

ธาตุ(แนวโน้มของสมบัติธาตุ) และสารประกอบ

วิชาเคมีเพื่อการเกษตร 10303108

อ.ดร.นิรารอน ธรรมชั้นธุ์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Periodic Table of the Elements

1

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

อะตอม(Atom): หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมีได้ เป็นที่ยอมรับว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานเล็ก 3 ชนิด คือ

- อิเล็กตรอน(electron)
- โปรตอน(proton) และ
- นิวตรอน(neutron)

แสดงสัญลักษณ์นิวเคลียร์ดังนี้

Mass Number = $Z + N = A$

Atomic Number = number of protons = Z

N = number of neutrons

เช่น อะตอมคาร์บอน $^{12}_6\text{C}$ ประกอบด้วย

6 โปรตอน (p^+)
6 นิวตรอน (n^0)
6 อิเล็กตรอน (e^-)

2

ปัจจุบันยอมรับกันว่าอะตอมของธาตุทั้งหมด 118 ชนิด แสดงดังตารางธาตุ

<https://www.science.com/podcast/fake-effect-suggests/periodic-table-of-the-elements-form-150>

Published December 10, 2019 at 2:57 PM CST

3

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

โมเลกุล

- โมเลกุล(Molecule): เกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมอย่างน้อย 2 อะตอม (อาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน) มายึดกันด้วยพันธะเคมี มีรูปแบบการจัดเรียงตัวแน่นอน และมีสัดส่วนของการรวมตัวคงที่
- เช่น โมเลกุลอะตอมคู่ H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 และ HCl
- โมเลกุลหลายอะตอม O_3 , H_2O , NH_3 และ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

4

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

ไอออน(Ion): อะตอม หรือกลุ่มของอะตอมที่มีประจุบวกหรือลบ

เช่น Na^+ เกิดจากการสูญเสีย e^-
 Cl^- เกิดจากการรับ e^- เข้ามา

Na : 11 p^+ 11 e^- Cl : 17 p^+ 17 e^- Na^+ : 11 p^+ 10 e^- Cl^- : 17 p^+ 18 e^-

5

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

กลุ่มของอะตอมที่มีประจุบวกหรือลบ เช่น

ไนเตรตไอออน (NO_3^-),
ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-})
ฟอสเฟตไอออน (PO_4^{3-}) และ
แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)

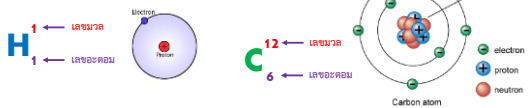
6

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

เลขมวล

เลขมวล (Mass number; A) ผลรวมของจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอน ที่มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม อะตอมโดยทั่วไปมีโปรตอนรวมอยู่กับนิวตรอนในนิวเคลียส

ยกเว้น อะตอมไฮโดรเจนที่ไม่มีนิวตรอน



เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน
= 1 - 1 = 0

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน
= 12 - 6 = 6

7

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม

มวลอะตอม (Atomic mass) บางครั้งเรียก “น้ำหนักอะตอม” ขึ้นอยู่กับจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอนที่มีอยู่ในอะตอม อะตอมมีขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ แต่สามารถวัดมวลได้โดยเทียบกับมวลของอะตอมมาตรฐาน

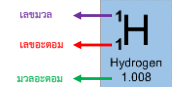


ใช้ ${}^{12}_6\text{C}$ เป็นมาตรฐานโดยกำหนดให้มีมวลอะตอม = 12 amu (atomic mass unit) แล้ววัดค่ามวลของอะตอมชนิดอื่นโดยเทียบกับอะตอม ${}^{12}_6\text{C}$ นี้

เช่น H มีค่ามวลเป็น 8.4% ของ C

ดังนั้น มวลอะตอมของ H = 12×0.084

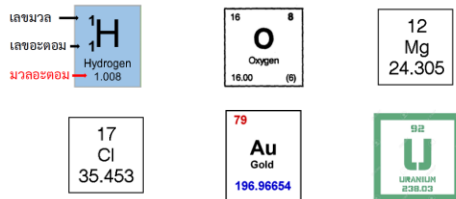
= 1.008 amu



8

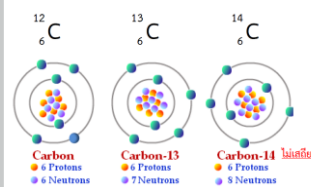
2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม



9

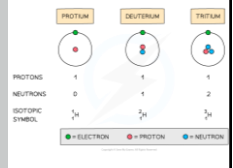
3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์



• ไอโซโทป (isotope) :

ธาตุที่มีเลขอะตอม (atomic number; Z) เหมือนกัน

แต่เลขมวล (mass number; A) ต่างกัน



10

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

- เนื่องจากในธรรมชาติธาตุเกือบทั้งหมดมีไอโซโทป มวลอะตอมของธาตุที่แสดง
- ในตารางธาตุจึงเป็นน้ำหนักเฉลี่ยของไอโซโทปต่างๆ ที่เสถียรของธาตุนั้น
- เช่น มวลอะตอมเฉลี่ยของ C

The average atomic mass on the periodic table represents the average mass of the naturally occurring mixture of isotopes.

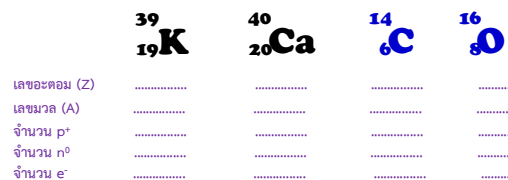
Isotope	Isotopic mass (amu)	Natural abundance (%)
${}^{12}\text{C}$	12.00000	98.93
${}^{13}\text{C}$	13.003355	1.07

Average mass (C) = $(0.9893)(12.00000 \text{ amu}) + (0.0107)(13.003355 \text{ amu})$
= 12.01 amu

11

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

ไอโซโทน (isotone) : ธาตุที่มีผลต่างของเลขมวลกับเลขอะตอมเท่ากันหรือ กล่าวได้ว่า มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน



12

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

ไอโซบาร์ (isobar) : ธาตุที่มีเลขมวลเท่ากันแต่เลขอะตอมต่างกัน หรือกล่าวได้ว่า มีผลรวมของโปรตอนกับนิวตรอนเท่ากัน



เลขอะตอม (Z)	.....	.....	.....	.....
เลขมวล (A)	.....	.....	.....	.....
จำนวน p ⁺				
จำนวน n ⁰	.....	.....	.....	.....
จำนวน e ⁻				

13

13

4.

Representative elements ธาตุเรพรีเซนต์

<https://www.seam.com/postcard-table-effect-segments/periodic-table-of-the-elements-turns-150>

Published December 10, 2019 at 2:57 PM CST

14

14

4.1 สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุ

ธาตุหมู่ IA (Alkali)



1. เป็นของแข็งที่อ่อน ใช้นิคมัดได้ นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
2. เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นในคาบเดียวกัน
 - ธาตุหมู่ IA มีความเป็นโลหะมาก
 - ธาตุหมู่ IA มีขนาดอะตอมใหญ่ที่สุด
 - ธาตุหมู่ IA มีค่า IE₁ และ EN ต่ำที่สุด
 - ธาตุหมู่ IA เป็นโลหะที่เสียอิเล็กตรอนได้ง่ายที่สุด

15

15

สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IA (ต่อ)

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

ทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศ ให้ H₂ และความร้อนจำนวนมาก → จึงต้องเก็บไว้ในน้ำมัน

<https://www.youtube.com/watch?v=FPTcp8WcyHc&t=233s>

ธาตุหมู่ IA อยู่ในรูปของสารประกอบมากมาย

เช่น LiCl, NaCl, KCl, NaNO₃, KNO₃, Na₂SO₄, NaHCO₃

สารประกอบของธาตุหมู่ IA ในธรรมชาติที่พบบ่อยที่สุด คือ สารประกอบของโซเดียม (NaCl)

16

16

สมบัติบางประการของสารประกอบของธาตุหมู่ IA

1. เมื่อหลอมเหลว หรือละลายน้ำ จะสามารถนำไฟฟ้าได้
 2. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
 3. ละลายน้ำได้ดี เช่น
 - สารประกอบคาร์บอเนต (CO₃²⁻) เช่น Na₂CO₃, K₂CO₃
 - สารประกอบซัลเฟต (SO₄²⁻) เช่น K₂SO₄, Na₂SO₄
 - สารประกอบคลอไรด์ (Cl⁻) เช่น LiCl, NaCl
- ยกเว้น สารประกอบคาร์บอเนต และฟอสเฟต ของ Li จะละลายน้ำได้น้อย
- > Li₂CO₃, Li₃PO₄

17

17

4. สารประกอบของธาตุหมู่ IA ต่อไปนี้ เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส

สารประกอบซัลไฟด์ เช่น Na₂S

สารประกอบออกไซด์ เช่น NaO

สารประกอบไฮดรอกไซด์ เช่น NaH, LiH

18

18

ประโยชน์ของธาตุหมู่ IA

1. Cs (ซีเซียม) ใช้ทำโฟโตเซลล์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพราะ Cs สามารถเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าโลหะหมู่ IA ตัวอื่นๆ เช่น ที่ใช้ในเครื่องวัดความเข้มแสงในกล้องถ่ายรูป
2. โซ Na (โซเดียม) และ K (โพแทสเซียม) ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
3. โซ Na บรรจุในท่อโฟลีโอทิลีน สำหรับใช้แทนสายเคเบิลใยแก้วนำแสงหรือท่อแสง เพราะเบากว่า ถูกกว่า และมีประสิทธิภาพดีกว่า
4. Li และ Na ใช้ในการเตรียมสารอินทรีย์หลายชนิด
เช่น เคระเทอเลด เตรียมจากเอทิลคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับโลหะผสมระหว่างโซเดียมกับตะกั่ว
5. Na ใช้การเตรียมโซเดียมเปอร์ออกไซด์ ซึ่งใช้ทำสารฟอกสี

19

19

ธาตุหมู่ IIA (Alkali Earth)

Be (เบริลเลียม)
Mg (แมกนีเซียม)
Ca (แคลเซียม)
Sr (สตรอนเชียม)
Ba (แบเรียม)
Ra (เรเดียม)



สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IIA

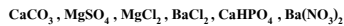
1. เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุหมู่ IA จึงมีความแข็งแรงกว่า
2. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แต่น้อยกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
3. มีค่า IE₁ และ EN ต่ำ แต่สูงกว่าธาตุหมู่ IA
4. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน เพราะมีพันธะโลหะที่แข็งแรงกว่า
5. เสียอิเล็กตรอนได้ง่าย (ตัวรีดิวซ์ที่ดี) แต่ไม่ติดไฟกับธาตุหมู่ IA ในคาบเดียวกัน
6. ธาตุนี้สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ และสารอื่นได้หลายชนิด เนื่องจากเป็นธาตุที่ว่องไว และความว่องไวเพิ่มขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น

20

20

เนื่องจากธาตุหมู่ IIA เป็นธาตุที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา สามารถรวมตัวกับออกซิเจนเกิดสารประกอบได้หลายชนิดในธรรมชาติ จึงมักพบในรูปของสารประกอบ

* สารประกอบของธาตุหมู่ IIA จะเป็นสารประกอบไอออนิกซึ่งธาตุหมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2



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

* มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

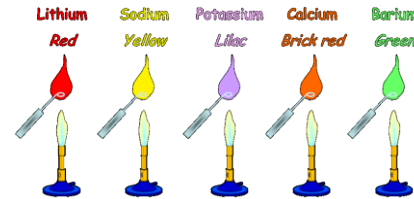
* เมื่อหลอมเหลว หรือเป็นสารละลายจะสามารถนำไฟฟ้าได้

21

21

การตรวจดูเปลวไฟ (Flame Test)

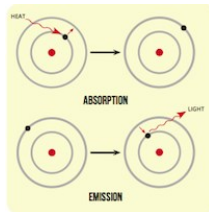
เป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อระบุไอออนของโลหะที่อยู่ในสารประกอบ โดยการใช้ไฟเผาสาร สารประกอบที่มีไอออนของโลหะเหมือนกันจะให้เปลวไฟที่มีเหมือนกัน สารประกอบที่มีไอออนของโลหะต่างกันจะให้เปลวไฟที่ต่างกัน (สีของเปลวไฟไม่จำเป็นต้องเหมือนกับสีของผลึก)



22

22

สีของเปลวไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร



เมื่ออะตอมที่ได้รับพลังงานเช่น จากการเผาหรือจากกระแสไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้นจึงเปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานที่ต่ำกว่าระดับพลังงานเดิมทำให้อะตอมไม่เสถียร

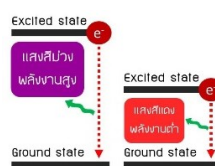
จากนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อรักษาความเสถียรของอะตอมและกลับมายู่ในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าเดิม

พลังงานที่คายออกมานั้นจะอยู่ในรูปพลังงานแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยคลื่นแสงที่มีความเข้มสูงสุดและสั้นจะปรากฏออกมาในรูปของสีของเปลวไฟที่เราได้เห็นกัน

23

23

ทำไมเปลวไฟที่ได้จึงมีสีที่แตกต่างกัน



เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีระยะห่างระหว่างชั้นพลังงานไม่เท่ากัน จึงทำให้ไอออนของโลหะคายพลังงานออกมาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลให้เกิดสีเปลวไฟที่ต่างกันด้วย



24

24

ประโยชน์ของธาตุหมู่ IIA

- Mg ใช้ทำสัลดไฟแฟลต่ายรูป
- Be + Cu ใช้ทำส่วนประกอบของเรือเดินทะเล
- CaSO_4 ใช้ในอุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์
- $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีแดง
- $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ใช้ทำพลุ ดอกไม้เพลิงสีเขียว
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ใช้เป็นส่วนผสมในยาสัฟัน และใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร

25

25

ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)

ธาตุกึ่งโลหะ คือ ธาตุที่มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะ และมีสมบัติบางประการคล้ายอโลหะ ได้แก่

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

26

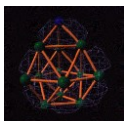
26

ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)



B (Boron)

- มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะ และไม่นำไฟฟ้า
- มีโครงสร้างแบบโครงผลึกอย่างง่ายที่แข็งแรงมาก มีรูปผลึกหลายรูป



27

27

Si (Silicon)

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

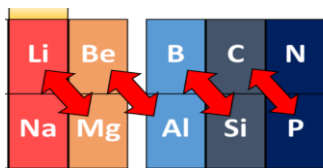
Ge (Germanium) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ เป็นธาตุกึ่งตัวนำ ใช้ทำส่วนประกอบของอิเล็กทรอนิกส์

As (Arsenic) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่เปราะ

28

28

ความสัมพันธ์แบบทะแยงมุม
A diagonal relationship



29

29

ธาตุหมู่ IIIA



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

30

30

ธาตุหมู่ IVA				
				
Carbon	Silicon	Germanium	Tin	Lead
อโลหะ	กึ่งโลหะ	กึ่งโลหะ	โลหะ	โลหะ
(-4)- (+4)	+4	+2, +4	+2, +4	+2, +4
ออกไซด์เป็น กรด	กรดและเบส	กรดและเบส	กรดและเบส	เบส

31

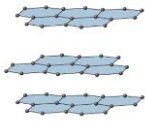
Carbon

ในธรรมชาติคาร์บอนอยู่ในรูป เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอรีน (fullerene)



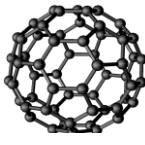
(a) Diamond

โครงสร้างทรงสี่หน้า (tetrahedron) ยึดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ได้เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่
 sp^3 hybridization
มีความแข็งแรง จนทนไฟที่ไม่ไหม้



(b) Graphite

จัดตัวเป็นระนาบที่เชื่อมเรียงตัวในระนาบเดียวกัน แต่ระยะห่างยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์
 sp^2 hybridization
นำไฟฟ้าได้ ดีเยี่ยมและแข็งแรง



(c) Fullerene

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

32

ธาตุหมู่ VA

ธาตุในกลุ่มนี้มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่ต่างกันเนื่องจาก

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

สารประกอบที่สำคัญ

NH_3 มีฤทธิ์เป็นเบส เป็นแก๊สที่มีกลิ่น เปรี้ยวได้จาก Haber process

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

33

ธาตุหมู่ VIA (Chalcogen)

8
O

16
S

34
Se

52
Te

84
Po

อโลหะ มีมากที่สุดที่สุดในธรรมชาติ diatomic molecule

อโลหะ ในธรรมชาติมักพบในรูปธาตุอิสระ หรือในรูป S_2 , H_2S หรือ แร่pyrite(FeS_2)

กึ่งโลหะ } เป็นธาตุที่หายาก สมบัติทางเคมีคล้ายคลึงซัลเฟอร์

กึ่งโลหะ }

กัมมันตรังสีที่หายาก

34

ธาตุหมู่ VIIA (Halogen)

F (ฟลูออรีน)
Cl (คลอรีน)
Br (โบรมีน)
I (ไอโอดีน)
At (แอสทาทีน)

1. ธาตุในกลุ่มนี้มีทั้ง 3 สถานะ

ก๊าซ




ของเหลว



ของแข็ง




35

2. ธาตุแฮโลเจนทุกชนิดเป็นพิษ

F_2 เป็นแก๊สพิษอย่างแรง, Cl_2 เป็นแก๊สพิษมีกลิ่นฉุนจัด

3. ธาตุทุกตัวเป็นอโลหะ ไม่นำไฟฟ้าทุกสถานะ

4. โมเลกุลของธาตุแฮโลเจนประกอบด้วย 2 อะตอม (diatomic molecule)

$$F_2 \quad Cl_2 \quad Br_2 \quad I_2$$

5. มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของธาตุแฮโลเจนเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

36

6. IE, EN สูง และมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับธาตุในคาบเดียวกัน

แรงแวนเดอร์วาลส์ เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้วกับไม่มีขั้ว แรงแม่เหล็กน้อย แต่จะมากขึ้นเมื่อสารมีมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น

7. ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น

คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) , เฮกเซน (C_6H_{14}) , เบนซีน (C_6H_6)

8. ในสารประกอบส่วนใหญ่ธาตุแฮโลเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

9. ในหมู่เดียวกันความว่องไวในการทำปฏิกิริยาลดลงจากบนลงล่าง

37

37

สารประกอบของธาตุหมู่ VIIA

1. สามารถเกิดได้ทั้งสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์

สารประกอบไอออนิก

KBr

MgCl_2

CaF_2

สารประกอบโคเวเลนต์

PCl_5

HCl

HBr

2. ธาตุหมู่ VIIA เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

3. สารประกอบออกไซด์และสารประกอบซัลไฟด์ของธาตุหมู่ VIIA เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นกรด เช่น Cl_2O Br_2O

38

38

ประโยชน์ของธาตุหมู่ VIIA

- ฟลูออรีนใช้เตรียมสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น ฟรีออน ใช้ในเครื่องทำความเย็น , เทฟลอน ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$) เคลือบภาชนะหุงต้ม
- คลอรีนใช้ในการเตรียมสารต่าง ๆ เช่น

ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำ และในน้ำประปา

NaOCl ใช้ในการฟอกสีกระดาษให้ขาว

NaClO_3 ใช้เป็นยากำจัดวัชพืช

- โบรมีนใช้เตรียมสารประกอบอินทรีย์ไดโบรมีด์ เติมในน้ำมันเพื่อหยุดการสะสมตะกั่วในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้ทำสีย้อมผ้า พิษร้ายต่อสุขภาพ (AgBr)
- ไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก

ทิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีนละลายในเอทานอล) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค

39

39

ธาตุหมู่ VIIA 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,

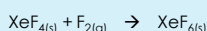
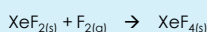
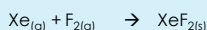
สารหล่อเย็น

40

40

Xe สามารถทำปฏิกิริยากับฟลูออรีนได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 °C (เนื่องจากค่าไอออไนเซชัน

ใกล้เคียงกับ ออกซิเจน)



41

41

ประโยชน์ของก๊าซเฉื่อย

- อาร์กอน ใช้บรรจุในหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้แทนอากาศ
- คริปทอนใช้ในหลอดไฟแฟลช , ใช้ในเลเซอร์บางชนิด และใช้ในหลอดสตรอโบสโคป
- เรดอน ใช้รักษาโรคมะเร็ง
- ใช้บรรจุในหลอดนีออน
- He ให้แสงสีชมพู Ne ให้แสงสีแดงส้ม
- Ar ให้แสงสีม่วง Xe ให้แสงสีน้ำเงิน

42

42

5. โลหะทรานซิชัน Transition metals

<https://www.ck12.org/podcast/fake-effect-segments/periodic-table-of-the-elements-turns-150/>

Published December 10, 2019 at 2:57 PM CST

43

สมบัติของธาตุทรานซิชัน

1. เป็นโลหะ มีความแข็ง แกร่ง 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
6. ยกเว้นหมู่ IIB และ IIB มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +3 ตามลำดับ
7. ไอออนและสารประกอบของธาตุทรานซิชันมีสี
8. ขนาดอะตอมในคาบเดียวกันจะเล็กกว่าธาตุไอโซอิเล็กตรอน และขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุหมู่ IA และ IIA ในคาบเดียวกัน
9. IE₁ และ EN ต่ำ แต่สูงกว่าธาตุหมู่ IA และหมู่ IIA ในคาบเดียวกัน

44

แผนภาพออร์บิทัลและโครงสร้างอิเล็กตรอนแบบย่อของธาตุทรานซิชันอนุกรมที่ 1

Orbital Occupancy of the Period 4 Transition Metals				
Element	Partial Orbital Diagram	4s	3d	4p
Sc		↑↓	↑	
Ti		↑↓	↑↑	
V		↑↓	↑↑↑	
Cr		↑	↑↑↑↑↑	
Mn		↑↓	↑↑↑↑↑	
Fe		↑↓	↑↑↑↑↑↑	
Co		↑↓	↑↑↑↑↑↑↑	
Ni		↑↓	↑↑↑↑↑↑↑↑	
Cu		↑	↑↑↑↑↑↑↑↑↑	
Zn		↑↓	↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑	

45

Martin S. Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change, 4th Edition, Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Horizontal Trends in Period 4 Elements

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

A Atomic radius (pm)

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

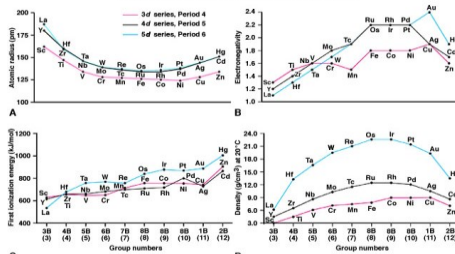
B Electronegativity

K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
419	590	631	658	650	653	717	759	758	757	745	906	579	761	847	941	1143	1351

C First ionization energy (kJ/mol)

46

Vertical Trends within the Transition Elements



47

สารประกอบโคออร์ดิเนชัน

1. ธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จึงทำให้ธาตุทรานซิชันสามารถเกิดสารประกอบได้มากมายหลายชนิด

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

2. สารประกอบและไอออนของธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่จะมีสีต่างๆกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของธาตุทรานซิชัน
- เลขออกซิเดชัน
- ชนิดและจำนวนของสารที่รวมตัวกับธาตุทรานซิชัน

สีที่เห็นนั้นเกิดมาจากอิเล็กตรอนของธาตุทรานซิชันสามารถดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้

48

Complimentary color wheel

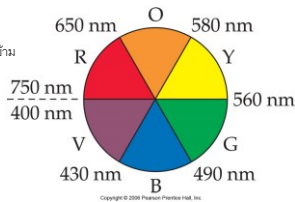
ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงทุกความยาวคลื่น สารนั้นจะมีสีดำ

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีแดง สีที่มองเห็นจะเป็นสีที่อยู่ตรงกันข้าม

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีม่วง สีที่มองเห็นจะเป็นสีเขียว-เหลือง

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีส้ม สีที่มองเห็นจะเป็นน้ำเงิน

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีแดง สีที่มองเห็นจะเป็นเขียว



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

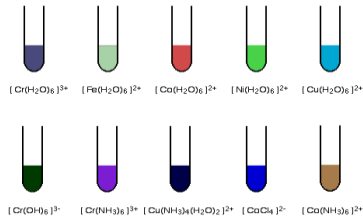
49

ไอออน	ชื่อไอออน	เลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน	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

50

โลหะไอออนต่างกัน
สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน



51

51

สารประกอบโคออร์ดิเนชันประกอบด้วย complex ion และ counter ions เช่น $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$

Complex ion: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}$

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 ที่ให้อิเล็กตรอน (Lewis base) กับไอออนโลหะอะตอมกลาง ซึ่งยึดกันด้วยพันธะ Coordinate covalent



Lewis acid

Lewis base

Coordinate covalent bond

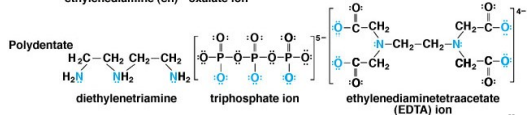
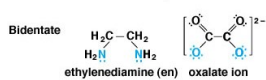
52

52

Ligand

ลิแกนด์อาจเป็นโมเลกุลหรือไอออนประจุลบ ซึ่งมีอะตอมอย่างน้อยหนึ่งอะตอมที่มีคู่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว อาจมีหนึ่งคู่อิเล็กตรอนมากกว่าหนึ่งคู่อิเล็กตรอนก็ได้

Unidentate H_2O water F^- fluoride ion $\text{C}\equiv\text{N}^-$ cyanide ion $[\text{O}-\text{H}]^-$ hydroxide ion
 NH_3 ammonia Cl^- chloride ion $[\text{S}=\text{C}=\text{N}]^-$ thiocyanate ion $[\text{O}-\text{N}=\text{O}]^-$ nitrite ion



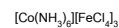
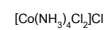
53

53

การเขียนสูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Writing formulas for coordination compounds)

- ให้เขียนไอออนบวกก่อนไอออนลบเสมอ
- ประจุรวมของสารประกอบโคออร์ดิเนชันจะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์
- ใส่วงเล็บสี่เหลี่ยม [] ให้กับสารประกอบเชิงซ้อนเพื่อเน้นว่าลิแกนด์สร้างพันธะกับไอออนโลหะ นิยมเขียนไอออนโลหะก่อนแล้วจึงเขียนลิแกนด์ที่เป็นกลางและลิแกนด์ประจุลบตามลำดับ

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



54

54

การอ่านชื่อของสารเชิงซ้อน (Nomenclature for coordination complex)

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

1. อ่านชื่อไอออนบวกก่อนไอออนลบ
2. นำไอออนเชิงซ้อนไปเรียกชื่อลิแกนด์ก่อน แล้วตามด้วยชื่อของไอออนโลหะ
 - กรณีที่ลิแกนด์มากกว่าหนึ่งชนิด ให้เรียกชื่อลิแกนด์เรียงตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ (ไม่ต้องคำนึงว่าลิแกนด์มีประจุหรือไม่)
3. การอ่านชื่อลิแกนด์
 - ลิแกนด์ที่เป็นกลางหรือเป็นโมเลกุล เรียกชื่อเหมือนชื่อของโมเลกุลนั้นๆ ตามปกติ ยกเว้น H_2O – Aquo, NH_3 – Ammine
 - ลิแกนด์ที่มีประจุลบ อ่านชื่อลงท้ายด้วย "-o" หรือ "-โอ" เสมอ เช่น ไอออนประจุน้อยลงท้ายด้วย "-ide" ให้เปลี่ยนเป็น "-o" ไอออนประจุน้อยลงท้ายด้วย "-ate" หรือ "-เอ" ให้เปลี่ยนเป็น "-o" ยกเว้น NO_2^- เมื่อใช้ N เป็นไดเนอรัคคอม ให้อ่านว่า nitro

55

55

4. ระบุจำนวนกลุ่มลิแกนด์ที่เข้ากัน ให้ใช้คำนำหน้าชื่อลิแกนด์ ดังนี้

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

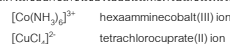
กรณีที่ลิแกนด์มีคำที่เหมือนกันกับคำที่ใช้ระบุจำนวนลิแกนด์อยู่ด้วย เช่น ethylenediamine หรือลิแกนด์เป็นชนิดโพลิเดนตจะใช้คำอื่นระบุจำนวนแทนดังนี้

จำนวนลิแกนด์	คำนำหน้า
2	bis
3	tris
4	tetrakis

5. การอ่านชื่อไอออนโลหะจะต่อกลาง มีหลักเกณฑ์ดังนี้

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

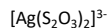
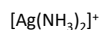
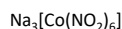
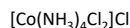
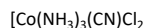
6. ให้แสดงเลขออกซิเดชันของไอออนโลหะด้วยเลขโรมันในวงเล็บ () ตามหลังชื่อโลหะทุกครั้ง เช่น



56

56

ตัวอย่าง



57

57

เลขโคออร์ดิเนชันและโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อน

เลขโคออร์ดิเนชัน หมายถึง จำนวนไดเนอรัคคอมของลิแกนด์ที่สร้างพันธะโดยตรงกับไอออนโลหะจะต่อกลาง เช่น



58

58

โครงสร้างของสารเชิงซ้อน

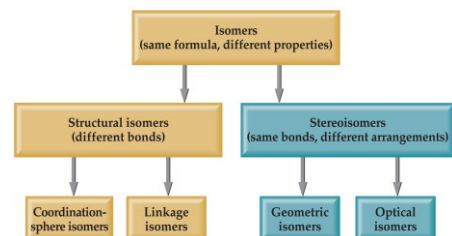
รูปทรงทางเรขาคณิต (geometry) ของไอออนเชิงซ้อนขึ้นอยู่กับเลขโคออร์ดิเนชันและธรรมชาติของไอออนโลหะในสารเชิงซ้อนนั้นๆ

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	$[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{V}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2]^+$, $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, $[\text{FeCl}_4]^{3-}$, $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

59

59

ไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อน

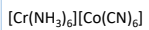


60

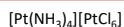
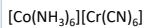
60

1. ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้าง (Structural isomers) มีสูตรเหมือนกันแต่โครงสร้างมีการเกาะเกี่ยวกันของอะตอมต่างกัน

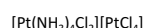
1.1 Coordination Isomers เกิดขึ้นในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีไอออนเชิงซ้อนประจุบวกและไอออนเชิงซ้อนประจุลบเป็นองค์ประกอบ เช่น



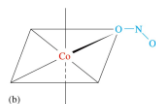
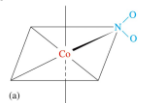
เป็นไอโซเมอร์กับ



เป็นไอโซเมอร์กับ



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

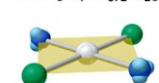
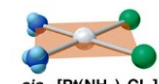


61

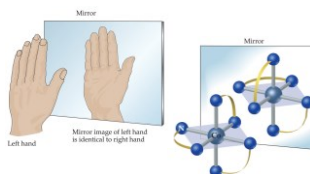
61

2. สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers) สารประกอบเชิงซ้อนสองชนิดมีองค์ประกอบเหมือนกันแต่การจัดเรียงตัวของอะตอมหรือหมู่ของอะตอมที่เกาะอยู่กับไอออนโลหะอะตอมกลางมีทิศทางต่างกัน

2.1 Geometrical Isomers บางครั้งเรียก cis-trans isomers หรือ diastereomers



2.2 Optical Isomers หรือ enantiomers เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสารมีโครงสร้างในลักษณะที่เป็นภาพกระจกเงา (mirror image) ซึ่งกันและกันโดยที่โครงสร้างหนึ่งไม่สามารถซ้อนทับกับอีกโครงสร้างหนึ่งได้อย่างสนิท



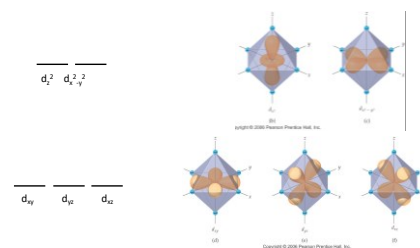
62

Magnetic Properties

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

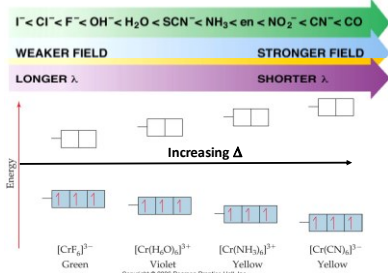
63

Splitting of d orbitals in an octahedral ligand field



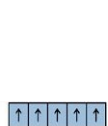
64

The Spectrochemical series

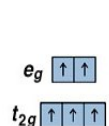


65

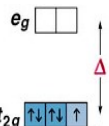
No field
Maximum numbers of unpaired electrons



Weak field ligand
High-spin complex
 $E_{\text{pairing}} > \Delta$



Strong field ligand
Low-spin complex
 $E_{\text{pairing}} < \Delta$



66

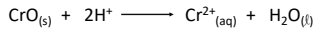
โลหะทรานซิชันบางชนิดที่มีจุดเด่น

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

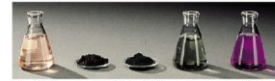


67

67

แมงกานีส

ใช้ผสมในโลหะอัลลอยด์ของเหล็ก ในปริมาณเล็กน้อย (<1%) จะทำให้มันแข็งขึ้นและทำการเชื่อมโลหะได้ง่ายขึ้น
ถ้ำผสมในเหล็กมากขึ้น (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	d⁵	d⁴	d³	d¹	d⁰
Oxide acidity	BASIC				ACIDIC

*Most common states in boldface.

68

68

เหล็ก

พบมากบนเปลือกโลกเป็นอันดับสามรองจากอะลูมิเนียม

เหล็กบริสุทธิ์เป็นโลหะสีเทา มีความแข็งแรงไม่มากนัก

เหล็กกล้าเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนและโลหะอื่นบางชนิดเจือปนเล็กน้อย มีความแข็งแรงและทนต่อการกัดกร่อนมากกว่าเหล็กธรรมดา

เหล็กกล้าไร้สนิม(สเตนเลส) มีเหล็ก โครเมียม นิกเกิล และคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

เหล็กทำปฏิกิริยากับ HCl เจือจางได้ แต่ทนต่อการกัดกรอด HNO_3 เข้มข้น ซึ่งจะเกิดชั้นบางของ Fe_3O_4 คอกุมผิวโลหะเหล็กไว้



69

69

ทองแดง

เป็นโลหะสีน้ำตาลแดง

นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีรองจากเงิน

ใช้ทำสายไฟฟ้า เบริญญ

โลหะผสมอัลลอยด์ เช่น ทองเหลือง (ทองแดงผสมสังกะสี)

สังกะสี

เป็นโลหะสีขาวเงิน

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

ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

นิยมใช้สังกะสีงานเหล็กเพื่อป้องกันสนิม (ZnO), ใช้ทำกัลวานีเซลล์ไฟฟ้า
 ZnO มีสีขาวใช้เป็นส่วนผสมในสีขาว

70

70

เงิน

มีสีขาวแวววาว ค่อนข้างอ่อน

นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุดแต่ไม่นิยมนำไปทำเพราะราคาแพง

นิยมนำเป็นเครื่องประดับ เพราะไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา

เหรียญกษาปณ์เงินผสมกับทองแดง

ได้จากถ่านถลุงแร่

ปรอท

เกิดขึ้นในแร่ cinnabar (HgS) ในธรรมชาติมีสีแดง เมื่อเผาแร่ชนิดนี้จะได้ไอของปรอท

หลังจากไอปรอทควบแน่นจะได้โลหะปรอทเป็นของเหลวสีเงิน

เป็นของเหลว มีจุดหลอมเหลว -39°C

นิยมใช้บรรจุในเทอร์โมมิเตอร์

ใช้ผสมกับโลหะอื่น เรียกว่า Amalgam เช่น ซิลเวอร์ฟันโลกัมใช้เป็นวัสดุอุดฟัน

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

71

71

บทบาทของโลหะทรานซิชันในระบบชีวภาพ

Fe ขนส่งและเก็บสะสมออกซิเจน

Fe, Co การแบ่งเซลล์

Fe, Cu การหายใจ

Mn ช่วยในการสังเคราะห์ กรดไขมัน และคอเลสเตอรอล ช่วยในการสร้างเม็ดโลหิตแดง

Cr มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ โดยเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน

Zn ควบคุม pH ในเลือด ช่วยกระตุ้นการสร้าง และการซ่อมแซมผนังลำไส้ ช่วยกระตุ้น

การสังเคราะห์คอลลาเจน ช่วยในกระบวนการสร้างเอนไซม์ ระบบภูมิคุ้มกัน

Ni เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ urease และ hydrogenase

72

72