

Representative elements and Transition metals

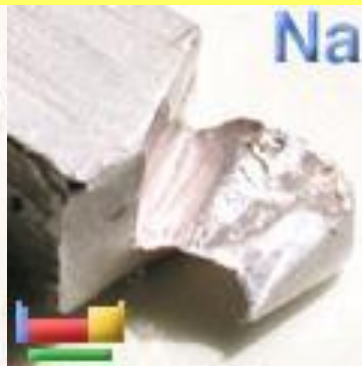
สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุ

ธาตุหมู่ IA (Alkali)

Li



Na



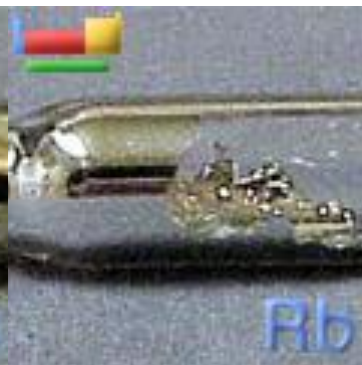
K



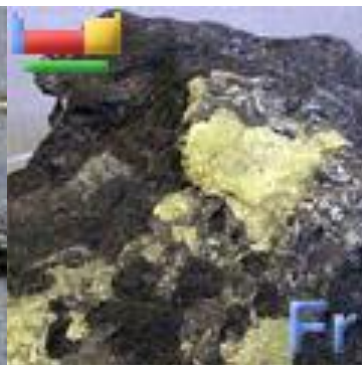
Rb



Cs



Fr



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

สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IA (ต่อ)

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

ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศ ให้ H_2 และความร้อนจำนวนมาก
----> จึงต้องเก็บไว้ในน้ำมัน

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

สารประกอบของธาตุหมู่ IA ในธรรมชาติที่พบมากที่สุด คือ สารประกอบของโซเดียม ($NaCl$)

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 จะละลายน้ำ
ได้น้อย $\longrightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3, \text{Li}_3\text{PO}_4$

4. สารประกอบของธาตุหมู่ IA ต่อไปนี้ เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส

สารประกอบซัลไฟด์ เช่น Na_2S

สารประกอบออกไซด์ เช่น NaO

สารประกอบไฮไดรด์ เช่น NaH LiH

ประโยชน์ของธาตุหมู่ IA

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

ธาตุหมู่ IIA (Alkali Earth)

Be (เบริลเลียม)



Mg (แมกนีเซียม)



Ca (แคลเซียม)



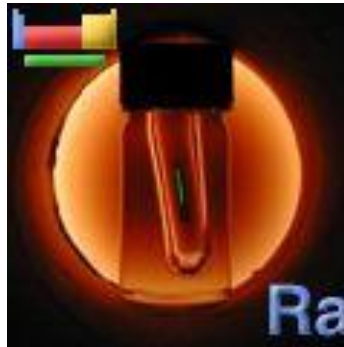
Sr (สตรอนเชียม)



Ba (แบเรียม)



Ra (เรเดียม)



สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IIA

1. เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุหมู่ IA จึงมีความแข็งมากกว่า
2. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แต่น้อยกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
3. มีค่า IE_1 และ EN ต่ำ แต่สูงกว่าธาตุหมู่ IA
4. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน เพราะมีพันธะโลหะที่แข็งแรงกว่า
5. เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย (ตัวรีดิวซ์ที่ดี) แต่ไม่ดีเท่ากับธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
6. ธาตุหมู่ IIA สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ และสารอื่นได้หลายชนิด เนื่องจากเป็นธาตุที่ว่องไว และความว่องไวเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น

เนื่องจากธาตุหมู่ IIA เป็นธาตุที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา สามารถรวมตัวกับอโลหะเกิดสารประกอบได้หลายชนิดในธรรมชาติ จึงมักพบในรูปของสารประกอบ

* สารประกอบของธาตุหมู่ IIA จะเป็นสารประกอบไอออนิกซึ่งธาตุหมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2



* สารประกอบของหมู่ IIA ที่เกิดจากการรวมตัวกับไอออนที่มี ประจุ -1 ส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้ดี

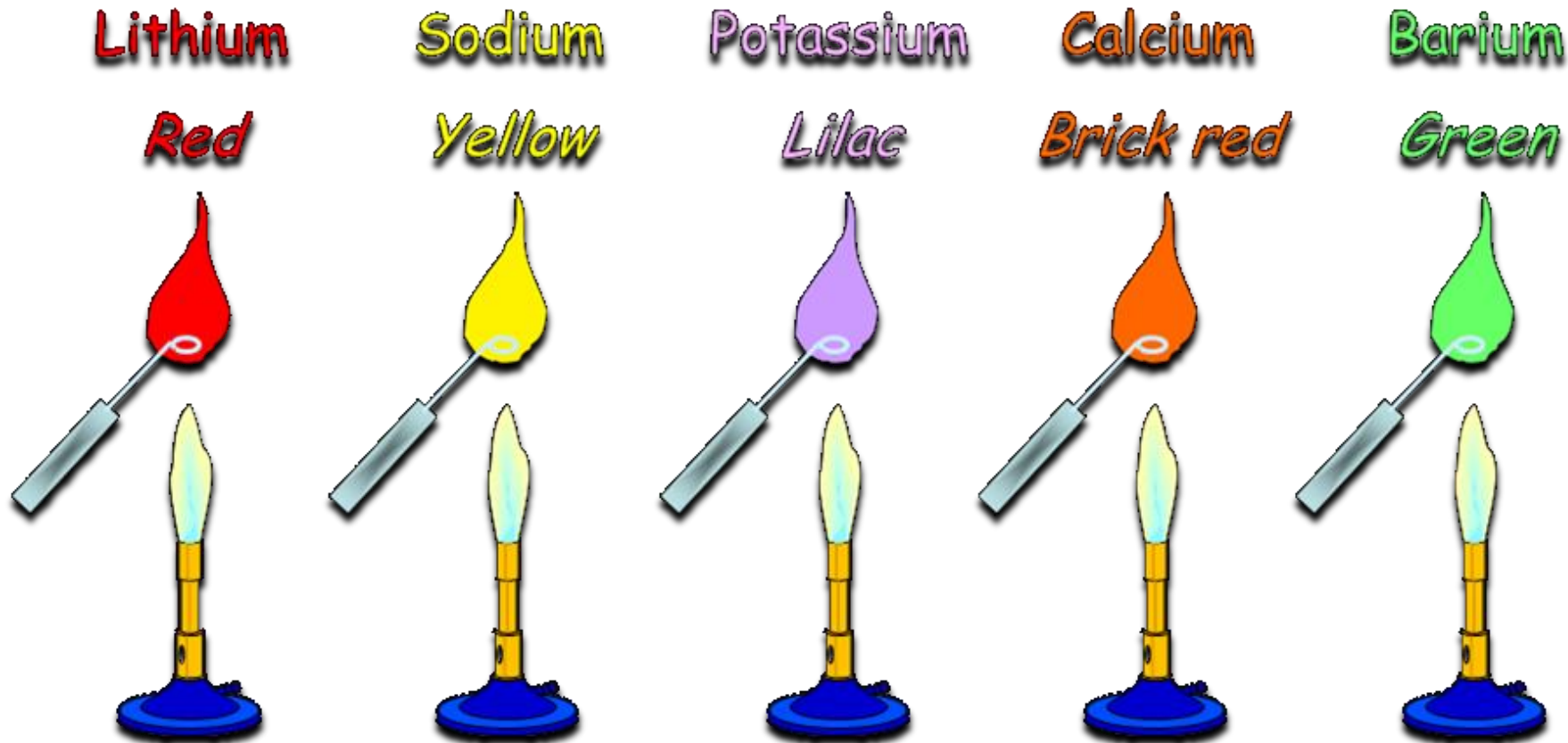
แต่สารประกอบของหมู่ IIA ที่เกิดจากการรวมตัวกับไอออนที่มีประจุ -2 หรือ -3 จะไม่ละลายน้ำ

* มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

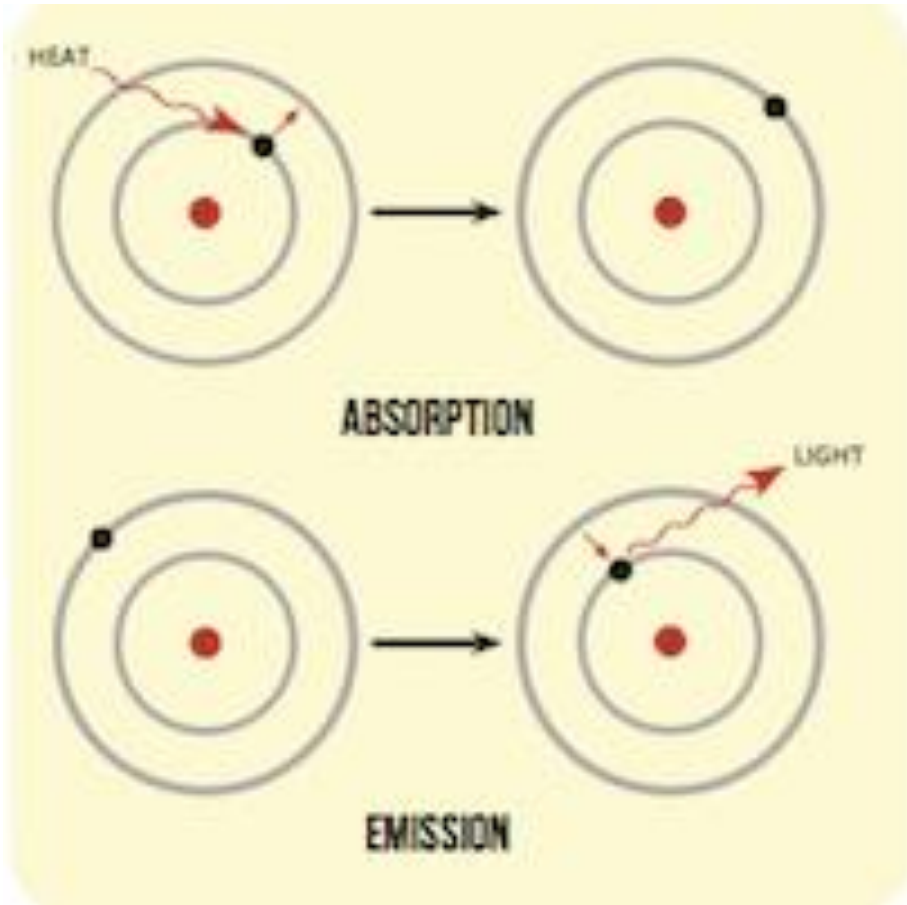
* เมื่อหลอมเหลว หรือเป็นสารละลายจะสามารถนำไฟฟ้าได้

การตรวจดูเปลวไฟ (Flame Test)

เป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อระบุไอออนของโลหะที่อยู่ในสารประกอบ โดยการใช้ไฟเผาสาร สารประกอบที่มีไอออนของโลหะเหมือนกันจะให้สีเปลวไฟที่เหมือนกัน สารประกอบที่มีไอออนของโลหะต่างกันจะให้สีเปลวไฟที่ต่างกัน(สีของเปลวไฟไม่จำเป็นต้องต้องเหมือนสีของผลึก)



สีของเปลวไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร

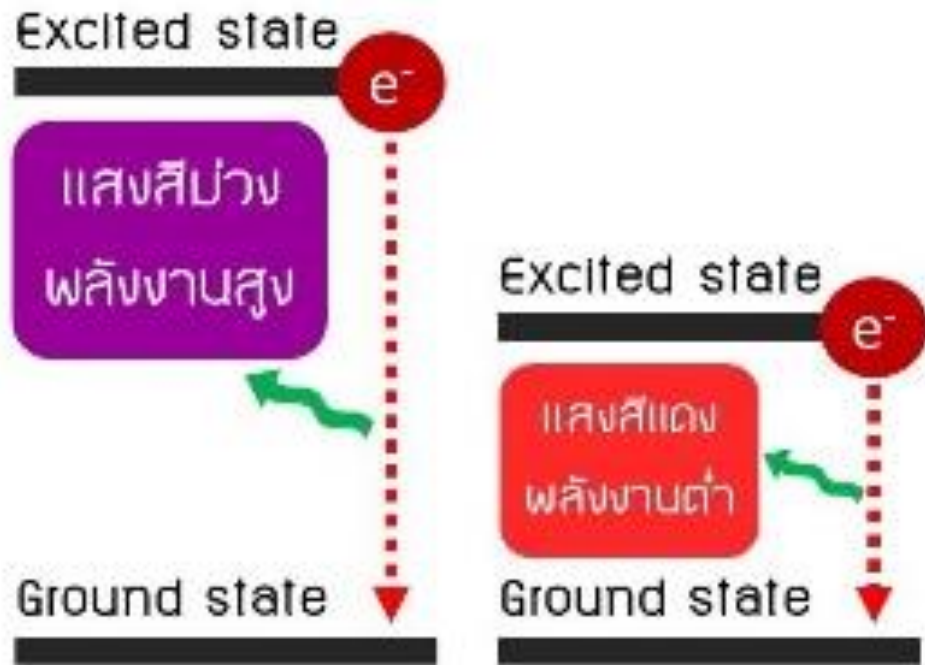


เมื่ออะตอมที่ได้รับพลังงานเช่น จากการเผาหรือจากกระแสไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้นจึงเปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานเดิมทำให้อะตอมไม่เสถียร

จากนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อรักษาความเสถียรของอะตอมและกลับมาอยู่ในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าเดิม

พลังงานที่คายออกมานั้นจะอยู่ในรูปพลังงานแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยคลื่นแสงใดที่มีความเข้มสูงสุดแสงนั้นเองจะปรากฏออกมาในรูปของสีของเปลวไฟให้เราได้เห็นกัน

ทำไมเปลวไฟที่ได้จึงมีสีที่แตกต่างกัน



เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีระยะห่างระหว่างชั้นพลังงานไม่เท่ากัน จึงทำให้ไอออนของโลหะคายพลังงานออกมาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลให้เกิดสีเปลวไฟที่ต่างกันด้วย



ประโยชน์ของธาตุหมู่ IIA

- Mg ใช้ทำไส้หลอดไฟแฟลตถ่ายรูป
- Be + Cu ใช้ทำส่วนประกอบของเรือเดินทะเล
- 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

ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)

ธาตุกึ่งโลหะ คือ ธาตุที่มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะ และมีสมบัติบางประการคล้ายอโลหะ ได้แก่

B (โบรอน)

Si (ซิลิกอน)

Ge (เจอร์เมเนียม)

As (อาร์เซนิก)

Sb (แอนติโมนี)

Te (เทลลูเรียม)

Po (โพลโลเนียม)

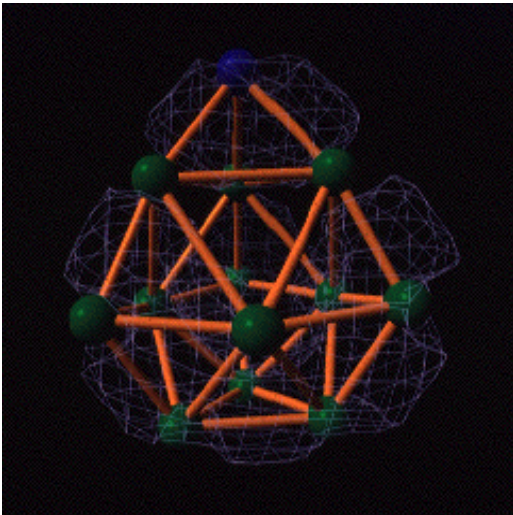
At (แอสทาทีน)

ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)



B (Boron)

- มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะ และไม่นำไฟฟ้า
- มีโครงสร้างแบบโครงผลึกร่างตาข่ายที่แข็งแรงมาก มีรูปผลึกหลายรูป



Si (Silicon)

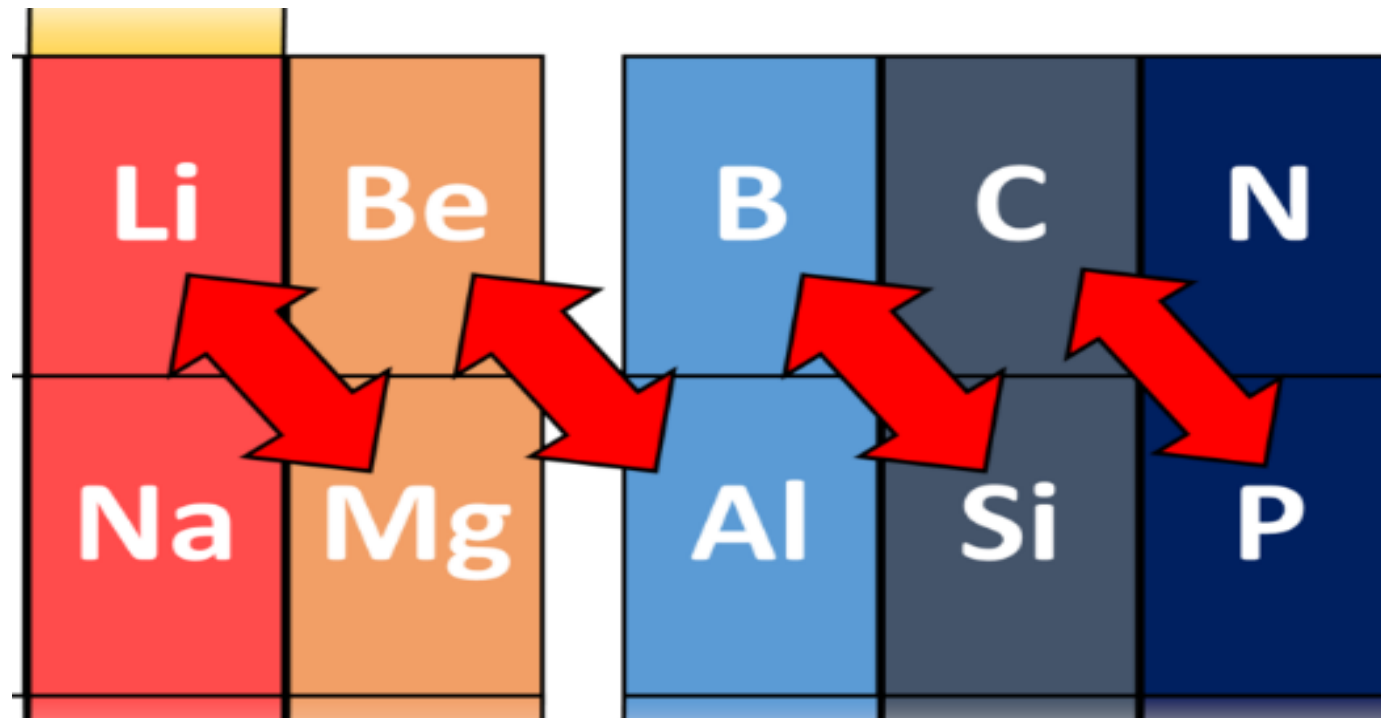
- เป็นผลึกสีเทาเงิน มีจุดเดือด จุดหลอม เหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ
- เป็นสารกึ่งตัวนำ
- อะตอมของ Si ยึดต่อกันในรูปโครงผลึก ร่างตาข่าย
- ใช้ทำแผงวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์

Ge (Germanium) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ เป็นธาตุกึ่งตัวนำ ใช้ทำส่วนประกอบของอิเล็กทรอนิกส์

As (Arsenic) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่เปราะ

ความสัมพันธ์แบบทะแยงมุม

A diagonal relationship



ธาตุหมู่ IIIA

B



Al



Ga



In



Tl



กึ่งโลหะ

โลหะ

โลหะ

โลหะ

โลหะ

+3

+3

+1, +3

+1, +3

+1, +3

B_2O_3

Al_2O_3

Ga_2O_3

In_2O_3

Tl_2O_3

กรด

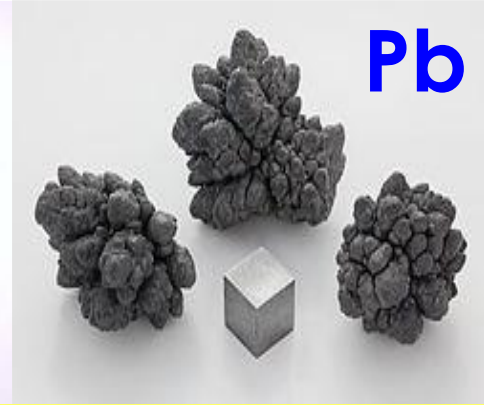
กรดและเบส

กรดและเบส

เบส

เบส

ธาตุหมู่ IVA



Carbon

อโลหะ

$(-4) - (+4)$

ออกไซด์เป็น กรด

Silicon

กึ่งโลหะ

$+4$

กรดและเบส

Germanium

กึ่งโลหะ

$+2, +4$

กรดและเบส

Tin

โลหะ

$+2, +4$

กรดและเบส

Lead

โลหะ

$+2, +4$

เบส

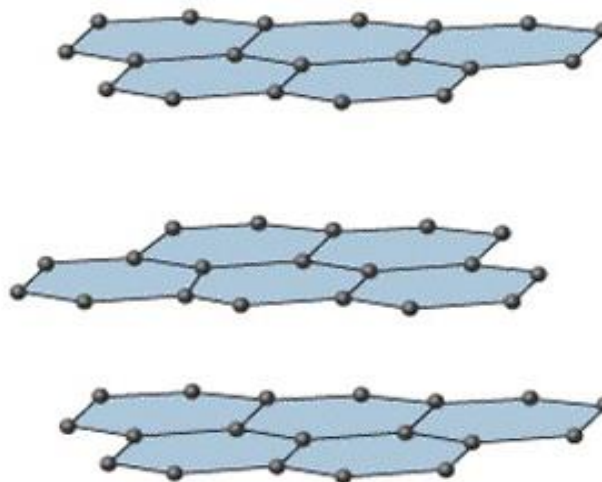
Carbon

ในธรรมชาติคาร์บอนอยู่ในรูป เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอร์รีน (fullerene)



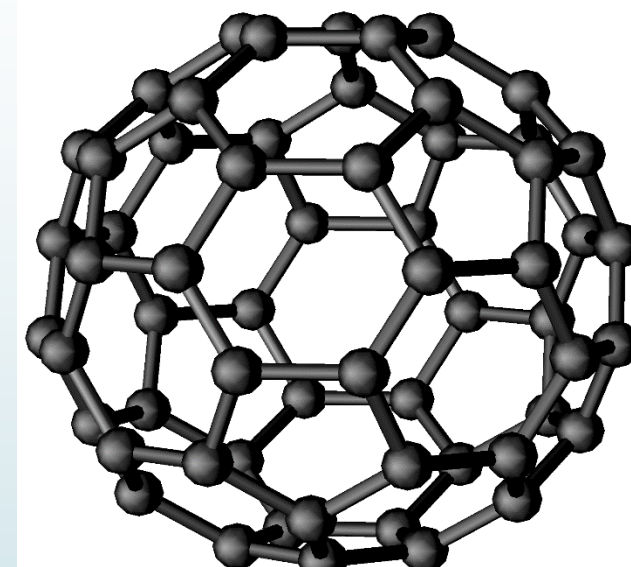
(a) Diamond

โครงสร้างทรงสี่หน้า (tetrahedron) ยึดกัน
ด้วยพันธะโควาเลนต์ ได้เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่
 sp^3 hybridization
มีความแข็งแรงมาก ฉนวนไฟฟ้าโปร่งแสง



(b) Graphite

จัดตัวเป็นวงหกเหลี่ยมเรียงตัวในระนาบเดียวกัน
แต่ระนาบยึดกันด้วยแรงวานเดอร์วาลส์
 sp^2 hybridization
นำไฟฟ้าได้ ลักษณะทึบแสง



(c) Fullerene

สารโมเลกุลเป็น C_{60}
คล้ายลูกฟุตบอล
นำไฟฟ้าได้ดี
ยังมี C_{70} และ carbon nanotube

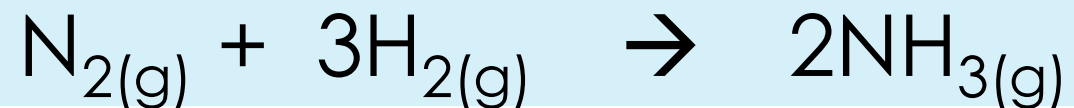
ธาตุหมู่ VA

ธาตุในกลุ่มนี้มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

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

สารประกอบที่สำคัญ

NH_3 มีฤทธิ์เป็นเบส เป็นแก๊สที่มีกลิ่น เตรียมได้จาก Haber process



ธาตุหมู่ VIA (Chalcogen)

8 O
16 S
34 Se
52 Te
84 Po

อโลหะ มีมากที่สุดในธรรมชาติ **diatomic molecule**

อโลหะ ในธรรมชาติมักพบในรูปธาตุอิสระ หรือในรูป S_2 H_2S หรือ แร่pyrite(FeS_2)

กึ่งโลหะ

กึ่งโลหะ

เป็นธาตุที่หายาก สมบัติทางเคมีคล้ายคลึงซัลเฟอร์

กัมมันตรังสีที่หายาก

ธาตุหมู่ VIIA (Halogen)

F (ฟลูออรีน)

Cl (คลอรีน)

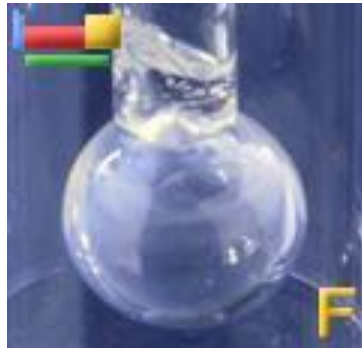
Br (โบรมีน)

I (ไอโอดีน)

At (แอสทาทีน)

1. ธาตุในหมู่นี้มีทั้ง 3 สถานะ

ก๊าซ



ของเหลว



ของแข็ง



2. ธาตุแฮโลเจนทุกชนิดเป็นพิษ

F_2 เป็นแก๊สพิษอย่างแรง , Cl_2 เป็นแก๊สพิษมีกลิ่นฉุนจัด

3. ธาตุทุกตัวเป็นอโลหะ ไม่นำไฟฟ้าทุกสถานะ

4. โมเลกุลของธาตุแฮโลเจนประกอบด้วย 2 อะตอม (diatomic molecule)



5. มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของธาตุแฮโลเจนเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

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. ในหมู่เดียวกันความว่องไวในการทำปฏิกิริยาลดลงจากบนลงล่าง

สารประกอบของธาตุหมู่ VIIA

1. สามารถเกิดได้ทั้งสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์

สารประกอบไอออนิก

สารประกอบโคเวเลนต์



2. ธาตุหมู่ VIIA เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

3. สารประกอบออกไซด์และสารประกอบซัลไฟด์ของธาตุหมู่ VIIA เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นกรด เช่น Cl_2O Br_2O

ประโยชน์ของธาตุหมู่ VIIA

1. ฟลูออรีนใช้เตรียมสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น ฟรีออน ใช้ในเครื่องทำความเย็น , เทฟลอน ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$) เคลือบภาชนะหุงต้ม
2. คลอรีนใช้ในการเตรียมสารต่างๆ เช่น

ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำ และในน้ำประปา

NaOCl ใช้ในการฟอกสีกระดาษให้ขาว

NaClO_3 ใช้เป็นยากำจัดวัชพืช

3. โบรมีนใช้เตรียมสารประกอบเอทิลีนไดโบรไมด์ เติมในน้ำมันเพื่อหยุดการสะสมตะกั่วในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้ทำสีย้อมผ้า फिल्मถ่ายรูป (AgBr)
4. ไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก

ทิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีนละลายในเอทานอล) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค

ก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซมีตระกูล

He (ฮีเลียม)

Ne (นีออน)

Ar (อาร์กอน)

Kr (คริปตอน)

Xe (ซีนอน)

Rn (เรดอน)

ก๊าซเฉื่อย (Inert gas) เป็นธาตุที่มีสถานะเป็นก๊าซ ในธรรมชาติจะไม่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น

1 โมเลกุลมี 1 อะตอม (เป็นแก๊สอะตอมเดี่ยว)

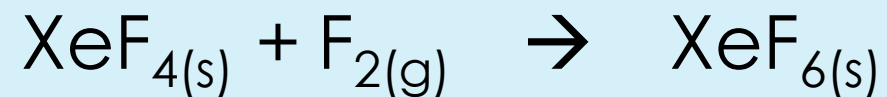
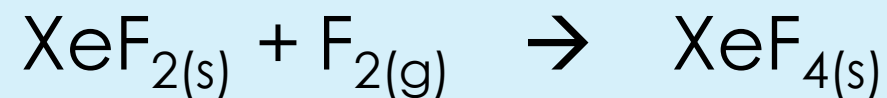
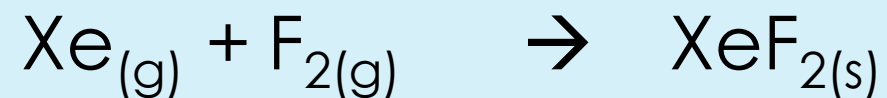
He ----> Balloon,

Deep sea diving,

สารหล่อเย็น



Xe สามารถทำปฏิกิริยากับฟลูออรีนได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 °C (เนื่องจากค่าไอออไนเซชันใกล้เคียงกับ ออกซิเจน)



ประโยชน์ของก๊าซเฉื่อย

- อาร์กอน ใช้บรรจุในหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้แทนอากาศ
- คริปทอนใช้ในหลอดไฟแฟลช , ใช้ในเลเซอร์บางชนิด และใช้ในหลอดสตรอปโคป
- เรดอน ใช้รักษาโรคมะเร็ง
- ใช้บรรจุในหลอดนีออน

He ให้แสงสีชมพู Ne ให้แสงสีแดงส้ม

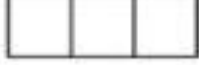
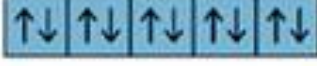
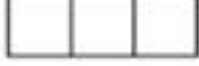
Ar ให้แสงสีม่วง Xe ให้แสงสีน้ำเงิน

โลหะทรานซิชัน
Transition metals

สมบัติของธาตุทรานซิชัน

1. เป็นโลหะ มีความแข็ง แวววาว 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

แผนภาพออร์บิทัลและโครงสร้างอิเล็กตรอนแบบย่อของธาตุทรานซิชันชั้นอนุกรมที่ 1

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

Horizontal Trends in Period 4 Elements

K 227	Ca 197	Sc 162	Ti 147	V 134	Cr 128	Mn 127	Fe 126	Co 125	Ni 124	Cu 128	Zn 134	Ga 135	Ge 122	As 120	Se 119	Br 114	Kr 112
----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

A Atomic radius (pm)

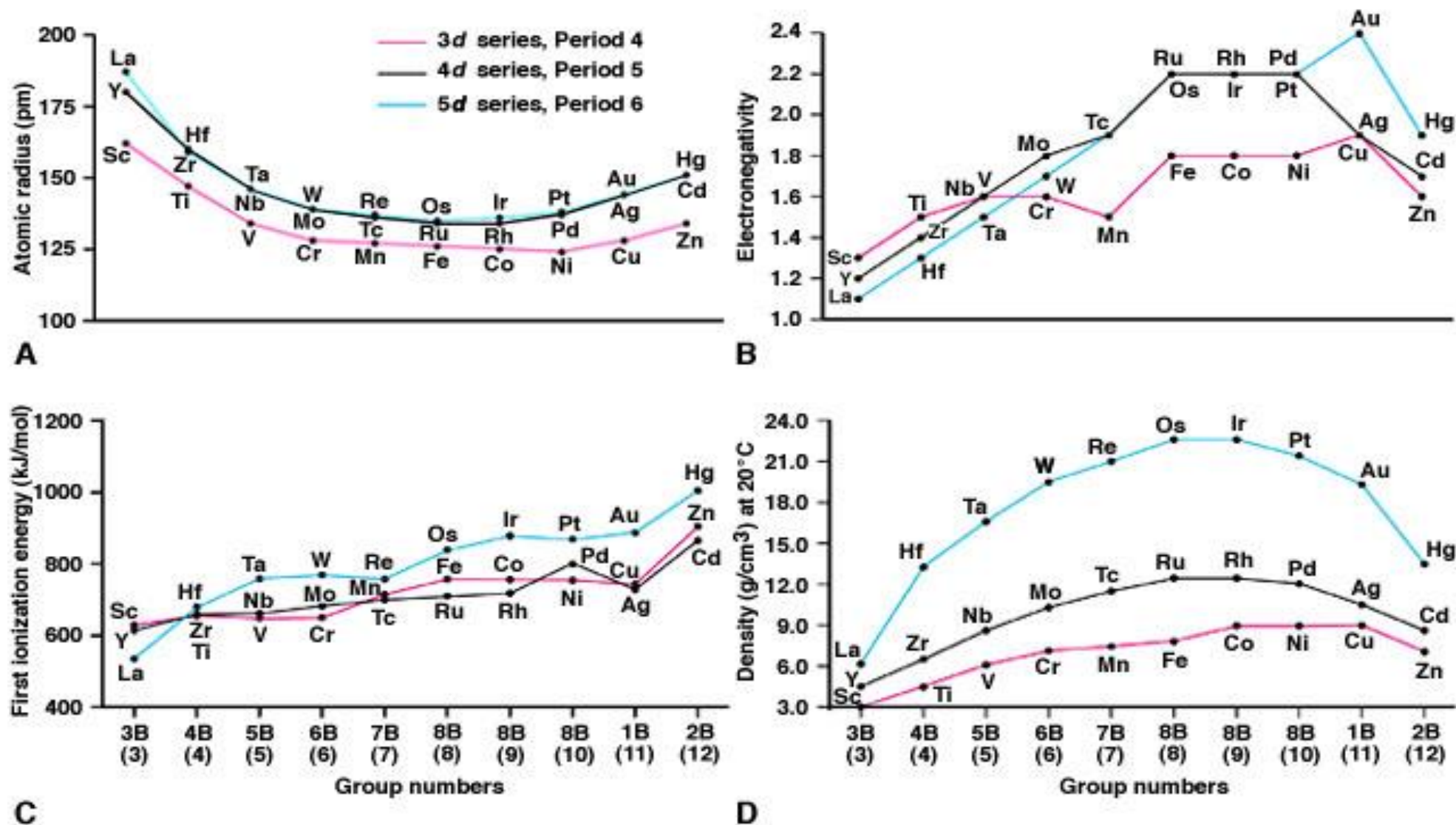
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8
----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

B Electronegativity

K 419	Ca 590	Sc 631	Ti 658	V 650	Cr 653	Mn 717	Fe 759	Co 758	Ni 757	Cu 745	Zn 906	Ga 579	Ge 761	As 947	Se 941	Br 1143	Kr 1351
----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------

C First ionization energy (kJ/mol)

Vertical Trends within the Transition Elements



สารประกอบโคออร์ดิเนชัน

1. ธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จึงทำให้ธาตุทรานซิชันสามารถเกิดสารประกอบได้มากมายหลายชนิด

Ti +4, +3, +2

V +5, +4, +3, +2

Mn +7, +6, +4, +3, +2

2. สารประกอบและไอออนของธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่จะมีสีต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของธาตุทรานซิชัน
- เลขออกซิเดชัน
- ชนิดและจำนวนของสารที่รวมตัวกับธาตุทรานซิชัน

สีที่เห็นนั้นเนื่องมาจากอิเล็กตรอนของธาตุทรานซิชันสามารถดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้

Complimentary color wheel

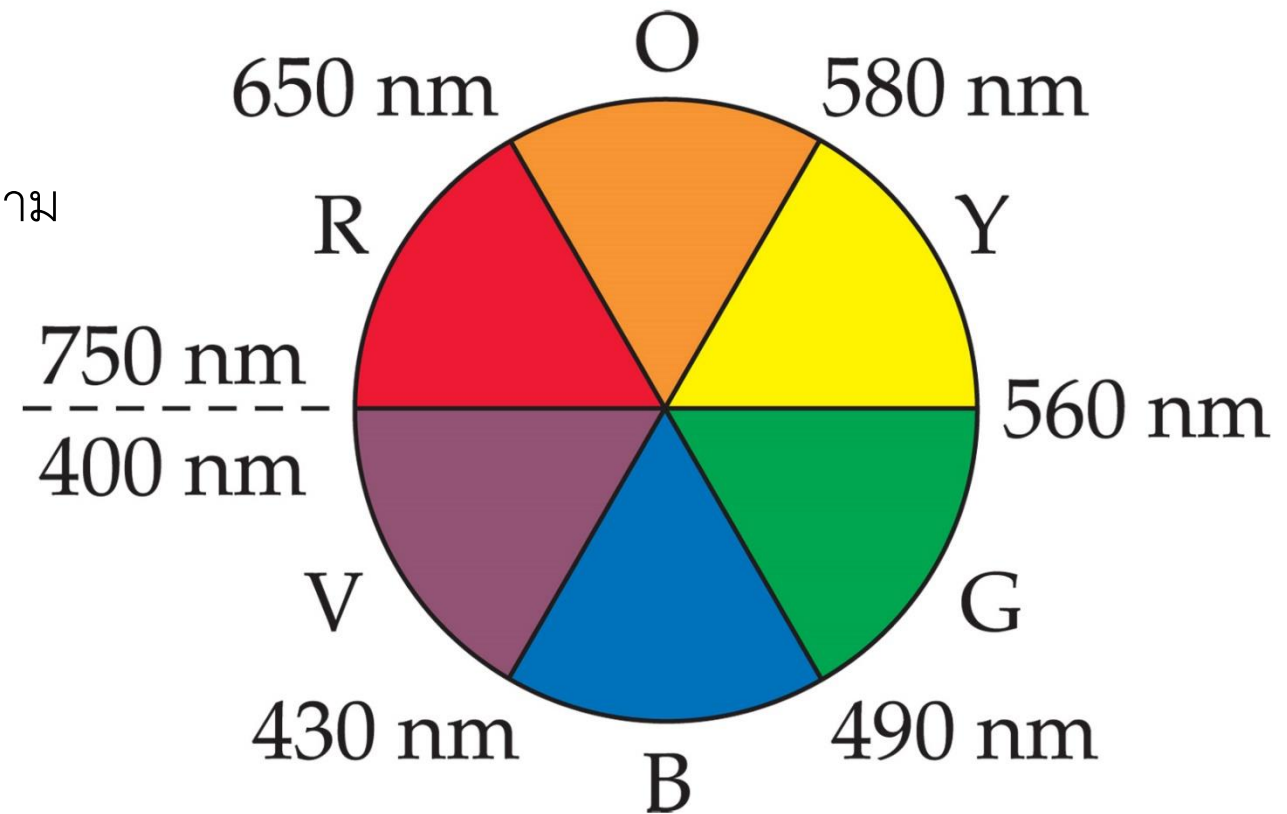
ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงทุกความยาวคลื่น สารนั้นจะมีสีดำ

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีใด สีที่มองเห็นจะเป็นสีที่อยู่ตรงกันข้าม

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีม่วง สีที่มองเห็นคือเขียว-เหลือง

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีส้ม สีที่มองเห็นคือน้ำเงิน

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีแดง สีที่มองเห็นคือเขียว

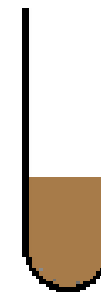
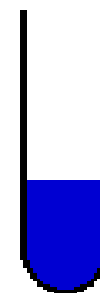
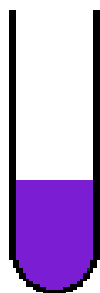
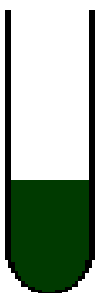
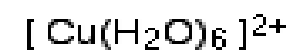
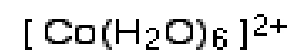
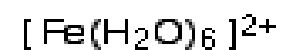
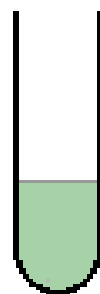
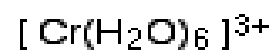


Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

ไอออน	ชื่อไอออน	เลขออกซิเดชันของ ธาตุทรานซิชัน	สี
Cr^{2+}	โครเมียม(II)ไอออน	+2	น้ำเงิน
Cr^{3+}	โครเมียม(III)ไอออน	+3	เขียว
Cr_2O_7	ไดโครเมตไอออน	+6	ส้ม
CrO_4^{2-}	โครเมตไอออน	+6	เหลือง

เลขออกซิเดชันต่างกัน ลิแกนด์ต่างกัน สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน

โลหะไอออนต่างชนิดกัน
สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน



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: 2Cl^-

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



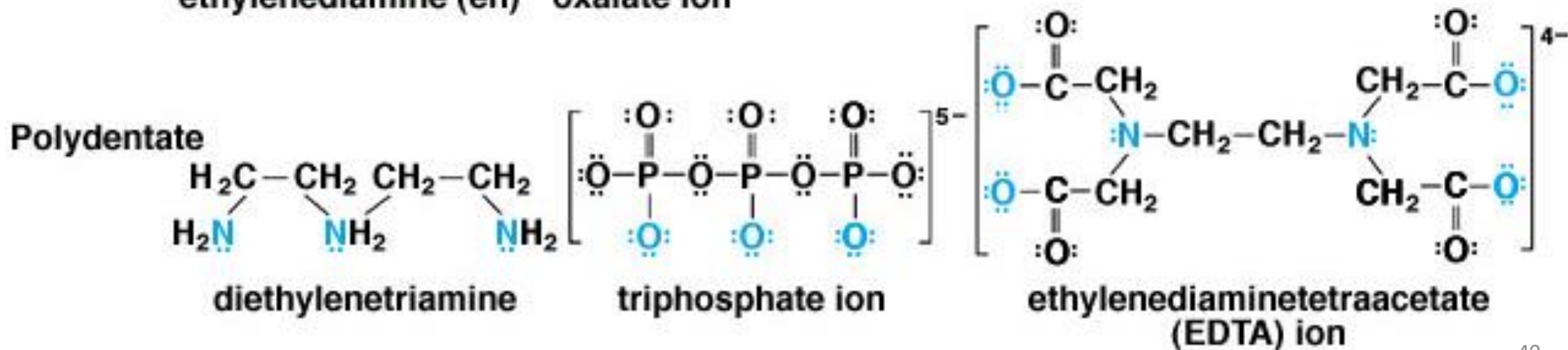
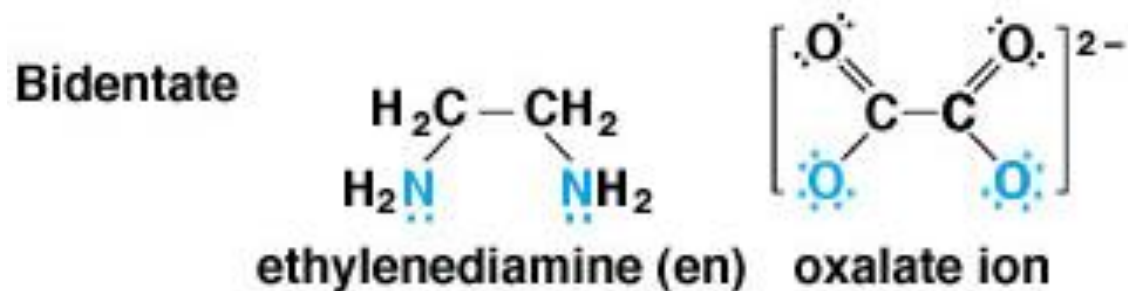
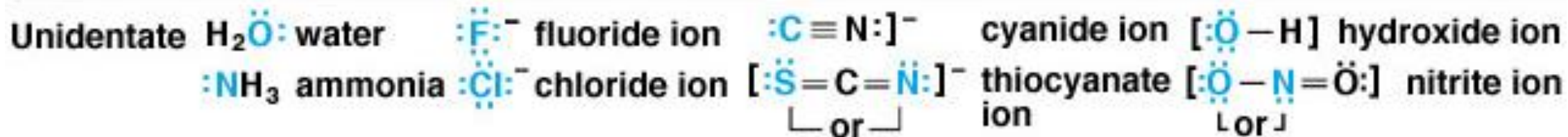
Lewis acid

Lewis base

Coordinate covalent bond

Ligand

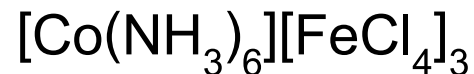
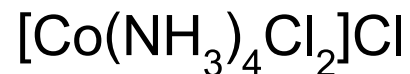
ลิแกนด์อาจเป็นโมเลกุลหรือไอออนประจุลบ ซึ่งมีอะตอมอย่างน้อยหนึ่งอะตอมที่มีคู่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว อาจมีหนึ่งคู่มากกว่าหนึ่งคู่ก็ได้



การเขียนสูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Writing formulas for coordination compounds)

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

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



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 H_2O – Aquo, NH_3 – Ammine
 - ลิแกนด์ที่มีประจุลบ อ่านชื่อลงท้ายด้วย “-o” หรือ “-โอ” เสมอ เช่น
ไอออนประจุลบที่ลงท้ายด้วย “-ide” ให้เปลี่ยนเป็น “-o”
ไอออนประจุลบที่ลงท้ายด้วย “-ate” หรือ “-ite” ให้เปลี่ยนเป็น “-o”
ยกเว้น NO_2^- เมื่อใช้ N เป็นโคเนอร์อะตอม ให้อ่านว่า nitro

4. ระบุจำนวนกลุ่มลิแกนด์ที่ซ้ำกัน ให้ใช้คำนำหน้าชื่อลิแกนด์ ดังนี้

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

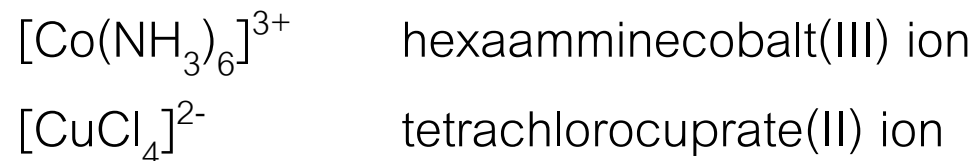
กรณีที่ลิแกนด์มีคำที่เหมือนกับคำที่ใช้ระบุจำนวนลิแกนด์ อยู่ด้วย เช่น ethelenediammine หรือลิแกนด์เป็นชนิดพอลิเดนเทต จะใช้คำอื่นระบุจำนวนแทนดังนี้

จำนวนลิแกนด์	คำนำหน้า
2	bis
3	tris
4	tetrakis

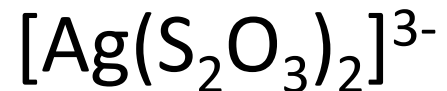
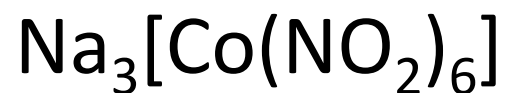
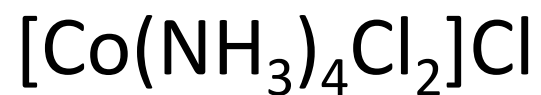
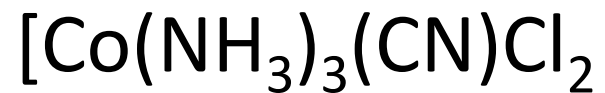
5. การอ่านชื่อไอออนโลหะอะตอมกลาง มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- กรณีที่ไอออนเชิงซ้อนเป็นกลางหรือมีประจุบวก ให้อ่านชื่อโลหะตามปกติ เช่น chromium, silver
- กรณีที่ไอออนเชิงซ้อนเป็นประจุลบ ให้ลงท้ายชื่อของไอออนโลหะด้วย “-ate” เช่น chromate, argentite

6. ให้แสดงเลขออกซิเดชันของไอออนโลหะด้วยเลขโรมันในวงเล็บ () ตามหลังชื่อโลหะทุกครั้ง เช่น

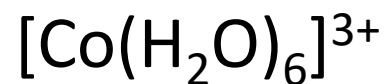
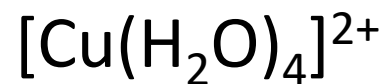


ตัวอย่าง



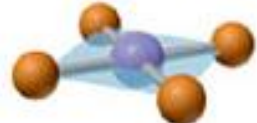
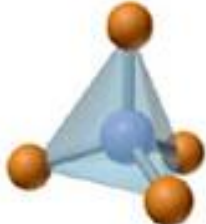
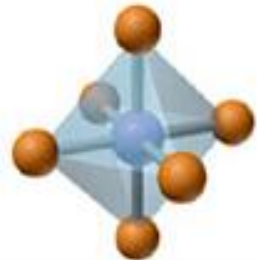
เลขโคออร์ดิเนชันและโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อน

เลขโคออร์ดิเนชัน หมายถึง จำนวนโคเนอร์อะตอมของลิแกนด์ที่สร้างพันธะโดยตรงกับไอออนโลหะอะตอมกลาง เช่น

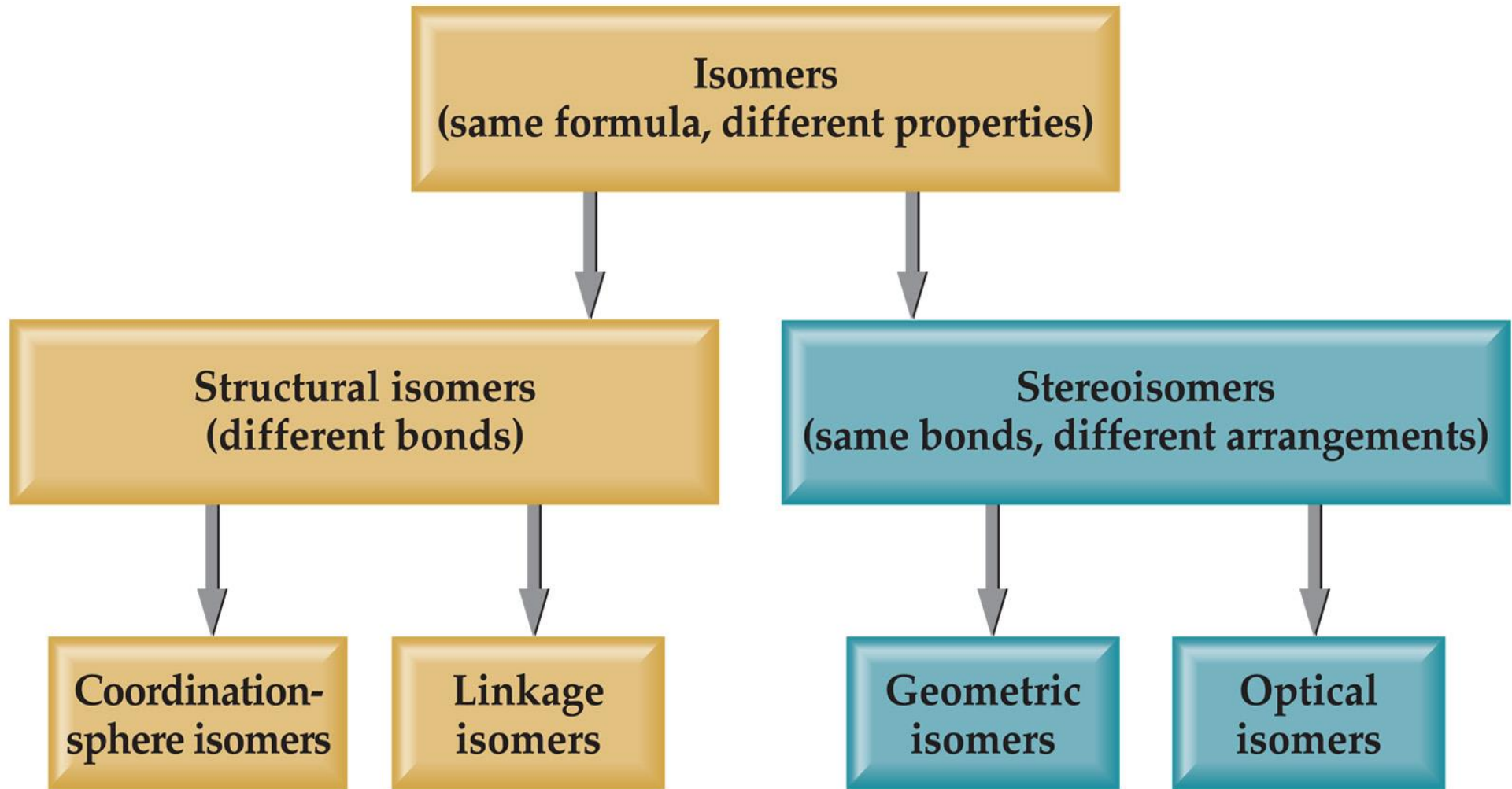


โครงสร้างของสารเชิงซ้อน

รูปทรงทางเรขาคณิต (geometry) ของไอออนเชิงซ้อนขึ้นอยู่กับเลขโคออร์ดิเนชันและธรรมชาติของไอออนโลหะในสารเชิงซ้อนนั้น ๆ

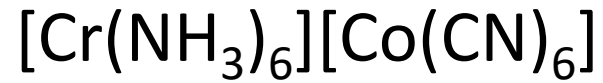
Coordination Numbers and Shapes of Some Complex Ions			
Coordination Number	Shape		Examples
2	Linear		$[\text{CuCl}_2]^-$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{AuCl}_2]^-$
4	Square planar		$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$, $[\text{PdCl}_4]^{2-}$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$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

ไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อน

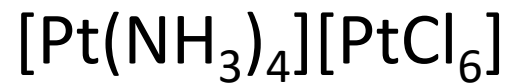
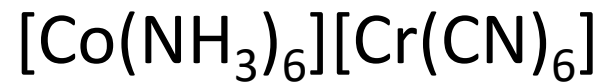


1. ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้าง (Structural isomers) มีสูตรเหมือนกันแต่ในโครงสร้างมีการเกาะเกี่ยวกันของอะตอมต่างกัน

1.1 Coordination Isomers เกิดขึ้นในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีไอออนเชิงซ้อนประจุบวกและไอออนเชิงซ้อนประจุลบเป็นองค์ประกอบ เช่น



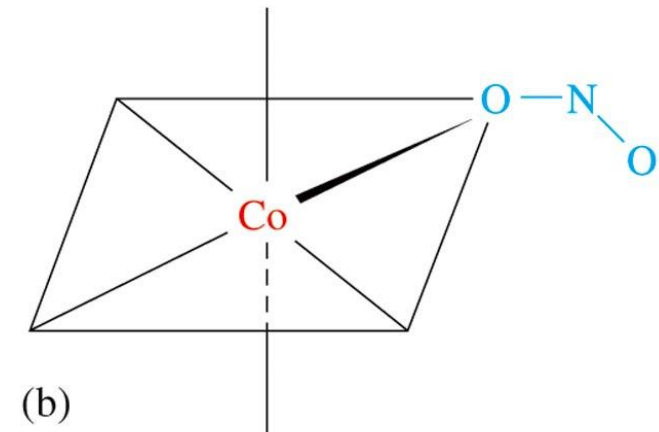
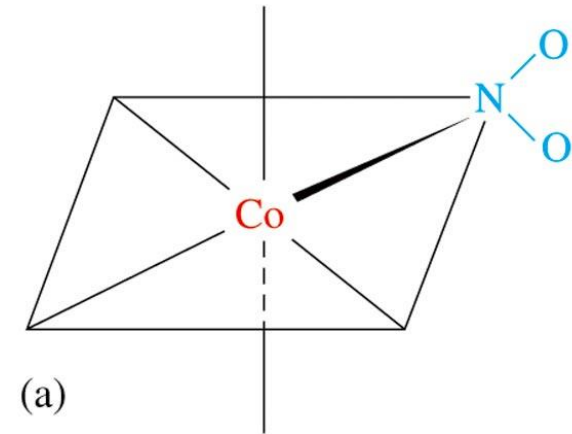
เป็นไอโซเมอร์กับ



เป็นไอโซเมอร์กับ

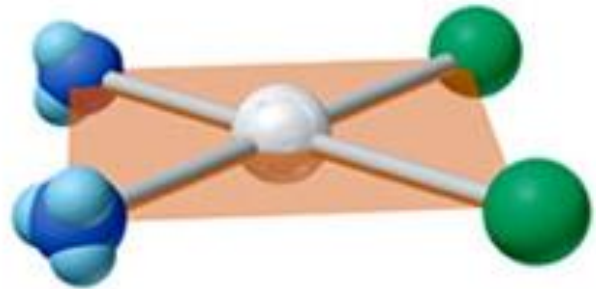


1.2 Linkage Isomers ลิแกนด์ใช้ไดเนอร์อะตอมต่างกันเข้าจับกับไอออนโลหะอะตอมกลาง เช่น NO_2^- , OCN^- , SCN^-

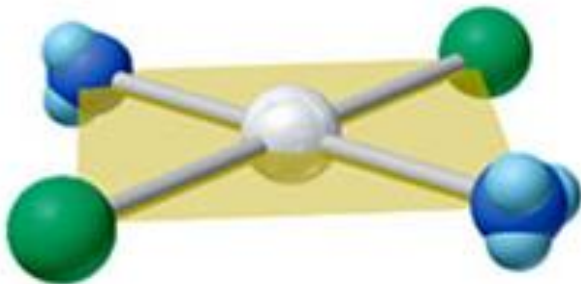


2. สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers) สารประกอบเชิงซ้อนสองชนิดมีองค์ประกอบเหมือนกันแต่การจัดเรียงตัวของอะตอมหรือหมู่ของอะตอมที่เกาะอยู่กับไอออนโลหะอะตอมกลางมีทิศทางต่างกัน

2.1 Geometrical Isomers บางครั้งเรียก
cis-trans isomers หรือ diastereomers

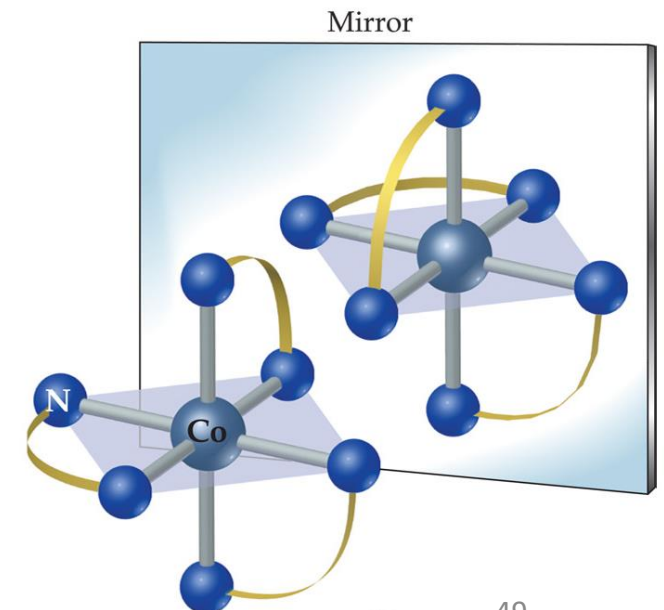
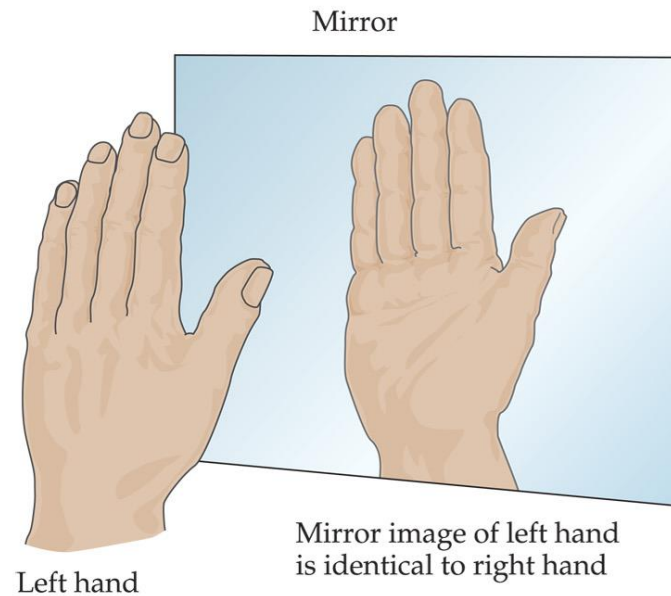


***cis* – [Pt(NH₃)₂Cl₂]**



***trans* – [Pt(NH₃)₂Cl₂]**

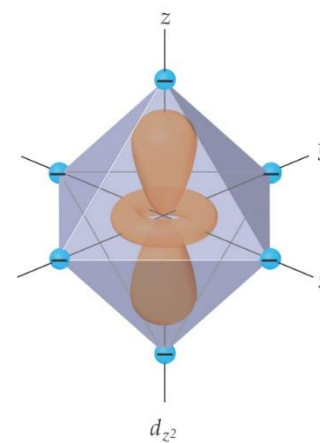
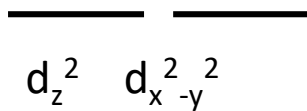
2.2 Optical Isomers หรือ enantiomers เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสารมีโครงสร้างในลักษณะที่เป็นภาพกระจกเงา(mirror image) ซึ่งกันและกันโดยที่โครงสร้างหนึ่งไม่สามารถซ้อนทับกับอีกโครงสร้างหนึ่งได้อย่างสนิท



Magnetic Properties

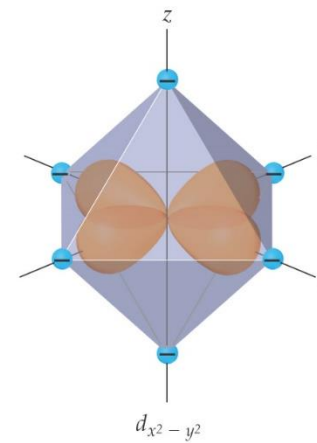
- Strong–field (low–spin):
 - จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวจะน้อย
- Weak–field (high–spin):
 - ให้จำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวนามาก
- Hund's rule still applies.

Splitting of d orbitals in an octahedral ligand field

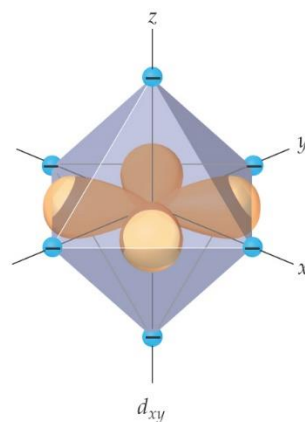
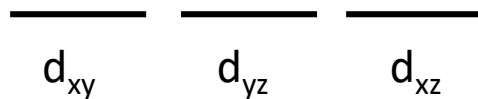


(b)

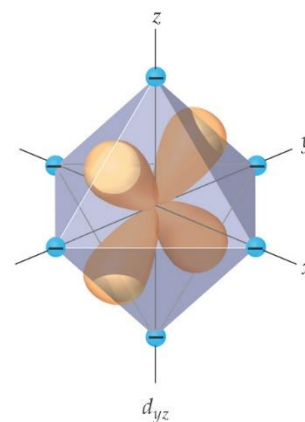
Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



(c)

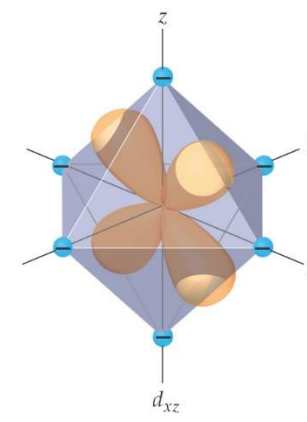


(d)



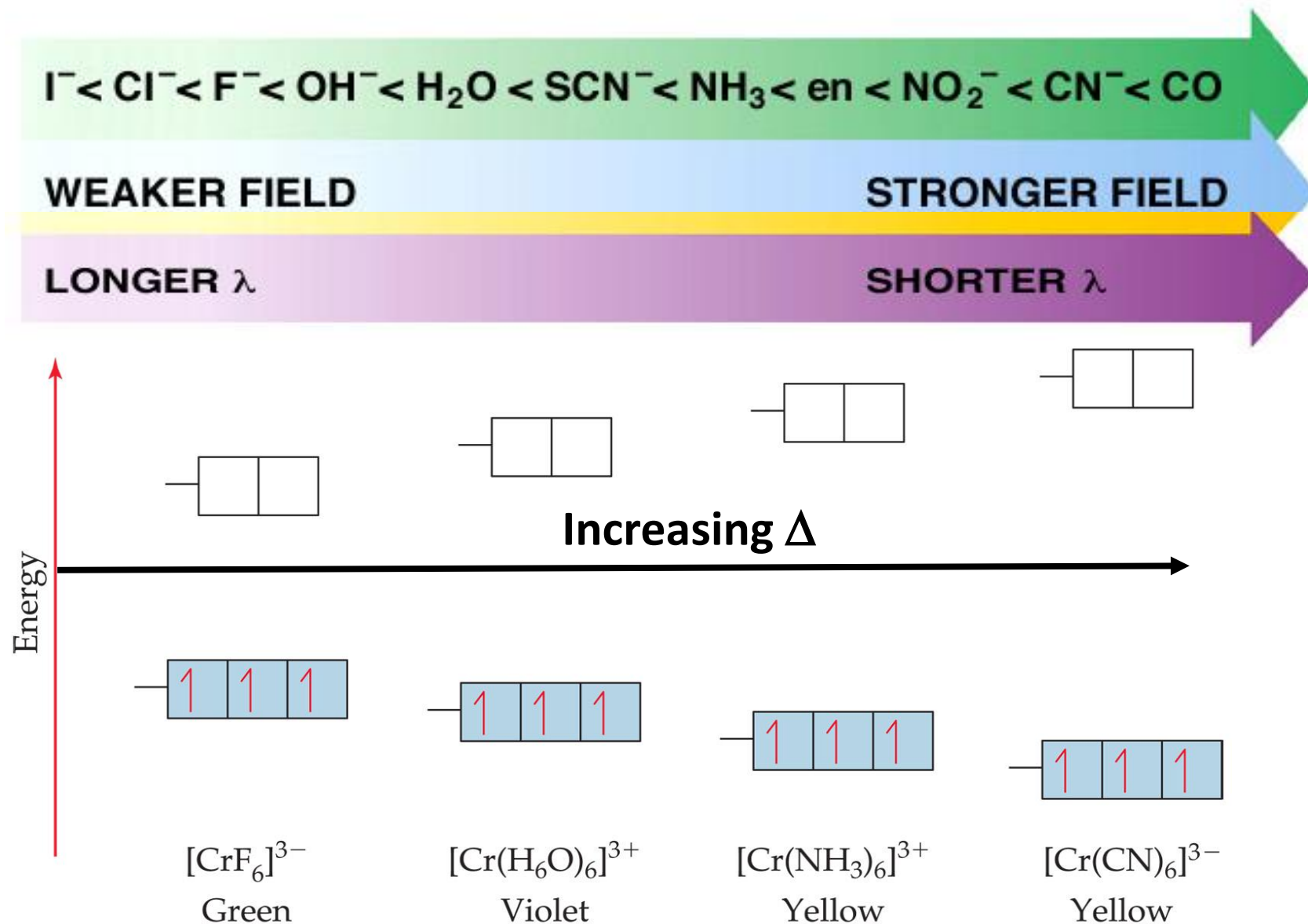
(e)

Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



(f)

The Spectrochemical series



No field

Maximum numbers of
unpaired electrons

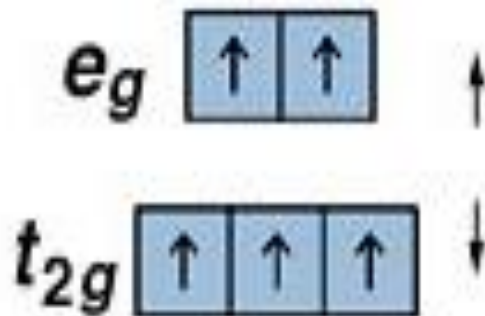


Free Mn^{2+} ion

Weak field ligand

High-spin complex

$$E_{\text{pairing}} > \Delta$$

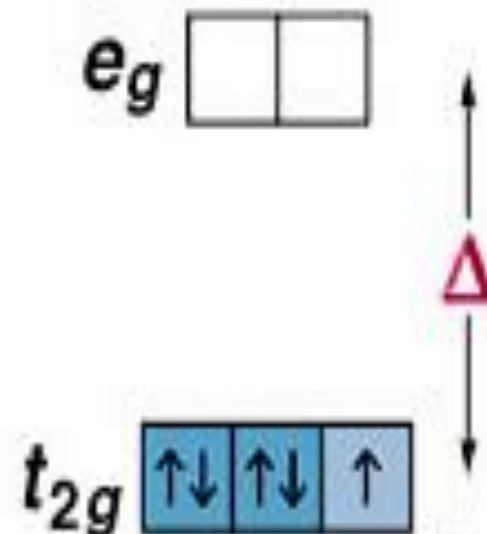


$[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

Strong field ligand

Low-spin complex

$$E_{\text{pairing}} < \Delta$$



$[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$

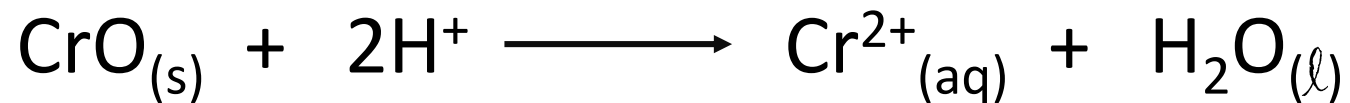
โลหะทรานซิชันบางชนิดที่มีจุดเด่น

ทับทิม (Ruby) มี Cr^{3+} ปริมาณเล็กน้อยแทรกอยู่ในโครงผลึกของ Al_2O_3



Sapphire สีน้ำเงิน มี Fe^{3+} หรือ Ti^{3+} ปริมาณเล็กน้อยแทรกอยู่ในโครงผลึกของ Al_2O_3

Sapphire สีม่วง มี V^{3+} ปริมาณเล็กน้อยแทรกอยู่ในโครงผลึกของ Al_2O_3



แมงกานีส

ใช้ผสมในโลหะอัลลอยด์ของเหล็ก ในปริมาณเล็กน้อย ($<1\%$) จะทำให้มันขึ้นรูปและทำการเชื่อมโลหะได้ง่ายขึ้น

ถ้าผสมในเหล็กมากขึ้น (12%) จะมีความแข็งแรงมาก ใช้ทำมือตัดของรถตัดดิน

Some Oxidation States of Manganese



Oxidation state*	Mn(II)	Mn(III)	Mn(IV)	Mn(VI)	Mn(VII)
Example	Mn²⁺	Mn₂O₃	MnO₂	MnO₄²⁻	MnO₄⁻
Ion configuration	<i>d⁵</i>	<i>d⁴</i>	<i>d³</i>	<i>d¹</i>	<i>d⁰</i>
Oxide acidity					

*Most common states in boldface.

เหล็ก

พบมากบนเปลือกโลกเป็นอันดับสามรองจากอะลูมิเนียม

เหล็กบริสุทธิ์เป็นโลหะสีเทา มีความแข็งไม่มากนัก

เหล็กกล้าเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนและโลหะอื่นบางชนิดเจือปนเล็กน้อย มีความแข็งแรงและทนต่อการกัดกร่อนมากกว่าเหล็กธรรมดา

เหล็กกล้าไร้สนิม(สแตนเลส) มีเหล็ก โครเมียม นิกเกิล และคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

เหล็กทำปฏิกิริยากับ HCl เจือจางได้ แต่ทนต่อกรด HNO₃ เข้มข้น ซึ่งจะเกิดชั้นบางของ Fe₃O₄ คลุมผิวโลหะเหล็กไว้



ทองแดง

เป็นโลหะสีน้ำตาลแดง

นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีรองจากเงิน

ใช้ทำสายไฟฟ้า เหมิรียญ

โลหะผสมอัลลอยด์ เช่น ทองเหลือง (ทองแดงผสมสังกะสี)

สังกะสี

เป็นโลหะสีขาวเงิน

มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว คือ Zn^{2+} ($3d^{10}$)

ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

นิยมใช้สังกะสีฉาบเหล็กเพื่อป้องกันสนิม (ZnO), ใช้ทำกล่องถ่านไฟฉาย

ZnO มีสีขาวใช้เป็นส่นผสมในสีขาว

เงิน

มีสีขาวแวววาว ค่อนข้างอ่อน

นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุดแต่ไม่นิยมทำเป็นตัวนำไฟฟ้าเพราะราคาแพง

นิยมทำเป็นเครื่องประดับ เพราะไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา

เหรียญกษาปณ์ เงินผสมกับทองแดง

ได้จากการถลุงแร่

ปรอท

เกิดขึ้นในแร่ cinnabar (HgS) ในธรรมชาติมีสีแดง เมื่อเผาแร่ชนิดนี้จะได้ไอของปรอท
หลังจากไอปรอทควบแน่นจะได้โลหะปรอทเป็นของเหลวสีเงิน

เป็นของเหลว มีจุดหลอมเหลว -39°C

นิยมใช้บรรจุในเทอร์โมมิเตอร์

ใช้ผสมกับโลหะอื่น เรียก Amalgam เช่น ซิลเวอร์อมัลกัมใช้เป็นวัสดุอุดฟัน

ซึ่งมี Hg, Ag, Sn และ Cu ผสมกันด้วยอัตราส่วนร้อยละ 50, 35, 13 และ 2 ตามลำดับ

บทบาทของโลหะทรานซิชันในระบบชีวภาพ

Fe ขนส่งและเก็บสะสมออกซิเจน

Fe, Co การแบ่งเซลล์

Fe, Cu การหายใจ

Mn ช่วยในการสังเคราะห์ กรดไขมัน และคอเลสเตอรอล ช่วยในการสร้างเม็ดโลหิตแดง

Cr มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ โดยเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน

Zn ควบคุม pH ในเลือด ช่วยกระตุ้นการสร้าง และการซ่อมแซมหนังกำพืด ช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์คอลลาเจน ช่วยในกระบวนการสร้างเอนไซม์ ระบบภูมิคุ้มกัน

Ni เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ urease และ hydrogenase