คม 240 เคมีอินทรีย์ ปีการศึกษา 1-2559

1. ธาตุเรพรีเซนเททีฟ (The Representative Elements)

หัวข้อ

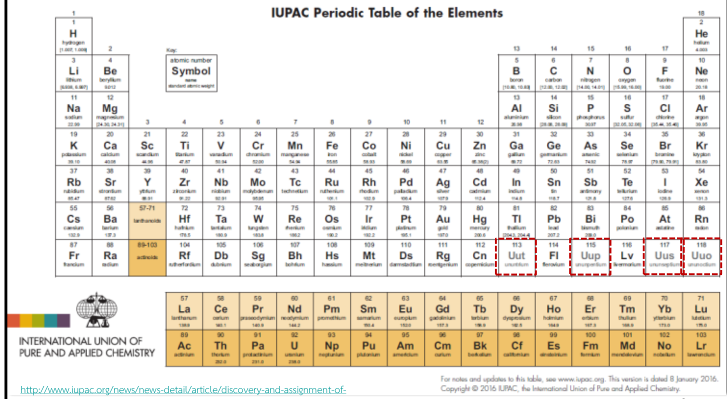
1. ธาตุหมู่ IA-VIIIA
2. สารประกอบธาตุหมู่ IA-VIIIA
3. สมบัติต่างๆ ของธาตุหมู่ IA-VIIIA

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1

ตารางธาตุในปัจจุบัน

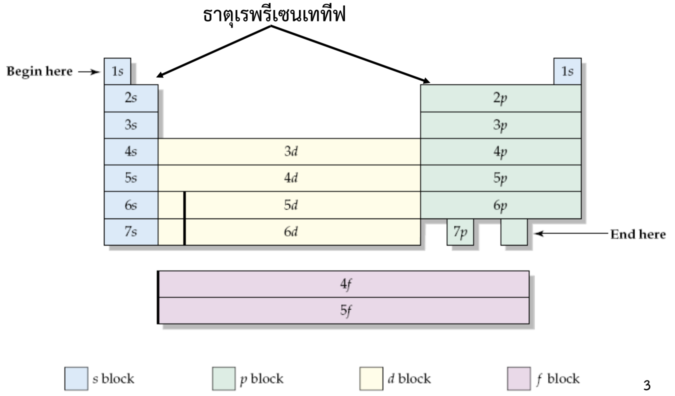
การค้นพบธาตุที่มีเลขอะตอม 113, 115, 117 และ 118



http://www.iupac.org/news/news-detail/article/discovery-and-assignment-of-elements-with-atomic-numbers-113-115-117-and-118.html

2

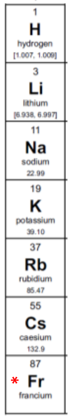
ธาตุเรพรีเซนเททีฟ คือ ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนบรรจุใน s และ p ออร์บิทัล โดยที่ใน d และ f ออร์บิทัลอาจจะไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลยหรือมีบรรจุอยู่เต็ม ไม่ว่าจะเป็นอะตอมหรือไอออน



3

Group IA (Alkali metal) ns^1

- สมบัติความเป็นกรดเบสของธาตุหมู่ IA → มักเป็นเบส จึงเรียกว่า alkali metal
- โลหะอัลคาไลมีสีเงิน (ยกเว้น Cs มีสีทอง)



* ธาตุกัมมันตรังสี

4

Group IA (Alkali metal) ns^1

- เป็นโลหะที่ว่องไว จึงไม่พบโลหะหมู่นี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบ เช่น เกลือคลอไรด์ LiCl, KCl
- การเตรียมโลหะใช้วิธี electrolysis เกลือคลอไรด์

Elements		Source	Method of preparation
Li	Lithium	Silicate minerals เช่น spodumene ($LiAl(S_2O_6)$)	Electrolysis of molten LiCl
Na	Sodium	NaCl	Electrolysis of molten NaCl
K	Potassium	KCl	Electrolysis of molten KCl
Rb	Rubidium	Impurity in lepidolite, $Li_2(F,OH)_2Al_2(SiO_3)_3$	Reduction of RbOH with Mg and H_2
Cs	Cesium	Pollucite ($Cs_4Al_4Si_9O_{26}.H_2O$)	Reduction of CsOH with Mg and H_2

5

Group IA (Alkali metal) ns^1

- มีลักษณะอ่อน ตัดง่าย จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ ความหนาแน่นน้อย
- นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี

Alkali metal	Standard Atomic Weight (u)	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density ($g \cdot cm^{-3}$)	Electronegativity (Pauling)
Lithium	6.941	453	1615	0.534	0.98
Sodium	22.990	370	1156	0.968	0.93
Potassium	39.098	336	1032	0.89	0.82
Rubidium	85.468	312	961	1.532	0.82
Cesium	132.905	301	944	1.93	0.79
Francium	(223)	295	950	1.87	0.70

6

Group IA (Alkali metal) ns^1

Elements	1^{st} Ionization energy (kJ/mol) (IE)	2^{nd} Ionization energy (kJ/mol)	Standard reduction potential (V) for $M^+ + e^- \longrightarrow M$ (E^0)	Radius of M^+ (pm)
Lithium	526	7302	-3.05	60
Sodium	502	4569	-2.71	95
Potassium	425	3058	-2.92	133
Rubidium	409	2638	-2.99	148
Cesium	382	2430	-3.02	169

- เป็น reducing agent ที่ดีที่สุด ดูจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของอิเล็คโทรด (E^0) มีค่าเป็นลบมาก
- Cs และ Fr เป็นธาตุที่ reactive ที่สุดในหมู่ IA (ขนาดใหญ่, IE ต่ำ)
- จากค่า E^0 แสดงให้เห็นว่า Li ให้อิเล็กตรอนได้ดีที่สุด ซึ่งขัดแย้งกับค่า IE ที่มีค่าสูง เนื่องจากค่า IE ได้มาจาก Li ในสถานะแก๊ส ส่วนค่า E^0 อยู่ในสารละลาย
- โลหะอัลคาไลสามารถระเบิดได้หากสัมผัสกับน้ำ
- สารประกอบของโลหะอัลคาไลสามารถละลายน้ำได้ เช่น NaCl, Na_2CO_3, Na_2SO_4

7

Group IA (Alkali metal) ns^1

Types of compounds formed by the alkali metals with O_2

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

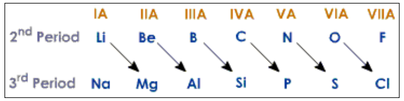
Flame test

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

8

Group IA (Alkali metal) ns^1

Diagonal relationship



ความสัมพันธ์ของ Li และ Mg

$6\ Li + N_2 \longrightarrow 2\ Li_3N$

$3\ Mg + N_2 \longrightarrow Mg_3N_2$

- Atomic radii: Li 152 pm, Mg 160 pm
- Ionic radii: Li^+ 78 pm, Mg^{2+} 78 pm
- Boiling point: Li 1347 °C, Mg 1090 °C, other group 1 metals much lower
- Electronegativity: Li 1.0, Mg 1.3
- Lithium is much harder than the other alkali metals, more like magnesium
- Lithium does not form a peroxide, unlike other alkali metals, neither does magnesium
- Lithium hydroxide is sparingly soluble, as is magnesium hydroxide, but sodium hydroxide are very soluble in water.
- Lithium forms a nitride (Li_3N) as does magnesium (Mg_3N_2), but the other group 1 alkali metals do not.

Group IA (Alkali metal) ns^1

การนำลิเทียมไปใช้ประโยชน์

- เป็นตัวต้านความร้อน เช่น แก้ว เซรามิก
- ใช้ทำเครื่องบินเนื่องจากมีความแข็งแต่น้ำหนักเบาจึงทำลิเทียมแบตเตอรี
- เป็นส่วนผสมในอาวุธสงคราม
- ใช้ในการบำบัดโรค bipolar เช่น lithium carbonate, lithium citrate, lithium orotate
- เป็นตัวช่วยป้องกันการปวดไมเกรนและปวดศีรษะ

การนำโซเดียมไปใช้ประโยชน์

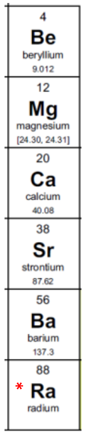
- ใช้ทำสบู่โดยผสมกับกรดไขมัน ซึ่งสบู่โซเดียมมีความแข็งกว่าสบู่โปแทสเซียม
- เป็นสารเคมีที่สำคัญในอุตสาหกรรมแก้ว เหล็ก กระดาษ ปิโตรเลียม สบู่ และใยผ้า
- สารประกอบโซเดียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ common salt (NaCl), soda ash (Na_2CO_3), baking soda ($NaHCO_3$), caustic soda (NaOH), sodium nitrate ($NaNO_3$),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

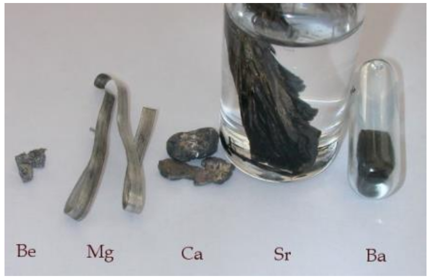
Group IA (Alkali metal) ns^1

การนำโปแทสเซียมไปใช้ประโยชน์

- ใช้ทำปุ๋ย เช่น KCl, K_2SO_4, KNO_3
- Potassium sodium tartrate หรือ Rochelle salt ($KNaC_4H_4O_6$) เป็นองค์ประกอบหลักของผงฟู
- Potassium bromate ($KBrO_3$) เป็น strong oxidiser ใช้เป็น flour improver (E924) เพื่อให้แป้งนิ่มฟู
- Potassium bisulfite ($KHSO_3$) ใช้ถนอมอาหาร เช่น ไวน์ เบียร์ และใช้ฟอกหนัง
- KBr, KI และ KCl ใช้ทำ photographic emulsion เพื่อใช้ทำภาพ photosensitive silver halides

Group IIA (Alkaline earth) ns^2





- เป็นโลหะที่ว่องไวอันดับสองรองจากหมู่ IA ความว่องไวเพิ่มขึ้นตามขนาด
- ไม่พบโลหะหมู่นี้เป็นธาตุอิสระ แต่ปรากฏในรูปสารประกอบอื่นๆ เช่น carbonate, sulphate, chloride
- เกิดเป็นไอออนที่มีประจุ +2

* ธาตุกัมมันตรังสี

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

การเตรียมโลหะใช้วิธี electrolysis เกลือคลอไรด์ที่หลอมเหลว

Elements		Source	Method of preparation
Be	Beryllium	Beryl ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)	Electrolysis of molten $BeCl_2$
Mg	Magnesium	Magnesite ($MgCO_3$), Dolomite ($MgCO_3.CaCO_3$) Carnallite ($MgCl_2.KCl.H_2O$)	Electrolysis of molten $MgCl_2$
Ca	Calcium	Various minerals containing $CaCO_3$	Electrolysis of molten $CaCl_2$
Sr	Strontium	Celestite ($SrSO_4$), Strontianite ($SrCO_3$)	Electrolysis of molten $SrCl_2$
Ba	Barium	Baryte ($BaSO_4$) Witherite ($BaCO_3$)	Electrolysis of molten $BaCl_2$
Ra	Radium	Pitchblende (1g of Ra / 7 tons of ore)	Electrolysis of molten $RaCl_2$

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

Alkali Earth	Standard Atomic Weight (u)	Melting Point (K)	Boiling Point (K)	Density ($g{\cdot}cm^{-3}$)	Electronegativity (Pauling)
Beryllium (Be)	9.012	1280	1500	1.86	1.57
Magnesium (Mg)	24.305	651	1107	1.75	1.31
Calcium (Ca)	40.078	851	1440	1.55	1.00
Strontium (Sr)	87.62	800	1366	2.6	0.95
Barium (Ba)	137.327	850	1537	3.59	0.89
Radium (Ra)	226.0	295	950	1.87	0.9

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

Elements	1st Ionization energy (kJ/mol)	2nd Ionization energy (kJ/mol)	3rd 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

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

แนวโน้มการละลายน้ำของสารประกอบหมู่ IIA

	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	$C_2O_4^{2-}$	CrO_4^{2-}	OH^-	F^-
Be^{2+}	มาก ↑	มาก ↑	มาก ↑	มาก ↑	น้อย ↓	น้อย ↓
Mg^{2+}						
Ca^{2+}						
Sr^{2+}						
Ba^{2+}	น้อย	น้อย	น้อย	น้อย	มาก	มาก

ธาตุหมู่ IIA จัดเป็นธาตุที่ว่องไว ความว่องไวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมสูงขึ้น
ยกเว้น Be ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำแม้จะใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น

Group IIA (Alkaline earth) ns^2

ความสัมพันธ์เชิงเส้นทแยงมุมของ Be และ Al

BeO และ Al_2O_3 เป็น amphoteric (แต่ oxides ของ Group 2 เป็น basic)

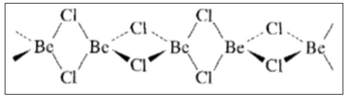
$BeO + 2HCl \longrightarrow BeCl_2 + H_2O$

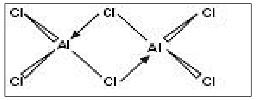
$BeO + 2NaOH \longrightarrow Na_2BeO_2 + H_2O$ (Sodium beryllate)

$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$

สารประกอบเฮไลด์ของ Be และ Al เช่น $BeCl_2$ และ $AlCl_3$ เป็นสารประกอบโควาเลนต์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน





17

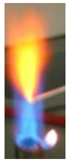
Group IIA (Alkaline earth) ns^2

Beryllium ใช้เป็น p-type dopant ใน semiconductors ของสารประกอบของธาตุหมู่ IIIA

การนำ Mg ใช้ประโยชน์

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

การนำ Ca ใช้ประโยชน์



- เป็น reducing agent ในการสกัดโลหะเช่น uranium, zirconium, and thorium.
- เป็น deoxidizer, desulfurizer, decarbonizer สำหรับโลหะผสมที่เป็นเหล็กและไม่เป็นเหล็ก
- เป็น alloying agent ในการผลิต aluminium, beryllium, copper, lead, magnesium alloys
- ใช้ทำ cements และ mortars ในการก่อสร้าง
- ใช้ทำ cheese

18

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

- B, Al, Ga และ In มีเลขออกซิเดชัน +3
- Tl มีเลขออกซิเดชันคือ +1 และ +3 เนื่องจากมีขนาดใหญ่

- B เป็นกึ่งโลหะ มีลักษณะโควาเลนต์มากกว่าไอออนิก
- Al เป็นโลหะที่มีมากที่สุดบนผิวโลกรูปของสารประกอบ $KAlSi_3O_8$, Al_2O_3
- Al, Ga และ In มีออกไซด์เคลือบผิว ทำให้เฉื่อย ทำให้ไม่ละลายใน HNO_3 ที่เป็นตัวออกซิไดซ์ แต่ละลายในกรดที่ไม่เป็นตัวออกซิไดซ์ (ยกเว้น Tl)

Elements		Source	Method of preparation
B	Boron	Kernite, a form of borax ($Na_2B_4O_7.4H_2O$)	Reduction by Mg or H_2
Al	Aluminum	Al_2O_3, $KAlSi_3O_8$	Electrolysis of Al_2O_3 in molten Na_3AlF_6
Ga	Gallium	Traces in various minerals	Reduction with H_2 or electrolysis
In	Indium	Traces in various minerals	Reduction with H_2 or electrolysis
Tl	Thallium	Traces in various minerals	Electrolysis

19

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

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 ไนเตรตและเฮไลด์ของโลหะหมู่นี้ละลายน้ำได้ดี
- ไฮดรอกไซด์โลหะหมู่นี้ไม่ละลายน้ำ
- ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของ Al และ Ga มีสมบัติเป็น amphoteric

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

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

20

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

B_2O_3 (boron oxide) เป็นออกไซด์ที่มีความเป็นกรด เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ

$B_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow B(OH)_3$ (Lewis acid)

$B(OH)_3 + H_2O \longrightarrow [B(OH)_4]^- + H^+$

Trihydroxidoboron (boric acid) H_3BO_3

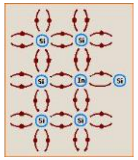
ความสัมพันธ์เชิงเส้นทแยงมุมของ B (หมู่ IIIA) และ Si (หมู่ IVA)

- Atomic radii: B 88 pm, Si 117 pm
- เป็นอโลหะ
- เกิดเป็น acidic oxide อย่างอ่อน
- เป็น semiconductor

การนำ Boron ใช้ประโยชน์

Borosilicate glassware เช่น beakers และ test tube

Boron carbide ใช้เป็นแผ่นกันกระสุนในเสื้อกันกระสุน



Dopant ใน semiconductor

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

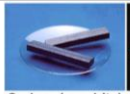
การนำ Aluminium ใช้ประโยชน์

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

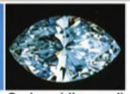
Packaging (cans, foil)

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	

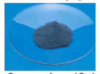


Carbon (graphite)



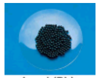
Carbon (diamond)

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)

- **เลขออกซิเดชัน เป็น +4 และ +2 (เฉพาะ Sn และ Pb เท่านั้น)**
- **Hydrolysis เกิดเฉพาะ Sn และ Pb ที่มีเลขออกซิเดชัน +2**

$[Sn(OH)(H_2O)_x]^+$, $[Pb(OH)(H_2O)_x]^+$

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

Elements		Source	Method of preparation
C	Carbon	Graphite, diamond, petroleum, coal	-
Si	Silicon	Silicate minerals, silica	Reduction of K_2SiF_6 with Al, or reduction of SiO_2 with Mg
Ge	Germanium	Germinate (mixture of Cu, Fe, and GeS_2	Reduction of GeO_2 with H_2 or C
Sn	Tin	Cassiterite (SnO_2)	Reduction of SnO_2 with C
Pb	Lead	Galena (PbS)	Roasting of PbS with O_2 to form PbO_2 and then reduction with C

Group IVA (Tetrel element) *ns*^{2} *np*^{2}

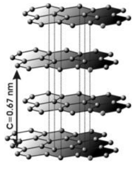
Elements	Electronegativity	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
Carbon	2.5	3727	-
Silicon	1.8	1410	2355
Germanium	1.8	937	2830
Tin	1.8	232	2270
Lead	1.9	327	1740

- ออกไซด์ของคาร์บอนมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส
- CO_2 (g) ละลายน้ำแล้วได้กรด H_2CO_3 (liq)
- ออกไซด์ของธาตุอื่นๆมีสถานะเป็นของแข็ง

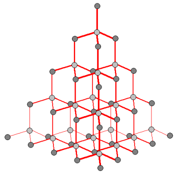
25

Group IVA (Tetrel element) *ns*^{2} *np*^{2}

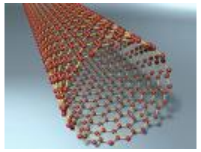
- รูป (form) ของคาร์บอน



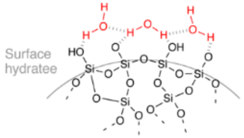
Graphite


Diamond

Bulky ball (C_{60})


Carbon nanotube (CNT)

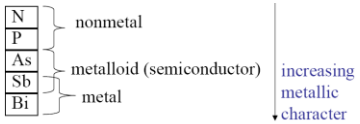
- ออกไซด์ของซิลิกอน คือ ซิลิกา (SiO_2) อยู่ในรูป quartz และ ทราย

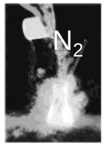


ในการก่อสร้างซึ่งเป็นส่วนสำคัญของคอนกรีตและก้อนอิฐ
ใช้ทำแก้วและฉนวน ใช้เป็นวัสดุทำขัดหรือเจียระไนเพชร
ใช้ทำวัสดุอัดรูโดยผสม boric acid กับ silicone oil

26

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





เลขออกซิเดชัน = +3 และ +5

N อยู่ในรูปของแก๊สและของเหลวที่อุณหภูมิต่ำ

P มีหลายอัญรูป เป็นของแข็ง

- ฟอสฟอรัสขาว ลุกติดไฟในบรรยากาศของ O_2
- ฟอสฟอรัสแดง ได้จากการเผาฟอสฟอรัสขาวทำปฏิกิริยากับ O_2 ที่อุณหภูมิสูง
- ฟอสฟอรัสดำ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง

27

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

Elements	Source	Method of preparation
Nitrogen	Air	Liquefaction of air
Phosphorus	Phosphate rock [$Ca(PO_4)_2$] Fluorapatite [$Ca_5(PO_4)_3F$]	$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 \rightarrow 6CaSiO3 + P_4O_{10}$ $P_4O_{10} + 10C \rightarrow 4P + 10CO$
Arsenic	Arsenopyrite (Fe_3As_2, FeS)	Heating arsenopyrite in the absence of air
Antimony	Stibnite (Sb_2S_3)	Roasting Sb_2S_3 in air to form Sb_2O_3 and then reduction with C
Bismuth	Bismite (Bi_2O_3), Bismuth glance (Bi_2S_3)	Roasting Bi_2S_3 in air to form Bi_2O_3 and then reduction with C

Phosphate rock

Fluorapatite

Arsenopyrite

Stibnite

Bismite

28

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

Elements		Ionization energy (kJ/mol)	Electronegativity	Melting point (℃)	Boiling point (℃)
N	Nitrogen	1402	3.0	-210	-195.79
P	Phosphorus	1012	2.1	44.2 (white) 610 (black)	280.5 (white)
As	Arsenic	947	2.0		
Sb	Antimony	834	1.9		
Bi	Bismuth	703	1.9		

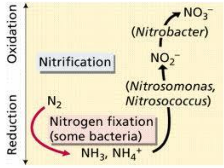
Group VA (ns^2 np^3) (Pnicogens)

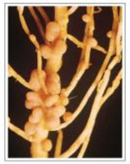
ปฏิกิริยาที่สำคัญ

1. ใช้ไนโตรเจนในกระบวนการ Haber process ภายใต้อุณหภูมิสูงและมีตัวเร่ง

   $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ แอมโมเนียใช้เตรียมปุ๋ยต่อไป

2. Nitrogenfixation : $N_2 \longrightarrow$ various products





3. กระบวนการ Ostwald process ที่เปลี่ยน NH_3 ไปเป็น NO, NO_2, HNO_3

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

   nitric oxide

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

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

8	O
16	S
34	Se
52	Te
84	Po

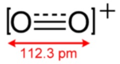
liquid oxygen with bubbles of oxygen gas

Crystals of rhombic sulfur

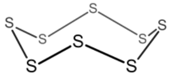
Selenium

Tellurium

- ธาตุในหมู่นี้ไม่เกิดเป็นสารประกอบในรูปของแคทไอออนอะตอมเดี่ยว (M^{n+}) แต่เกิดเป็น polyatomic cation เช่น O_2^+ และ S^{8+}



dioxygenyl



S_8^+ crown

- ยกเว้น Po เกิดเป็นแคทไอออนอะตอมเดี่ยว (M^{n+}) ได้

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

Elements		Source	Method of preparation
O	Oxygen	Air	Distillation from liquid air
S	Sulfur	Sulfur deposits	Melted with hot water and pumped to the surface
Se	Selenium	Impurity in sulfide ores	Reduction of H_2SeO_4 with SO_2
Te	Tellurium	Nagyagite (mixed sulfide and telluride)	Reduction of ore with SO_2
Po	Polonium	Pitchblends	

33

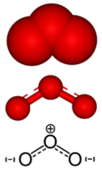
Group VIA ($ns^2\ np^4$) (Chalcogens)

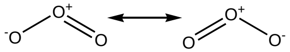
Elements	Electronegativity	Radius of X^{2-} (pm)	Melting point (°C)	Boiling point (°C)
Oxygen	3.5	140	-218.79	-182.95
Sulfur	2.5	184	115.21	444.6
Selenium	2.4	198	221	685
Tellurium	2.1	221		
Polonium	2.0	230	254	962

Oxides	Hydrides	Halogen compounds
PoO_2	PoH_2	PoX_2 เช่น $PoCl_2$
PoO_3		PoX_4
		PoX_6

34

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



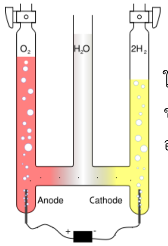


$$3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O$$

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

ในกระบวนการอิเล็คโตรไลซิส ของน้ำสามารถผลิตก๊าซ ออกซิเจนและไฮโดรเจน

35

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

Oxidation state of sulfur	Compounds
+6	SO_3, H_2SO_4, SO_{42-}, 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_2S, S^{2-}

S^{2-} Sulfides

SO_3^{2-} Sulfites

H_2SO_3 Sulfurous acid

SO_2 Sulfure dioxide

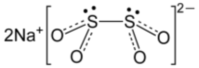
SO_4^{2-} Sulfates

$S_2O_3^{2-}$ Thiosulfates

SF_6 Sulfur hexafluoride

SCN^- Thiocyanates

S_4N_4 Tetrasulfur tetranitride



Sodium hydrosulfite

(sodium dithionite)

สารฟอกขาว

36

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

Elements		Source	Method of preparation
F	Fluorine	Fluorospar (CaF_2), cryolite (Na_3AlF_6), fluorapatite [$Ca_5(PO_4)_3F$]	Electrolysis of molten KHF_2
Cl	Chlorine	Rock salt (NaCl), halite (NaCl), sylvite (KCl)	Electrolysis of aqueous NaCl
Br	Bromine	Seawater, brine wells	oxidation of Br^- by Cl_2
I	Iodine	Seaweed, brine wells	Oxidation of I^- by electrolysis or MnO_2
As	Astatine		

- เลขออกซิเดชัน = -1, +1, +3, +5, +7

ยกเว้น F มีเลขออกซิเดชัน = -1 เท่านั้น

- ทั้งหมดเป็นอโลหะ และ At เป็นธาตุกัมมันตรังสี

37

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

Elements	E.N.	Radius of X^- (pm)	Standard reduction potential (V) for $X_2 + 2e^- \longrightarrow 2X$	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	-	-			-

- Halogen เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกแบบ monovalent ion ที่เป็น anion
- F_2 ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเพราะมีค่า EN สูงที่สุด
- F_2 เป็น oxidizing agent ที่ดี

$$F_2 + H_2O \longrightarrow 2HF + O_2$$

38

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

Hydrogen halides

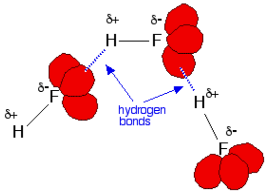
$$H_2(g) + X_2(g) \longrightarrow 2HX(g)$$

$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow HCl + NaHSO_4$$

HI > HBr > HCl >> HF

strongest acid — weakgest 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



39

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

F_2 มีสมบัติทางเคมีแตกต่างไปจาก halogen อื่นๆ ดังนี้

1. F_2 มีความไวต่อปฏิกิริยามากที่สุด
2. พลังงานพันธะ F-F แข็งแรงน้อยกว่า Cl-Cl เนื่องจากอะตอม F มีขนาดเล็ก อิเล็คตรอนคู่โดดเดี่ยวทั้งสามคู่จึงอยู่ใกล้กันมากและผลักกันได้แรงกว่าใน Cl_2 ซึ่งมีอะตอมใหญ่กว่า
3. HF มีจุดเดือดสูง (19.5 °C) เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างโมเลกุล แต่ไฮโดรเจนเฮไลด์อื่นมีจุดเดือดต่ำกว่ามาก เช่น HCl มีจุดเดือด -85.1 °C
4. HF เป็นกรดอ่อนแต่กรดไฮโดรเฮลิกอื่น เช่น HCl, HBr และ HI เป็นกรดแก่
5. AgF ละลายน้ำได้ แต่ซิลเวอร์เฮไลด์อื่นๆ ไม่ละลายน้ำ

Compound	Solubility (g / 100 g H_2O)
AgF	172
AgCl	0.00019
AgBr	0.000014
AgI	0.000003

40

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

- sodium fluoride (NaF), stannous fluoride (SnF_2) และ sodium MFP ใช้ทำยาสีฟันเพื่อป้องกันฟันผุ

- Brominated vegetable oil (BVO) ใช้เป็น emulsifier ใน citrus-flavored soft drinks เช่น Mountain Dew, Gatorade, Powerade, Pineapple and Orange Fanta, Orange Crush, Sun Drop, Squirt และ Fresca เพื่อช่วยให้ natural fat-soluble citrus flavors กระจายตัวในน้ำดื่ม

- โบรมีนมีประโยชน์ในการเตรียม ethylene dibromide ($BrCH_2CH_2Br$) ซึ่งใช้เป็นยาฆ่าแมลงและใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำมันรถยนต์เพื่อไม่ให้มีตะกั่วเข้าไปอุดตันในเครื่องยนต์ แต่สารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง

- โบรมีนรวมตัวกับเงินได้โดยตรง เกิดเป็น AgBr ซึ่งใช้ในการทำฟิล์มถ่ายรูป

- ไอโอดีน เป็นส่วนประกอบสำคัญของไทรอยด์ฮอร์โมนชื่อ thyroxine

- ถ้าร่างกายขาดไอโอดีนอาจทำให้ต่อมไทรอยด์บวม ซึ่งไอโอดีนใช้ผลิตไทรอกซินในร่างกาย

- ทิงก์เจอร์ไอโอดีน (tincture iodine) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค มีไอโอดีน 2-7%, potassium iodide หรือ sodium iodide ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์

41

Group VIIA , Halogen (ns^2 np^5)

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

42

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

- 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	5×10^{-4}	None
Ne	Neon	2080	0	9.0×10^{-4}	-249	-246	1×10^{-3}	None
Ar	Argon	1520	0	1.8×10^{-3}	-189	-186	9×10^{-1}	None
Kr	Krypton	1351	+2	3.7×10^{-3}	-157	-153	1×10^{-4}	KrF_2
Xe	Xenon	1170	+2, +4, +6, +8	5.9×10^{-3}	-112	-107	9×10^{-6}	XeF_4, XeO_3, XeF_6

43

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

Helium

ใช้เป็นแก๊สในบอลลูนเนื่องจากฮีเลียมมีความหนาแน่นต่ำและการเผาไหม้ต่ำ
ฮีเลียมเหลวใช้เป็นสารหล่อเย็นในเครื่อง MRI scanners
มีน้ำหนักน้อยกว่าอากาศ ไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา
ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น
มีปริมาณมากเป็นธาตุอันดับสองรองจากไฮโดรเจน
มีความปลอดภัยสูง ไม่เกิดการเผาไหม้
หากมีการสูดดมก๊าซฮีเลียมเข้าไป เสียงจะแหบ

Neon

ไม่มีสี เฉื่อยภายใต้สภาวะปกติ
นีออนให้สีส้มแดงเมื่อใช้กับ discharge tube และหลอดนีออน

Argon

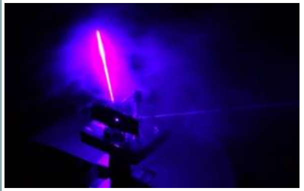
เป็นก๊าซเฉื่อยราคาถูก มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ
การเก็บ Cs ในบรรยากาศของก๊าซอาร์กอน

44

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

Krypton

เป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
ใช้บรรจุในหลอดฟลูออเรสเซนต์



Krypton laser

Xenon

Xe-lighting

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

45