

โครงการเตรียมความพร้อมทางวิชาการ
สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1
คณะวิทยาศาสตร์
ประจำปีการศึกษา 2566

เคมี

- * ธาตุและสารประกอบ
- * พันธะเคมี
- * ปริมาณสารสัมพันธ์

อ.ดร.นิรวรรณ ธรรมพันธุ์

1

ธาตุและ
สารประกอบ

ธาตุฟิสิกส์เคมี
แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ
สารประกอบของธาตุ
ธาตุทรานซิชัน

2

ปัจจุบันยอมรับ
กันว่ามีอะตอม
ของธาตุทั้งหมด
118 ชนิด แสดง
ดังตารางธาตุ

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

3

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

• อะตอม(Atom):
• หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมีได้ เป็นที่ยอมรับว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก 3 ชนิด คือ

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

แสดงสัญลักษณ์นิวเคลียร์ดังนี้

chemical symbol for the element

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^-)

4

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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

5

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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

6

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-

7

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

กลุ่มของอะตอมที่มีประจุบวกหรือลบ เช่น

- ซัลเฟตไดออน (SO_4^{2-})
- ฟอสเฟตไดออน (PO_4^{3-})
- ไนเตรตไดออน (NO_3^-)
- แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)

Ammonium ion
 NH_4^+
 $5 + 1(4) - 1 = 8$

NO₃⁻
Molecular Geometry

SO₄²⁻
Molecular Geometry

8

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

เลขมวล

เลขมวล (Mass number; A) ผลรวมของจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอน ที่มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม
อะตอมโดยทั่วไปมีโปรตอนรวมอยู่กันิวตรอนในนิวเคลียส
ยกเว้น อะตอมไฮโดรเจนที่ไม่มีนิวตรอน

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน
 $= 1 - 1 = 0$

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน
 $= 12 - 6 = 6$

9

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม

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

ใช้ $^{12}_6\text{C}$ เป็นมาตรฐานโดยกำหนดให้มวลอะตอม = 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

เลขมวล ^1_1H
เลขอะตอม
มวลอะตอม 1.008

10

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม

เลขมวล เลขอะตอม มวลอะตอม

^1_1H Hydrogen 1.008

$^{16}_8\text{O}$ Oxygen 16.00 (8)

$^{12}_{10}\text{Mg}$ 24.305

$^{17}_{17}\text{Cl}$ 35.453

$^{79}_{79}\text{Au}$ Gold 196.96654

$^{238}_{92}\text{U}$ URANIUM 238.03

11

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

• ไอโซโทป (isotope) :
ธาตุที่มีเลขอะตอม (atomic number; Z) เหมือนกัน
แต่เลขมวล (mass number; A) ต่างกัน

$^{12}_6\text{C}$ $^{13}_6\text{C}$ $^{14}_6\text{C}$

Carbon 6 Protons 6 Neutrons
Carbon-13 6 Protons 7 Neutrons
Carbon-14 6 Protons 8 Neutrons *ไม่เสถียร*

PROTIUM **DEUTERIUM** **TRITIUM**

PROTONS 1 1 1
NEUTRONS 0 1 2
ISOTOPIC SYMBOL ^1_1H ^2_1H ^3_1H

● = ELECTRON ● = PROTON ● = NEUTRON

12

4. สารประกอบของธาตุหมู่ IA คอปเปอร์ เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส

สารประกอบซัลไฟด์ เช่น Na_2S

สารประกอบออกไซด์ เช่น NaO

สารประกอบไฮดรอกไซด์ เช่น NaH LiH

19

19

ประโยชน์ของธาตุหมู่ IA

1. Cs (ซีเซียม) ใช้ทำโฟโตเซลล์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพราะ Cs สามารถเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าโลหะหมู่ IA ตัวอื่นๆ เช่น ที่ใช้ในเครื่องวัดความเข้มแสงในกล้องถ่ายรูป

2. ใช้ Na (โซเดียม) และ K (โพแทสเซียม) ทำหน้าที่ถ่ายความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

3. ใช้ Na บรรจุในท่อโฟลิวอิทรีน สำหรับใช้แทนสายเคเบิลอะลูมิเนียมหรือทองแดง เพราะเบากว่า ถูกกว่า และมีประสิทธิภาพดีกว่า

4. Li และ Na ใช้ในการเตรียมสารอินทรีย์หลายชนิด

เช่น เคตระเอทิลเลด เตรียมจากเอทิลคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับโลหะผสมระหว่างโซเดียมกับตะกั่ว

5. Na ใช้ในการเตรียมโซเดียมเปอร์ออกไซด์ ซึ่งใช้ทำสารฟอกสี

20

20

ธาตุหมู่ IIA (Alkali Earth)

Be (เบริลเลียม)

Mg (แมกนีเซียม)

Ca (แคลเซียม)

Sr (สตรอนเชียม)

Ba (แบเรียม)

Ra (เรเดียม)

สมบัติที่สำคัญของธาตุหมู่ IIA

1. เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุหมู่ IA จึงมีความแข็งแรงมากกว่า

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

21

21

เนื่องจากธาตุหมู่ IIA เป็นธาตุที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา สามารถรวมตัวกับโลหะเกิดสารประกอบได้หลายชนิดในธรรมชาติ จึงมักพบในรูปของสารประกอบ

* สารประกอบของธาตุหมู่ IIA จะเป็นสารประกอบไอออนิกจึงธาตุหมู่ IIA มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2

$\text{CaCO}_3, \text{MgSO}_4, \text{MgCl}_2, \text{BaCl}_2, \text{CaHPO}_4, \text{Ba(NO}_3)_2$

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

* มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

* เมื่อหลอมเหลว หรือเป็นสารละลายจะสามารถนำไฟฟ้าได้

22

22

การตรวจดูเปลวไฟ (Flame Test)

เป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อระบุไอออนของโลหะที่อยู่ในสารประกอบ โดยการใส่ไฟฟอสเฟต สารประกอบที่มีไอออนของโลหะเหมือนกันจะให้สีเปลวไฟที่เหมือนกัน สารประกอบที่มีไอออนของโลหะต่างกันจะให้สีเปลวไฟที่ต่างกัน (สีของเปลวไฟไม่จำเป็นต้องเหมือนกับสีของเหล็ก)

Lithium

Red

Sodium

Yellow

Potassium

Lilac

Calcium

Brick red

Barium

Green

23

23

สีของเปลวไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร

HEAT

ABSORPTION

EMISSION

เมื่ออะตอมที่ได้รับพลังงานชน จากการเผาหรือจากกระแสไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้นจึงเปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานที่ต่ำกว่าระดับพลังงานเดิมทำให้เปลวไฟมีสี

จากนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อรักษากความเสถียรของอะตอมและกลับมากอยู่ในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าเดิม

พลังงานที่คายออกมานั้นจะอยู่ในรูปพลังงานแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยคลื่นแสงที่มีความถี่สูงที่สุดแสงนั้นเองจะปรากฏออกมาในรูปของสีของเปลวไฟที่เราได้เห็นกัน

24

24

ทำในเปลวไฟได้จึงมีสีที่แตกต่างกัน

Excited state
Ground state

แสงสีม่วง
พลังงานสูง

แสงสีแดง
พลังงานต่ำ

เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีระดับพลังงานต่างกัน จึงทำให้ไอออนของโลหะคายพลังงานออกมาในปริมาณที่ต่างกันส่งผลให้เกิดเปลวไฟที่ต่างกันด้วย

25

ประโยชน์ของธาตุหมู่ IIA

- Mg ใช้ทำได้อัลลอยไฟฟลายด์
- Be + Cu ใช้ทำส่วนประกอบของเรือดำน้ำ
- CaSO_4 ใช้ในอุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์
- $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ใช้ทำไฟ, ดอกไม้เพลิงสีแดง
- $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ใช้ทำไฟ, ดอกไม้เพลิงสีเขียว
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ใช้เป็นส่วนผสมในยาต้าน และใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหาร

26

ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloids)

ธาตุกึ่งโลหะ คือ ธาตุที่มีสมบัติบางประการคล้ายโลหะ และมีสมบัติบางประการคล้ายอโลหะ

B (Boron)

- มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะ และไม่นำไฟฟ้า
- มีโครงสร้างแบบโครงผลึกวงตาข่ายที่แข็งแรงมาก มีรูปผลึกหลายรูป

27

Si (Silicon)

- เป็นผลึกสีเทาเงิน มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ
- เป็นสารกึ่งตัวนำ
- อะตอมของ Si ยึดต่อกันในรูปโครงผลึก 4 ด้าน
- ใช้ทำแผงวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์

Ge (Germanium) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงเหมือนโลหะ แต่เปราะเหมือนอโลหะ เป็นธาตุกึ่งตัวนำ ใช้ทำส่วนประกอบของอิเล็กทรอนิกส์

As (Arsenic) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่เปราะ

28

ความสัมพันธ์แบบทะแยงมุม
A diagonal relationship

Li Be B C N
Na Mg Al Si P

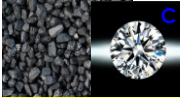
29

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

30

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

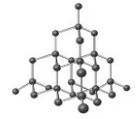
เบส

31

31

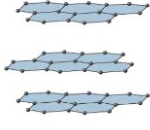
Carbon

ในธรรมชาติคาร์บอนอยู่ในรูป เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอรีน (fullerene)



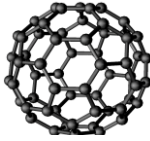
(a) Diamond

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



(b) Graphite

จัดเป็นวงหกเหลี่ยมเรียงตัวในระนาบเดียวกัน แต่จะระนาบยึกยักกันและเว้นคาวาส์
 sp^2 hybridization
นำไฟฟ้าได้ ทำฉนวนกับแสง



(c) Fullerene

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

32

32

ธาตุหมู่ VA

ธาตุในกลุ่มนี้มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่แตกต่างกันเนื่องจาก

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

สารประกอบที่สำคัญ

NH_3 มีฤทธิ์เป็นเบส เป็นแก๊สที่มีกลิ่น เตรียมได้จาก Haber process

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

33

33

ธาตุหมู่ VIA (Chalcogen)

8
O

16
S

34
Se

52
Te

84
Po

อโลหะ มีมากที่สุดธาตุในธรรมชาติ diatomic molecule

อโลหะ ในธรรมชาติมักพบในรูปธาตุอิสระ หรือในรูป S_2 H_2S หรือแร่ pyrite(FeS_2)

กึ่งโลหะ

กึ่งโลหะ

กัมมันตรังสีที่หายาก

เป็นธาตุที่หายาก สมบัติทางเคมีคล้ายคลึงซัลเฟอร์

34

34

ธาตุหมู่ VIIA (Halogen)

1. ธาตุในกลุ่มนี้มีทั้ง 3 สถานะ

ก๊าซ

ของเหลว

ของแข็ง



F



Cl



Br



I



At

35

35

2. ธาตุแฮโลเจนทุกชนิดเป็นพิษ

F_2 เป็นแก๊สพิษอย่างแรง, Cl_2 เป็นแก๊สพิษมีกลิ่นฉุนจัด

3. ธาตุทุกตัวเป็นอโลหะ ไม่นำไฟฟ้าทุกสถานะ

4. โมเลกุลของธาตุแฮโลเจนประกอบด้วย 2 อะตอม (diatomic molecule)

F_2 Cl_2 Br_2 I_2

5. มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของธาตุแฮโลเจนเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

36

36

6

6. IE , EN สูง และมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับธาตุในคาบเดียวกัน

แรงแวนเดอร์วาลส์ เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้วกับไม่มีขั้ว แรงแนี้ค่าน้อย แต่จะมากขึ้นเมื่อสารมีมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น

7. ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งไม่มีขั้ว เช่น

คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl₄) , เฮกเซน (C₆H₁₄) , เบนซีน(C₆H₆)

8. ในสารประกอบส่วนใหญ่ธาตุแฮโลเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

9. ในหมู่เดียวกันความว่องไวในการทำปฏิกิริยาลดลงจากบนลงล่าง

37

37

สารประกอบของธาตุหมู่ VIIA

1. สามารถเกิดได้ทั้งสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์

สารประกอบไอออนิก

KBr

MgCl₂

CaF₂

สารประกอบโคเวเลนต์

PCl₅

HCl

HBr

2. ธาตุหมู่ VIIA เกิดสารประกอบที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

3. สารประกอบออกไซด์และสารประกอบไฮไดรด์ของธาตุหมู่ VIIA เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นกรด เช่น Cl₂O Br₂O

38

38

ประโยชน์ของธาตุหมู่ VIIA

1. ฟลูออรีนใช้เตรียมสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น หรืออน ใช้ในเครื่องทำความเย็น , เทฟลอน (CF₂=CF₂) เคลือบภาชนะหุงต้ม

2. คลอรีนใช้ในการเตรียมสารต่าง ๆ เช่น

ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสระว่ายน้ำ และในน้ำประปา

NaOCl ใช้ในการฟอกสีกระดาษให้ขาว

NaClO₃ ใช้เป็นยากำจัดวัชพืช

3. โบรมีนใช้เตรียมสารประกอบอินทรีย์ในไบโโพรส ดีเมในน้ำมันเพื่อหยุดการสะสมตะกั่วในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้ทำสีย้อมผ้า พิษร้ายยวรูป (AgBr)

4. ไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก

ฟิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีนละลายในเอทานอล) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค

39

39

ธาตุหมู่ VIIA 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



40

40

Xe สามารถทำปฏิกิริยากับฟลูออรีนได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 °C (เนื่องจากค่าไอออไนเซชันใกล้เคียงกับ ออกซิเจน)

$$\text{Xe}_{(g)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow \text{XeF}_{2(s)}$$
$$\text{XeF}_{2(s)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow \text{XeF}_{4(s)}$$
$$\text{XeF}_{4(s)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow \text{XeF}_{6(s)}$$

41

41

ประโยชน์ของก๊าซเฉื่อย

- อาร์กอน ใช้บรรจุในหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้แทนอากาศ

- คริปตอน ใช้ในหลอดไฟแฟลช , ใช้ในหลอดรังสีแคโทด และใช้ในหลอดสตรอนทิอัม

- เรดอน ใช้รักษาโรคมะเร็ง

- ใช้บรรจุในหลอดนีออน

He ให้แสงสีชมพู

Ne ให้แสงสีแสดเข้ม

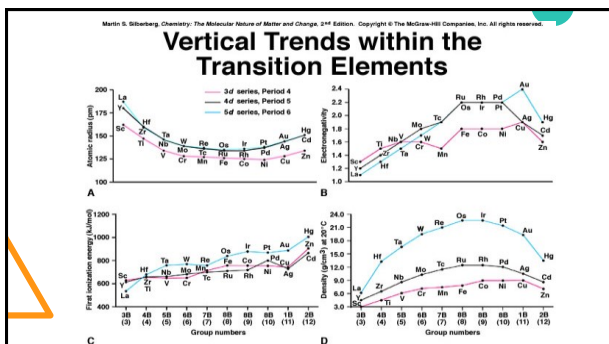
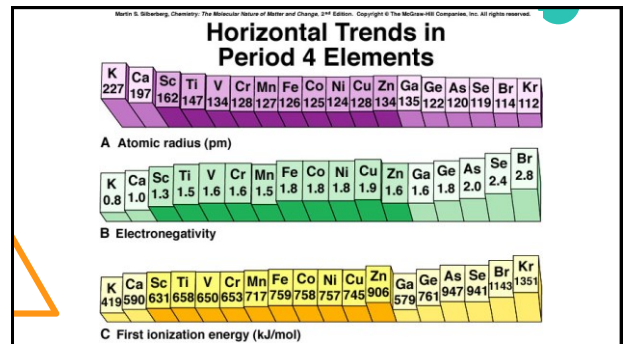
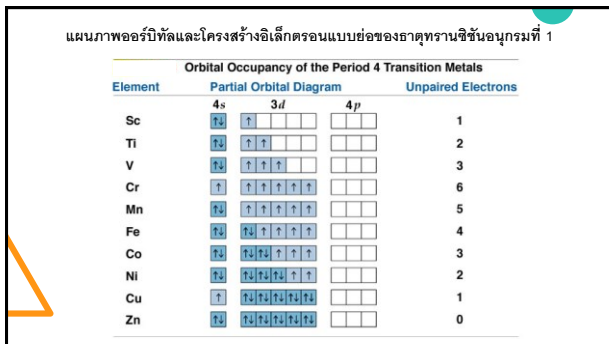
Ar ให้แสงสีม่วง

Xe ให้แสงสีน้ำเงิน

42

42

1. เป็นโลหะ มีวาเลนซ์เชิงบวกสูง สามารถตีป้อนแผ่นได้
2. แข็ง มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และค่าความหนาแน่นสูงกว่าธาตุหมู่ IA และ IIA
3. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
4. มีสมบัติยึดเหนี่ยวทั้งภายในหมู่และภายในคาบเดียวกัน
5. มีผลของกิลด์ซันหลายๆ เช่น Fe มีผลของกิลด์ซัน +2, +3 Cr มีผลของกิลด์ซัน +6, +3, +2 ยกเว้นหมู่ IIB และ IIB มีผลของกิลด์ซัน +2 และ +3 ตามลำดับ
6. ใช้ออกแบบสารประกอบของธาตุทรานซิชันได้ดี
7. ขนาดอะตอมภายในคาบเดียวกันจะเล็กลงจากซ้ายไปขวาเล็กน้อย และขนาดอะตอมเล็กกว่าธาตุหมู่ IA และ IIA ในคาบเดียวกัน



1. ธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่มีของออกซิเจนได้หลายๆ จึงทำให้ธาตุทรานซิชันสามารถเกิดสารประกอบได้มากมายหลายชนิด

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

2. สารประกอบและไอออนของธาตุทรานซิชันส่วนใหญ่จะมีสีต่างๆกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของธาตุทรานซิชัน
- เลขออกซิเดชัน
- ชนิดและจำนวนของสารที่รวมตัวกับธาตุทรานซิชัน

Complimentary color wheel

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงทุกความยาวคลื่น สารนั้นจะมีสีดำ

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีใด สีที่มองเห็นจะเป็นสีที่ตรงข้ามกันข้าม

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีม่วง สีที่มองเห็นก็คือเขียว-เหลือง

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีส้ม สีที่มองเห็นก็คือน้ำเงิน

ถ้าสารนั้นดูดกลืนแสงสีแดง สีที่มองเห็นก็คือเขียว

Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, 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 อื่นเกณฑ์ต่างกัน สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน

50

โลหะไอออนต่างชนิดกัน
สีของสารประกอบก็จะแตกต่างกัน

$[Co(H_2O)_6]^{3+}$ $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$

$[Cr(OH)_6]^{3-}$ $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$ $[CoCl_4]^{2-}$ $[Co(NH_3)_6]^{2+}$

51

สารประกอบโคออร์ดิเนชันประกอบด้วย complex ion และ counter ions เช่น $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$

Complex ion: $[Co(NH_3)_5Cl]$

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

$Ag^+ + :NH_3 \longrightarrow [Ag(NH_3)]$

Lewis acid Lewis base Coordinate covalent bond

52

Ligand

ลิแกนด์อาจเป็นโมเลกุลหรือไอออนประจุลบ ซึ่งมีอะตอมอย่างน้อยหนึ่งอะตอมที่มีคู่อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว อาจมีหนึ่งคู่หรือมากกว่าหนึ่งคู่ก็ได้

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

Bidentate H_2C-CH_2 $[O-C(=O)-O]^{2-}$
 $|$ $|$
 H_2N NH_2 O O
ethylenediamine (en) oxalate ion

Polydentate $H_2C-CH_2-CH_2-CH_2$ $[O=P(O)(O^-)-O-P(O)(O^-)-O-P(O)(O^-)-O]^{5-}$ $[O-C(=O)-CH_2-CH_2-N(CH_2-CH_2-N(CH_2-CH_2-C(=O)O^-)]^{4-}$
 $|$ $|$ $|$ $|$ $|$ $|$ $|$ $|$ $|$ $|$
 H_2N NH_2 NH_2 O O O O O O O
diethylenetriamine triphosphate ion ethylenediaminetetraacetate (EDTA) ion

53

การเขียนสูตรของสารประกอบโคออร์ดิเนชัน (Writing formulas for coordination compounds)

- ให้เขียนไอออนบวกก่อนไอออนลบเสมอ
- ประจุรวมของสารประกอบโคออร์ดิเนชันจะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์
- ใส่วงเล็บสี่เหลี่ยม [] ให้กับสารประกอบเชิงซ้อนเพื่อเน้นว่าลิแกนด์สร้างพันธะกับไอออนโลหะ นิยมเขียนไอออนโลหะก่อนแล้วจึงเขียนลิแกนด์ที่เป็นกลางและลิแกนด์ประจุลบตามลำดับ

เช่น $K_2[Co(NH_3)_4Cl_2]$

$[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$

$[Co(NH_3)_6][FeCl_4]$

54

การอ่านชื่อของสารเชิงซ้อน (Nomenclature for coordination complexes)

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

- อ่านชื่อไอออนบวกก่อนไอออนลบ
- ในไอออนเชิงซ้อนให้เรียกชื่อลิแกนด์ก่อน แล้วตามด้วยชื่อของไอออนโลหะ
 - กรณีที่มีลิแกนด์มากกว่าหนึ่งชนิด ให้เรียกชื่อลิแกนด์เรียงตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ (ไม่ต้องคำนึงว่าลิแกนด์มีประจุหรือไม่)
- 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 เป็นไอน์สไตน์อะตอม ให้อ่านว่า nitro

55

4. ระบุจำนวนกลุ่มลิแกนด์ที่เข้ากัน ให้ใช้คำนำหน้าชื่อลิแกนด์ ดังนี้

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

กรณีที่ลิแกนด์มีคำที่เหมือนกับคำที่ใช้ระบุจำนวนลิแกนด์อยู่ด้วย เช่น ethylenediamine หรือลิแกนด์เป็นชนิดโพลีเดนเทต 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

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

hexaamminecobalt(III) ion

$[\text{CuCl}_4]^{2-}$

tetrachlorocuprate(II) ion

56

ตัวอย่าง

$$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{CN})\text{Cl}_2]$$
$$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$$
$$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$$
$$\text{Na}_4[\text{FeBr}_6]$$
$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$$
$$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$$

57

เลขโคออร์ดิเนชันและโครงสร้างของไอออนเชิงซ้อน

เลขโคออร์ดิเนชัน หมายถึง จำนวน ไอน์สไตน์อะตอมของลิแกนด์ที่สร้างพันธะโดยตรงกับไอออนโลหะอะตอมกลาง เช่น

$$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$$
$$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$$
$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$$
$$[\text{Cr}(\text{en})_2]^{3+}$$

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	$[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{V}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{Cr}_2\text{O}_7]^{2-}$, $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, $[\text{FeCl}_6]^{3-}$, $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$

59

ไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อน

Isomers (same formula, different properties)

Structural isomers (different bonds)

Stereoisomers (same bonds, different arrangements)

Coordination-sphere isomers

Linkage isomers

Geometric isomers

Optical isomers

60

1. ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้าง (Structural isomers) มีจุดเหมือนกันแต่ในโครงสร้างมีการเกาะเกี่ยวกันของอะตอมต่างกัน

1.1 Coordination Isomers เกิดขึ้นในสารประกอบเชิงซ้อนที่มีไอออนเชิงซ้อนประจุบวกและไอออนเชิงซ้อนประจุลบเป็นองค์ประกอบ เช่น

$[Cr(NH_3)_6][Co(CN)_6]$
เป็นไอโซเมอร์กับ
 $[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$

$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$
เป็นไอโซเมอร์กับ
 $[Pt(NH_3)_4Cl_2][PtCl_4]$

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

(a)

(b)

61

2. สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers) สารประกอบเชิงซ้อนของชนิดที่มีองค์ประกอบเหมือนกันแต่การจัดเรียงตัวของอะตอมหรือหมู่ของอะตอมที่เกาะอยู่กับไอออนโลหะอะตอมกลางมีทิศทางต่างกัน

2.1 Geometrical Isomers บางครั้งเรียก cis-trans isomers หรือ diastereomers

cis - $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

trans - $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

2.2 Optical Isomers หรือ enantiomers เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสารมีโครงสร้างในลักษณะที่เป็นภาพกระจกเงา (mirror image) ซึ่งกันและกันโดยที่โครงสร้างหนึ่งไม่สามารถซ้อนทับกับอีกโครงสร้างหนึ่งได้อย่างสนิท

Left hand

Mirror image of left hand is identical to right hand

Mirror

62

พันธะเคมี

- พันธะโลหะ
- พันธะไอออนิก
- พันธะโควาเลนต์
- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

63

- พันธะเคมี (chemical bond) หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุเพื่อที่จะเกิดเป็นโมเลกุลหรือสารประกอบอะตอมของธาตุจะเกิดอันตรกิริยา (interaction) ต่อกันเกิดเป็นแรงที่ยึดเหนี่ยวอะตอมไว้ด้วยกัน เพื่อเกิดเป็นกลุ่มของอะตอมที่เสถียรมากขึ้น

A—B

แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล

- พันธะโลหะ
- พันธะไอออนิก
- พันธะโควาเลนต์
- พันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์

A—B

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

- แรงลอนดอน เกิดในทุกโมเลกุล
- แรงไดโพล ไดโพล เกิดในโมเลกุลมีขั้ว
- พันธะไฮโดรเจน เกิดกับอะตอมที่มีค่า EN สูง

64

พันธะโลหะ (metallic bond)

- * เป็นแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกซึ่งเรียงชิดกันกับอิเล็กตรอนที่อยู่อ่โดยรอบ
- * อะตอมของโลหะจะอยู่ในสภาพที่เป็นบวก
- * ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปรอบๆก่อนโลหะเป็น **กลุ่มหมอกอิเล็กตรอน (electron cloud)** ทำให้ดึงดูดนิวเคลียสของอะตอมเหล่านั้นได้ด้วย
- * โลหะหมู่ 2 แข็งแรงกว่าโลหะหมู่ 1

65

66

การที่โลหะมีพันธะโลหะจึงทำให้โลหะมีสมบัติทั่วไป ดังนี้

1. โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เพราะอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่าย
2. โลหะมีจุดหลอมเหลวสูง เพราะเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมทั้งหมดในก้อนโลหะยึดอะตอมไว้อย่างเหนียวแน่น
3. โลหะสามารถตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ ได้ เพราะมีกลุ่มเวเลนซ์อิเล็กตรอนทำหน้าที่ยึดอนุภาคไว้ด้วยกันไม่ขาดออกจากกัน
4. โลหะมีผิวเป็นมันวาว เพราะกลุ่มอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่โดยอิสระมีปฏิกิริยาต่อแสง จึงสะท้อนแสงทำให้องค์เป็นมันวาว
5. สถานะปกติเป็นของแข็ง ยกเว้น Hg เป็นของเหลว
6. โลหะนำความร้อนได้ดี เพราะอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง

67

67

กฎออกเตต (Octet rule)

การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

โครงสร้างอะตอมของธาตุเอื้อต่อการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดเหมือนกันคือ มี 8 อิเล็กตรอน (ยกเว้น He มี 2 อิเล็กตรอน)

เช่น Ne →
Ar →

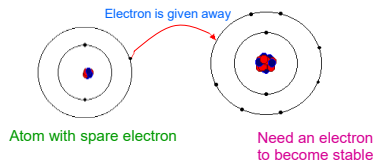
ธาตุที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน ไม่ครบ 8 จะไม่สามารถอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวได้ (ไม่เสถียร) ดังนั้นจึงเป็นโมเลกุลซึ่งอาจจะมี 2 อะตอมหรือมากกว่า

68

68

พันธะไอออนิก (ionic bond)

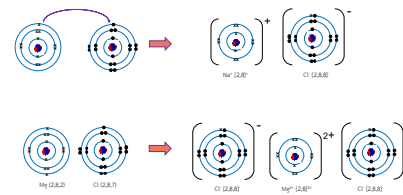
* เป็นพันธะเคมีที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดเหนี่ยวทางไฟฟ้าของไอออนบวกกับ ไอออนลบ (electrostatic force)



* สารประกอบไอออนิกได้แก่ NaCl, MgO, CaCl₂

69

69



70

70

การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกมีสภาพเป็นกลางคือ ประจุบวกจะหักล้างกับประจุลบ

1. เขียนไอออนบวกของโลหะหรือกลุ่มไอออนบวกไว้ข้างหน้า ตามด้วยไอออนลบของโลหะหรือกลุ่มไอออนลบ

2. ไอออนบวกและไอออนลบจะรวมกันในอัตราส่วนที่ทำให้ผลรวมของประจุเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงต้องหาตัวเลขมาคูณกับจำนวนประจุของไอออนบวกและไอออนลบให้มีจำนวนเท่ากัน แล้วใส่ตัวเลขเหล่านั้นไว้ที่มุมขวาล่างของแต่ละไอออน จึงทำให้ได้โดยใช้จำนวนประจุของไอออนบวกและไอออนลบคูณไขว้กัน

3. ถ้ากลุ่มไอออนบวกหรือไอออนลบมีมากกว่า 1 กลุ่ม ให้ใส่วงเล็บ () และใส่จำนวนกลุ่มไว้ที่มุมล่างขวา

71

71

ตัวอย่าง จงเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิกต่อไปนี้

ก. Na⁺ กับ O²⁻

ข. Mg²⁺ กับ O²⁻

ค. Al³⁺ กับ O²⁻

ง. Na⁺ กับ Cl⁻

จ. Mg²⁺ กับ Cl⁻

ฉ. Al³⁺ กับ Cl⁻

ช. NH₄⁺ กับ SO₄²⁻

72

72

การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก

วิธีการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกให้อ่านตามลำดับของธาตุที่เขียนในสูตร คือ เริ่มจากธาตุแรกซึ่งมักเป็นไอออนบวก (ธาตุโลหะ) แล้วตามด้วยธาตุหลังซึ่งเป็นไอออนลบ (ธาตุอโลหะ)

1. เริ่มจากอ่านชื่อไอออนบวก (ธาตุโลหะ) ก่อน
2. อ่านชื่อธาตุไอออนลบ (ธาตุอโลหะ) โดยเปลี่ยนเสียงสุดท้ายเป็น -ไอด์ (-ide) เช่น
NaBr อ่านว่า โซเดียมโบรไมด์
CaO อ่านว่า แคลเซียมออกไซด์
3. หากไอออนลบมีลักษณะเป็นกลุ่มธาตุ จะมีชื่อเรียกเฉพาะที่แตกต่างกัน

เช่น NO_3^- อ่านว่า ไนเตรต
 CO_3^{2-} อ่านว่า คาร์บอเนต
 SO_4^{2-} อ่านว่า ซัลเฟต
OH $^-$ อ่านว่า ไฮดรอกไซด์

73

ตัวอย่าง

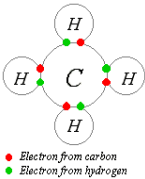
CaCO_3	อ่านว่า	แคลเซียมคาร์บอเนต
Na_2SO_4	อ่านว่า	โซเดียมซัลเฟต
KNO_3		
Ca(OH)_2		

74

พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond)

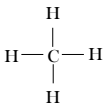
* เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมของธาตุที่ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต (Octet rule)

ได้แก่ Cl_2 , CO_2 , N_2 , CH_4



● Electron from carbon
● Electron from hydrogen

75



สูตรโครงสร้าง คือสูตรที่แสดงถึงการจับกันของธาตุในโมเลกุล แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. สูตรแบบเต็ม : ใช้แสดงแทนอิเล็กตรอนที่ร่วมพันธะกัน 2 ตัว

เช่น แอมโมเนีย

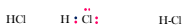
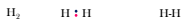
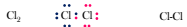


2. สูตรแบบจุด : ใช้จุดแทนอิเล็กตรอนที่ร่วมพันธะกัน ซึ่งจะเขียนเฉพาะอิเล็กตรอนวงนอกเท่านั้น

เช่น กรดไฮโดรคลอริก



76



77

ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธะกับพลังงานพันธะและความยาวพันธะ

พลังงานพันธะ กับ ชนิดของพันธะ

พลังงานพันธะ = พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว

ความยาวพันธะ กับ ชนิดของพันธะ

ความยาวพันธะ = พันธะเดี่ยว > พันธะคู่ > พันธะสาม

78

การเขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์

โดยทั่วไปเขียนสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเรียงตามลำดับของธาตุ และค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (เรียงลำดับก่อนหลังดังนี้ B, Si, C, P, H, S, I, Br, Cl, O และ F) แล้วระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโมเลกุล

ตัวอย่าง



79

79

การอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

อ่านจำนวนอะตอมพร้อมชื่อธาตุแรก

(ในกรณีธาตุแรกมีอะตอมเดียวไม่ต้องอ่านจำนวน)

อ่านจำนวนอะตอม และชื่อธาตุที่สอง ลงท้ายเป็น -ไซด์ (ide)

จำนวนอะตอม (number prefix) อ่านเป็นภาษากรีก คือ

1 = mono	2 = di	3 = tri	4 = tetra
5 = penta	6 = hexa	7 = hepta	8 = octa
9 = nona	10 = deca	11 = undec	12 = dodec

80

80

ตัวอย่าง

CO	carbon monoxide
PH ₃	phosphorus trihydride
NO ₂	nitrogen dioxide
N ₂ O ₃	dinitrogen trioxide
Cl ₂ O	dichlorine monoxide
P ₄ O ₁₀	tetraphosphorus decaoxide
CCl ₄	carbon tetrachloride

81

81

สารประกอบโคเวเลนต์บางชนิดมีชื่อสามัญ (common name)

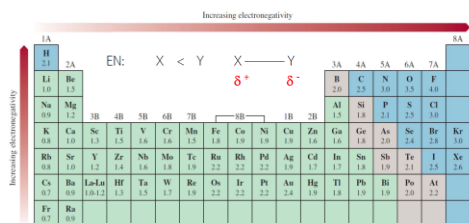
Formula	Common Name	Prefix Name
CH ₄	methane	carbon tetrahydride
NH ₃	ammonia	nitrogen trihydride
H ₂ O	water	dihydrogen monoxide
HCl		hydrogen chloride

82

82

การมีขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์

ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativities, EN): ความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนของอะตอม



83

83

การมีขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์

- ❖ พันธะโคเวเลนต์แบบไม่มีขั้ว หรือ พันธะไม่มีขั้ว (non-polar covalent bond)
"อะตอมที่มาร่วมสร้างพันธะ มีค่า EN เท่ากัน"



- ❖ พันธะโคเวเลนต์แบบมีขั้ว หรือ พันธะมีขั้ว (polar covalent bond)
"อะตอมคู่ร่วมพันธะเป็นอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน คือ มีค่า EN ไม่เท่ากัน"

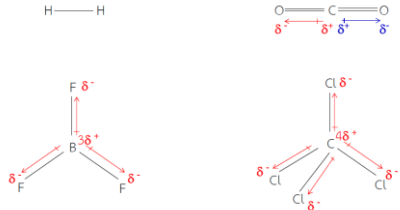


84

84

การมีขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์

- ❖ โมเลกุลโคเวเลนต์แบบไม่มีขั้ว หรือ โมเลกุลไม่มีขั้ว (non-polar molecule)
"โมเลกุลที่ขั้วพันธะหักล้างกันหมด หรือ รวมกันได้เท่ากับศูนย์"



85

85

ตารางที่ 1 รูปร่างของโมเลกุลหรือไอออนที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

สูตรทั่วไป	รูปร่างโมเลกุล	การจัดเรียงตัว	มุมพันธะ
AX_2	เส้นตรง (linear)		180°
AX_3	สามเหลี่ยมแบนราบ (trigonal planar)		120° $\text{BCl}_3, \text{BF}_3, \text{GaI}_3$
AX_4	ทรงสี่หน้า (tetrahedral)		109.5° $\text{CH}_4, \text{SnCl}_4, \text{CHCl}_3$
AX_5	พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม (trigonal bipyramidal)		120° (equatorial) 90° (axial)
AX_6	ทรงแปดหน้า (octahedral)		90° $\text{SF}_6, [\text{AlCl}_4]^- , [\text{SiF}_6]^{2-}$

86

86

ตารางที่ 2 รูปร่างของโมเลกุลหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่

สูตรทั่วไป	รูปร่างโมเลกุล	การจัดเรียงตัว	มุมพันธะ
AX_2E	รูปตัววี		$< 120^\circ$ $\text{SnCl}_2, \text{SO}_2, \text{NO}_2^-$
AX_3E	พีระมิดฐานสามเหลี่ยม		107° $\text{NH}_3, \text{H}_3\text{O}^+, \text{PCl}_3$
AX_4E	คล้ายไม้กระดานหก (seesaw) หรือทรงสี่หน้าที่มีขาดมุม		186° และ 116° $\text{SF}_4, \text{TeCl}_4$
AX_5E	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส		ประมาณ 90° $\text{BrF}_5, \text{IF}_5$

87

87

ตารางที่ 3 รูปร่างของโมเลกุลหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 และ 3 คู่

สูตรทั่วไป	รูปร่างโมเลกุล	การจัดเรียงตัว	มุมพันธะ
AX_3F_2	รูปตัวที T (T-shaped)		90° $\text{BrF}_3, \text{ClF}_3$
AX_4F_2	ระนาบอครุซ		90° $\text{XeF}_4, \text{ICl}_4^-$
AX_2F_3	เส้นตรง Linear		180° $\text{I}_3^-, \text{ICl}_4^-, \text{XeF}_2$

88

88

ความสัมพันธ์รูปร่างโมเลกุล

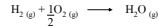
อาจบอกได้จากรูปร่างโมเลกุล ดังนี้

1. โมเลกุลหลายอะตอมที่เป็นเส้นตรง โคโพอจะหักล้างกันหมด กลายเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว
2. โมเลกุลที่มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ (AX_3) จะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น BCl_3 แต่ถ้าเป็น AX_2Y จะเป็นโมเลกุลมีขั้ว
3. โมเลกุลที่มีรูปร่างเป็นทรงสี่หน้า ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น AX_4 จะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น CH_4, CF_4 แต่ถ้าเป็น AX_3Y หรือ AX_2Y_2 จะเป็นโมเลกุลมีขั้ว
4. โมเลกุลที่มีรูปร่างแบบคู่พีระมิดฐานสามเหลี่ยมแบนราบ ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น AX_5 หรือแบบทรงแปดหน้า ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น AX_6 จะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว
5. โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อะตอมกลาง มักเป็นโมเลกุลมีขั้ว เช่น $\text{SO}_2, \text{H}_2\text{O}$

89

89

๒๒. จงคำนวณการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อนของปฏิกิริยาต่อไปนี้



กำหนดให้ พลังงานพันธะ $\text{H-H} = 431.0 \text{ kJ}$
 $\text{H-O} = 463.0 \text{ kJ}$
 $\text{O=O} = 485.0 \text{ kJ}$

ปฏิกิริยานี้เป็นแบบดูดหรือคายความร้อน?

วิธีทำ จากสมการ พันธะที่ถูกทำลาย คือ H-H และ O=O
พันธะที่เกิดขึ้น คือ H-O

พลังงานที่ต้องใช้เพื่อสลายพันธะ = $431 \text{ kJ} + \frac{1}{2}(485.0 \text{ kJ})$
= 673.5 kJ

พลังงานที่ถูกคายออกมา = $2(463.0 \text{ kJ})$ $\text{H-O } 2 \text{ พันธะ}$
= 926.0 kJ

ความร้อนที่เปลี่ยนแปลง = $926.0 - 673.5 = 252.5 \text{ kJ}$

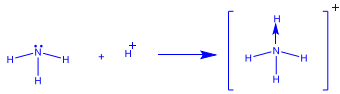
ความร้อนที่ระคายออกมา มากกว่า ความร้อนที่ถูกดูดเข้าไป ปฏิกิริยาคายความร้อน

๙๐

90

พันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์ (coordinate covalent bond)

- * เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมหนึ่งตัวให้อิเล็กตรอนหนึ่งคู่ในการสร้างพันธะกับอะตอมอีกหนึ่งตัว
- * เรียกอีกอย่างว่า **donative bond**



91

91

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธะไอออนิก และพันธะโควาเลนต์

1. แรงแวนเดอร์วาลส์

เป็นแรงดึงดูดอย่างอ่อนระหว่างโมเลกุล มี 2 ชนิดที่สำคัญ คือ

1.1 แรงแลนดอน (London force) หรือแรงกระจายลอนดอน (London dispersion force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว

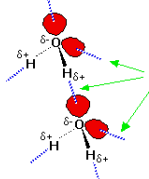
1.2 แรงไดโพล-ไดโพล ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วด้วยกัน

92

92

2. พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond)

- * เป็นพันธะที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีความแรงมากกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์
- * เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไฮโดรเจนที่เกิดพันธะกับอะตอมที่มีอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) สูง เช่น O, N, F (กับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว)
- * พันธะไฮโดรเจนมักแทนด้วยเส้นประ (---)



พันธะไฮโดรเจน
Hydrogen Bond

93

93

ปริมาณสารสัมพันธ์
Stoichiometry

94

1. มวลโมเลกุล

- * **โมเลกุล:** เกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมด้วยพันธะเคมี
 - * ถ้ารู้มวลอะตอมของแต่ละองค์ประกอบที่อยู่ในโมเลกุลนั้น จะคำนวณหา**มวลโมเลกุล** (molecular mass) ของโมเลกุลนั้นได้
 - * **มวลโมเลกุล** บางครั้งเรียก “น้ำหนักโมเลกุล” หากหาผลรวมของมวลอะตอมทุกอะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลนั้น เช่น
- มวลโมเลกุล** ของ H_2O = 2(มวลอะตอม H) + มวลอะตอม O
 = $(2 \times 1.008 \text{ amu}) + 16.00 \text{ amu}$
 = 18.02 amu

9

95

1. มวลโมเลกุล

มวลโมเลกุล ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์; SO_2

$$= \text{มวลอะตอม S} + 2(\text{มวลอะตอม O})$$

$$= 32.07 \text{ amu} + (2 \times 16.00 \text{ amu})$$

$$= 64.07 \text{ amu}$$

มวลโมเลกุล ของคาเฟอีน; $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$

$$= 8(\text{มวลอะตอม C}) + 10(\text{มวลอะตอม H}) +$$

$$24(\text{มวลอะตอม N}) + 2(\text{มวลอะตอม O})$$

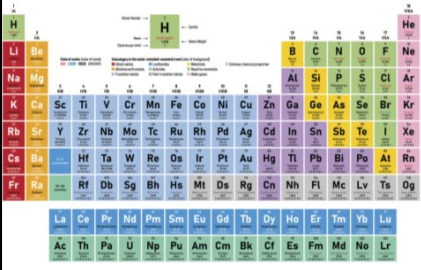
$$= (8 \times 12.01 \text{ amu}) + (10 \times 1.008 \text{ amu}) +$$

$$(4 \times 14.01 \text{ amu}) + (2 \times 16.00 \text{ amu})$$

$$= 194.20 \text{ amu}$$

96

96



มวลโมเลกุล ของ

$Mg(OH)_2$

$NaCO_3$

$Mg(OH)_2$

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$

97

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี แบ่งการเขียนได้เป็น 2 ชนิด คือ สมการแบบโมเลกุล และ สมการไอออนิก

1) สมการแบบโมเลกุล จะแสดงสูตรโมเลกุลของสารในปฏิกิริยา มีหลักการในการดุลสมการโดยทั่วไป ดังนี้

- เริ่มจากโมเลกุลใหญ่สุดหรือมีจำนวนธาตุมากที่สุดก่อน
- ดุลธาตุที่เป็นโลหะแล้วตามด้วยโลหะ (ยกเว้น H และ O)
- ดุล H และคลอ O ตามลำดับ
- ตรวจสอบว่าทุกธาตุในสมการดุลครบแล้ว

ตัวอย่าง เช่น

$$KCl(s) + O_2(g) \longrightarrow KClO_3(s) \quad (2.1)$$

เริ่มจากโมเลกุลใหญ่ที่สุด คือ $KClO_3$ โดยดุลธาตุที่เป็นโลหะใน $KClO_3$

$$KCl(s) + O_2(g) \longrightarrow KClO_3(s) \quad (2.1)$$

- ดุลธาตุที่เป็นโลหะใน $KClO_3$ คือ Cl
- ดุลธาตุ O โดย เริ่ม 3 หน้า O_2 เริ่ม 2 หน้า $KClO_3$
- ตรวจสอบว่าทุกธาตุในสมการได้ดุล ซึ่ง K และ Cl ยังไม่ดุล $\rightarrow$ ต้องเติม 2 หน้า KCl จะได้สมการที่ดุลแล้ว ดังนี้, $2 KCl(s) + 3 O_2(g) \longrightarrow 2 KClO_3(s)$

98

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

C: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา แต่จำนวนไม่เท่ากัน $\therefore$ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

H: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา แต่จำนวนไม่เท่ากัน $\therefore$ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

$$C_2H_6 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$
$$C_2H_6 + O_2 \longrightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$$

จำนวนอะตอม C และ H เท่ากัน ที่ทางด้านซ้ายและขวา

O: ครึ่งเดียวทางด้านซ้าย แต่มี 2 ครึ่งทางด้านขวา $\therefore$ ต้องหาจำนวนด้านขวา แล้วเติมเลขสัมประสิทธิ์ทางด้านซ้ายให้เท่าด้านขวา

สุดท้ายตรวจสอบจำนวนอะตอมของทุกธาตุทางด้านซ้ายและขวา และทำซ้ำให้ดัง โดย $\times 2$ ทุกโมเลกุล

$$2 C_2H_6 + 7 O_2 \longrightarrow 4 CO_2 + 6 H_2O$$

สุดท้ายมี

C 4 อะตอม

H 12 อะตอม

เท่ากัน

ทั้งสองด้าน

99

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

Al: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา แต่จำนวนไม่เท่ากัน $\therefore$ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

O: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา แต่จำนวนไม่เท่ากัน $\therefore$ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

$$Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$$
$$2 Al + \frac{3}{2} O_2 \longrightarrow Al_2O_3$$

จำนวนอะตอม Al และ O เท่ากันที่ทางด้านซ้ายและขวา แล้วทำซ้ำให้ดังโดยการ $\times 2$ ทุกโมเลกุล

$$4 Al + 3 O_2 \longrightarrow 2 Al_2O_3$$

สุดท้ายมี Al 4 อะตอม มี O 6 อะตอมทั้งสองด้าน

100

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

2) สมการไอออนิก

นิยมเขียนแสดงปฏิกิริยาที่มีสารประกอบไอออนิกซึ่งแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ โดยในบางครั้งอาจเขียนเฉพาะส่วนของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา สำหรับสารที่ไม่ละลาย สารที่ตกตะกอน หรือแก๊ส ให้เขียนเป็นสูตรโมเลกุล

เช่น $Ba(NO_3)_2(aq) + K_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2KNO_3(aq)$

อาจเขียนเป็นสมการไอออนิกที่ดุลแล้วได้ดังนี้ ;

$$Ba^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) + 2K^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2KNO_3(aq)$$

$2K^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$

101

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

- สมการแสดงปฏิกิริยาเคมี อาจแบ่งตามชนิดของปฏิกิริยาอย่างกว้าง ๆ ได้ 2 ชนิด คือ

(1) ปฏิกิริยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุหรืออะตอม

ได้แก่ ปฏิกิริยาสะเทินกรด-เบส ปฏิกิริยาการตกตะกอน เป็นต้น $\rightarrow$ มักเขียนเป็นสมการแบบโมเลกุล เช่น

$$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$
$$AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow AgCl(s) + NaNO_3(aq)$$

(2) ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุหรืออะตอม หรือ ปฏิกิริยารีดอกซ์

ปฏิกิริยารีดอกซ์ (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน) $\rightarrow$ ปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสารที่เข้าทำปฏิกิริยา มักเขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นแบบสมการไอออนิก เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน เช่น

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

102

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

$$\text{Zn (s)} + \text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + \text{Cu (s)}$$

ประกอบด้วย

1) $\text{Zn(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{e}^-$

2) $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu (s)}$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ให้ e^-)

ปฏิกิริยารีดักชัน (รับ e^-)

ตัวอย่างการกำหนดเลขออกซิเดชัน มีดังนี้

ชนิดของธาตุ

ตัวอย่าง

เลขออกซิเดชัน

1) ธาตุอิสระ (ไม่ได้รวมกับธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบ)

$\text{O}_2, \text{Na}, \text{Cl}_2, \text{He}, \text{P}_4, \text{S}_8$

0

2) F ในสารประกอบฟลูออไรด์

$\text{HF}, \text{KF}, \text{OF}_2, \text{SiF}_4$

-1

3) O ในสารประกอบทั่วไป

$\text{H}_2\text{O}, \text{Li}_2\text{O}, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{KMnO}_4$

-2

ยกเว้น O ในสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide)

$\text{Na}_2\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}_2, \text{K}_2\text{O}_2$

-1

O ในสารประกอบซูเปอร์ออกไซด์

$\text{KO}_2, \text{NaO}_2, \text{LiO}_2$

$-\frac{1}{2}$

OF_2

+2

103

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

ชนิดของธาตุ

ตัวอย่าง

เลขออกซิเดชัน

4) H ในสารประกอบทั่วไป

$\text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3, \text{HCl}, \text{H}_2\text{S}, \text{PH}_3$

+1

ยกเว้น H ในสารประกอบไฮไดรด์ (hydride)

$\text{CaH}_2, \text{NaH}, \text{LiH}$

-1

5) ธาตุทั่วไปในสารประกอบมีเลขออกซิเดชันเท่ากับประจุในรูปของไอออนของธาตุ

เช่น Cl^- มีเลขออกซิเดชัน -1

O^{2-} มีเลขออกซิเดชัน -2

Na^+ มีเลขออกซิเดชัน +1

Mg^{2+} มีเลขออกซิเดชัน +2

Al^{3+} มีเลขออกซิเดชัน +3

6) ผลรวมของเลขออกซิเดชันในสารประกอบ = 0

104

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

ตัวอย่าง การหาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุบางตัวในสารประกอบ

เช่น

KClO_3

เลขออกซิเดชันของ Cl = ?

เลขออกซิเดชันของ K = +1, O = -2

$\text{K} + \text{Cl} + 3\text{O} = 0$

$(+1) + \text{Cl} + 3(-2) = 0$

Cl = +5

$\text{Ba(NO}_3)_2$

เลขออกซิเดชันของ N = ?

เลขออกซิเดชันของ Ba = +2, O = -2

$\text{Ba} + 2\text{N} + 6\text{O} = 0$

$(+2) + 2\text{N} + 6(-2) = 0$

N = +5

105

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สิ่งที่สรุปได้จากสมการเคมี

ชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์ สถานะของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์เชิงโมลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์ มวลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์ (กฎทรงมวล)

$$2\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} \text{ (g)}$$

มวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา

H

O

H

O

มวลของสารหลังเกิดปฏิกิริยา

H

O

H

O

106

2. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สิ่งที่ทำนายได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว

$$2\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} \text{ (g)}$$

2 โมเลกุล 1 โมเลกุล 2 โมเลกุล

2 โมล 1 โมล 2 โมล

$2(2 \times 1.01) \text{ g} + (2 \times 16) \text{ g}$

$2[(2 \times 1.01) + 16]$

$4.04 \text{ g} + 32 \text{ g} = 36.04 \text{ g}$

36.04 g

สารตั้งต้น

สารผลิตภัณฑ์

ดังนั้น จะทำนายได้ว่า H_2 หนัก 4.04 g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 หนัก 32 g แล้วทำให้เกิด H_2O หนัก 36.04 g

107

3. การคำนวณในสมการเคมี

วิธีการทั่วไปในการแก้ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์มีลำดับขั้นดังนี้

1. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมี

2. ดุลสมการเคมี

3. เปลี่ยนปริมาณสารตั้งต้น (หน่วย g หรือหน่วยอื่น) ไปเป็น mol

4. ใช้สัดส่วน mol จากสมการที่ดุลแล้ว เพื่อคำนวณหาจำนวน mol ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

5. เปลี่ยนจำนวน mol ของผลิตภัณฑ์ให้เป็น g

หาจำนวน mol จากน้ำหนัก (g) โดย

mol = $\frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล}}$

น้ำหนัก (g) จากจำนวน mol โดย

มวล (g) = mol $\times$ มวลโมเลกุล

$$n = \frac{g}{MW}$$

108

18

3. การคำนวณในสมการเคมี

- * 1 โมล มีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค (อะตอม/ไอออน/โมเลกุล)
[6.0221367×10^{23} = เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number: NA)]
 - * 1 โมลของธาตุ (โมเลกุล) ใด ๆ จะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักอะตอม (น้ำหนักโมเลกุล) ของธาตุ (โมเลกุล) นั้น ๆ ในหน่วยเป็นกรัม
- เช่น กำหนดน้ำหนักอะตอมของ H = 1, C = 12, O = 16
- C 1 โมล → C 6.02×10^{23} อะตอม → C 12 กรัม
- H₂O 1 โมล → H₂O 6.02×10^{23} โมเลกุล → H₂O 18 กรัม
- H₂O 1 โมล → H 6.02×10^{23} อะตอม → O $2(6.02 \times 10^{23})$ อะตอม = 1.20×10^{24} อะตอม

109

109

3. การคำนวณในสมการเคมี

- ตัวอย่าง กำหนดน้ำหนักอะตอมของ He = 4, Ca = 40, Cl = 35.5
- He 0.5 โมล He $\frac{6.02 \times 10^{23}}{2}$ = 3.01×10^{23} อะตอม
- He 2 กรัม
- CaCl₂ 2 โมล CaCl₂ $2(6.02) \times 10^{23}$ = 1.20×10^{24} โมเลกุล
- Ca²⁺ 6.02×10^{23} ไอออน
- Cl⁻ $2(6.02) \times 10^{23}$ = 1.20×10^{24} ไอออน
- CaCl₂ 2(111) = 222 กรัม

110

110

3. การคำนวณในสมการเคมี

$$n = \frac{N_A}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{g}{MW}$$

โดย n = จำนวนโมล N_A = จำนวนอนุภาค (อะตอม/ไอออน/โมเลกุล)
g = น้ำหนักของสาร หน่วยเป็นกรัม
MW = น้ำหนักอะตอมหรือน้ำหนักโมเลกุล

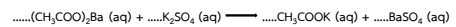
- ตัวอย่าง ถ้ามีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หนัก 9.24 กรัม จงคำนวณหา
- จำนวนโมลของ CO₂
 - จำนวนโมเลกุลของ CO₂
 - จำนวนโมลของแคดเมียมคาร์บอเนตไดออกไซด์
 - จำนวนอะตอมของแคดเมียม
- กำหนดน้ำหนักอะตอมของ C = 12.0 และ O = 16.0

111

111

3. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง การคำนวณในสมการเคมีที่ดุลแล้ว...เริ่มที่



(CH ₃ COO) ₂ Ba (aq)	K ₂ SO ₄ (aq)	CH ₃ COOK (aq)	BaSO ₄ (s)
1 โมเลกุล	1 โมเลกุล	2 โมเลกุล	1 โมเลกุล
1 โมล	1 โมล	2 โมล	1 โมล
$(4 \times 12.01) + (6 \times 1.01) + (4 \times 16) + 137.3$	$(2 \times 39.1) + 32.07 + (4 \times 16)$	$2[(2 \times 12.01) + (3 \times 1.01) + (2 \times 16) + 39.1]$	$137.3 + 32.07 + (4 \times 16)$
255.4 g	174.27 g	98.15 g	233.37 g
255.4 g	174.27 g	196.3 g	233.37 g
429.67 g		429.67 g	

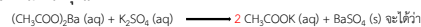
112

112

3. การคำนวณในสมการเคมี

- ถ้ามี (CH₃COO)₂Ba และ K₂SO₄ หนักอย่างละ 1.50 กรัม ทำปฏิกิริยากันตอบคำถามต่อไปนี้
- ควรเกิดตะกอน BaSO₄ จำนวนกี่โมล และคิดเป็นน้ำหนักกี่ กรัม
- ควรเกิด CH₃COOK จำนวนกี่โมล และคิดเป็นน้ำหนักกี่ กรัม
- เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยามีสารชนิดใดเหลืออยู่บ้าง และเหลือกี่โมล คิดเป็นน้ำหนักกี่ กรัม

จากสมการที่ดุลแล้ว



113

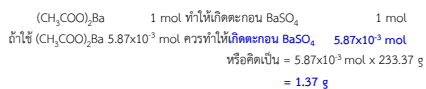
113

3. การคำนวณในสมการเคมี

ดังนั้น

(CH₃COO)₂Ba ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าจะหมดไปจากปฏิกิริยาจึงเป็น "สารกำหนดปริมาณ" (limiting agent) การทำนายเกี่ยวกับปฏิกิริยานี้ทั้งหมด จะยึดจำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณ เป็นหลัก

จากสมการที่ดุลแล้ว



114

114

3. การคำนวณในสมการเคมี

3.2 ถ้าใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ หนัก 1.50 g จะเกิด CH_3COOK ที่ mol และคิดเป็นกี่ g จากสมการที่ดุลแล้ว

115

115

3. การคำนวณในสมการเคมี

3.3 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยามีสารชนิดใดเหลืออยู่บ้าง และเหลือกี่โมล คิดเป็นน้ำหนักกี่ g จากสมการที่ดุลแล้ว

116

116

3. การคำนวณในสมการเคมี

ผลผลิตร้อยละของสารผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์จากสมการเคมีนั้น ค่าที่ได้เรียกว่า **ผลได้ตามทฤษฎี (Theoretical yield)** แต่ในทางปฏิบัติจะได้ผลิตภัณฑ์น้อยกว่าตามทฤษฎี แต่จะได้มากหรือน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับวิธีการและสารเคมีที่ใช้ เรียกผลที่ได้ว่า **ผลได้จริง (Actual yield)** สำหรับการรายงานผล การทดลองนั้น จะเปรียบเทียบค่าที่ได้ตามทฤษฎีในรูปร้อยละ

ผลผลิตร้อยละ (% yield) =
$$\frac{\text{ผลผลิตจริง} \times 100}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}}$$

ผลผลิตตามทฤษฎี

(Theoretical yield)
ปริมาณของผลผลิตที่อาจเกิดขึ้นได้มากที่สุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว

ผลผลิตแท้จริง (Actual yield)

ปริมาณของผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งวัดหรือชั่งได้จากกรทดลอง

117

117

ตัวอย่าง เมื่อนำ C_2H_4 1.93 กรัม มาเผาไหม้กับออกซิเจนที่มากเกินไป พบว่าเกิด CO_2 เกิดขึ้น 3.44 กรัม จงคำนวณผลผลิตร้อยละของ CO_2 นี้ (C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0)

วิธีทำ
$$\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

หา mol C_2H_4 จาก $n = \frac{g}{\text{MW}} = \frac{1.93}{28.0} = 0.0689 \text{ mol}$

พิจารณาจากสมการ C_2H_4 1 mol จะทำให้เกิด CO_2 เท่ากับ 2 mol
 C_2H_4 0.0689 mol จะทำให้เกิด CO_2 เท่ากับ $0.0689 \times 2 = 0.138 \text{ mol}$
คิดเป็นน้ำหนักของ CO_2 เท่ากับ $0.138 \text{ mol} \times 44.0 \text{ g/mol} = 6.07 \text{ g}$

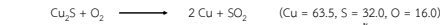
ผลผลิตร้อยละ (% yield)
$$= \frac{\text{ผลผลิตจริง} \times 100}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} = 56.7 \%$$

118

118

ตัวอย่าง จงหาปริมาณผลผลิตตามทฤษฎี (กรัม) ของทองแดงที่ได้จากการแยกคอปเปอร์ (I)

ซัลไฟด์ (Cu_2S) 1590 กรัม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ



ถ้าในการทดลองได้ทองแดง 1200 กรัม จงคำนวณผลผลิตร้อยละของทองแดงนี้ (1270 g, 94.5%)

119

119

Thank
you

ขอให้เรียนเก่ง ๆ สอบ
ผ่านทุกคนนะคะ

120

120