

คม 240 เคมีอนินทรีย์ ปีการศึกษา 1-2561

1. ธาตุเรพรีเซนต์ทีฟ (The Representative Elements)

หัวข้อ

1. ตารางธาตุในปัจจุบัน
2. การจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในตารางธาตุ
3. ธาตุเรพรีเซนเททีฟ (ธาตุในหมู่ IA-VIIIA)
 - สมบัติที่สำคัญ
 - การเกิดสารประกอบ
 - การนำไปใช้ประโยชน์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1

ตารางธาตุในปัจจุบัน

**** การค้นพบธาตุที่มีเลขอะตอม 113, 115, 117 และ 118**

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen (1.00794, 1.0082)																	18 He helium (4.0026)																																			
Key: atomic number symbol name standard atomic weight																																																				
3 Li lithium (6.938, 6.997)	4 Be beryllium (9.0122)															5 B boron (10.806, 10.821)	6 C carbon (12.0096, 12.0112)	7 N nitrogen (14.0064, 14.0056)	8 O oxygen (15.9994, 15.9993)	9 F fluorine (18.998, 20.180)	10 Ne neon (20.1798)																															
11 Na sodium (22.989, 23.003)	12 Mg magnesium (24.304, 24.307)	13 Al aluminum (26.981, 26.982)	14 Si silicon (28.085, 28.086)	15 P phosphorus (30.973, 30.974)	16 S sulfur (32.06, 32.065)	17 Cl chlorine (35.446, 35.453)	18 Ar argon (39.948)											19 K potassium (39.098, 40.078)	20 Ca calcium (40.078, 40.078)	21 Sc scandium (44.956, 44.956)	22 Ti titanium (47.867, 47.867)	23 V vanadium (50.942, 50.942)	24 Cr chromium (51.996, 51.996)	25 Mn manganese (54.938, 54.938)	26 Fe iron (55.845, 55.845)	27 Co cobalt (58.933, 58.933)	28 Ni nickel (58.693, 58.693)	29 Cu copper (63.546, 63.546)	30 Zn zinc (65.38, 65.38)	31 Ga gallium (69.723, 69.723)	32 Ge germanium (72.63, 72.63)	33 As arsenic (74.921, 74.922)	34 Se selenium (78.96, 78.971)	35 Br bromine (79.904, 79.907)	36 Kr krypton (83.798)																	
37 Rb rubidium (85.468, 85.468)	38 Sr strontium (87.62, 87.62)	39 Y yttrium (88.906, 88.906)	40 Zr zirconium (91.224, 91.224)	41 Nb niobium (92.906, 92.906)	42 Mo molybdenum (95.94, 95.94)	43 Tc technetium (98.906, 98.906)	44 Ru ruthenium (101.07, 101.07)	45 Rh rhodium (102.905, 102.905)	46 Pd palladium (106.42, 106.42)	47 Ag silver (107.868, 107.868)	48 Cd cadmium (112.411, 112.411)	49 In indium (114.818, 114.818)	50 Sn tin (118.71, 118.71)	51 Sb antimony (121.757, 121.757)	52 Te tellurium (127.603, 127.603)	53 I iodine (126.905, 126.905)	54 Xe xenon (131.29, 131.29)	55 Cs cesium (132.905, 132.905)	56 Ba barium (137.33, 137.33)	57-71 La lanthanoids (138.905, 138.905)	72 Hf hafnium (178.49, 178.49)	73 Ta tantalum (180.948, 180.948)	74 W tungsten (183.84, 183.84)	75 Re rhenium (186.207, 186.207)	76 Os osmium (190.23, 190.23)	77 Ir iridium (192.22, 192.22)	78 Pt platinum (195.08, 195.08)	79 Au gold (196.967, 196.967)	80 Hg mercury (200.59, 200.59)	81 Tl thallium (204.38, 204.38)	82 Pb lead (207.2, 207.2)	83 Bi bismuth (208.98, 208.98)	84 Po polonium (209, 209)	85 At astatine (210, 210)	86 Rn radon (222, 222)	87 Fr francium (223, 223)	88-103 Ac actinoids (227, 227)	104 Rf rutherfordium (261, 261)	105 Db dubnium (262, 262)	106 Sg seaborgium (266, 266)	107 Bh bohrium (264, 264)	108 Hs hassium (277, 277)	109 Mt meitnerium (268, 268)	110 Ds darmstadtium (271, 271)	111 Rg roentgenium (272, 272)	112 Cn copernicium (285, 285)	113 Nh nihonium (284, 284)	114 Fl flerovium (289, 289)	115 Mc moscovium (288, 288)	116 Lv livermorium (293, 293)	117 Ts tennessine (289, 289)	118 Og oganesson (294, 294)

ธาตุที่มีเลขอะตอม 113 คือ Nh (Nihonium)

115 คือ Mc (Moscovium)

117 คือ Ts (Tennessine)

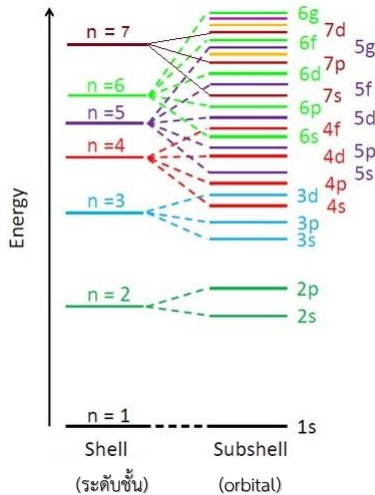
118 คือ Og (Oganesson)

INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

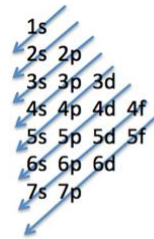
For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry. 2

การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุ

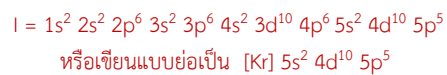
ระดับพลังงานของอิเล็กตรอน แสดงได้ดังรูป



- ยิ่งระดับพลังงานสูงขึ้น orbital จะเข้าใกล้และซ้อนเหลื่อมกันมากขึ้น
- ลำดับการจัดเรียงอิเล็กตรอน อาจใช้แผนภาพดังนี้



เช่น ธาตุ I มีเลขอะตอมเท่ากับ 53 หมายถึงมีอิเล็กตรอนจำนวน 53 ตัว จะมีการจัดเรียงดังนี้

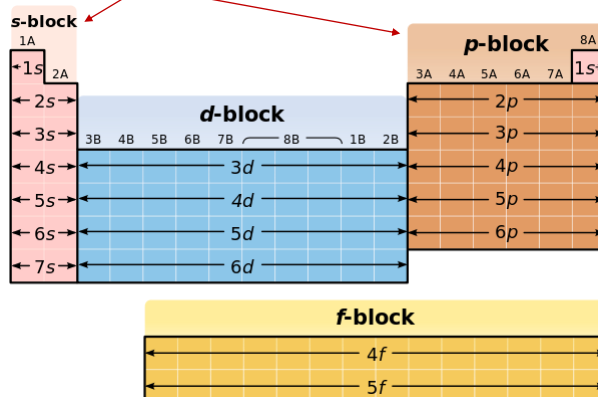


5

ธาตุเรฟรีเซนเททีฟ

ธาตุเรฟรีเซนเททีฟ คือ ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนบรรจุใน s และ p ออร์บิทัล โดยที่ใน d และ f ออร์บิทัลอาจจะไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลยหรือมีบรรจุอยู่เต็ม

- ธาตุเรฟรีเซนเททีฟ จึงได้แก่ ธาตุหมู่ A ในตารางธาตุ → ประกอบด้วย - ธาตุหมู่ 1A-2A (s-block) → 2 หมู่
- ธาตุหมู่ 3A-8A (p-block) → 6 หมู่



6

ธาตุเรพรีเซนเททีฟ

- ธาตุเรพรีเซนเททีฟ บางครั้งเรียกว่า ธาตุหมู่หลัก (main group elements)

- ธาตุเรพรีเซนเททีฟ แต่ละหมู่ มีชื่อเรียกเฉพาะ ได้แก่

หมู่ 1A เรียกว่า โลหะอัลคาไล (Alkali metals) ยกเว้น H (ไฮโดรเจน)

หมู่ 2A เรียกว่า โลหะอัลคาไลน์ เอิร์ท (Alkaline earth metals)

หมู่ 3A เรียกว่า ไทรีล หรือ กลุ่มโบรอน หรือ โลหะเบา (Triel or Boron group or light metals)

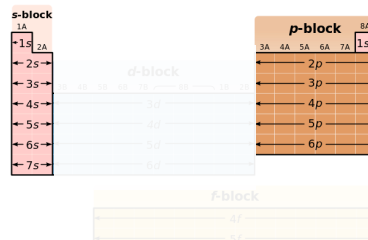
หมู่ 4A เรียกว่า เททรีล หรือ ตระกูลคาร์บอน (Tetrel or Carbon group/family)

หมู่ 5A เรียกว่า เพนเทล หรือ ตระกูลไนโตรเจน (Pentel or Nitrogen group/family)

หมู่ 6A เรียกว่า คัลโคเจน (Chalcogens)

หมู่ 7A เรียกว่า ฮาโลเจน (Halogens)

หมู่ 8A เรียกว่า แก๊สมีตระกูลหรือแก๊สเฉื่อย (Nobel gases or inert gases)



7

Group IA (Alkali metal) $\rightarrow ns^1$

- ธาตุหมู่ IA มักมีสมบัติเป็นเบส $\rightarrow$ จึงเรียกว่า alkali metal

- มีการจัดเรียงวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น ns^1 เสมอ

- โลหะอัลคาไลมีสีเงิน (ยกเว้น Cs มีสีทอง)

1	H
hydrogen	
[1.007, 1.009]	

$1s^1$

**** H มีสมบัติเฉพาะ และแตกต่างจากธาตุในหมู่ 1A จึงไม่กล่าวถึงในที่นี้ ****

3	Li
lithium	
[6.938, 6.997]	

[He] $2s^1$

11	Na
sodium	
22.99	

[Ne] $3s^1$

19	K
potassium	
39.10	

[Ar] $4s^1$

37	Rb
rubidium	
85.47	

[Kr] $5s^1$

55	Cs
caesium	
132.9	

[Xe] $6s^1$

87	* Fr
francium	

[Rn] $7s^1$

*** ธาตุกัมมันตรังสี**



8

Group IA (Alkali metal) → ns¹

- เป็นโลหะที่ว่องไว จึงไม่พบโลหะหมู่นี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบอย่างง่าย เช่น แกลิโอคลอไรด์ (LiCl, KCl) หรือพบเป็นสารประกอบเจือปนในแหล่งแร่ เช่น Pollucite (Cs₄Al₄Si₉O₂₆·H₂O)
- การเตรียมโลหะบริสุทธิ์
 - นำแกลิโอคลอไรด์หลอมเหลวมาผ่านกระบวนการแยกโลหะออก ด้วยเคมีไฟฟ้า (electrolysis)
 - นำสารประกอบมาทำปฏิกิริยา reduction: $M^+ + e^- \rightarrow M(s)$ ได้โลหะออกมา

Elements		Source
Li	Lithium	Silicate minerals เช่น spodumene (LiAl(S ₂ O ₆))
Na	Sodium	NaCl
K	Potassium	KCl
Rb	Rubidium	Impurity in lepidolite, Li ₂ (F,OH) ₂ Al ₂ (SiO ₃) ₃
Cs	Cesium	Pollucite (Cs ₄ Al ₄ Si ₉ O ₂₆ ·H ₂ O)

9

Group IA (Alkali metal) → ns¹

- มีลักษณะอ่อน ตัดง่าย จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ ความหนาแน่นน้อย เมื่อเทียบกับโลหะหมู่อื่น
- นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี

Alkali metal	Atomic Weight	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density (g·cm ⁻³)	Electronegativity
Lithium (Li)	6.941	↑ 453	↑ 1615	0.534	↑ 0.98
Sodium (Na)	22.990	370	1156	0.968	0.93
Potassium (K)	39.098	336	1032	0.89	0.82
Rubidium (Rb)	85.468	312	961	1.532	0.82
Cesium (Cs)	132.905	301	944	1.93	0.79
Francium (Fr)	↓ (223)	295	950	↓ 1.87	0.70

- ขนาดและมวลอะตอมมากขึ้นตามหมู่จากบนลงล่าง
- จุดหลอมเหลวและจุดเดือดลดลงจากบนลงล่าง เนื่องจากขนาดใหญ่ขึ้น
- ความหนาแน่นมากขึ้นจากบนลงล่าง ตามมวลอะตอมที่เพิ่มขึ้น (ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร)
- Electronegativity (EN) สูง ถ้าขนาดอะตอมเล็ก จึงมีแนวโน้มลดลงจากบนลงล่าง

10

Group IA (Alkali metal) → ns^1

Elements	IE	E^0	Radius of M^+ (pm)
	1 st Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^+ + e^- \longrightarrow M$	
Lithium	526	** -3.05	60
Sodium	502	-2.71	95
Potassium	425	-2.92	133
Rubidium	409	-2.99	148
Cesium	382	-3.02	169

- จากค่า IE → Cs, Fr เป็นธาตุที่ว่องไวที่สุดในหมู่ IA (ขนาดใหญ่, IE ต่ำ, เสีย e^- ง่าย เกิดเป็นไอออนบวก)
- จากค่า E^0 → โลหะหมู่ 1A เป็น reducing agent (สารให้ e^-) ที่ดีที่สุด เนื่องจากค่า E^0 ติดลบทั้งหมด
- ค่า E^0 ของ Li ติดลบมากที่สุด (ให้ e^- ได้ดีที่สุด) ซึ่งขัดแย้งกับค่า IE ที่มีค่าสูง เนื่องจากพิจารณาคนละสถานะ (ค่า IE พิจารณาจาก Li ในสถานะแก๊ส ส่วนค่า E^0 พิจารณาในระบบสารละลาย)
- โลหะอัลคาไลสามารถระเบิดได้หากสัมผัสกับน้ำ
- สารประกอบของโลหะอัลคาไลสามารถละลายน้ำได้ เช่น NaCl, Na_2CO_3 , Na_2SO_4

11

Group IA (Alkali metal) → ns^1

ปฏิกิริยาระหว่าง alkali metals กับ O_2 จะได้สารประกอบหลายแบบ ทั้ง oxide, peroxide, และ superoxide

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

Flame test



ไอออนของ alkali metals ให้สีเปลวไฟเฉพาะตัว

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

12

Group IA (Alkali metal) $\rightarrow ns^1$

Diagonal relationship

สมบัติคล้ายคลึงกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี
ในแนวทะแยง แต่แตกต่างจากธาตุในหมู่เดียวกัน

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
2 nd Period	Li	Be	B	C	N	O	F
3 rd Period	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

ความสัมพันธ์ของ Li และ Mg



- Lithium เกิดเป็นสารประกอบ nitride (Li_3N) ได้เช่นเดียวกับ magnesium (Mg_3N_2) แต่โลหะอัลคาไลตัวอื่นๆ มักไม่เกิด
- Atomic radii: Li 152 pm, Mg 160 pm (ใกล้เคียงกัน)
- Ionic radii: Li^+ 78 pm, Mg^{2+} 78 pm (ใกล้เคียงกัน)
- Boiling point: Li 1347 °C, Mg 1090 °C, ส่วนโลหะอัลคาไลอื่นๆ มีค่า b.p. ต่ำกว่ามาก
- Electronegativity: Li 1.0, Mg 1.3 (ใกล้เคียงกัน)
- Li มีความแข็งใกล้เคียงกับ Mg และแข็งมากกว่าโลหะอัลคาไลตัวอื่นๆ มาก
- Li และ Mg ไม่เกิดสารประกอบ peroxide ต่างจากโลหะอัลคาไลตัวอื่นๆ
- lithium hydroxide และ magnesium hydroxide ละลายน้ำได้เล็กน้อย แต่ sodium hydroxide ละลายน้ำได้ดีมาก

13

Group IA (Alkali metal) $\rightarrow ns^1$

การนำ Li ไปใช้ประโยชน์

- เป็นตัวต้านความร้อน เช่น แก้ว เซรามิก
- ใช้ทำเครื่องบินเนื่องจากมีความแข็งแรงแต่น้ำหนักเบา
- ใช้ทำลิเทียมแบตเตอรี่
- เป็นส่วนผสมในอาวุธสงคราม
- ใช้ในการบำบัดโรค bipolar เช่น สารประกอบ lithium carbonate, lithium citrate
- เป็นตัวช่วยป้องกันการปวดไมเกรนและปวดศีรษะ

การนำ Na ไปใช้ประโยชน์

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

14

Group IA (Alkali metal) → ns^1

การนำ K ไปใช้ประโยชน์

- ใช้ทำปุ๋ย เช่น KCl , K_2SO_4 , KNO_3
- Potassium sodium tartrate หรือ Rochelle salt ($KNaC_4H_4O_6$) เป็นองค์ประกอบหลักของผงฟู
- Potassium bromate ($KBrO_3$) ช่วยให้ง่ายขึ้น
- Potassium bisulfite ($KHSO_3$) ใช้ถนอมอาหาร เช่น ไวน์ เบียร์ และใช้ฟอกหนัง
- KBr , KI และ KCl ใช้ในกระบวนการถ่ายภาพ ล้างภาพ

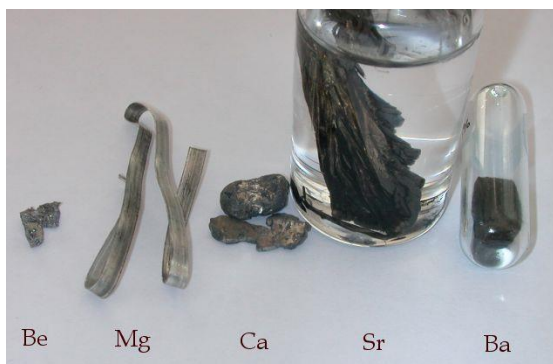
15

Group IIA (Alkaline earth) → ns^2

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

[He] $2s^2$ [Ne] $3s^2$ [Ar] $4s^2$ [Kr] $5s^2$ [Xe] $6s^2$ [Rn] $7s^2$

* ธาตุกัมมันตรังสี



- มีการจัดเรียงวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น ns^2 เสมอ
- เป็นโลหะที่ว่องไวอันดับสองรองจากหมู่ IA และความว่องไวเพิ่มขึ้นตามขนาด
- ไม่พบโลหะหนักนี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบต่างๆ เช่น carbonate, sulfate, chloride
- เกิดเป็นไอออนที่มีประจุ +2
- การเตรียมโลหะ ใช้วิธี electrolysis เกลือคลอไรด์ที่หลอมเหลว

16

Group IIA (Alkaline earth) → ns^2					
Alkali Earth	Atomic Weight	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density (g·cm ⁻³)	Electronegativity
Beryllium (Be)					
Magnesium (Mg)					
Calcium (Ca)	** แนวโน้มสมบัติของธาตุหมู่ 2 นี้จากบนลงล่าง จะเหมือนกับแนวโน้มในธาตุหมู่ 1A				
Strontium (Sr)					
Barium (Ba)					
Radium (Ra)					

17

Group IIA (Alkaline earth) → ns^2					
	IE ₁	IE ₂	IE ₃	E ⁰	
Elements	1 st Ionization energy (kJ/mol)	2 nd Ionization energy (kJ/mol)	3 rd Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^{2+} + 2e^- \longrightarrow M$	Radius of M^{2+} (pm)
Be	906	1763	14855	-1.70	≈30
Mg	744	1457	7739	-2.37	65
Ca	596	1152	4913	-2.76	99
Sr	556	1071	4210	-2.89	113
Ba	509	972	-	-2.90	135
Ra	509	979	-	-2.92	140

- ค่า $IE_3 \gg IE_2 > IE_1$ เนื่องจากการดึงอิเล็กตรอนตัวที่ 3 ออกจากอะตอม ต้องดึงอิเล็กตรอนในชั้นในซึ่งดึงดูดกับนิวเคลียสได้ดี จึงต้องใช้พลังงานในการดึงสูง (อิเล็กตรอนหลุดยาก)
- รัศมีไอออนจะมีแนวโน้มเดียวกับขนาดอะตอมของธาตุ นั่นคือ เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง

18

Group IIA (Alkaline earth) $\rightarrow ns^2$

แนวโน้มการละลายน้ำของสารประกอบหมู่ IIA

	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	CrO_4^{2-}	OH^-	F
Be^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Mg^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Ca^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Sr^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓
Ba^{2+}	↑	↑	↑	↑	↓	↓

- ไอออนบวกและลบที่มีขนาดแตกต่างกันมาก จะยิ่งละลายน้ำได้ดี
- ธาตุหมู่ IIA จัดเป็นธาตุที่ว่องไว ความว่องไวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น (ขนาดใหญ่ขึ้น)
- Be มีสมบัติคล้ายกับ Al ในหมู่ IIIA ซึ่งอยู่ในแนวทะแยง

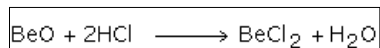
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
2 nd Period	Li	Be	B	C	N	O	F
3 rd Period	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

19

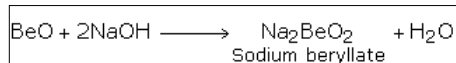
Group IIA (Alkaline earth) $\rightarrow ns^2$

ความสัมพันธ์เชิงเส้นทะแยงมุมของ Be และ Al

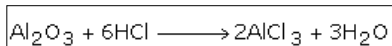
- BeO และ Al_2O_3 มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric) แต่ oxides ของธาตุหมู่ IIA อื่นๆ จะเป็นเบส



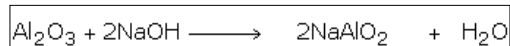
เบส



กรด

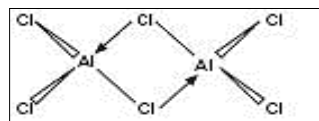
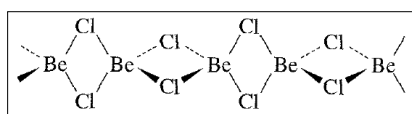


เบส



กรด

- สารประกอบไฮไดรด์ของ Be และ Al เช่น BeCl_2 และ AlCl_3 เป็นสารประกอบโควาเลนต์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน คือต้องอยู่ร่วมกันหลายโมเลกุลโดยใช้อะตอมไฮโดรเจนเป็นสะพานเชื่อม



20

Group IIA (Alkaline earth) → ns^2

Be ใช้เป็นสารเติม (dopant) เพื่อเพิ่มสมบัติสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (semiconductor) ของสารประกอบของธาตุหมู่ IIIA

การนำ Mg ใช้ประโยชน์

- MgO: ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก แก้ว ซีเมนต์ การเกษตร สารเคมีต่างๆ อุตสาหกรรมก่อสร้าง กระจกป้องกันรังสี (aluminium-magnesium alloys)
- Mg^{2+} จำเป็นต่อร่างกายตั้งนั้นจึงมีการเติมลงไปในการอาหาร ปู๋ย
- Mg เป็นองค์ประกอบใน chlorophyll
- Magnesium salicylate และ Magnesium sulfate ใช้เป็นยา antiseptics

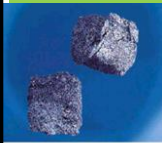
การนำ Ca ใช้ประโยชน์

- เป็น reducing agent ในการสกัดโลหะเช่น uranium, zirconium, and thorium.
- เป็น alloying agent ในการผลิต aluminium, beryllium, copper, lead, magnesium alloys
- ใช้ทำ cements ในการก่อสร้าง
- พบปริมาณมากใน cheese ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปของนม (ซีสมี Ca มากกว่านมสด 2 เท่า)



21

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



Boron (B)

[He] $2s^2 2p^1$

- B, Al, Ga และ In มีเลขออกซิเดชัน +3
- Tl มีขนาดใหญ่ มีเลขออกซิเดชัน 2 ค่า คือ +1 และ +3

- B เป็นกึ่งโลหะ มีลักษณะเป็นโควาเลนต์มากกว่าไอออนิก
- Al เป็นโลหะที่มีมากที่สุดในเปลือกโลกในรูปของสารประกอบ $KAlSi_3O_8$, Al_2O_3



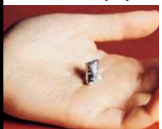
Aluminum (Al)

[Ne] $3s^2 3p^1$



Indium (In)

[Ar] $4s^2 4p^1$



Gallium (Ga)

[Kr] $5s^2 5p^2$

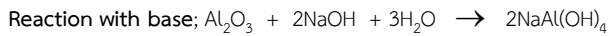
Elements		Source
B	Boron	Kernite, a form of borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$)
Al	Aluminum	Al_2O_3 , $KAlSi_3O_8$
Ga	Gallium	พบเล็กน้อยในแร่หลายชนิด
In	Indium	พบเล็กน้อยในแร่หลายชนิด
Tl	Thallium	พบเล็กน้อยในแร่หลายชนิด

22

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

IE		E ⁰	
Elements	Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^{3+} + 3e^- \longrightarrow M$	Radius of M^{3+} (pm)
Boron	798	-	20
Aluminum	581	-1.66	50
Gallium	577	-0.53	62
Indium	556	-0.34	81
Thallium	589	0.72	95

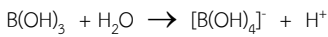
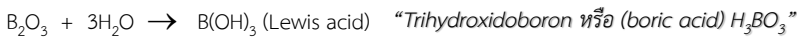
- เกลือซัลเฟต ไนเตรตและไฮไดรด์ของโลหะหมู่ III ละลายน้ำได้ดี
- ไฮดรอกไซด์ของโลหะหมู่ III ไม่ละลายน้ำ
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของ Al และ Ga มีสมบัติเป็น amphoteric



23

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

B_2O_3 (boron oxide) เป็นออกไซด์ที่มีความเป็นกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ



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

- Atomic radii: B 88 pm, Si 117 pm
- เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ที่เป็นกรดอย่างอ่อน
- เป็นโลหะ
- เป็น semiconductor

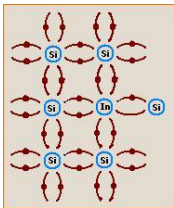
การนำ Boron ใช้ประโยชน์



Borosilicate glassware เช่น beakers และ test tube



Boron carbide ใช้เป็นแผ่นกันกระสุนในเสื้อกันกระสุน



Dopant ใน semiconductor

24

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

การนำ Aluminium ใช้ประโยชน์



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



Packaging (cans, foil)

25

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

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

[He] $2s^2 2p^2$

[Ne] $3s^2 3p^2$

[Ar] $4s^2 4p^2$

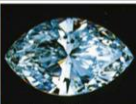
[Kr] $5s^2 5p^2$

[Xe] $6s^2 6p^2$

[Rn] $7s^2 7p^2$



Carbon (graphite)



Carbon (diamond)



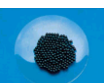
Silicon (Si)



Germanium (Ge)



Tin (Sn)



Lead (Pb)

หมู่ Group IVA แบ่งได้เป็น 3 classes:

- Carbon เป็น nonmetal
- Silicon และ Germanium เป็น semimetal
- Tin และ Lead เป็น metals
(ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น)
- ประจุเป็น +4 (เฉพาะ Sn และ Pb ประจุมีทั้ง +4 และ +2)

Elements		Source
C	Carbon	Graphite, diamond, petroleum, coal
Si	Silicon	Silicate minerals, silica
Ge	Germanium	Germanite (mixture of Cu, Fe, and GeS ₂)
Sn	Tin	Cassiterite (SnO ₂)
Pb	Lead	Galena (PbS)

26

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

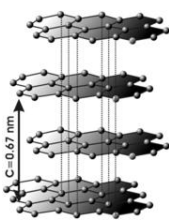
Elements	Electronegativity	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
Carbon	2.5	3727	-
Silicon	1.8	1410	2355
Germanium	1.8	937	2830
Tin	1.8	232	2270
Lead	1.9	327	1740

- ออกไซด์ของคาร์บอนมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส
- CO_2 (g) ละลายน้ำแล้วได้กรดคาร์บอนิก H_2CO_3 (liq)
- ออกไซด์ของธาตุอื่นๆ มีสถานะเป็นของแข็ง

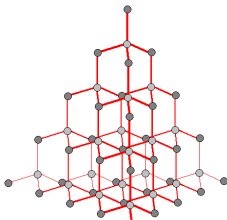
27

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

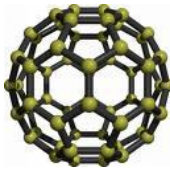
- รูป (form) ของคาร์บอน



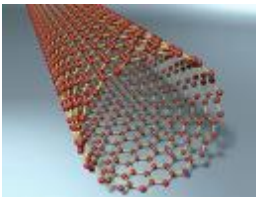
Graphite



Diamond



Bulky ball (C_{60})



Carbon nanotube (CNT)

- ออกไซด์ของซิลิกอน คือ ซิลิกา (SiO_2) อยู่ในรูปทราย และ quartz



- ใช้ในการก่อสร้างซึ่งเป็นส่วนสำคัญของคอนกรีตและก้อนอิฐ
- ใช้ทำแก้วและฉนวน
- ใช้เป็นวัสดุทำขัดหรือเจียรไนเพชร
- ใช้ทำวัสดุอุดรู โดยผสม boric acid กับ silicone oil

28

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

7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008] 15 P phosphorus 30.974 33 As arsenic 74.922 51 Sb antimony 121.76 83 Bi bismuth 208.98 115 Mc moscovium	[He] $2s^2 2p^3$ [Ne] $3s^2 3p^3$ [Ar] $4s^2 4p^3$ [Kr] $5s^2 5p^3$ [Xe] $6s^2 6p^3$ [Rn] $7s^2 7p^3$	   <table border="1" style="margin: 10px auto; text-align: center;"> <tr><td>N</td></tr> <tr><td>P</td></tr> <tr><td>As</td></tr> <tr><td>Sb</td></tr> <tr><td>Bi</td></tr> </table>	N	P	As	Sb	Bi	เลขออกซิเดชัน = +3 และ +5 N อยู่ในรูปของแก๊สและของเหลวที่อุณหภูมิต่ำ P มีหลายอัญรูป เป็นของแข็ง - ฟอสฟอรัสขาว ลูกติดไฟในบรรยากาศของ O_2 - ฟอสฟอรัสแดง ได้จากการเผาฟอสฟอรัสขาวกับ O_2 ที่อุณหภูมิสูง - ฟอสฟอรัสดำ ทำปฏิกิริยากับ O_2 ที่อุณหภูมิสูง
N								
P								
As								
Sb								
Bi								

N
P
As
Sb
Bi

} nonmetal

} metalloid (semiconductor)

} metal

increasing
metallic
character
↓

29

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

- แหล่งแร่ที่พบธาตุในหมู่ 5A



Phosphate rock



Fluorapatite



Arsenopyrite



Stibnite



Bismite

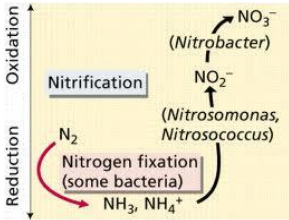
- ปฏิกิริยาที่สำคัญ

- ใช้ในโตรเจนในกระบวนการ Haber process ภายใต้อุณหภูมิสูงและมีตัวเร่ง

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$
 แอมโมเนียใช้เตรียมปุ๋ยต่อไป
- Nitrogen fixation : $N_2 \rightarrow$ various products
- กระบวนการ Ostwald process ที่เปลี่ยน NH_3 ไปเป็น NO , NO_2 , HNO_3

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

nitric oxide



30

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

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

31

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

8
O
16
S
34
Se
52
Te
84
Po

[He] $2s^2 2p^4$

[Ne] $3s^2 3p^4$

[Ar] $4s^2 4p^4$

[Kr] $5s^2 5p^4$

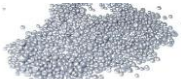
[Xe] $6s^2 6p^4$



liquid oxygen with bubbles of oxygen gas



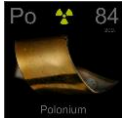
Crystals of rhombic sulfur



Selenium



Tellurium



Polonium

32

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

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

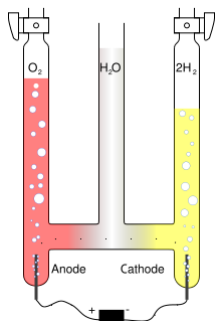
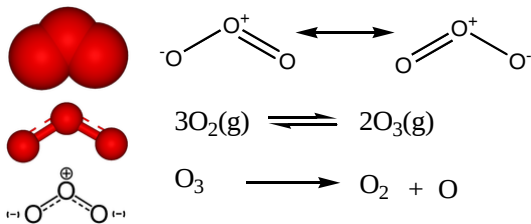
Oxides	Hydrides	Halogen compounds
PoO ₂	PoH ₂	PoX ₂ เช่น PoCl ₂
PoO ₃		PoX ₄
		PoX ₆

33

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

• oxidation state of oxygen

- 2 oxide
- 1 peroxides.
- uncommon:
- 1/2 superoxides
- 1/3 ozonides
- 0 elemental, hypofluorous acid
- +1/2 dioxygenyl
- +1 dioxygen difluoride
- +2 oxygen difluoride



electrolysis of water

ในกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสของน้ำสามารถผลิตก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน

34

Group VIA (ns² np⁴) (Chalcogens)

Oxidation state of sulfur	Compounds
+6	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , SO ₄ ²⁻ , SF ₆
+4	SO ₂ , HSO ₃ ⁻ , SO ₃ ²⁻ , SF ₄
+2	SCL ₂
0	S ₈ and all other forms of elemental sulfur
-2	H ₂ S, S ²⁻

S²⁻ Sulfides

SO₃²⁻ Sulfites

H₂SO₃ Sulfurous acid

SO₂ Sulfur dioxide

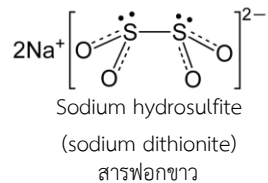
SO₄²⁻ Sulfates

S₂O₃²⁻ Thiosulfates

SF₆ Sulfur hexafluoride

SCN⁻ Thiocyanates

S₄N₄ Tetrasulfur tetranitride



35

Group VIIA , Halogen (ns² np⁵)

9 F fluorine 18.998

[He] 2s² 2p⁵

• เลขออกซิเดชัน = -1, +1, +3, +5, +7

ยกเว้น F มีเลขออกซิเดชัน = -1 เท่านั้น

17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]
--

[Ne] 3s² 3p⁵

• ทั้งหมดเป็นอโลหะ และ At เป็นธาตุกัมมันตรังสี

35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]
--

[Ar] 4s² 4p⁵

• Halogen เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกแบบ monovalent ion ที่เป็น anion

• F₂ ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด เพราะมีค่า EN สูงที่สุด

• F₂ เป็น oxidizing agent ที่ดี: F₂ + H₂O → 2HF + O₂

53 I iodine 126.90

[Kr] 5s² 5p⁵

85 At astatine

[Xe] 6s² 6p⁵

• พลังงานพันธะ F-F แข็งแรงน้อยกว่า Cl-Cl เนื่องจากอะตอม F มีขนาดเล็ก อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวทั้งสามคู่ออกมาใกล้กันมากและผลักกันได้แรงกว่าใน Cl₂ ซึ่งมีอะตอมใหญ่กว่า

117 Ts tennessine

[Rn] 7s² 7p⁵

36

Group VIIA , Halogen (ns² np⁵)

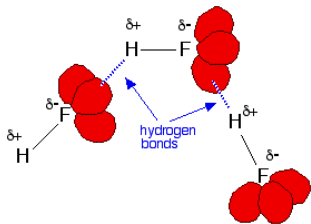
Elements	E.N.	Radius of X ⁻ (pm)	Standard reduction potential (V) for X ₂ + 2e ⁻ → 2X	Melting point (°C)	Boiling point (°C)	Bond energy of X ₂ (kJ/mol)
Fluorine	4.0	136	2.87	-220	-188	154
Chlorine	3.0	181	1.36	-101	-34	239
Bromine	2.8	195	1.09	-7.3	59	193
Iodine	2.5	216	0.54	113	184	149
Astatine	2.2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

37

Group VIIA , Halogen (ns² np⁵)

HI > HBr > HCl >> HF
strongest acid weakest acid

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



AgF ละลายน้ำได้ แต่ซิลเวอร์เฮไลด์อื่นๆ ไม่ละลายน้ำ

- HF มีจุดเดือดสูง (19.5 °C) เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างโมเลกุล แต่ไฮโดรเจนเฮไลด์อื่นมีจุดเดือดต่ำกว่ามาก เช่น HCl มีจุดเดือด -85.1 °C
- HF เป็นกรดอ่อนแต่กรดไฮโดรเฮลิกอื่น เช่น HCl, HBr และ HI เป็นกรดแก่

Compound	Solubility (g/100 g H ₂ O)
AgF	172
AgCl	0.00019
AgBr	0.000014
AgI	0.000003

38

Group VIIA , Halogen (ns² np⁵)

- sodium fluoride (NaF), stannous fluoride (SnF₂) ใช้ทำยาสีฟันเพื่อป้องกันฟันผุ
- โบรมีนมีประโยชน์ในการเตรียม ethylene dibromide (BrCH₂CH₂Br) ซึ่งใช้เป็นยาฆ่าแมลงและใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำมันรถยนต์เพื่อไม่ให้มีตะกั่วเข้าไปอุดตันในเครื่องยนต์ แต่สารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง
- โบรมีนรวมตัวกับเงินได้โดยตรง เกิดเป็น AgBr ซึ่งใช้ในการทำฟิล์มถ่ายรูป
- ไอโอดีน เป็นส่วนประกอบสำคัญของไทรอยด์ฮอร์โมนชื่อ thyroxine
- ถ้าร่างกายขาดไอโอดีนอาจทำให้ต่อมไทรอยด์บวม ซึ่งไอโอดีนใช้ผลิตไทรอกซินในร่างกาย
- ทิงเจอร์ไอโอดีน (tincture iodine) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค มีไอโอดีน 2-7%, potassium iodide หรือ sodium iodide ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์

39

Group VIIA , Halogen (ns² np⁵)

O.S	Name	Formula	Example compounds
-1	chlorides	Cl ⁻	ionic chlorides, organic chlorides, hydrochloric acid
0	chlorine	Cl ₂	elemental chlorine
+1	hypochlorites	ClO ⁻	sodium hypochlorite, Calcium hypochlorite
+3	chlorites	ClO ₂ ⁻	Sodium chlorite
+5	chlorates	ClO ₃ ⁻	sodium chlorate, potassium chlorate, chloric acid
+7	perchlorates	ClO ₄ ⁻	Potassium perchlorate, Perchloric acid, Magnesium perchlorate ammonium perchlorate



40

2
He
helium
4.0026

10
Ne
neon
20.180

18
Ar
argon
39.948

36
Kr
krypton
83.798(2)

54
Xe
xenon
131.29

86
Rn
radon

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

Elements		IE (kJ/mol)	OS.	Density g/cm ³	mp. (°C)	bp. (°C)	Atmospheric abundance (% by V)	Example of Compound
He	Helium	2372	0	1.8×10 ⁻⁴	-270	-269	0.0005	None
Ne	Neon	2080	0	9.0×10 ⁻⁴	-249	-246	0.001	None
Ar	Argon	1520	0	1.8×10 ⁻³	-189	-186	0.9	None
Kr	Krypton	1351	+2	3.7×10 ⁻³	-157	-153	0.0001	KrF ₂
Xe	Xenon	1170	+2, +4, +6, +8	5.9×10 ⁻³	-112	-107	0.000009	XeF ₄ , XeO ₃ , XeF ₆

41

Group VIIIA , Noble gas (ns² np⁶)

Helium

ใช้เป็นแก๊สในบอลลูนเนื่องจากฮีเลียมมีความหนาแน่นต่ำและการเผาไหม้ต่ำ

ฮีเลียมเหลวใช้เป็นสารหล่อเย็นในเครื่อง MRI scanners

มีน้ำหนักน้อยกว่าอากาศ ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น

มีปริมาณมากเป็นธาตุอันดับสองรองจากไฮโดรเจน

มีความปลอดภัยสูง ไม่เกิดการเผาไหม้

หากมีการสูดดมก๊าซฮีเลียมเข้าไป เสียงจะแหบ

Neon

ไม่มีสี เฉื่อยภายใต้สภาวะปกติ

นีออนให้สีแดงเมื่อใช้กับ discharge tube และหลอดนีออน

Argon

เป็นก๊าซเฉื่อยราคาถูก มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ

การเก็บ Cs ในบรรยากาศของก๊าซอาร์กอน



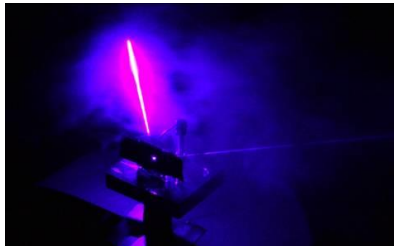
42

21

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

Krypton

เป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
ใช้บรรจุในหลอดฟลูออเรสเซนต์



Krypton laser

Xenon



Xe-lighting



- ภาพ tomography (ภาพเอกซเรย์) ของหัวใจ ปอดและสมองที่เกิดจากการปลดปล่อยรังสีแกมมาของ ^{133}Xe ของธาตุซีนอน
- ^{133}Xe ของธาตุซีนอน ใช้วัดการไหลของเลือด

43