

# Representative elements and Transition metals

คม 105 เคมีพื้นฐาน  
ดร. นิรวรรณ ธรรมจันทร์

## สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุ

### ธาตุหมู่ IA (Alkali)



1. เป็นของแข็งที่อ่อน ใช้มีดตัดได้ นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
2. เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นในคาบเดียวกัน
  - ธาตุหมู่ IA มีความเป็นโลหะมาก
  - ธาตุหมู่ IA มีขนาดอะตอมใหญ่ที่สุด
  - ธาตุหมู่ IA มีค่า  $IE_1$  และ  $EN$  ต่ำที่สุด
  - ธาตุหมู่ IA เป็นโลหะที่เสียอิเล็กตรอนได้ง่ายที่สุด

2020

### สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IA (ต่อ)

3. มีความหนาแน่นต่ำ (Li, Na และ K หนาแน่นน้อยกว่าน้ำ)
4. เมื่อรวมตัวกับโลหะได้สารประกอบไอออนิก ซึ่งธาตุหมู่ IA มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1
5. เป็นโลหะที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามาก

ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศ ให้  $H_2$  และความร้อนจำนวนมาก  
----> จึงต้องเก็บไว้ในน้ำมัน [https://www.youtube.com/watch?v=YRPuDQtB\\_5Y](https://www.youtube.com/watch?v=YRPuDQtB_5Y)

ธาตุหมู่ IA อยู่ในรูปของสารประกอบมากมาย เช่น LiCl, NaCl, KCl,  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaHCO_3$

สารประกอบของธาตุหมู่ IA ในธรรมชาติที่พบมากที่สุด คือ สารประกอบของโซเดียม (NaCl)

2020

### สมบัติบางประการของสารประกอบของธาตุหมู่ IA

1. เมื่อหลอมเหลว หรือละลายน้ำ จะสามารถนำไฟฟ้าได้
2. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
3. ละลายน้ำได้ดี เช่น

สารประกอบคาร์บอเนต ( $CO_3^{2-}$ ) เช่น  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$

สารประกอบซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) เช่น  $K_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$

สารประกอบคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) เช่น LiCl, NaCl

ยกเว้นสารประกอบคาร์บอเนต และฟอสเฟต ของ Li จะละลายน้ำได้น้อย ---->  $Li_2CO_3$ ,  $Li_3PO_4$

2020

4. สารประกอบของธาตุหมู่ IA ต่อไปนี้ เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส

สารประกอบซัลไฟด์ เช่น  $\text{Na}_2\text{S}$

สารประกอบออกไซด์ เช่น  $\text{NaO}$

สารประกอบไฮไดรด์ เช่น  $\text{NaH}$   $\text{LiH}$

2020

### ประโยชน์ของธาตุหมู่ IA

1. Cs (ซีเซียม) ใช้ทำโฟโตเซลล์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพราะ Cs สามารถเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าโลหะหมู่ IA ตัวอื่นๆ เช่น ที่ใช้ในเครื่องวัดความเข้มแสงในกล้องถ่ายรูป
2. ใช้ Na (โซเดียม) และ K (โพแทสเซียม) ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
3. ใช้ Na บรรจุในท่อโฟลิวอิทิลีน สำหรับใช้แทนสายเคเบิลอะลูมิเนียมหรือทองแดง เพราะเบากว่า ถูกกว่า และมีประสิทธิภาพดีกว่า
4. Li และ Na ใช้ในการเตรียมสารอินทรีย์หลายชนิด  
เช่น เตตระเอทิลเลด เตรียมจากเอทิลคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับโลหะผสมระหว่างโซเดียมกับตะกั่ว
5. Na ใช้การเตรียมโซเดียมเปอร์ออกไซด์ ซึ่งใช้ทำสารฟอกสี

2020

### ธาตุหมู่ IIA (Alkali Earth)

#### สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IIA

Be (เบริลเลียม)

Mg (แมกนีเซียม)

Ca (แคลเซียม)

Sr (สตรอนเชียม)

Ba (แบเรียม)

Ra (เรเดียม)

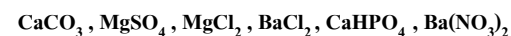


1. เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุหมู่ IA จึงมีความแข็งแรงมากกว่า
2. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แต่น้อยกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
3. มีค่า IE<sub>1</sub> และ EN ต่ำ แต่สูงกว่าธาตุหมู่ IA
4. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน เพราะมีพันธะโลหะที่แข็งแรงกว่า
5. เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย (ตัวรีดิวซ์ที่ดี) แต่ไม่ดีเท่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
6. ธาตุหมู่ IIA สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ และสารอื่นได้หลายชนิด เนื่องจากเป็นธาตุที่ว่องไว และความว่องไวเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น

2020

เนื่องจากธาตุหมู่ IIA เป็นธาตุที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา สามารถรวมตัวกับอโลหะเกิดสารประกอบได้หลายชนิดในธรรมชาติ จึงมักพบในรูปของสารประกอบ

\* สารประกอบของธาตุหมู่ IIA จะเป็นสารประกอบไอออนิกซึ่งธาตุหมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2



\* สารประกอบของหมู่ IIA ที่เกิดจากการรวมตัวกับไอออนที่มี ประจุ -1 ส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้ดี แต่สารประกอบของหมู่ IIA ที่เกิดจากการรวมตัวกับไอออนที่มีประจุ -2 หรือ -3 จะไม่ละลายน้ำ

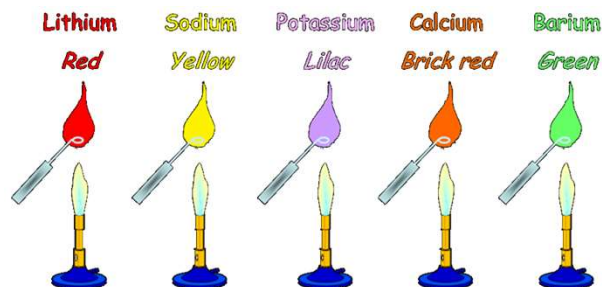
\* มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

\* เมื่อหลอมเหลว หรือเป็นสารละลายจะสามารถนำไฟฟ้าได้

2020

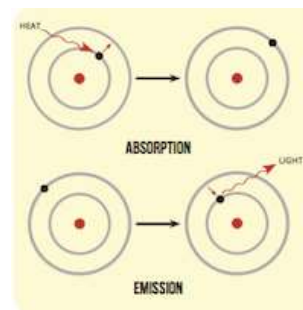
### การตรวจดูเปลวไฟ (Flame Test)

เป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อระบุไอออนของโลหะที่อยู่ในสารประกอบ โดยการใช้ไฟเผาสาร สารประกอบที่มีไอออนของโลหะเหมือนกันจะให้สีเปลวไฟที่เหมือนกัน สารประกอบที่มีไอออนของโลหะต่างกันจะให้สีเปลวไฟที่ต่างกัน(สีของเปลวไฟไม่จำเป็นต้องต้องเหมือนสีของผลึก)



2020

### สีของเปลวไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร



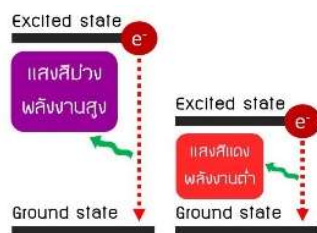
2020

เมื่ออะตอมที่ได้รับพลังงานเช่น จากการเผาหรือจากกระแสไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้นจึงเปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานที่ต่ำกว่าระดับพลังงานเดิมทำให้อะตอมไม่เสถียร

จากนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อรักษาความเสถียรของอะตอมและกลับมาอยู่ในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าเดิม

พลังงานที่คายออกมานั้นจะอยู่ในรูปพลังงานแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยคลื่นแสงที่มีความเข้มสูงสุดแสงนั้นเองจะปรากฏออกมาในรูปของสีของเปลวไฟให้เราได้เห็นกัน

### ทำไมเปลวไฟที่ได้จึงมีสีที่แตกต่างกัน



เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีระยะห่างระหว่างชั้นพลังงานไม่เท่ากัน จึงทำให้ไอออนของโลหะคายพลังงานออกมาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลให้เกิดสีเปลวไฟที่ต่างกันด้วย

2020



### ประโยชน์ของธาตุหมู่ IIA

- Mg ใช้ทำไส้หลอดไฟฟลูออโรฮาไลด์
- Be + Cu ใช้ทำส่วนประกอบของเรือเดินทะเล
- $\text{CaSO}_4$  ใช้ในอุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์
- $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  ใช้ทำพลุ, ดอกไม้เพลิงสีแดง
- $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  ใช้ทำพลุ, ดอกไม้เพลิงสีเขียว
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟัน และใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร

2020

## ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)

ธาตุกึ่งโลหะ คือ ธาตุที่มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะ และมีสมบัติบางประการคล้ายอโลหะ ได้แก่

|                 |                |                   |
|-----------------|----------------|-------------------|
| B (โบรอน)       | Si (ซิลิกอน)   | Ge (เจอร์เมเนียม) |
| As (อาร์เซนิก)  | Sb (แอนติโมนี) | Te (เทลลูเรียม)   |
| Po (โพลโลเนียม) | At (แอสทาทีน)  |                   |

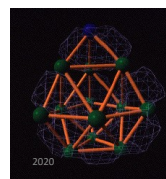
2020

## ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)



B (Boron)

- มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะ และไม่นำไฟฟ้า
- มีโครงสร้างแบบโครงผลึกร่างตาข่ายที่แข็งแรงมาก มีรูปผลึกหลายรูป



2020

## Si (Silicon)

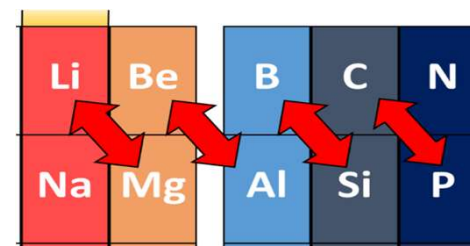
- เป็นผลึกสีเทาเงิน มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ
- เป็นสารกึ่งตัวนำ
- อะตอมของ Si ยึดต่อกันในรูปโครงผลึก ร่างตาข่าย
- ใช้ทำแผงวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์

**Ge (Germanium)** มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ เป็นธาตุกึ่งตัวนำ ใช้ทำส่วนประกอบของอิเล็กทรอนิกส์

**As (Arsenic)** มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่เปราะ

2020

ความสัมพันธ์แบบทะแยงมุม  
A diagonal relationship



2020

## ธาตุหมู่ IIIA



|                               |                                |                                |                                |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| กึ่งโลหะ                      | โลหะ                           | โลหะ                           | โลหะ                           | โลหะ                           |
| +3                            | +3                             | +1, +3                         | +1, +3                         | +1, +3                         |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Tl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| กริด                          | กริดและเบส                     | กริดและเบส                     | เบส                            | เบส                            |

2020

## ธาตุหมู่ IVA

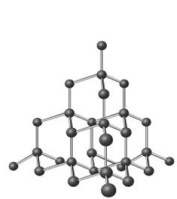


|                 |            |            |            |        |
|-----------------|------------|------------|------------|--------|
| Carbon          | Silicon    | Germanium  | Tin        | Lead   |
| อโลหะ           | กึ่งโลหะ   | กึ่งโลหะ   | โลหะ       | โลหะ   |
| (-4)- (+4)      | +4         | +2, +4     | +2, +4     | +2, +4 |
| ออกไซด์เป็น กรด | กริดและเบส | กริดและเบส | กริดและเบส | เบส    |

2020

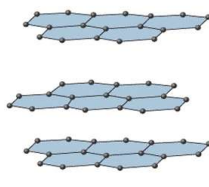
## Carbon

ในธรรมชาติคาร์บอนอยู่ในรูป เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอร์รีน (fullerene)



(a) Diamond

โครงสร้างทรงสี่หน้า (tetrahedron) ยึดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ได้เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่  
sp<sup>3</sup> hybridization  
มีความแข็งแรงมาก จนรวมไฟฟ้าโปร่งแสง



(b) Graphite

จัดตัวเป็นวงหกเหลี่ยมเรียงตัวในระนาบเดียวกัน แต่ระนาบยัดกันด้วยแรงแรงแวนเดอร์วาลส์  
sp<sup>2</sup> hybridization  
นำไฟฟ้าได้ ลักษณะทึบแสง



(c) Fullerene

สารโมเลกุลเป็น C<sub>60</sub> คล้ายลูกฟุตบอล นำไฟฟ้าได้ดี  
ยังมี C<sub>70</sub> และ carbon nanotube

2020

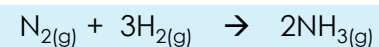
## ธาตุหมู่ VA

ธาตุในกลุ่มนี้มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

- N และ P เป็นธาตุอโลหะ
- As และ Sb เป็นธาตุกึ่งโลหะ
- Bi เป็นธาตุโลหะ

## สารประกอบที่สำคัญ

NH<sub>3</sub> มีฤทธิ์เป็นเบส เป็นแก๊สที่มีกลิ่น เตรียมได้จาก Haber process



2020



### ธาตุหมู่ VIA (Chalcogen)

|    |    |
|----|----|
| 8  | O  |
| 16 | S  |
| 34 | Se |
| 52 | Te |
| 84 | Po |

อโลหะ มีมากที่สุด ในธรรมชาติ **diatomic molecule**

อโลหะ ในธรรมชาติมักพบในรูปธาตุอิสระ หรือในรูป  $S_2$   $H_2S$  หรือ แร่pyrite( $FeS_2$ )

กึ่งโลหะ }  
 กึ่งโลหะ } เป็นธาตุที่หายาก สมบัติทางเคมีคล้ายคลึงซัลเฟอร์

กัมมันตรังสีที่หายาก

2020

### ธาตุหมู่ VIIA (Halogen)

F (ฟลูออรีน)

Cl (คลอรีน)

Br (โบรมีน)

I (ไอโอดีน)

At (แอสทาทีน)

1. ธาตุในหมู่นี้มีทั้ง 3 สถานะ

ก๊าซ

ของเหลว

ของแข็ง



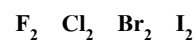
2020

2. ธาตุแฮโลเจนทุกชนิดเป็นพิษ

$F_2$  เป็นแก๊สพิษอย่างแรง ,  $Cl_2$  เป็นแก๊สพิษมีกลิ่นฉุนจัด

3. ธาตุทุกตัวเป็นอโลหะ ไม่นำไฟฟ้าทุกสถานะ

4. โมเลกุลของธาตุแฮโลเจนประกอบด้วย 2 อะตอม (diatomic molecule)



5. มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของธาตุแฮโลเจนเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

2020

6. IE , EN สูง และมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับธาตุในคาบเดียวกัน

แรงแวนเดอร์วาลส์ เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้วกับไม่มีขั้ว แรงนี้มีค่าน้อย แต่จะมากขึ้นเมื่อสารมีมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น

7. ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งไม่มีขั้ว เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ( $CCl_4$ ) , เฮกเซน ( $C_6H_{14}$ ) , เบนซีน ( $C_6H_6$ )

8. ในสารประกอบส่วนใหญ่ธาตุแฮโลเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

9. ในหมู่นี้ด้วยกันความว่องไวในการทำปฏิกิริยาลดลงจากบนลงล่าง

2020

## สารประกอบของธาตุหมู่ VIIA

1. สามารถเกิดได้ทั้งสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์

สารประกอบไอออนิก      สารประกอบโคเวเลนต์

KBr

PCl<sub>5</sub>

MgCl<sub>2</sub>

HCl

CaF<sub>2</sub>

HBr

2. ธาตุหมู่ VIIA เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า
3. สารประกอบออกไซด์และสารประกอบซัลไฟด์ของธาตุหมู่ VIIA เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นกรด เช่น Cl<sub>2</sub>O Br<sub>2</sub>O

2020

## ประโยชน์ของธาตุหมู่ VIIA

1. ฟลูออรีนใช้เตรียมสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น ฟรีออน ใช้ในเครื่องทำความเย็น , เทฟลอน (CF<sub>2</sub>=CF<sub>2</sub>) เคลือบภาชนะหุงต้ม
2. คลอรีนใช้ในการเตรียมสารต่างๆ เช่น  
ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำ และในน้ำประปา  
NaOCl ใช้ในการฟอกสีกระดาษให้ขาว  
NaClO<sub>3</sub> ใช้เป็นยากำจัดวัชพืช
3. โบรมีนใช้เตรียมสารประกอบเอทิลโบโรไมด์ เติมน้ำมันเพื่อหยุดการสะสมตะกั่วในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้ทำสีย้อมผ้า ฟิล์มถ่ายรูป (AgBr)
4. ไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก

2020

ทิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีนละลายในเอทานอล) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค

## ก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซมีตระกูล

He (ฮีเลียม)

Ne (นีออน)

Ar (อาร์กอน)

Kr (คริปทอน)

Xe (ซีนอน)

Rn (เรดอน)

ก๊าซเฉื่อย (Inert gas) เป็นธาตุที่มีสถานะเป็นก๊าซ ในธรรมชาติจะไม่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น

1 โมเลกุลมี 1 อะตอม (เป็นแก๊สอะตอมเดี่ยว)

He ----> Balloon,

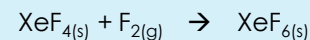
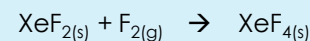
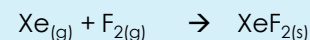
Deep sea diving,

สารหล่อเย็น



2020

Xe สามารถทำปฏิกิริยากับฟลูออรีนได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 °C (เนื่องจากค่าไอออไนเซชันใกล้เคียงกับ ออกซิเจน)



2020

## ประโยชน์ของก๊าซเฉื่อย

- อาร์กอน ใช้บรรจุในหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้แทนอากาศ
  - คริปทอน ใช้ในหลอดไฟแฟลช , ใช้ในเลเซอร์บางชนิด และใช้ในหลอดสตรอบิโคป
  - เรดอน ใช้รักษาโรคมะเร็ง
  - ใช้บรรจุในหลอดนีออน
- He ให้แสงสีชมพู    Ne ให้แสงสีแดงส้ม
- Ar ให้แสงสีม่วง    Xe ให้แสงสีน้ำเงิน

2020

## โลหะทรานซิชัน

## Transition metals

2020

## สมบัติของธาตุทรานซิชัน

1. เป็นโลหะ มีความแข็ง แว่ววาว สามารถตีเป็นแผ่นได้
2. แข็ง มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นสูง กว่าธาตุหมู่ IA และ IIA
3. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
4. มีสมบัติคล้ายกันทั้งภายในหมู่และภายในคาบเดียวกัน
5. มีเลขออกซิเดชันหลายค่า เช่น Fe มีเลขออกซิเดชัน +2, +3 Cr มีเลขออกซิเดชัน +6, +3, +2 ยกเว้นหมู่ IIB และ IIIB มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +3 ตามลำดับ
6. ไอออนและสารประกอบของธาตุทรานซิชันมีสี
7. ขนาดอะตอมในคาบเดียวกันจะเล็กลงจากซ้ายไปขวาเล็กน้อย และขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุหมู่ IA และ IIA ในคาบเดียวกัน
8.  $IE_1$  และ  $EN$  ต่ำ แต่สูงกว่าธาตุหมู่ IA และหมู่ IIA ในคาบเดียวกัน

2020

## แผนภาพออร์บิทัลและโครงสร้างอิเล็กตรอนแบบย่อของธาตุทรานซิชันอนุกรมที่ 1

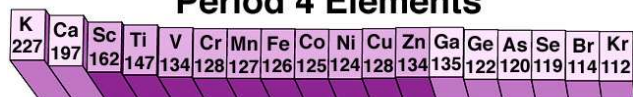
| Orbital Occupancy of the Period 4 Transition Metals |                         |                                                      |    |                    |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|----|--------------------|
| Element                                             | Partial Orbital Diagram |                                                      |    | Unpaired Electrons |
|                                                     | 4s                      | 3d                                                   | 4p |                    |
| Sc                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow$                                           |    | 1                  |
| Ti                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\uparrow$                                   |    | 2                  |
| V                                                   | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\uparrow\uparrow$                           |    | 3                  |
| Cr                                                  | $\uparrow$              | $\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$           |    | 6                  |
| Mn                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$           |    | 5                  |
| Fe                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow$         |    | 4                  |
| Co                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow$         |    | 3                  |
| Ni                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow$         |    | 2                  |
| Cu                                                  | $\uparrow$              | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$ |    | 1                  |
| Zn                                                  | $\uparrow\downarrow$    | $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$ |    | 0                  |

2020

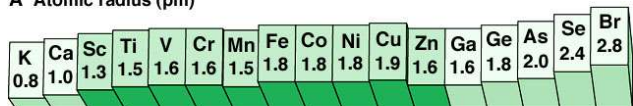


Martin S. Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change, 2nd Edition. Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

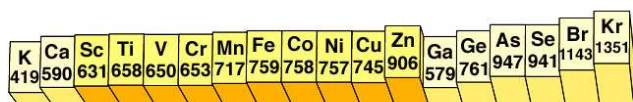
## Horizontal Trends in Period 4 Elements



A Atomic radius (pm)



B Electronegativity

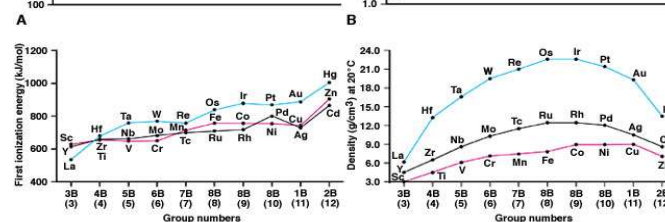
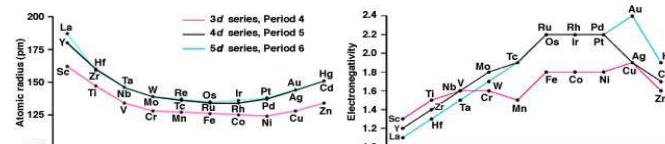


C First ionization energy (kJ/mol)

2020

Martin S. Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change, 2nd Edition. Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

## Vertical Trends within the Transition Elements



2020

## สารประกอบโคออร์ดิเนชัน

1. ธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จึงทำให้ธาตุทรานซิชันสามารถเกิดสารประกอบได้มากมายหลายชนิด

|    |                    |
|----|--------------------|
| Ti | +4, +3, +2         |
| V  | +5, +4, +3, +2     |
| Mn | +7, +6, +4, +3, +2 |

2. สารประกอบและไอออนของธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่จะมีสีต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของธาตุทรานซิชัน
- เลขออกซิเดชัน
- ชนิดและจำนวนของสารที่รวมตัวกับธาตุทรานซิชัน

สีที่เห็นนั้นเนื่องมาจากอิเล็กตรอนของธาตุทรานซิชันสามารถดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้

2020

## Complimentary color wheel

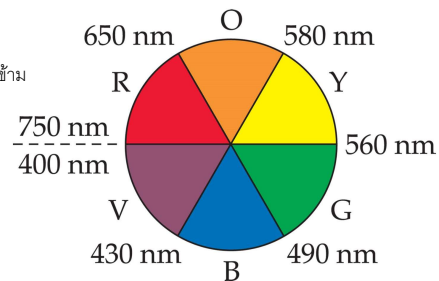
ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงทุกความยาวคลื่น สารนั้นจะมีสีดำ

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีใด สีที่มองเห็นจะเป็นสีที่อยู่ตรงกันข้าม

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีม่วง สีที่มองเห็นคือเขียว-เหลือง

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีส้ม สีที่มองเห็นคือน้ำเงิน

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีแดง สีที่มองเห็นคือเขียว



Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

2020

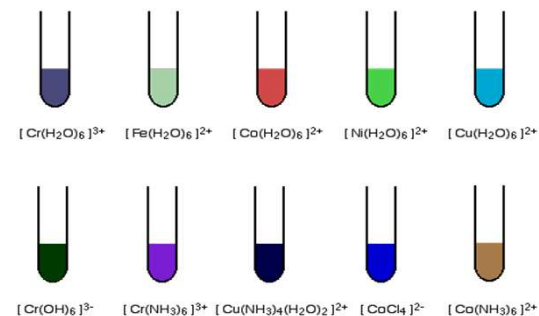
| ไอออน                   | ชื่อไอออน          | เลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน | สี      |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|---------|
| $\text{Cr}^{2+}$        | โครเมียม(II)ไอออน  | +2                            | น้ำเงิน |
| $\text{Cr}^{3+}$        | โครเมียม(III)ไอออน | +3                            | เขียว   |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7$ | ไดโครเมตไอออน      | +6                            | ส้ม     |
| $\text{CrO}_4^{2-}$     | โครเมตไอออน        | +6                            | เหลือง  |

เลขออกซิเดชันต่างกัน ลิแกนด์ต่างกัน สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน

2020

โลหะไอออนต่างชนิดกัน

สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน



2020

สารประกอบโคออร์ดิเนชันประกอบด้วย complex ion และ counter ions เช่น  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

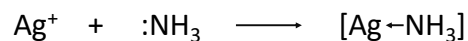
Complex ion:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]$

Counter ions:  $2\text{Cl}^-$

ภายใน complex ion ประกอบด้วย Central metal ion กับ ligand

Central metal ion (ไอออนโลหะอะตอมกลาง) รับคู่อิเล็กตรอน (Lewis acid) ประพฤติตัวเป็นไอออนบวก

Ligand (ลิแกนด์) คือ อะตอม โมเลกุลหรือไอออน ที่ให้คู่อิเล็กตรอน (Lewis base) กับไอออนโลหะอะตอมกลาง ซึ่งยึดกันด้วยพันธะ Coordinate covalent



Lewis acid

Lewis base

Coordinate covalent bond

2020

## Ligand

ลิแกนด์อาจเป็นโมเลกุลหรือไอออนประจุลบ ซึ่งมีอะตอมอย่างน้อยหนึ่งอะตอมที่มีคู่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว อาจมีหนึ่งคู่หรือมากกว่าหนึ่งคู่ก็ได้

Unidentate  $\text{H}_2\text{O}$ : water    $:\text{F}:^-$  fluoride ion    $:\text{C}\equiv\text{N}:^-$  cyanide ion    $[\text{O}-\text{H}]^-$  hydroxide ion  
 $:\text{NH}_3$  ammonia    $:\text{Cl}:^-$  chloride ion    $[\text{S}=\text{C}=\text{N}:]^-$  thiocyanate ion    $[\text{O}-\text{N}=\text{O}:]^-$  nitrite ion

Bidentate  $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2$  ethylenediamine (en)    $\left[ \text{O}=\text{C}-\text{C}(\text{O})=\text{O} \right]^{2-}$  oxalate ion

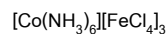
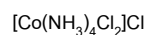
Polydentate  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{H}_2)$  diethylenetriamine    $\left[ \text{O}=\text{P}(\text{O})-\text{O}-\text{P}(\text{O})-\text{O}-\text{P}(\text{O})-\text{O} \right]^{5-}$  triphosphate ion    $\left[ \text{O}=\text{C}(\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-)_2)_2)_2\text{COO}^- \right]^{4-}$  ethylenediaminetetraacetate (EDTA) ion

2020

### การเขียนสูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Writing formulas for coordination compounds)

1. ให้เขียนไอออนบวกก่อนไอออนลบเสมอ
2. ประจุรวมของสารประกอบโคออร์ดิเนชันจะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์
3. ใส่วงเล็บสี่เหลี่ยม [ ] ให้กับสารประกอบเชิงซ้อนเพื่อเน้นว่าลิแกนด์สร้างพันธะกับไอออนโลหะ นิยมเขียนไอออนโลหะก่อนแล้วจึงเขียนลิแกนด์ที่เป็นกลางและลิแกนด์ประจุลบตามลำดับ

เช่น  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$



2020

### การอ่านชื่อของสารเชิงซ้อน (Nomenclature for coordination complexes)

ใช้ระบบ IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

1. อ่านชื่อไอออนบวกก่อนไอออนลบ
2. ในไอออนเชิงซ้อนให้เรียกชื่อลิแกนด์ก่อน แล้วตามด้วยชื่อของไอออนโลหะ
  - กรณีที่ลิแกนด์มากกว่าหนึ่งชนิด ให้เรียกชื่อลิแกนด์เรียงตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ (ไม่ต้องคำนึงว่าลิแกนด์มีประจุหรือไม่)
3. การอ่านชื่อลิแกนด์
  - ลิแกนด์ที่เป็นกลางหรือเป็นโมเลกุล เรียกชื่อเหมือนชื่อของโมเลกุลนั้นๆ ตามปกติ ยกเว้น  $\text{H}_2\text{O}$  – Aquo,  $\text{NH}_3$  – Ammine
  - ลิแกนด์ที่มีประจุลบ อ่านชื่อลงท้ายด้วย "-o" หรือ "-โอ" เสมอ เช่น ไอออนประจุลบที่ลงท้ายด้วย "-ide" ให้เปลี่ยนเป็น "-o" ไอออนประจุลบที่ลงท้ายด้วย "-ate" หรือ "-ite" ให้เปลี่ยนเป็น "-o" ยกเว้น  $\text{NO}_2^-$  เมื่อใช้ N เป็นไดโนโตรอะตอม ให้อ่านว่า nitro

2020

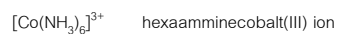
4. ระบุจำนวนกลุ่มลิแกนด์ที่ซ้ำกัน ให้ใช้คำนำหน้าชื่อลิแกนด์ ดังนี้

| จำนวนลิแกนด์ | คำนำหน้า |
|--------------|----------|
| 2            | di       |
| 3            | tri      |
| 4            | tetra    |
| 5            | penta    |
| 6            | hexa     |

กรณีที่ลิแกนด์มีคำที่เหมือนกับคำที่ใช้ระบุจำนวนลิแกนด์อยู่ด้วย เช่น ethylenediamine หรือลิแกนด์เป็นชนิดโพลิเดนเทต จะใช้คำขึ้นระบุจำนวนแทนดังนี้

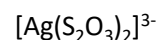
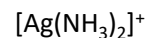
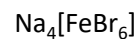
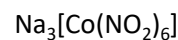
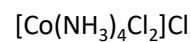
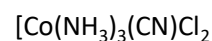
| จำนวนลิแกนด์ | คำนำหน้า |
|--------------|----------|
| 2            | bis      |
| 3            | tris     |
| 4            | tetrakis |

5. การอ่านชื่อไอออนโลหะอะตอมกลาง มีหลักเกณฑ์ดังนี้
  - กรณีที่ไอออนเชิงซ้อนเป็นกลางหรือมีประจุบวก ให้อ่านชื่อโลหะตามปกติ เช่น chromium, silver
  - กรณีที่ไอออนเชิงซ้อนเป็นประจุลบ ให้ลงท้ายชื่อของไอออนโลหะด้วย "-ate" เช่น chromate, argentite
6. ให้แสดงเลขออกซิเดชันของไอออนโลหะด้วยเลขโรมันในวงเล็บ ( ) ตามหลังชื่อโลหะทุกครั้ง เช่น



2020

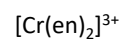
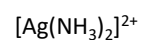
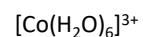
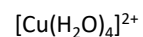
### ตัวอย่าง



2020

### เลขโคออร์ดิเนชันและโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อน

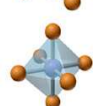
เลขโคออร์ดิเนชัน หมายถึง จำนวนโคออร์ดิเนตของลิแกนด์ที่สร้างพันธะโดยตรงกับไอออนโลหะอะตอมกลาง เช่น



2020

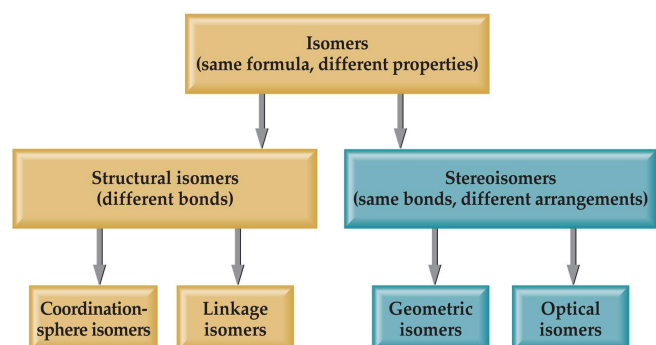
### โครงสร้างของสารเชิงซ้อน

รูปทรงทางเรขาคณิต (geometry) ของไอออนเชิงซ้อนขึ้นอยู่กับเลขโคออร์ดิเนชันและธรรมชาติของไอออนโลหะในสารเชิงซ้อนนั้น ๆ

| Coordination Numbers and Shapes of Some Complex Ions |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coordination Number                                  | Shape         | Examples                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2                                                    | Linear        |  $[\text{CuCl}_2]^-$ , $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , $[\text{AuCl}_2]^-$                                                                                                                                                  |
| 4                                                    | Square planar |  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ , $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ , $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$                                                                                            |
| 4                                                    | Tetrahedral   |  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ , $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , $[\text{CdCl}_4]^{2-}$ , $[\text{MnCl}_4]^{2-}$                                                                                                       |
| 6                                                    | Octahedral    |  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , $[\text{V}(\text{CN})_6]^{4-}$ , $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$ , $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ , $[\text{FeCl}_6]^{3-}$ , $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$ |

2020

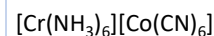
### ไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อน



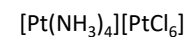
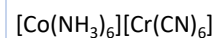
2020

1. ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้าง (Structural isomers) มีสูตรเหมือนกันแต่ในโครงสร้างมีการเกาะเกี่ยวกันของอะตอมต่างกัน

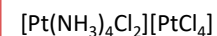
1.1 Coordination Isomers เกิดขึ้นในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีไอออนเชิงซ้อนประจุบวกและไอออนเชิงซ้อนประจุลบเป็นองค์ประกอบ เช่น



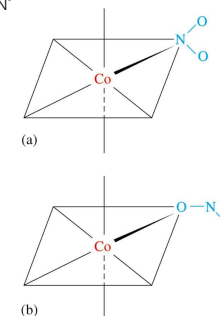
เป็นไอโซเมอร์กับ



เป็นไอโซเมอร์กับ



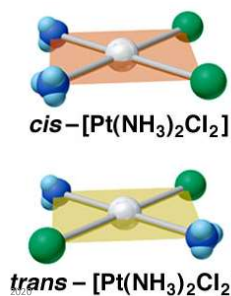
1.2 Linkage Isomers ลิแกนด์ที่ใช้โคออร์ดิเนตต่างกันเข้าจับกับไอออนโลหะอะตอมกลาง เช่น  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{OCN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$



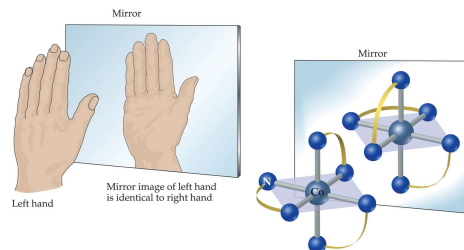
2020

**2. สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers)** สารประกอบเชิงซ้อนสองชนิดมีองค์ประกอบเหมือนกันแต่การจัดเรียงตัวของอะตอมหรือหมู่ของอะตอมที่เกาะอยู่กับไอออนโลหะจะตอมกลางมีทิศทางต่างกัน

**2.1 Geometrical Isomers** บางครั้งเรียก cis-trans isomers หรือ diastereomers



**2.2 Optical Isomers** หรือ enantiomers เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสารมีโครงสร้างในลักษณะที่เป็นภาพกระจกเงา (mirror image) ซึ่งกันและกันโดยที่โครงสร้างหนึ่งไม่สามารถซ้อนทับกับอีกโครงสร้างหนึ่งได้อย่างสนิท

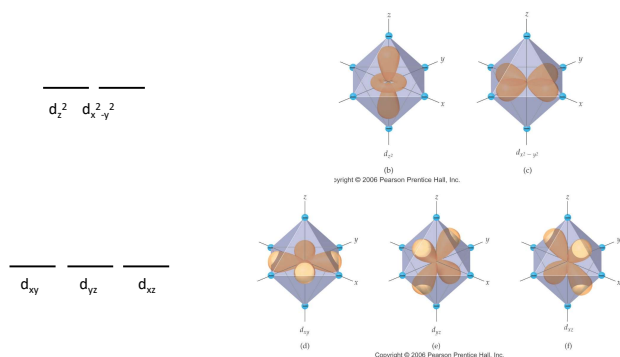


## Magnetic Properties

- Strong-field (low-spin):
  - จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวจะน้อย
- Weak-field (high-spin):
  - ให้จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวมาก
- Hund's rule still applies.

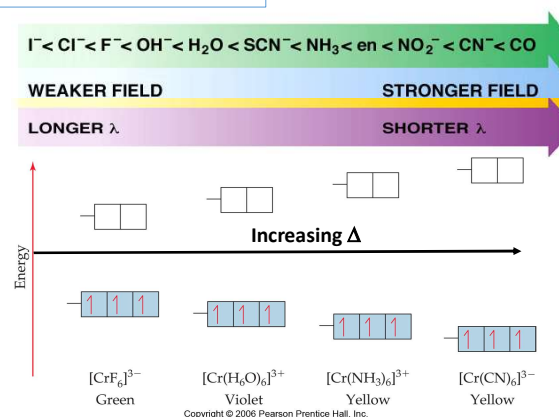
2020

## Splitting of d orbitals in an octahedral ligand field

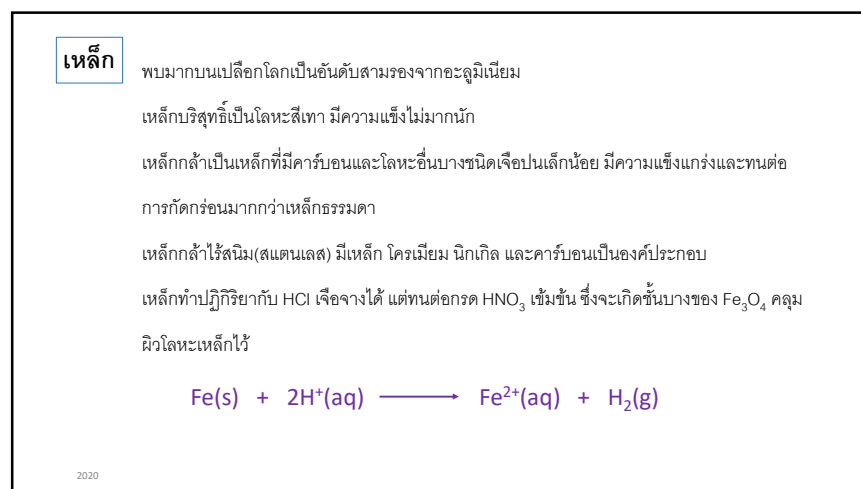
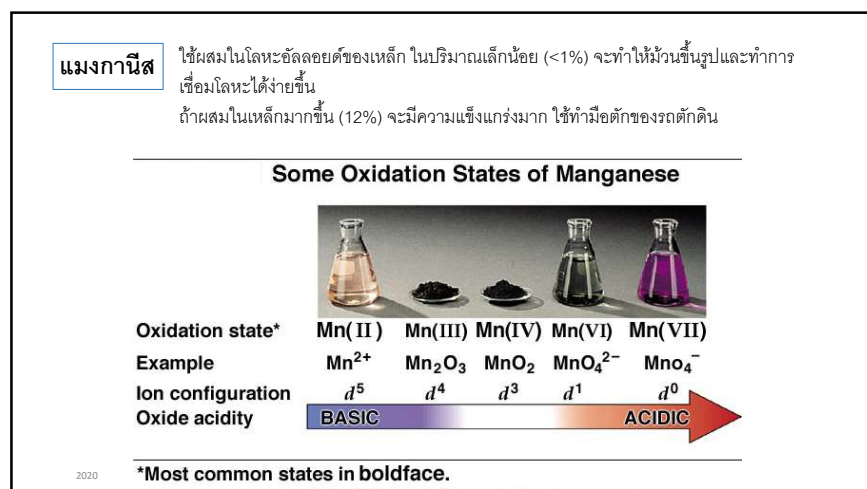
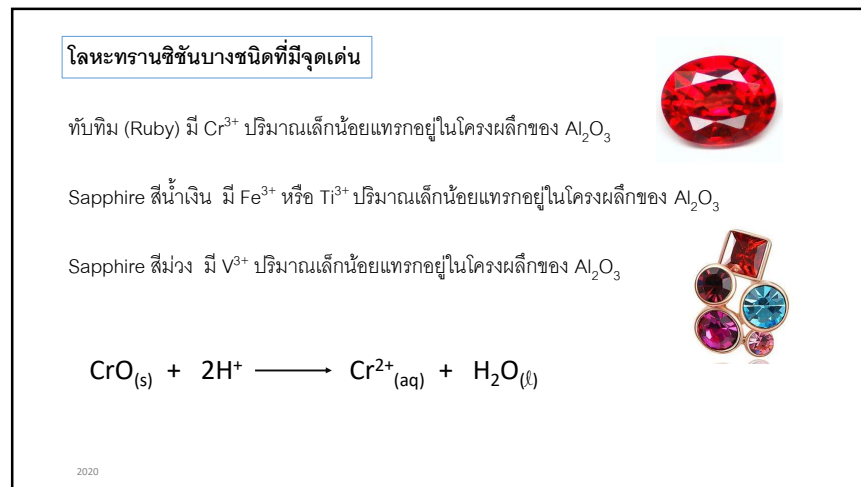
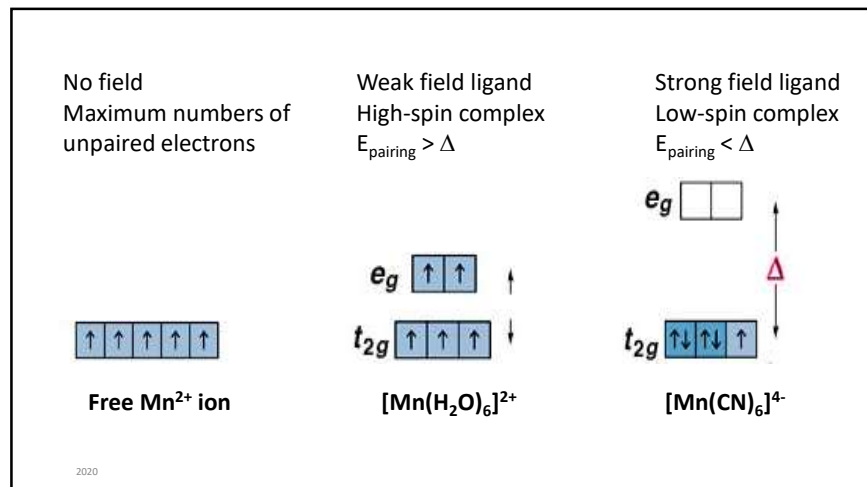


2020

## The Spectrochemical series



2020





**ทองแดง**

เป็นโลหะสีน้ำตาลแดง  
นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีรองจากเงิน  
ใช้ทำสายไฟฟ้า เหมือง  
โลหะผสมอัลลอยด์ เช่น ทองเหลือง (ทองแดงผสมสังกะสี)

**สังกะสี**

เป็นโลหะสีขาวเงิน  
มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว คือ  $Zn^{2+}$  ( $3d^{10}$ )  
ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี  
นิยมใช้สังกะสีฉาบเหล็กเพื่อป้องกันสนิม ( $ZnO$ ), ใช้ทำกล่องถ่านไฟฉาย  
 $ZnO$  มีสีขาวใช้เป็นสีย้อมในสีขาว

2020

**เงิน**

มีสีขาวแวววาว ค่อนข้างอ่อน  
นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุดแต่ไม่นิยมทำเป็นตัวนำไฟฟ้าเพราะราคาแพง  
นิยมทำเป็นเครื่องประดับ เพราะไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา  
เหรียญกษาปณ์ เงินผสมกับทองแดง  
ได้จากการถลุงแร่

**ปรอท**

เกิดขึ้นในแร่ cinnabar ( $HgS$ ) ในธรรมชาติมีสีแดง เมื่อเผาแร่ชนิดนี้จะได้อิฐของปรอท  
หลังจากไอบปรอทควบแน่นจะได้โลหะปรอทเป็นของเหลวสีเงิน  
เป็นของเหลว มีจุดหลอมเหลว  $-39^{\circ}C$   
นิยมใช้บรรจุในเทอร์โมมิเตอร์  
ใช้ผสมกับโลหะอื่น เรียก Amalgam เช่น ซิลเวอร์อมัลกัมใช้เป็นวัสดุอุดฟัน  
ซึ่งมี  $Hg$ ,  $Ag$ ,  $Sn$  และ  $Cu$  ผสมกันด้วยอัตราส่วนร้อยละ 50, 35, 13 และ 2 ตามลำดับ

2020

**บทบาทของโลหะทรานซิชันในระบบชีวภาพ**

$Fe$  ขนส่งและเก็บสะสมออกซิเจน  
 $Fe$ ,  $Co$  การแบ่งเซลล์  
 $Fe$ ,  $Cu$  การหายใจ  
 $Mn$  ช่วยในการสังเคราะห์ กรดไขมัน และคอเลสเตอรอล ช่วยในการสร้างเม็ดโลหิตแดง  
 $Cr$  มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ โดยเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน  
 $Zn$  ควบคุม pH ในเลือด ช่วยกระตุ้นการสร้าง และการซ่อมแซมหนังกำพร้า ช่วยกระตุ้น  
การสร้างกระดูกอ่อน ช่วยในกระบวนการสร้างเอนไซม์ ระบบภูมิคุ้มกัน  
 $Ni$  เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ urease และ hydrogenase

2020