลหะอัลคาไลน์เอิร์ทเป็นโลหะเนื้อแข็ง (แข็งกว่าธาตุหมู่ 1A มาก)
- มีความหนาแน่นสูง จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง
- นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี
- สามารถทุบฉีกได้ มีความเป็นมันเงา
- มีแนวโน้มที่จะสูญเสียอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออน $+2$ (M^{2+}) เนื่องจากมีค่า IE1 และ IE2 ต่ำ โดยแนวโน้มของค่า IE จะลดลงจากบนลงล่าง ทำให้โลหะอัลคาไลน์เอิร์ทมีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอนง่ายขึ้นจากบนลงล่าง (ความเป็นโลหะมากขึ้นจากบนลงล่าง)
- เป็นโลหะที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (แต่ไม่เท่ากับ 1A) ทำให้ไม่ค่อยพบธาตุหมู่ 2A ในรูปธาตุอิสระ แต่มักอยู่ในรูปเกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl^-)
- การเตรียมโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท ใช้วิธีเดียวกับการเตรียมโลหะอัลคาไลน์ อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) เกลือคลอไรด์หลอมเหลว $MCl_2 (s)$

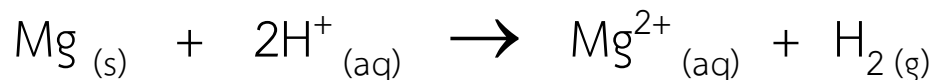
ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของโลหะอัลคาไลน์ โดย M คือ โลหะหมู่ 2A ยกเว้นตามทีระบุ

ปฏิกิริยา	หมายเหตุ
$M + X_2 \rightarrow MX_2$	X_2 = halogen gas
$2M + O_2 \rightarrow 2MO$	
$Ba + O_2(excess) \rightarrow Ba_2O$	ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากเกินไป
$M + S \rightarrow MS$	รวมทั้งปฏิกิริยากับ Se และ Te
$3M + N_2 \rightarrow M_3N_2$	ปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิสูง
$6M + P_4 \rightarrow 2M_3P_2$	ปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิสูง
$M + 2C \rightarrow MC_2$	เกิดที่อุณหภูมิสูง M ยกเว้น Be
$M + H_2 \rightarrow MH_2$	เกิดที่อุณหภูมิสูง M = Ca, Sr, Ba กรณี Mg ต้องทำภายใต้ความดัน
$M + 2H_2O \rightarrow M(OH)_2 + H_2$	M = Ca, Sr, Ba เกิดที่อุณหภูมิห้อง
$Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$	มีลักษณะเหมือนไอน้ำเดือด ส่วน Be ไม่เกิดปฏิกิริยา
$M + 2H^+ \rightarrow M^{2+} + H_2$	ปฏิกิริยาอ่อนไหว
$2M + 2NH_3 \rightarrow M(NH_2)_2 + H_2$	M = Ca, Sr, Ba สารตั้งต้นเป็น $NH_3(l)$ โดยมีตัวเร่ง
$3M + 2NH_3 \rightarrow M_3N_2 + 3H_2$	$3M + 2NH_3 \rightarrow M_3N_2 + 3H_2$

- ความว่องไวของโลหะอัลคาไลนในการทำปฏิกิริยากับน้ำแตกต่างกันอย่างมาก Be ไม่น้ำทำปฏิกิริยากับน้ำ ในขณะที่ Mg จะทำปฏิกิริยาช้าๆ กับไอน้ำ ส่วน Ca, Sr และ Ba สามารถทำปฏิกิริยาได้กับน้ำเย็นได้



- ความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนมีทิศทางเดียวกัน คือ ว่องไวขึ้นจาก Be ไปจนถึง Ba โดย Be และ Mg จะเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ BeO และ MgO ตามลำดับ ที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่สารประกอบ CaO, SrO และ BaO สามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิห้อง
- โลหะ Mg จะทำปฏิกิริยากับกรดได้แก๊สไฮโดรเจน



- Ca, Sr, Ba สามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้เช่นกัน แต่โลหะเหล่านี้ทำปฏิกิริยาได้ดีกับน้ำ ซึ่งกรดโดยทั่วไปจะมีน้ำเจือปนอยู่ จึงทำให้ปฏิกิริยาทั้งสองเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน
- สารประกอบคลอไรด์ โบรไมด์ ไอโอดิด ไนเตรต คลอเรต เปอร์คลอเรต ของโลหะหมู่ 2A ละลายน้ำได้ดี แต่สารประกอบฟลูออไรด์ ไฮดรอกไซด์ ซัลไฟด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต ไฮโดรเจนฟอสเฟต และออกซาเรต ของโลหะหมู่ 2A ไม่ละลายน้ำ ยกเว้น MgSO_4 ละลายน้ำได้ดี

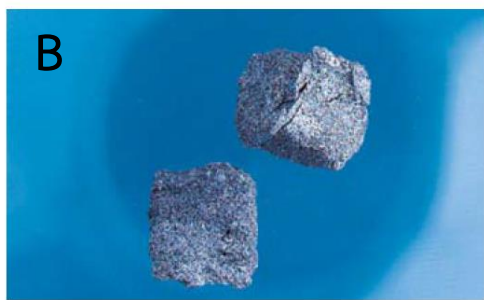
การนำโลหะอัลคาไลน์เอิร์ทไปใช้ประโยชน์

- Be มีสีเทาเหมือนเหล็ก แข็งแรง น้ำหนักเบา แต่เปราะ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นตัวที่ทำให้โลหะผสมแข็งขึ้น (โดยเฉพาะทองแดงเบริลเลียม ใช้ทำส่วนประกอบของเรือเดินทะเล)
- Mg ใช้เป็นตัวผสมโลหะเพื่อทำโลหะผสมอะลูมิเนียม-แมกนีเซียม
MgO ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก แก้ว ซีเมนต์ การเกษตร อุตสาหกรรมก่อสร้าง
กระป๋องเครื่องดื่ม (aluminium-magnesium alloys)
Mg(OH)₂ ใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟัน และใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร
- CaSO₄ ใช้ในอุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์
- Sr(NO₃)₂ ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีแดง
- Ba(NO₃)₂ ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีเขียว
- Ca มันมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะในระบบสรีรวิทยาของเซลล์และการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ
- Ca และ Sr มีความคล้ายคลึงกันมาก โดย Sr-90 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี เมื่อระเบิดในบรรยากาศ Sr-90 จะปนเปื้อนในน้ำและดิน เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและร่างกายมนุษย์ ซึ่งหากร่างกายได้รับรังสีเป็นเวลานานจะทำให้มีอาการโลหิตจาง มะเร็งในเม็ดเลือด เป็นต้น

ธาตุหมู่ 13 หรือ 3A (ns^2np^1 , $n \geq 2$)

B Boron
Al Aluminium
Ga Gallium
In Indium
Tl Thallium
Nh Nihonium

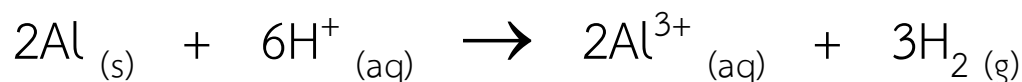
- B มีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ ส่วนธาตุอื่นๆ เป็นโลหะ
- Al เป็นโลหะที่มีมากที่สุดในโลก โดยอยู่ในรูปสารประกอบ $KAlSi_3O_8$ หรือในรูปออกไซด์ $Al_2O_3 \cdot nH_2O$



- สมบัติทางเคมีของ B แตกต่างไปจากธาตุอื่นๆ ในหมู่เดียวกัน เช่น ไม่ทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกแบบไบนารี (binary ionic compound) และไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนกับน้ำ ซึ่งต่างจาก Al ซึ่งจะเกิดสารประกอบออกไซด์ทันทีเมื่อโดนอากาศ ชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะทนต่อการผุกร่อนมากกว่า Al เพียงอย่างเดียว



- Al สามารถเกิดปฏิกิริยาเป็นไอออนประจุ $+3$ (Al^{3+}) ได้ และทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ให้แก๊สไฮโดรเจน



- Al ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน ให้ AlH_3 มีสมบัติคล้ายกับ BeH_2 (Diagonal relationship)
- สามารถเกิดเป็นไอออนบวกได้ 2 แบบ คือ M^+ และ M^{3+}
 - M^+ จะเสถียรมากกว่า M^{3+} สำหรับธาตุที่อยู่ด้านล่าง เช่น Tl^+ เสถียรกว่า Tl^{3+}
 - Al มีเลขออกซิเดชันเพียงค่าเดียว คือ $+3$ ส่วน
 - พบ Ga^{+3} มากกว่า Ga^+

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของธาตุหมู่ 3A

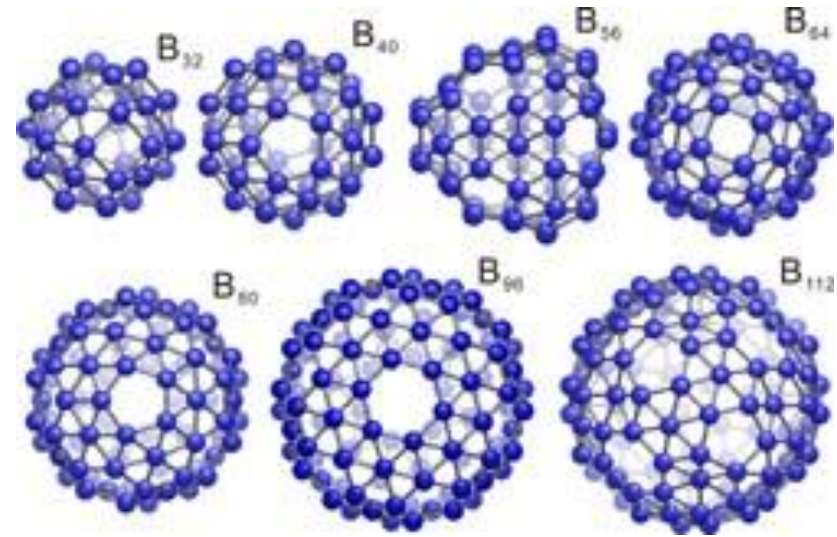
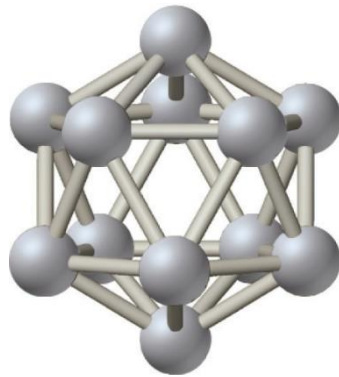
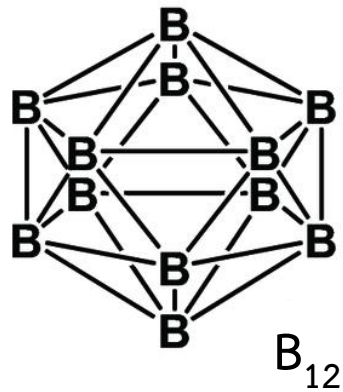
ปฏิกิริยา	หมายเหตุ
$2M + X_2 \rightarrow 3MX_3$	X_2 = halogen gas; Tl เกิดสารประกอบ TLX ($X \neq I_2$)
$4M + 3O_2 \rightarrow 2M_2O_3$	เกิดที่อุณหภูมิสูง; Tl ให้ Tl_2O ด้วย
$2M + 3S \rightarrow M_2S_3$	เกิดที่อุณหภูมิสูง; Tl ให้ Tl_2S ด้วย รวมทั้งปฏิกิริยากับ Se และ Te
$2Al + N_2 \rightarrow 2AlN$	Al เท่านั้น
$2M + 6H^+ \rightarrow 2M^{3+} + 3H_2$	$M = Al, Ga, In$; Tl ให้ T^+
$2M + 2OH^- + 6H_2O \rightarrow 2M(OH)_4^- + 3H_2$	$M = Al$ และ Ga

- แก๊สซัลเฟต ไนเตรต และเฮไลด์ของโลหะหมู่ 3A นี้ละลายน้ำได้ดี
- ไฮดรอกไซด์ของโลหะหมู่นี้ไม่ละลายน้ำ
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของ Al และ Ga มีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก (amphoteric)

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

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

โครงสร้างโมเลกุลของโบรอน



- โบรอนตามธรรมชาติจะไม่ปรากฏในรูปของธาตุอิสระ แต่จะอยู่ในรูปของ “บอแรกซ์ (borax)” คือสารประกอบ $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ และ $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ซึ่งเมื่อถูกทำให้เป็นกรด จะเกิดเป็น “กรดบอริก (boric acid, $B(OH)_3$ หรือ H_3BO_3)” และหากให้ความร้อนต่อไป จะเกิดการสูญเสียน้ำและเกิดเป็น “บอริกออกไซด์ (boric oxide, B_2O_3)”
- ผลึกมีหลายอัญรูป (allotrope) แต่ทุกอัญรูปประกอบด้วยหน่วยย่อยทรงเหลี่ยมยี่สิบหน้า (icosahedral) ของ B_{12}
- โบรอนสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะที่อุณหภูมิสูง เกิดเป็น “สารประกอบโบไรด์ (boride)”

การนำธาตุหมู่ 3A ไปใช้ประโยชน์

- โบรอน (B)



Borosilicate glassware
เช่น beakers และ test tube



Boron carbide ใช้เป็นแผ่น
กันกระสุนในเสื้อกันกระสุน

- อะลูมิเนียม (Al)

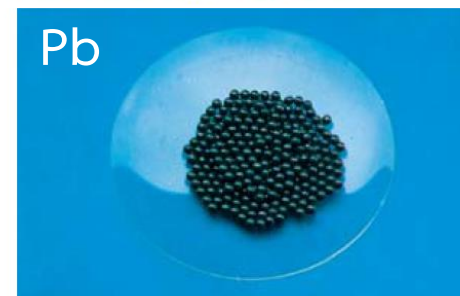
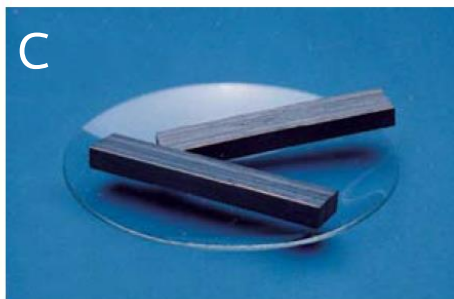
เป็นวัสดุทำ automobiles, aircraft, trucks, railway cars, marine vessels, bicycles,
Packaging (cans, foil)



ธาตุหมู่ 14 หรือ 4A (ns^2np^2 , $n \geq 2$)

- มีทั้งอโลหะ (C) กึ่งโลหะ (Si และ Ge) และโลหะ (Sn และ Pb)
ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น

C Carbon
Si Silicon
Ge Germanium
Sn Tin
Pb Lead
Fl Flerovium



- C พบมากในธรรมชาติในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) เช่น CaCO_3 ส่วนธาตุอิสระจะอยู่ในรูปของแกรไฟต์และเพชร
- เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +4 โดยสำหรับ C และ Si เลขออกซิเดชันที่เสถียรมากกว่าคือ +4 เช่น CO_2 เสถียรมากกว่า CO และ SiO_2 เป็นสารประกอบที่เสถียร ในขณะที่เราไม่เคยพบสารประกอบ SiO ที่อุณหภูมิและความดันปกติ
- เมื่ออะตอมขนาดใหญ่ขึ้น (ด้านล่างของหมู่) แนวโน้มของเลขออกซิเดชันที่เสถียรจะเปลี่ยนไป เช่น Sn^{4+} จะเสถียรมากกว่า Sn^{2+} เพียงเล็กน้อย ส่วน Pb^{2+} จะเสถียรที่สุด

“Inert pair effect”

คู่อิเล็กตรอนที่อยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุด ที่เสถียรและไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา”

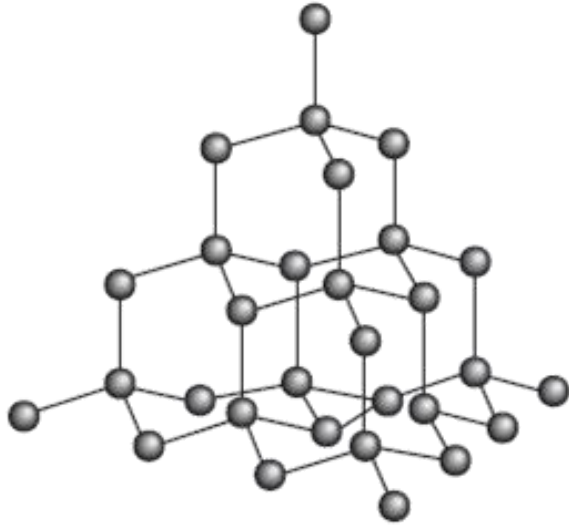
- $\text{Tl} \Rightarrow 6s^2 6p^1$ จะเสียอิเล็กตรอนใน $6p^1$ เพื่อเกิดเป็น Tl^+ มากกว่าจะเสียอิเล็กตรอนทั้ง 3 ใน $6s^2 6p^1$ เพื่อเกิดเป็น Tl^{3+}
- $\text{Pb} \Rightarrow 6s^2 6p^2$ จะเสียอิเล็กตรอนใน $6p^2$ เพื่อเกิดเป็น Pb^{2+} มากกว่า

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของธาตุหมู่ 4A โดย M คือ Sn และ Pb ยกเว้นตามที่ระบุ

ปฏิกิริยา	หมายเหตุ
$M + X_2 \rightarrow 2MX_4$	X_2 = halogen gas; M = Ge และ Sn; Pb ให้ PbX_2
$M + O_2 \rightarrow MO_2$	M = Sn เกิดที่อุณหภูมิสูง; Pb ให้ PbO หรือ Pb_3O_4
$M + 2S \rightarrow MS_2$	M = Sn ; Pb ให้ PbS
$M + H^+ \rightarrow M^{2+} + H_2$	M = Sn และ Pb
$M + OH^- + 2H_2O \rightarrow M(OH)_3^- + H_2$	ปฏิกิริยาเกิดช้า

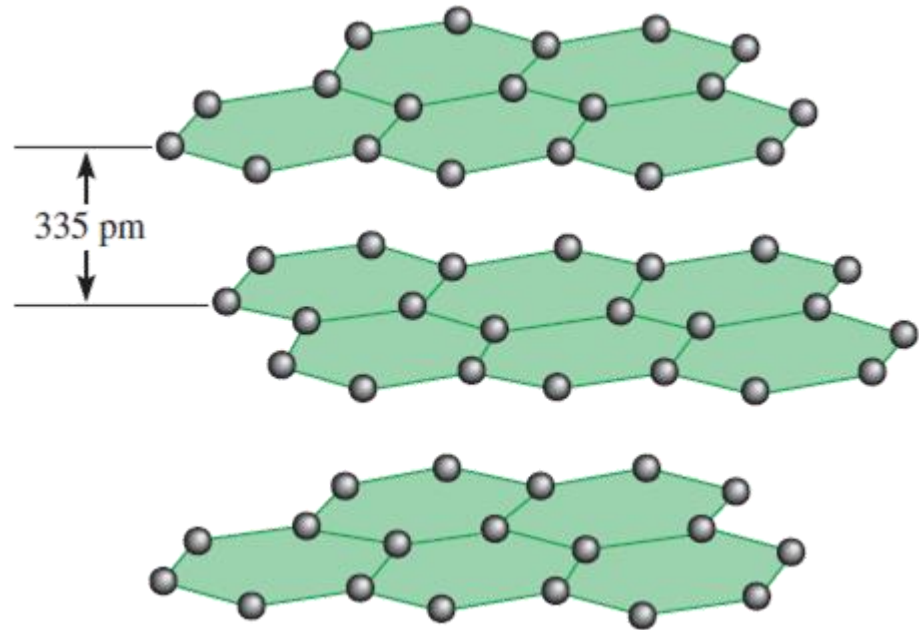
- Sn และ Pb เป็นโลหะอ่อน มีจุดหลอมเหลวต่ำ และค่อนข้างว่องไว แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่สามารถทำปฏิกิริยากับกรด เช่น HCl ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจน
- สารประกอบของ Pb^{2+} ไม่ค่อยละลายน้ำ ยกเว้น $Pb(NO_3)_2$ และ $Pb(CH_3COO)_2$

โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอน



เพชร

- sp^3 -C
- เป็นโครงข่ายสามมิติ
- เป็นธาตุที่มีความแข็งที่สุด
- จุดหลอมเหลว 3550°C
- เป็นฉนวนไฟฟ้า



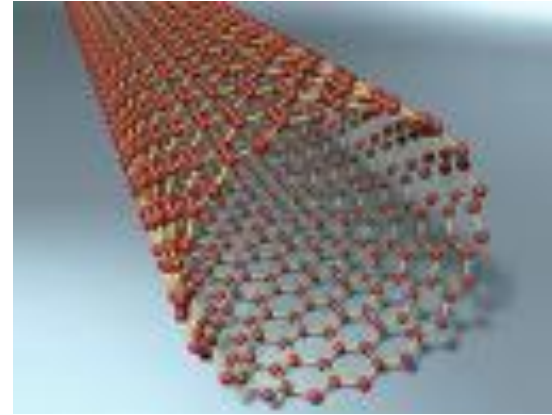
แกรไฟต์

- sp^2 -C
- $2p$ ที่เหลือใช้สร้างพันธะไพ
- นำไฟฟ้าได้เฉพาะในทิศทางตามแนวระนาบของ C
- ระหว่างชั้นยึดด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ที่อ่อน
- สารหล่อลื่น ไส้ดินสอ ผ้าหมึก



ฟูลเลอรีน (Fullerenes)

- โมเลกุลโควาเลนต์
- 1 โมเลกุล ประกอบด้วย C 60 อะตอม (C_{60}) เรียกว่า Bulkyball
- โมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงระหว่างโมเลกุลอ่อนๆ
- อุณหภูมิการระเหิด 450-500 °C

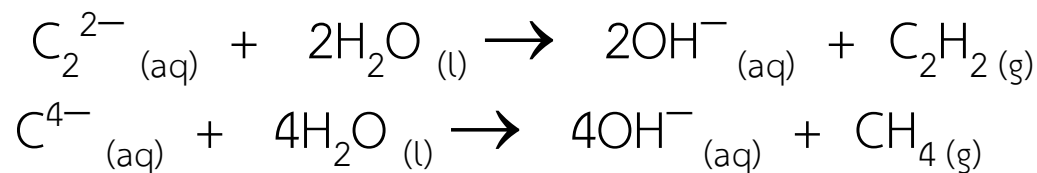


Carbon nanotube (CNT)

- C จัดเรียงตัวเป็นแผ่น โดยเชื่อมกันเป็นตาข่าย ที่มีรูรูปหกเหลี่ยม แต่มีลักษณะม้วนเข้าหากันเป็นท่อ
- มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่น

- คาร์บอนสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดเป็นสารประกอบ “คาไบด์ (carbide, C_2^{2-} หรือ C^{4-})” เช่น CaC_2 , SiC และ BeC_2

- ไอออนลบคาไบด์เป็นเบสที่แรง สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำให้ไอออนไฮดรอกไซด์



- สารประกอบของคาร์บอน

CO เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีฤทธิ์เป็นกลาง เกิดจากปฏิกิริยาเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

CO_2 เป็นแก๊สที่ใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม สารดับเพลิง และอุตสาหกรรมการผลิต

ผงฟู ($NaHCO_3$) และโซดาไฟ (Na_2CO_3)

$CO_2 (g)$ น้ำแข็งแห้ง ใช้ในเครื่องทำความเย็น และการทำฟนเทียม

- สารประกอบออกไซด์ของธาตุหมู่ 1A และ 2A มีจุดหลอมเหลวสูงมาก และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำ

ธาตุหมู่ 15 หรือ 5A (ns^2np^3 , $n \geq 2$)

N Nitrogen
P Phosphorous
As Arsenic
Sb Antimony
Bi Bismuth
Mo Moscovium

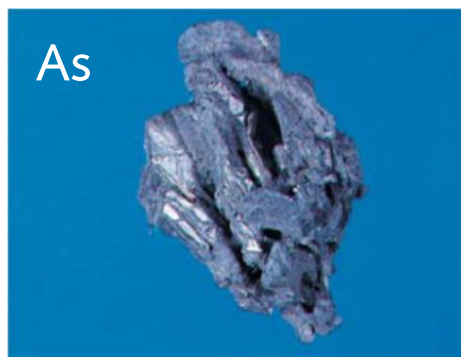
N และ P เป็นสารอโลหะ, As และ Sb เป็นสารกึ่งโลหะ และ Bi เป็นโลหะ



Liquid nitrogen (N_2)



White and red phosphorus (P)



Arsenic (As)

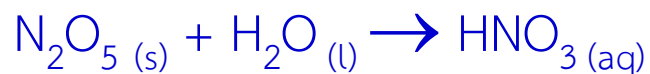


Antimony (Sb)



Bismuth (Bi)

- ธาตุไนโตรเจนที่อุณหภูมิและความดันปกติจะอยู่ในรูปแก๊ส $\text{N}_{2(g)}$ และสามารถเกิดสารประกอบออกไซด์ได้หลายรูป เช่น $\text{NO}_{(g)}$, $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$, $\text{NO}_{2(g)}$, $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ และ $\text{N}_2\text{O}_{5(s)}$



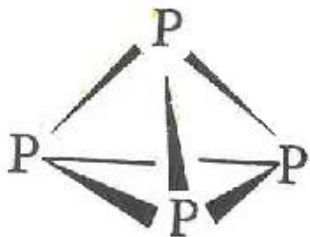
- N มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนไนไตรด์ (N^{3-}) และเกิดสารประกอบไอออนิกกับโลหะ เช่น Li_3N และ Mg_3N_2
- P จะอยู่ในรูปโมเลกุล P_4 และสามารถเกิดสารประกอบออกไซด์ได้ 2 รูป คือ P_4O_6 และ P_4O_{10}



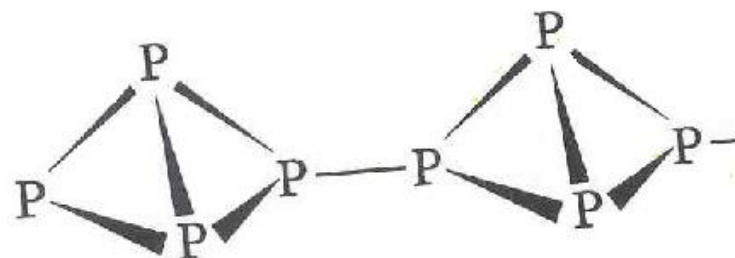
- As, Sb และ Bi มีโครงสร้างเป็นแบบโครงข่าย
- Bi เป็นโลหะ แต่จะไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับโลหะหมู่ 1A-4A

โครงสร้างโมเลกุลของฟอสฟอรัส

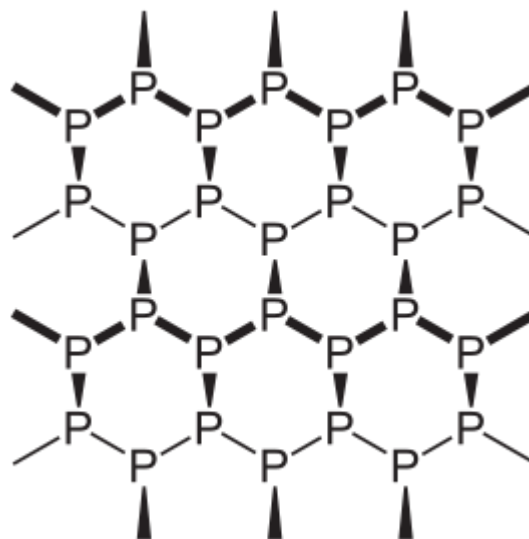
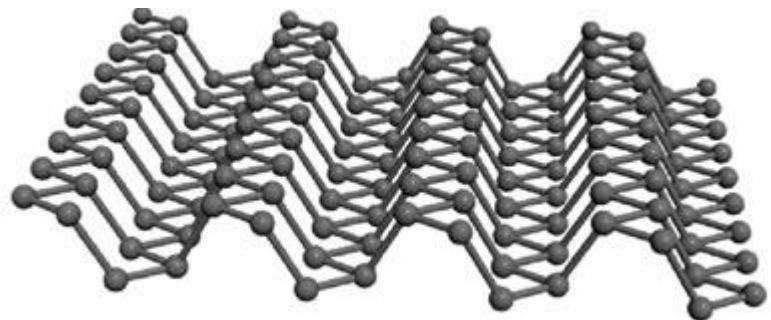
White phosphorus (P_4)



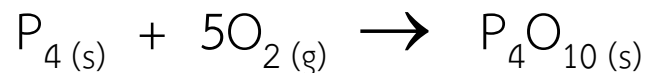
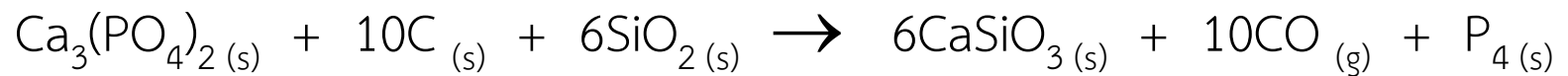
Red phosphorus $\{(P_4)_n\}$



Black phosphorus



- แหล่งของฟอสฟอรัสในธรรมชาติ คือ หินฟอสเฟต (phosphate rock) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมฟอสเฟต $\{Ca_3(PO_4)_2\}$ และ ฟลูออโรพาไทต์ $\{Ca_5(PO_4)_3F\}$ ซึ่งเมื่อถูกกรดจะให้ฟอสฟอรัสในรูปของ “ฟอสฟอรัสขาว (white phosphorus, P_4)” ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยมสี่หน้า (tetrahedral)
- P_4 ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยามาก สามารถติดไฟได้เองในอากาศอย่างรวดเร็วเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์



- เมื่อฟอสฟอรัสขาวได้รับความร้อนเกินกว่า 800 °C ในระบบปิด โครงสร้างจะเปลี่ยนเป็น “ฟอสฟอรัสแดง {red phosphorus, $(P_4)_n$ }”
- ฟอสฟอรัสที่เสถียรที่สุดคือ “ฟอสฟอรัสดำ (black phosphorus)” มีลักษณะและสมบัติทางกายภาพคล้ายแกรไฟต์ และไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา
- สารประกอบที่สำคัญของฟอสฟอรัสคือ P_4O_6 และ P_4O_{10} ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด ใช้ดูดความชื้นในแก๊ส และกำจัดน้ำในตัวทำละลาย $P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$

ธาตุหมู่ 16 หรือ 6A (ns^2np^4 , $n \geq 2$)

O Oxygen
S Sulfur
Se Selenium
Te Tellurium
Po Polonium
Lv Livermorium

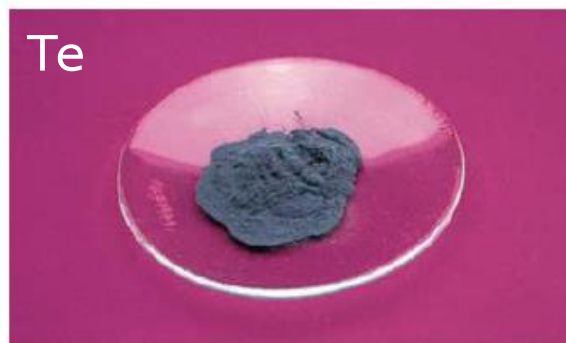
O, S และ Se เป็นธาตุอโลหะ
Te และ Po เป็นสารกึ่งโลหะ



Sulfur (S₈)



Selenium (Se₈)

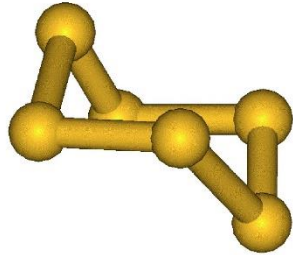


Tellurium (Te)

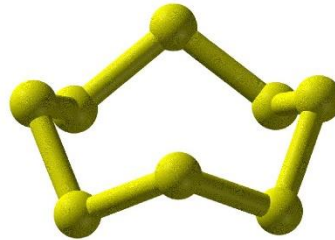
ธาตุกัมมันตรังสี

- ที่อุณหภูมิและความดันปกติ O, S และ Se จะอยู่ในรูป O_2 , S_8 และ Se_8 ตามลำดับ
- Te และ Po มีโครงสร้างเป็นแบบโครงข่าย
- O มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น ออกไซด์ (oxide, O^{2-}) โดยมักพบในสารประกอบไอออนิกหลายชนิด
- S, Se และ Tl รับอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น ซัลไฟด์ (sulfide, S^{2-}), เซเลไนด์ (selenide, Se^{2-}) และ เทลลูไรด์ (telluride, Te^{2-}) ตามลำดับ
- ธาตุหมู่ 6A โดยเฉพาะ O สามารถเกิดสารประกอบโควาเลนต์ได้กับอโลหะหลายชนิด

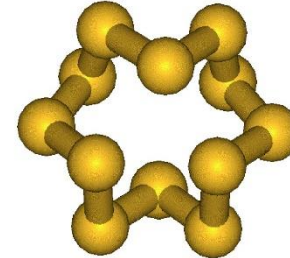
โครงสร้างโมเลกุลของซัลเฟอร์ หรือ กำมะถัน



S_6

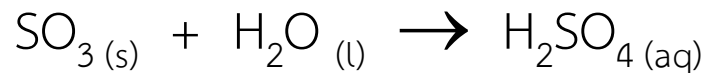


S_8 (เสถียรที่สุด)



S_{12}

- กำมะถันเป็นธาตุที่มีไม่มากในเปลือกโลก แต่ปรากฏในรูปของธาตุอิสระค่อนข้างมาก
- สารประกอบของกำมะถันได้แก่ SO_2 , SO_3 , H_2S , H_2SO_4 , ยิปซัม ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) และแร่ซัลไฟด์อื่นๆ เช่น ไพไรต์ (pyrite, FeS_2)



- กำมะถันมีเลขออกซิเดชันหลายค่า ได้แก่ -2 (H_2S), 0 (S_8), +1 (S_2Cl_2), +2 (SCl_2), +4 (SO_2) และ +6 (SO_3)
- กำมะถันหลอมเหลวที่จุดหลอมเหลวจะมีสีเหลือง

ธาตุหมู่ 17 หรือ 7A (ฮาโลเจน, Halogen, ns^2np^5 , $n \geq 2$)

F Fluorine
Cl Chlorine
Br Bromine
I Iodine
At Astatine
Ts Tennessine

- มีสมบัติเป็นอโลหะ และปรากฏในรูปโมเลกุล X_2 เสมอ
- ไม่นำความร้อนและไม่นำไฟฟ้า มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ
- มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามาก และจะไม่พบในรูปของธาตุอิสระเลย จะปรากฏในรูปสารประกอบมากกว่า
- มีแนวโน้มที่จะรับอิเล็กตรอน 1 ตัว เกิดเป็น เฮไลด์ (halide, X^-) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโลหะหมู่ 1A และ 2A เกิดเป็นสารประกอบไอออนิก เช่น NaCl, KBr และ $MgCl_2$ เป็นต้น

ธาตุกัมมันตรังสี



สมบัติที่สำคัญของธาตุฮาโลเจน

ธาตุ	F	Cl	Br	I
การจัดอิเล็กตรอนวงนอกสุด	$2s^22p^5$	$3s^23p^5$	$4s^24p^5$	$5s^25p^5$
สี (X ₂)	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	น้ำตาล	ม่วงเข้ม
จุดหลอมเหลว (°C)	- 223	- 102	- 7	+114
จุดเดือด (°C)	- 188	- 34	+ 59	+ 185
รัศมีอะตอม (pm)	72	99	114	133
รัศมีไอออน (pm)	136	181	195	216
IE1 (kJ mol ⁻¹)	1680	1250	1140	1000
EN	4.0	3.2	3.0	2.7
พลังงานพันธะ (kJ mol ⁻¹)	155	243	193	151
ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน, E ⁰ (V) X ₂ (aq) + 2e ⁻ → 2X ⁻ (aq)	+ 2.87	+ 1.36	+ 1.07	+ 0.54

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของธาตุฮาโลเจน

ปฏิกิริยา	หมายเหตุ
$2M + nX_2 \rightarrow 2MX_n$	F_2, Cl_2 เกิดปฏิกิริยาได้กับโลหะทุกตัว ส่วน Br_2, I_2 ทำปฏิกิริยาได้กับโลหะทั่วไป ยกเว้นโลหะมีตระกูล
$X_2 + H_2 \rightarrow 2HX$	F_2 ไม่เกิดปฏิกิริยา
$X_2 + H_2O \rightarrow H^+ + X^- + XOH$	F_2 เกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว
$2X_2 + 2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4X^- + O_2$	Br_2, Cl_2 เกิดปฏิกิริยาต้องใช้แสง และเกิดซ้ำ
$X_2 + 2X'^- \rightarrow X_2' + 2X^-$	$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

- ในหมู่เดียวกันโมเลกุลของธาตุหมู่ 7A ที่มีขนาดเล็กกว่า จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮไลต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ เนื่องจากมีค่า EN น้อยกว่า



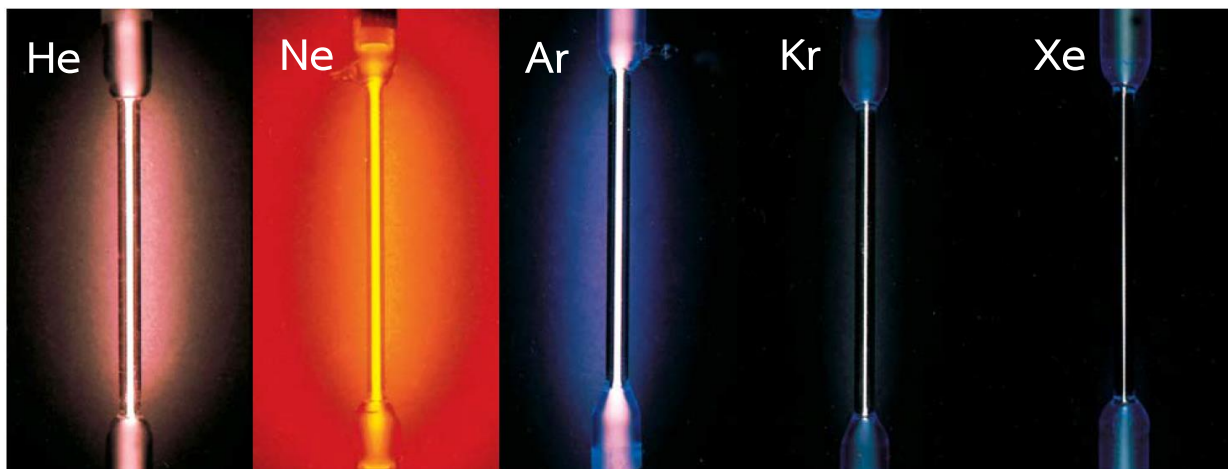
- ธาตุฮาโลเจนสามารถเกิดเป็นสารประกอบกับอโลหะอื่นๆ ได้ เช่น PCl_5 และ NF_3
- ธาตุฮาโลเจนมีลักษณะเฉพาะตัว คือ สามารถเกิดเป็นสารประกอบระหว่างธาตุหมู่เดียวกัน (Interhalogen) เกิดเป็นโมเลกุลโควาเลนต์ เช่น ICl และ BrF_3
- สามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนเกิดเป็นสารประกอบ “ไฮโดรเจนเฮไลด์ (hydrogen halide)” ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ โดย HF เป็นกรดอ่อน ส่วน HCl , HBr และ HI เป็นกรดแก่

$$\text{H}_{2(g)} + \text{X}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HX}_{(g)}$$
- ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับ F จะเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและระเบิดได้ เนื่องจาก F มีขนาดเล็กมาก
- ประโยชน์ของธาตุหมู่ 7A: Cl_2 นิยมใช้เต็มในการผลิตน้ำสะอาดและเติมในสระว่ายน้ำ เนื่องจาก HOCl ที่เกิดขึ้นสามารถฆ่าเชื้อโรคได้

ธาตุหมู่ 18 หรือ 8A (แก๊สมีตระกูล, Noble gas, ns^2np^6 , $n \geq 2$)

He Helium
Ne Neon
Ar Argon
Kr Krypton
Xe Xenon
Rn Radon
Og Oganesson

- มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิและความดันปกติ โดย 1 โมเลกุลจะมีเพียง 1 อะตอม (monoatomic gas) ซึ่งทุกชนิดไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
- ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ “แก๊สเฉื่อย (inert gas)”
- Xe, Kr และ Rn สามารถทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบได้ เนื่องจากมีค่า IE ต่ำพอที่จะเกิดปฏิกิริยาได้ โดยมีเลขออกซิเดชัน คือ Kr^{+2} (KrF_2) และ Rn^{+4} ส่วน Xe มีหลายสถานะ คือ +2, +4, +6 และ +8 เช่น XeF_4 , XeO_3 , XeO_4 , $XeOF_4$
- He, Ne และ Ar มีค่า IE สูงมาก จึงไม่สามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่นๆ ได้



การนำแก๊สมีตระกูลไปใช้ประโยชน์

He	- เป็นแก๊สที่มีมวลโมเลกุลน้อยและไม่ติดไฟ ใช้บรรจุบอลูนแทนแก๊สไฮโดรเจน - ใช้ผสมกับแก๊สออกซิเจน อัตราส่วน 4:1 โดยปริมาตร เพื่อใช้ในการหายใจสำหรับนักประดาน้ำ - ฮีเลียมเหลวใช้เป็นสารหล่อเย็น - ฮีเลียมเป็นแก๊สที่เตรียมได้ยากและมีราคาแพง
Ar	- ใช้เป็นแก๊สบรรจุในหลอดไฟฟ้าเพื่อรักษาสภาพไส้หลอดให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น เพราะอาร์กอนไม่ทำปฏิกิริยากับไส้หลอดขณะที่ยังร้อน - ใช้บรรจุในหลอดไฟโฆษณา โดยบรรจุในหลอดแก้วเล็กๆ ภายใต้ความดันต่ำ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าศักย์สูงเข้าไปจะได้แสงสีม่วงน้ำเงิน - ใช้อาร์กอนในอุตสาหกรรมเชื่อมโลหะ
Ne	- ใช้บรรจุในหลอดไฟโฆษณา โดยให้สีแสงไฟเป็นสีส้มหรือสีส้มแดง
Kr	ใช้ในหลอดไฟแฟลช สำหรับถ่ายภาพความเร็วสูง
Xe	ใช้เป็นยาสลบ แต่ราคาแพงมาก
Rn	เป็นธาตุกัมมันตรังสี ใช้รักษาโรคมะเร็ง

สมบัติของสารประกอบออกไซด์ (Oxide compounds) ในคาบ

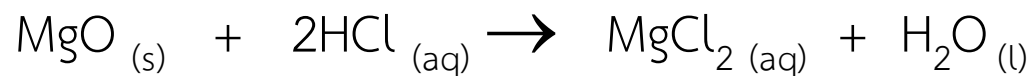
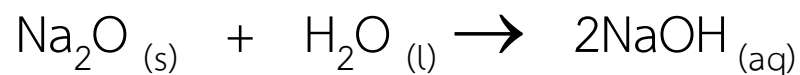
“สารประกอบของธาตุหนึ่งๆ กับธาตุออกซิเจนในรูปของไอออนที่มีประจุ -2 (O^{2-})”

สมบัติบางประการของสารประกอบออกไซด์ของธาตุคาบที่สาม

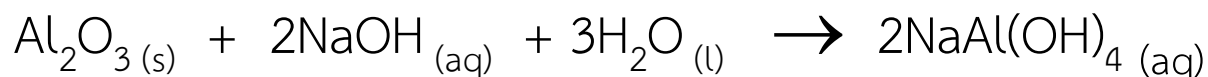
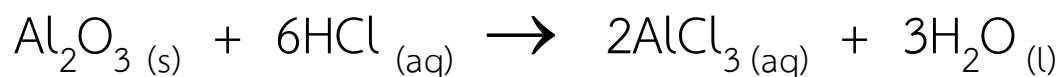
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₄ O ₁₀	SO ₃	Cl ₂ O ₇
Type of compound	←———— Ionic —————→			←———— Molecular —————→			
Structure	←— Extensive three-dimensional —→				←———— Discrete —————→ molecular units		
Melting point (°C)	1275	2800	2045	1610	580	16.8	−91.5
Boiling point (°C)	?	3600	2980	2230	?	44.8	82
Acid-base nature	Basic	Basic	Amphoteric	←———— Acidic —————→			

“แบ่งแยกความแตกต่างของโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ”

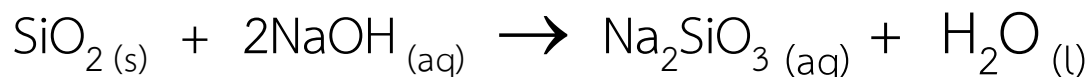
- Na_2O และ MgO เป็นเบส แต่ MgO ละลายน้ำได้ไม่ดี จึงไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่ทำปฏิกิริยากับกรดในลักษณะคล้ายปฏิกิริยากรด-เบส



- Al_2O_3 ละลายน้ำได้น้อยกว่า MgO จึงไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่ทำปฏิกิริยากับกรดและเบสได้ จึงจัดเป็นแอมโฟเทอริก (amphoteric) เช่นเดียวกับ ZnO , BeO , Bi_2O_3

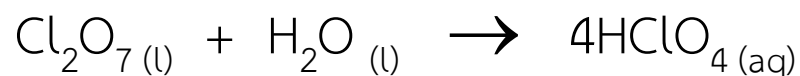
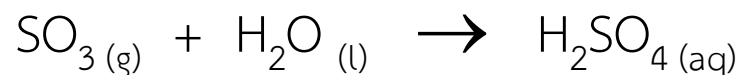
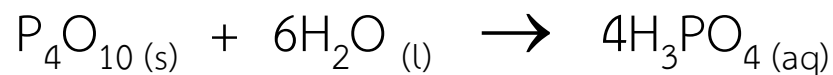


- SiO_2 ไม่ค่อยละลายน้ำและไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่สามารถทำปฏิกิริยากับเบสเข้มข้นได้ จึงมีสมบัติเป็นกรด



ไม่ควรบรรจุสารละลายเบสแก่เข้มข้นในเครื่องแก้วไฟเร็กซ์

- P_4O_{10} , SO_3 และ Cl_2O_7 มีสมบัติเป็นกรดทั้งหมด เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำให้ phosphoric acid (H_3PO_4), sulfuric acid (H_2SO_4) และ perchloric acid ($HClO_4$)



- CO และ NO มีสมบัติเป็นกลาง คือไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้สารละลายกรดหรือเบส โดยทั่วไปออกไซด์ของโลหะมีสมบัติไม่เป็นเบส

- เมื่อความเป็นโลหะลดลงจากซ้ายไปขวา ออกไซด์เปลี่ยนจากเบสสู่แอมโฟเทอริก และสู่กรดในที่สุด
- ออกไซด์โลหะเป็นเบส ออกไซด์อโลหะส่วนใหญ่เป็นกรด ออกไซด์ธาตุกึ่งกลางตารางมีสมบัติแอมโฟเทอริก
- หมู่เดียวกันความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ดังนั้นธาตุที่มีเลขอะตอมสูงกว่าจะเป็นเบสมากกว่าธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำ