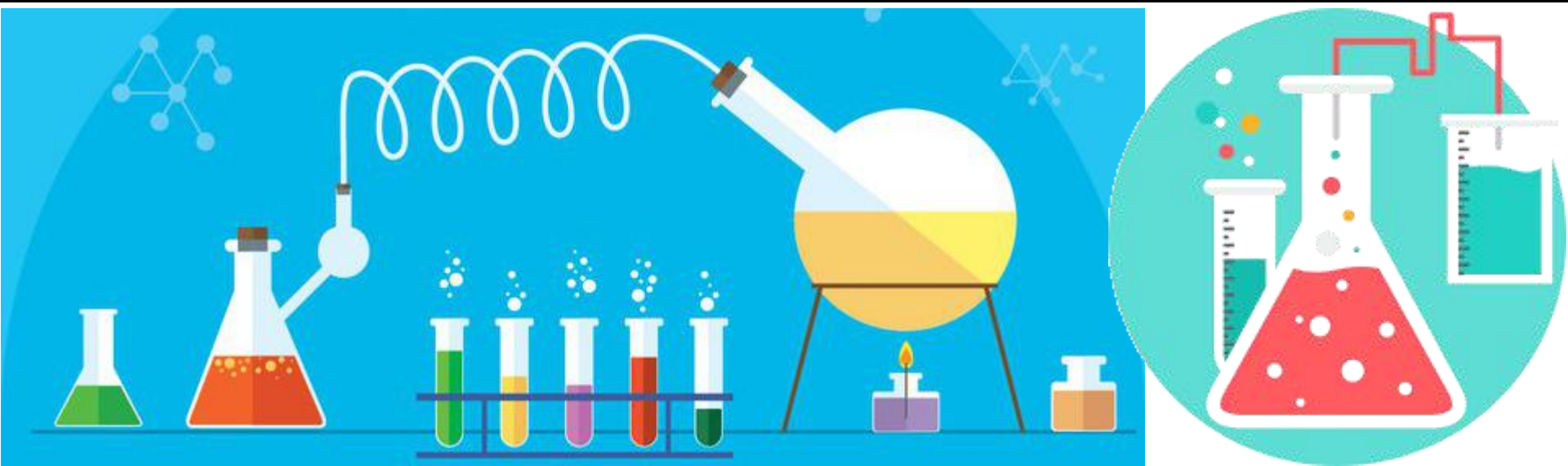


คม 100 เคมีทั่วไป

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563



โดย : อ. กัญญา บุตรราช

ปรับปรุงโดย : อ. ดร. เอกวิทย์ ตรีเนตร (ผู้สอน)

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



บทที่ 2 ปริมาณสารสัมพันธ์

เรื่อง

หน้า

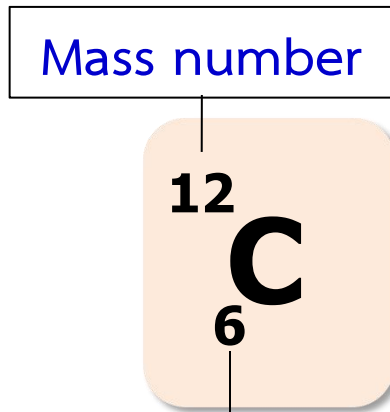
1. อะตอม โมเลกุล และไอออน	3
2. เลขอะตอม เลขมวล มวลอะตอม	9
3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์	14
4. มวลโมเลกุล	19
5. โมล	21
6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่	28
7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี	44
8. เลขออกซิเดชัน	75
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน	89
10. การคำนวณในสมการเคมี	107
11. สารกำหนดปริมาณ	127
12. ผลผลิตร้อยละ	136

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

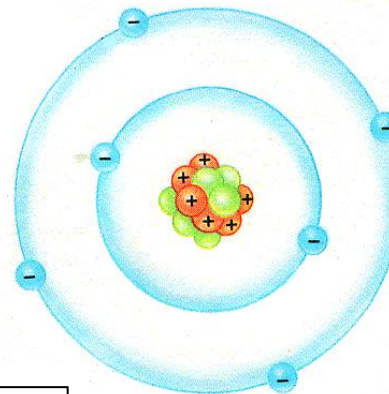
อะตอม

อะตอม (Atom): หน่วยที่**เล็กที่สุด**ของธาตุที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมีได้ ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอีก 3 ชนิดหลักคือ อิเล็กตรอน (electron) โปรตอน (proton) และนิวตรอน (neutron)

เช่น **อะตอมคาร์บอน** ซึ่งมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ดังนี้



Atomic number บอกจำนวน โปรตอน



ประกอบด้วย

6 โปรตอน (p^+)

6 นิวตรอน (n^0)

6 อิเล็กตรอน (e^-)

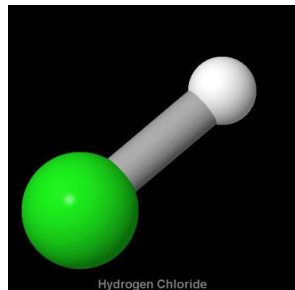
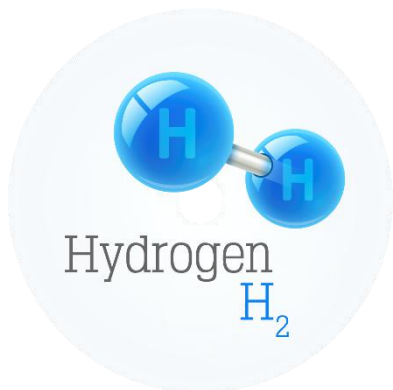
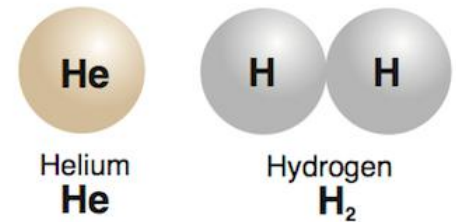
1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

โมเลกุล

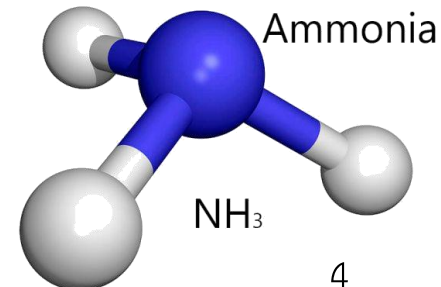
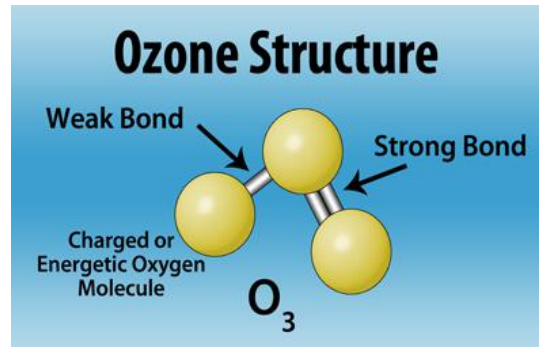
โมเลกุล (Molecule): เกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมอย่างน้อย 2 อะตอม (อาจเป็นชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกัน) มายึดกันด้วยพันธะเคมี มีรูปแบบการจัดเรียงตัวแน่นอน และมีสัดส่วนของการรวมตัวคงที่

เช่น โมเลกุลอะตอมคู่ H_2 N_2 O_2 F_2 Cl_2 Br_2 และ HCl

โมเลกุลหลายอะตอม O_3 H_2O NH_3 และ $C_6H_{12}O_6$



Hydrogen chloride; HCl



โมเลกุล

Hydrogen (H_2)

Nitrogen (N_2)

Oxygen (O_2)

Fluorine (F_2)

Chlorine (Cl_2)

Bromine (Br_2)

Iodine (I_2)



Phosphorus (P_4)

Sulfur (S_8)

1

15 16 17

H **N** **O** **F**
P **S** **Cl**
Se **Br**
I

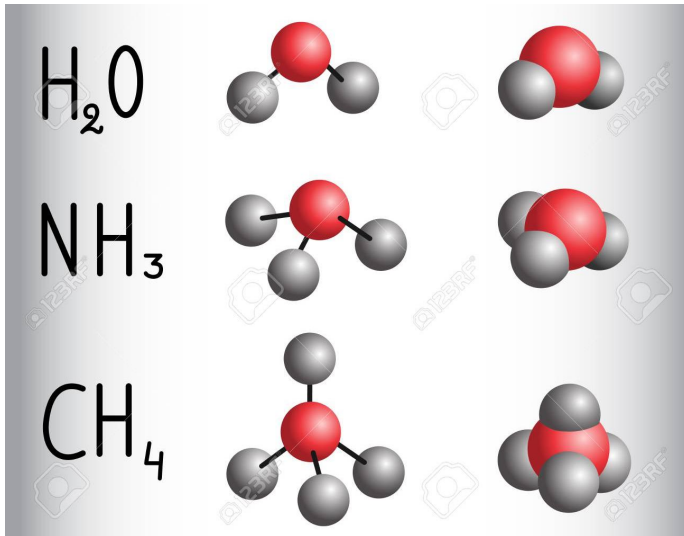
■ Diatomic
■ Polyatomic

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

โมเลกุล

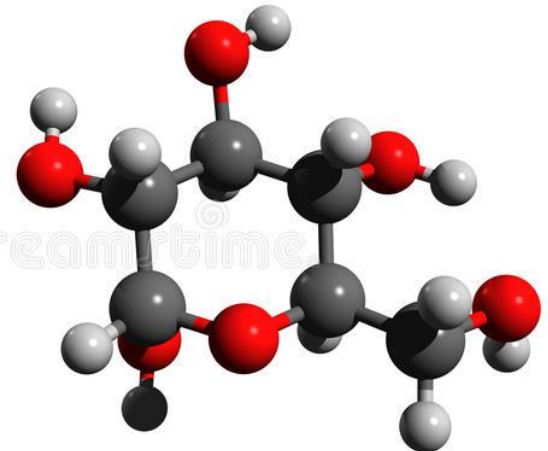
โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน เรียกว่า เฮเทอโรนิวเคลียร์

โมเลกุล (heteronuclear molecule) เช่น HCl , CO , H_2O , CH_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



Glucose

- Hydrogen
- Carbon
- Oxygen

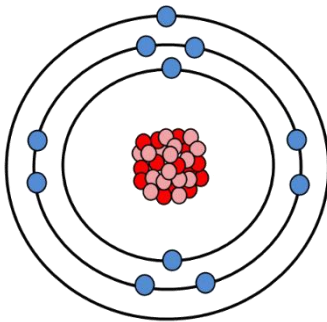


1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

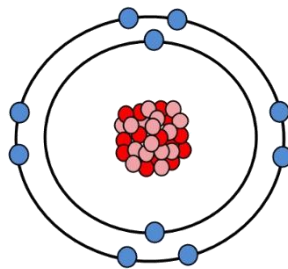
ไอออน

ไอออน (Ion): อะตอม หรือกลุ่มของอะตอมที่มี**ประจุบวกหรือลบ** โดยปกติ อะตอมที่เป็นกลางจะมีจำนวนโปรตอน (ประจุบวก) เท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน (ประจุลบ) เช่น Na^+ เกิดจากการสูญเสีย e^-

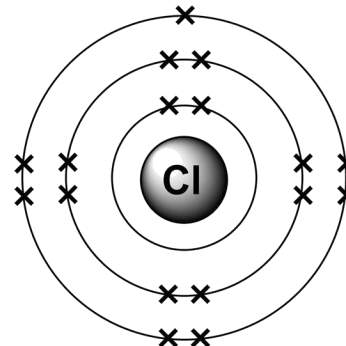
Cl^- เกิดจากการรับ e^- เข้ามา



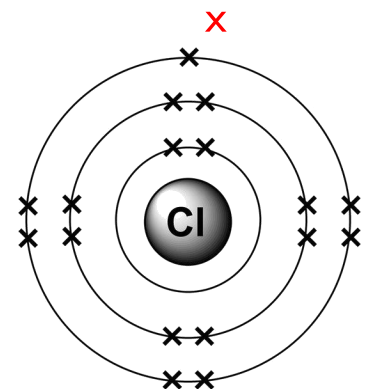
Na : 11 p+
11 e-



Na^+ : 11 p+
10 e-



Cl : 17 p+
17 e-



Cl^- : 17 p+
18 e-

1. อะตอม โมเลกุล และไอออน

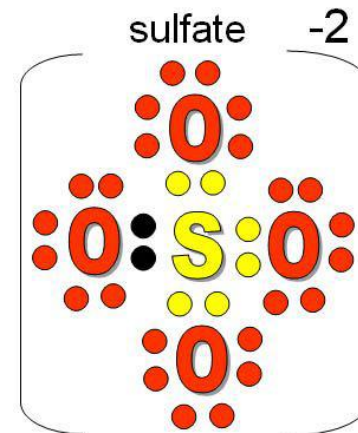
ไอออน

- จำนวนประจุของแต่ละไอออนขึ้นอยู่กับ การสูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนว่า เป็นจำนวนเท่าใด
- อะตอมสามารถรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนได้มากกว่า 1 อิเล็กตรอน เช่น Mg^{2+} , Fe^{3+} , S^{2-} , N^{3-}



lithium ion
 Li^+ $[2]^+$

- ไอออนที่เป็นกลุ่มของอะตอมที่มีประจุ เรียกว่า อนุมูล (radical) เช่น SO_4^{2-} CO_3^{2-} NH_4^+

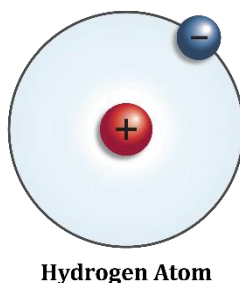


2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

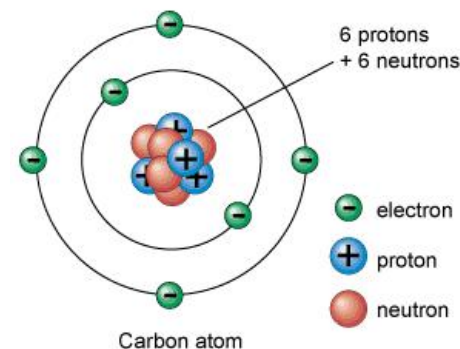
เลขอะตอม

เลขอะตอม (Atomic number; Z) เป็นเลขที่แสดง**จำนวนโปรตอน**ที่มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า จำนวน $p^+ =$ จำนวน e^- (ดังนั้นเลขอะตอมจึงแสดง**จำนวนอิเล็กตรอน**ของอะตอมด้วย)

H $1 \leftarrow$ เลขมวล
 $1 \leftarrow$ เลขอะตอม



C $12 \leftarrow$ เลขมวล
 $6 \leftarrow$ เลขอะตอม



เลขอะตอม (Z) เป็นเอกลักษณ์ของธาตุแต่ละธาตุ เลขอะตอม และ จำนวนโปรตอน จะไม่เปลี่ยนแปลง

จำนวน**โปรตอน**ที่นิวเคลียสของธาตุจะ**เปลี่ยน**เมื่อเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ (nuclear reaction) เท่านั้น

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

เลขมวล

เลขมวล (Mass number; A) ผลรวมของ**จำนวนโปรตอน**และ**จำนวนนิวตรอน**ที่มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม อะตอมโดยทั่วไปมีโปรตอนรวมอยู่กับนิวตรอนในนิวเคลียส ยกเว้น อะตอมไฮโดรเจนที่ไม่มีนิวตรอน

เลขมวล = จำนวนโปรตอน + จำนวนนิวตรอน

เลขมวล = เลขอะตอม + จำนวนนิวตรอน

$$A = Z + N$$

จำนวนนิวตรอน = เลขมวล - เลขอะตอม

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

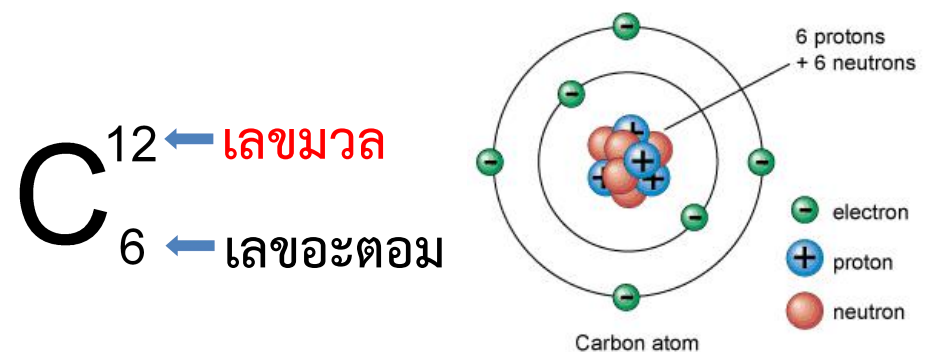
เลขมวล

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน

$$1 - 1 = 0$$

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน

$$12 - 6 = 6$$



- อะตอมโดยทั่วไปมีโปรตอนรวมอยู่กับนิวตรอนในนิวเคลียส ยกเว้น
อะตอมไฮโดรเจนที่ไม่มีนิวตรอน

2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม

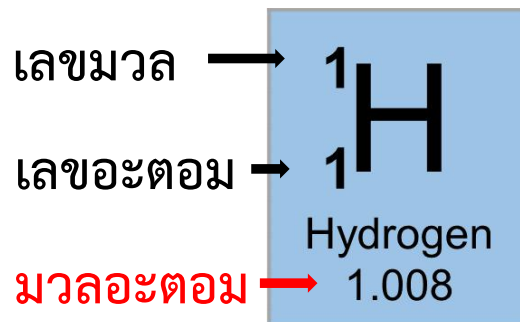
มวลอะตอม (Atomic mass) บางครั้งเรียก “น้ำหนักอะตอม” ขึ้นอยู่กับ **จำนวนโปรตอน** และ **จำนวนนิวตรอน** ที่มีอยู่ในอะตอม อะตอมมีขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ แต่สามารถวัดมวลได้โดยเทียบกับมวลของอะตอมมาตรฐาน

C^{12}_6 ใช้ **C-12** เป็นธาตุ**มาตรฐาน** โดยกำหนดให้มีมวลอะตอม = **12 amu**
แล้ววัดค่ามวลของอะตอมชนิดอื่นโดยเทียบกับอะตอม C-12 นี้

เช่น H มีค่ามวลเป็น **8.4%** ของ C

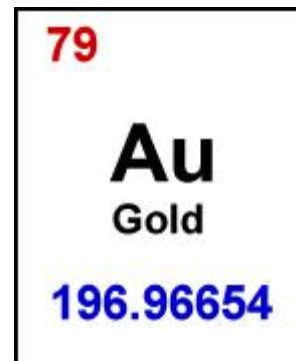
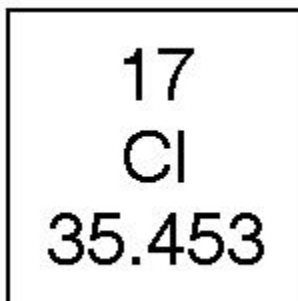
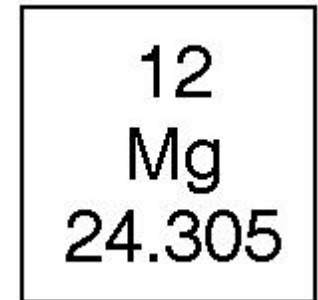
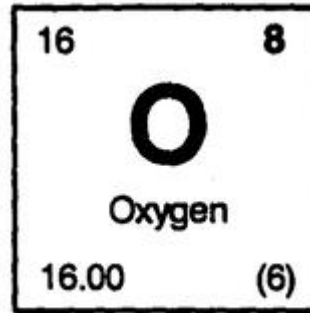
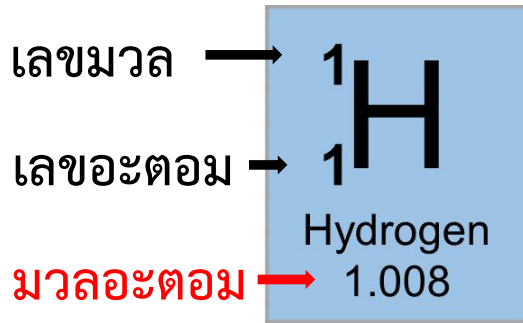
ดังนั้น มวลอะตอมของ H = 12×0.084

= **1.008 amu**



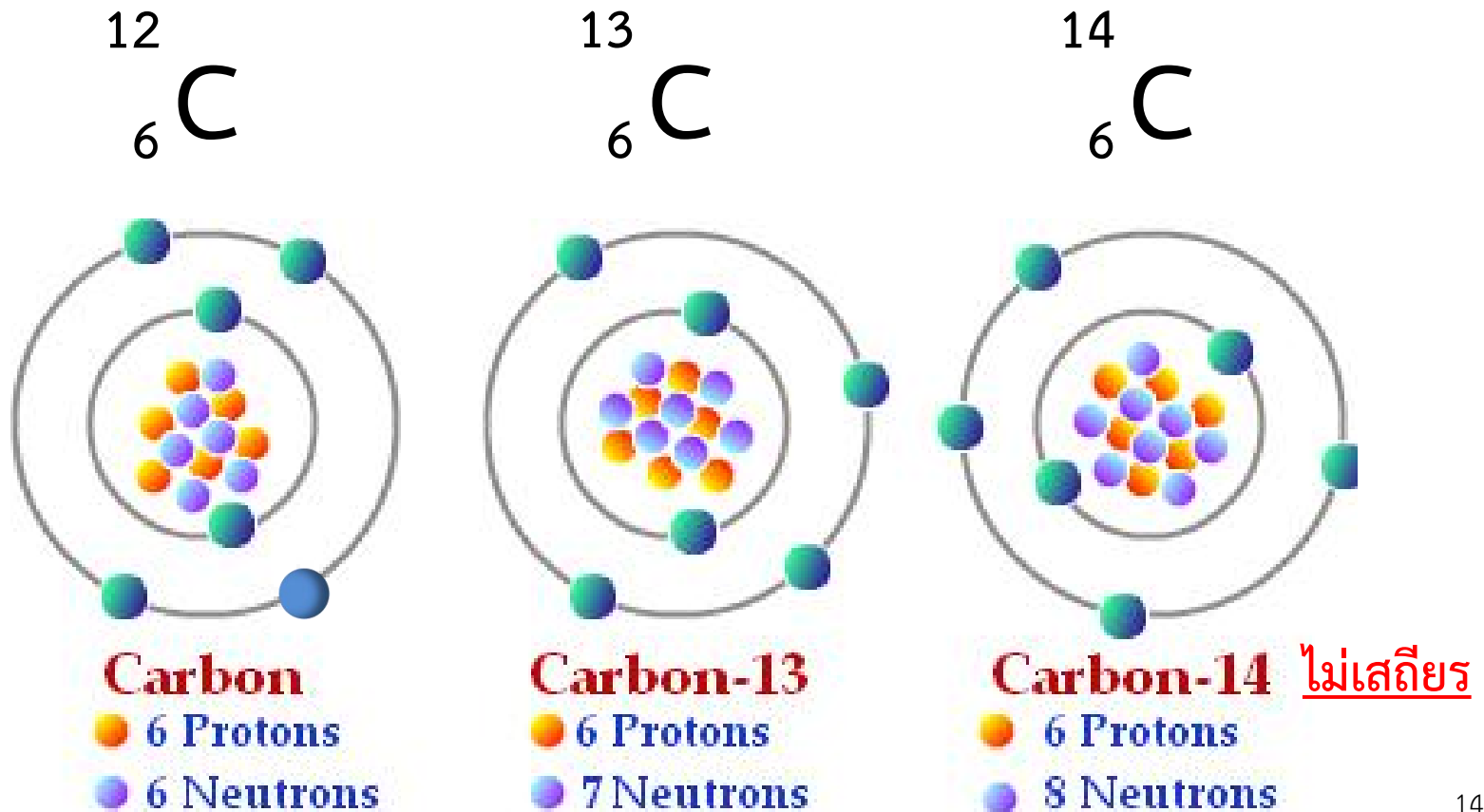
2. เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

มวลอะตอม



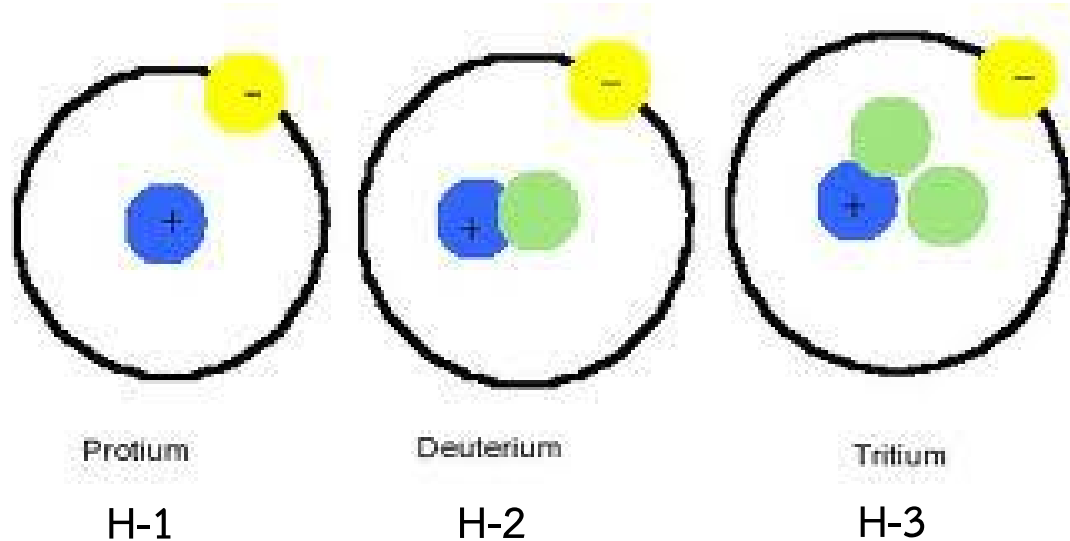
3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

ไอโซโทป (isotope) : ธาตุที่มี เลขอะตอม (atomic number; Z) เหมือนกัน แต่เลขมวล (mass number; A) ต่างกัน



3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

ไอโซโทป



เลขอะตอม (Z)

.....

.....

.....

เลขมวล (A)

.....

.....

.....

จำนวน p^+

.....

.....

.....

จำนวน n^0

.....

.....

.....

จำนวน e^-

.....

.....

.....

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

เนื่องจากในธรรมชาติธาตุเกือบทั้งหมดมีไอโซโทป มวลอะตอมของธาตุที่แสดงในตารางธาตุจึงเป็นน้ำหนักเฉลี่ยของไอโซโทปต่างๆ ที่เสถียรของธาตุนั้น เช่น มวลอะตอมเฉลี่ยของ C

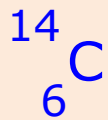
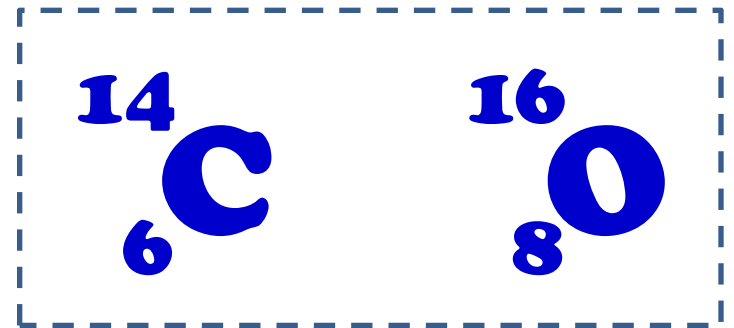
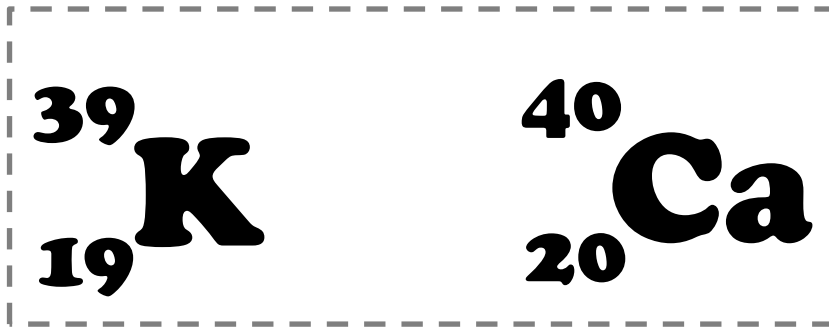
The *average atomic mass* on the periodic table represents the average mass of the naturally occurring mixture of isotopes.

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

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

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

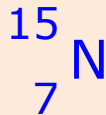
ไอโซโทน (isotone) : ธาตุที่มีผลต่างของเลขมวลกับเลขอะตอมเท่ากันหรือกล่าวได้ว่ามีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน



$$Z = 6$$

$$N = 8$$

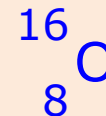
$$A = 14$$



$$Z = 7$$

$$N = 8$$

$$A = 15$$



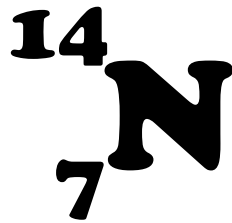
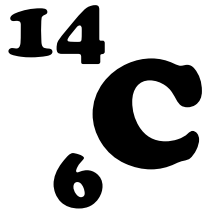
$$Z = 8$$

$$N = 8$$

$$A = 16$$

3. ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์

ไอโซบาร์ (isobar) : ธาตุที่มีเลขมวลเท่ากันแต่เลขอะตอมต่างกัน หรือ
กล่าวได้ว่ามีผลรวมของโปรตอนกับนิวตรอนเท่ากัน



4. มวลโมเลกุล

โมเลกุล: เกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมด้วยพันธะเคมี ถ้ารู้มวลอะตอมของแต่ละองค์ประกอบที่อยู่ในโมเลกุลนั้น จะคำนวณหา มวลโมเลกุล (molecular mass) ของโมเลกุลนั้นได้

มวลโมเลกุล บางครั้งเรียก “น้ำหนักโมเลกุล” (molecular weight; MW) หาจากผลรวมของมวลอะตอมทุกอะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลนั้น เช่น

$$\begin{aligned}\text{มวลโมเลกุลของน้ำ; H}_2\text{O} &= 2(\text{มวลอะตอม H}) + 1(\text{มวลอะตอม O}) \\ &= (2 \times 1.008 \text{ amu}) + 16.00 \text{ amu} \\ &= 18.02 \text{ amu}\end{aligned}$$

มวลโมเลกุล (Molecular mass) น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) หรือ น้ำหนักสูตร (formula weight)

4. มวลโมเลกุล

มวลโมเลกุลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์; SO_2

$$\begin{aligned} &= 1(\text{มวลอะตอม S}) + 2(\text{มวลอะตอม O}) \\ &= 32.07 \text{ amu} + (2 \times 16.00 \text{ amu}) \\ &= 64.07 \text{ amu} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &= 8(\text{มวลอะตอม C}) + 10(\text{มวลอะตอม H}) + \\ &\quad 4(\text{มวลอะตอม N}) + 2(\text{มวลอะตอม O}) \\ &= (8 \times 12.01 \text{ amu}) + (10 \times 1.008 \text{ amu}) + \\ &\quad (4 \times 14.01 \text{ amu}) + (2 \times 16.00 \text{ amu}) \\ &= 194.20 \text{ amu} \end{aligned}$$

5. โมล

- นิยมใช้หน่วย “โมล” เพื่อบอกปริมาณของสาร
- 1 โมล เท่ากับ 6.022×10^{23} หน่วยอนุภาค (อะตอม โมเลกุล ไอออน) (Avogadro's number, N_A) ซึ่งเท่ากับจำนวนอะตอมของ C-12 หนัก 12 กรัม
- คำว่า “โมล” อาจใช้ได้หลายลักษณะ (อะตอม โมเลกุล หรือไอออน)
- **หนึ่งโมลอะตอมของธาตุใดๆ จะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้นๆ**
 - ออกซิเจน 1 โมลอะตอมจะมี 6.02×10^{23} อะตอม และมี น้ำหนัก 16.0 กรัม

O

5. โมล

➤ 1 โมลโมเลกุล

➤ ประกอบด้วยจำนวนโมเลกุลเท่ากับเลขอวกาโต

➤ และมีน้ำหนักเท่ากับมวลโมเลกุลของสารประกอบนั้นๆ

➤ ออกซิเจน 1 โมลโมเลกุลจะมี 6.02×10^{23} โมเลกุล และมีน้ำหนัก 32.0 กรัม
 O_2

➤ H_2O 1 โมล น้ำหนัก 18 กรัม จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล

➤ ถ้ามีน้ำเพียง 9.0 กรัม จะมีจำนวนโมลเพียง $\frac{9.0}{18} = \frac{1}{2}$ โมล

และ จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ $\frac{6.02 \times 10^{23}}{2} = 3.01 \times 10^{23}$ โมเลกุล

➤ ถ้ามีน้ำอยู่ 36.0 กรัม จะมีจำนวนโมล $\frac{36.0}{18} = 2$ โมล

และ จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ $2 \times 6.02 \times 10^{23} = 1.20 \times 10^{24}$ โมเลกุล

5. โมล

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม) ของสาร}}{\text{น้ำหนักอะตอม หรือ น้ำหนักโมเลกุล}}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

$$\text{mol} \times \text{MW} = \text{g}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

โจทย์ 1 แก๊สฮีเลียม(He) 6.46 g มีกี่โมล

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}\text{จำนวนโมลของ He} &= 6.46 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{4.003 \text{ g}} \\ &= 1.60 \text{ mol}\end{aligned}$$

5. โมล

โจทย์ 2 ถ้ามีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ($\text{C} = 12.0$ $\text{O} = 16.0$)หนัก 9.24 กรัม

- จงคำนวณหา
- (ก) จำนวนโมลของ CO_2
 - (ข) จำนวนโมเลกุลของ CO_2
 - (ค) จำนวนโมลของแต่ละธาตุในคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนนี้
 - (ง) จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุ

(ก) จำนวนโมลของ CO_2

มวลโมเลกุลของ $\text{CO}_2 = 12.01 + (2 \times 16.00) = 44.0$ กรัม

จำนวนโมลของ $\text{CO}_2 = \frac{9.24}{44.0} = 0.210$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

5. โมล

(ข) จำนวนโมเลกุลของ CO₂

CO₂ 1 โมล มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23} โมเลกุล

ถ้า CO₂ 0.21 โมล จะมีจำนวนโมเลกุล = $\frac{0.21 \text{ โมล} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล}}{1 \text{ โมล}}$
= 1.26×10^{23} โมเลกุล

(ค) จำนวนโมลของแต่ละธาตุในคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนนี้

ใน 1 โมเลกุลของ CO₂ มี C 1 อะตอม และ O 2 อะตอม

ดังนั้น CO₂ 1 โมล จึงประกอบด้วย C 1 โมล และ O 2 โมล

และถ้า CO₂ 0.21 โมล จะประกอบด้วย C 0.210 โมล และ O 0.210×2 โมล

นั่นคือ จำนวนโมลของธาตุคาร์บอน = 0.210 โมล

จำนวนโมลของธาตุออกซิเจน = $0.210 \times 2 = 0.420$ โมล

5. โมล

(ง) จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุใน CO_2

CO_2 1 โมเลกุล มี C 1 อะตอม และ O 2 อะตอม

ดังนั้น ถ้า CO_2 จำนวน 1.26×10^{23} โมเลกุล จะมี C = $1 \times 1.26 \times 10^{23}$ อะตอม

และมี O = $2 \times 1.26 \times 10^{23}$ อะตอม

= 2.52×10^{23} อะตอม

5. โมล

โจทย์ 3 จะต้องใช้ Ca กี่โมล และ กี่กรัม จึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกับ Cl 41.5 กรัม เพื่อเกิด CaCl_2 เป็นผลผลิต (Ca = 40.1 Cl = 35.5)

วิธีทำ

จากสูตรของผลิตภัณฑ์ คือ CaCl_2 ทำให้เราทราบว่า

Cl 2 โมล ที่คิดเป็น 2×35.5 g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Ca 1 โมล ที่คิดเป็น 40.1 g

$$\begin{array}{lcl} \text{ถ้า Cl } 41.5 \text{ g} & \text{จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ Ca} & \frac{(40.1 \text{ g})(41.5 \text{ g})}{2 \times 35.5 \text{ g}} = 23.5 \text{ g} \end{array}$$

นั่นคือ ต้องใช้ Ca 23.5 g ซึ่งคิดเป็น Ca กี่โมล

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

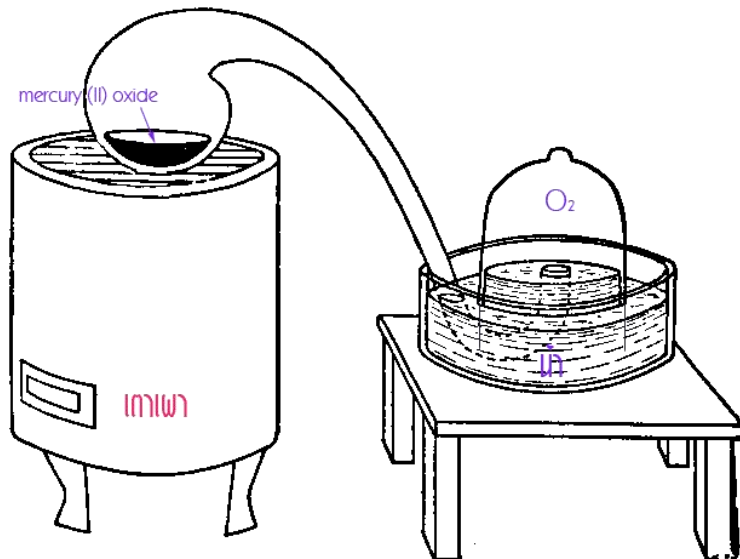
$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{23.5}{40.1} \\ &= 0.585 \end{aligned}$$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

กฎทรงมวล

กฎทรงมวล (Laws of conservative of mass) กล่าวว่า **มวล**ของสาร**ก่อน**ทำปฏิกิริยาจะเท่ากับ**มวล**ของสาร**หลัง**ทำปฏิกิริยา

ลาวัวซีเยร์ ทดลอง



น้ำหนักสารตั้งต้น	500.0 g	← ก่อน Rx.
น้ำหนัก Hg (l)	463.1 g	← หลัง Rx.
น้ำหนัก O ₂ (g)	36.9 g	← หลัง Rx.

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

กฎทรงมวล

ไฮโดรเจนหนัก 4.04 กรัม ทำปฏิกิริยากับกำมะถันได้ไฮโดรเจนซัลไฟด์หนัก 68.16 กรัม ต้องใช้กำมะถันหนักกี่กรัม



มวลของสารก่อนทำ
ปฏิกิริยาจะเท่ากับมวล
ของสารหลังทำปฏิกิริยา

$$\begin{aligned} \text{x กรัม} &= 68.16 - 4.04 \\ &= 64.12 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องใช้กำมะถันหนัก 64.12 กรัม

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

กฎสัดส่วนคงที่

กฎสัดส่วนคงที่ Joseph Proust ผู้ตั้งกฎกล่าวว่า สารประกอบชนิดเดียวกันมีองค์ประกอบที่เหมือนกันจะมีสัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบคงที่เสมอ เช่น คอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) ไม่ว่าจะเป็นชนิดที่พบในแร่มาลาไคต์ หรือที่สังเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการจะมีสัดส่วนโดยมวลของ

Cu = 57.46%

C = 5.43%

H = 0.91%

O = 36.17% เสมอ

หมายถึง ถ้า ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) มีมวล = 100 g จะประกอบด้วย Cu, C, H และ O
= 57.46, 5.43, 0.91 และ 36.17 g เสมอ

อาจกล่าวได้ว่ากฎสัดส่วนคงที่เป็นการระบุถึง % โดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบนั่นเอง

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวล

- ต้อง**
- เขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบได้
 - หามวลโมเลกุลของสารประกอบได้

เช่น สูตรโมเลกุลคือ $(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3)$ แสดงว่าโมเลกุลนี้ประกอบด้วย

- Cu 2 โมล
- O 5 โมล
- H 2 โมล
- C 1 โมล

	Cu	O	H	C
มวลโมเลกุลของสาร	$= (2 \times 63.546)$	$+ (5 \times 16)$	$+ (2 \times 1.008)$	$+ (1 \times 12.01)$
	$= 221.118 \text{ กรัม}$			

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวล

$$\therefore \% \text{ ของธาตุ Cu} = \frac{2 \times 63.546}{221.118} \times 100 = 57.46\%$$

$(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3)$	221. 118 g	มี Cu	2×63.546
$(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3)$	100 g	จะมี Cu	$\frac{2 \times 63.546}{221.118} \times 100$
			$= 57.46 \%$

$$\text{เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของธาตุ} = \frac{\text{mol} \times \text{มวลอะตอมของธาตุ}}{\text{มวลโมเลกุลของสารประกอบ}} \times 100\%$$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวล

$$\therefore \% \text{ ของธาตุ O} = \frac{5 \times 16}{221.18} \times 100\% = 36.17\%$$

$$\therefore \% \text{ ของธาตุ H} = \frac{2 \times 1.008}{221.18} \times 100\% = 0.91\%$$

$$\therefore \% \text{ ของธาตุ C} = \frac{12.01}{221.18} \times 100\% = 5.43\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของธาตุ} = \frac{\text{mol} \times \text{มวลอะตอมของธาตุ} \times 100\%}{\text{มวลโมเลกุลของสารประกอบ}}$$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบโดยมวล

เช่น H_2O 1 โมเลกุล ประกอบด้วย H 2 โมล และ O 1 โมล

มวลอะตอม $\text{H} = 1.008$

$\text{O} = 16$

มวลโมเลกุล $\text{H}_2\text{O} = 18.016$

$$\text{ดังนั้น } \% \text{ H} = 2 \times \frac{1.008}{18.016} \times 100 = 11.19\%$$

$$\text{ดังนั้น } \% \text{ O} = \frac{16}{18.016} \times 100 = 88.81\%$$

} $= 100\%$ เสมอ

หรือกล่าวได้ว่า อัตราส่วนโดยมวล ของ H : O ที่เป็นองค์ประกอบใน H_2O
เป็น 1 : 8

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

สูตรเคมี

สูตรเคมี (Chemical formula) หมายถึงกลุ่มของสัญลักษณ์ของธาตุที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงองค์ประกอบของสารว่าประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง แบ่งออกเป็นสามชนิด

สูตรอย่างง่าย
(empirical
formula)

สูตรโมเลกุล
(molecular
formula)

สูตรโครงสร้าง
(structural
formula)

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

สูตรเคมี

สูตรเคมี

สูตรอย่างง่าย
(empirical formula)

เป็นสูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำ
ของจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็น
องค์ประกอบในสารนั้น

ไฮโดรเจน H_2 H-H

สูตรโมเลกุล
(molecular formula)

เป็นสูตรที่แสดงจำนวน
อะตอมของธาตุที่เป็น
องค์ประกอบที่มีอยู่จริงใน
หนึ่งโมเลกุลของสาร

น้ำ H_2O H-O-H

สูตรโครงสร้าง
(structural formula)

เป็นสูตรที่แสดงการยึด
เหนี่ยวของอะตอม
ภายในโมเลกุล

แอมโมเนีย NH_3 $\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาสูตรอย่างง่ายจาก %องค์ประกอบของธาตุ

ตัวอย่าง 2.1 สูตรเอมพิริคัลของสารที่ประกอบด้วย Na 29.1%, S 40.5% และ

O 30.4% โดยน้ำหนัก

วิธีคิด จำนวนโมล Na = $\frac{29.1}{23.0} = 1.26$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

จำนวนโมล S = $\frac{40.5}{32.0} = 1.26$

จำนวนโมล O = $\frac{30.4}{16.0} = 1.99$

เทียบจำนวนโมลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบด้วย Na : S : O

1.26 : 1.26 : 1.99

ทำให้เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ (หารตลอดด้วย 1.26) 1 : 1 : 1.58

ทำให้เป็นเลขจำนวนเต็ม (คูณ 2 ตลอด) 2 : 2 : 3

อัตราส่วนจำนวนโมลของ Na : S : O เป็น 2 : 2 : 3

ดังนั้นสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้คือ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาสูตรอย่างง่ายจาก %องค์ประกอบของธาตุ

เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) ประกอบด้วย C 40.92% H 4.58% และ O 54.50%
หาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบนี้

	C	H	O
อัตราส่วนโดยมวล	40.92	4.58	54.50
อัตราส่วนโดยโมล	<u>40.92</u>	<u>4.58</u>	<u>54.50</u>
mol = $\frac{g}{MW}$	12.01	1.008	16
	3.41	4.54	3.40
อัตราส่วนลงตัว	<u>3.41</u>	<u>4.54</u>	<u>3.40</u>
(โดยการหารตลอดด้วยจำนวนเลขที่น้อยสุด)	3.40	3.40	3.40
ทำให้เป็นจำนวนเต็ม	1 X3	1.33 x3	1 x3
	3	4	3

∴ สูตรอย่างง่ายของวิตามินซี คือ $C_3H_4O_3$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาสูตรโมเลกุลจากสูตรอย่างง่าย

สูตรอย่างง่ายบอกถึงอัตราส่วนอย่างต่ำของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบ
จึงใช้หาสูตรโมเลกุลต่อได้ โดยต้องรู้มวลโมเลกุลของสารนั้น

$$\text{สูตรโมเลกุล} = n(\text{สูตรอย่างง่าย})$$



ต้องหา n

$$\text{ดังนั้น } n = \frac{\text{มวลโมเลกุลของสูตรโมเลกุล}}{\text{มวลโมเลกุลของสูตรอย่างง่าย}}$$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

การหาสูตรโมเลกุลจากสูตรอย่างง่าย

$$\text{สูตรโมเลกุล} = n(\text{สูตรอย่างง่าย})$$

เช่น วิตามินซีมีสูตรอย่างง่ายเป็น $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ หาสูตรโมเลกุล ถ้ามวลโมเลกุลของสารประกอบนี้เท่ากับ 176.12

นั่นคือกำลังจะหา $n(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3)$; $n = ?$

$$\begin{aligned}\text{มวลโมเลกุลของสูตรอย่างง่าย} &= (3 \times 12.01) + (4 \times 1.008) + (3 \times 16) \\ &= 88.0616\end{aligned}$$

$$\text{แต่มวลโมเลกุลของสูตรโมเลกุล} = 176.12$$

$$\text{ดังนั้น } n = \frac{\text{มวลโมเลกุลของสูตรโมเลกุล}}{\text{มวลโมเลกุลของสูตรอย่างง่าย}}$$

$$\begin{aligned}n &= \frac{176.12}{88.0616} \\ &= 1.99996 \text{ หรือ } = 2\end{aligned}$$

$$\text{สูตรโมเลกุล} = 2(\text{สูตรอย่างง่าย}) \therefore 2(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3) = \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$$

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

จงหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

สารประกอบชนิดหนึ่งมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบ นำสารนี้ 0.375 กรัม มาเผาได้สารผลิตภัณฑ์เพียงสองชนิดเท่านั้น คือ คาร์บอนไดออกไซด์ 0.516 กรัม และน้ำ 0.421 กรัม

จงคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้
เมื่อสารประกอบนี้มีน้ำหนักโมเลกุล 32.014 กรัม (C=12.011, O= 15.999)

คิดธาตุคาร์บอน

(คิดจาก $12 + (16 \times 2) = 44$)

CO₂ มีน้ำหนักโมเลกุล 44.009 กรัม ซึ่งประกอบด้วย Cหนัก 12.011 กรัม

ถ้า CO₂หนัก 0.516 กรัม

จะประกอบด้วย Cหนัก $\frac{12.011 \times 0.516}{44.009} = 0.141$ กรัม

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

คิดธาตุไฮโดรเจน

(คิดจาก $(1 \times 2) + 16 = 18$)

H_2O มีน้ำหนักโมเลกุล 18.001 กรัม ซึ่งประกอบด้วย H น้ำหนัก 2.002 กรัม

ถ้า H_2O น้ำหนัก 0.421 กรัม

จะประกอบด้วย H น้ำหนัก $\frac{2.002 \times 0.421}{18.001} = 0.0468$ กรัม

คิดธาตุออกซิเจน

(คาร์บอน)

มวลของ O ในสารประกอบนี้ = $0.375 - 0.141 - 0.0468 = 0.187$ กรัม

(สารทั้งหมด) (ไฮโดรเจน)

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ C : H : O = 0.141 : 0.0468 : 0.187

อัตราส่วนโดยโมลของ C : H : O = $\frac{0.141}{12.011} : \frac{0.0468}{1.007} : \frac{0.187}{15.999}$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

= 0.0117 : 0.0468 : 0.0117

ทำให้เป็นอัตราส่วนที่เป็นเลขน้อยๆ
โดยการหารตลอดด้วยจำนวนเลขที่
น้อยสุด

= $\frac{0.0117}{0.0117} : \frac{0.0468}{0.0117} : \frac{0.0117}{0.0117}$

= 1 : 4 : 1

สูตรอย่างง่าย คือ CH₄O

6. กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่

โจทย์บอก สารประกอบมีน้ำหนักโมเลกุล 32.014 กรัม (มวลโมเลกุลของสูตรโมเลกุล)

$$\text{มวลโมเลกุลของสูตรอย่างง่าย} = 12.011 + 4.028 + 15.999$$

$$\text{สูตรอย่างง่าย คือ } \text{CH}_4\text{O} = 32.038$$

$$\text{สูตรโมเลกุล} = n(\text{สูตรอย่างง่าย})$$

$$\text{ดังนั้น } n = \frac{\text{มวลโมเลกุลของสูตรโมเลกุล}}{\text{มวลโมเลกุลของสูตรอย่างง่าย}}$$

$$32.014 = n(32.038)$$

$$1 = n$$

สูตรโมเลกุล CH_4O (สูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลเป็นสูตรเดียวกัน)

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

ปฏิกิริยาเคมี คือกระบวนการที่สาร**ชนิดหนึ่ง** (หรือมากกว่า) มีการเปลี่ยนแปลงเป็น**สารใหม่** (อาจมากกว่า 1 ชนิด)

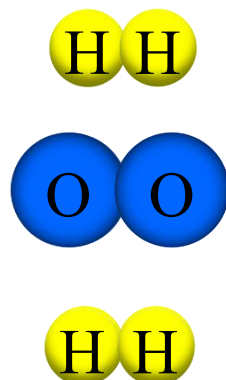
สมการเคมี คือสัญลักษณ์ทางเคมีที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงถึงปฏิกิริยาเคมีนั้น

พิจารณา**ปฏิกิริยาเคมี**ที่เกิดขึ้นต่อไปนี้



ก๊าซ H_2 จำนวน 2 โมเลกุล

ก๊าซ O_2 จำนวน 1 โมเลกุล



ทำปฏิกิริยากัน



เกิด H_2O

จำนวน 2 โมเลกุล

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

- สารที่เข้าทำปฏิกิริยา เรียกว่า ตัวทำปฏิกิริยา หรือสารตั้งต้น (reactant)
- สารที่เกิดขึ้นใหม่ เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ (product)
- ปฏิกิริยาเขียนแทนด้วย สมการเคมี (chemical equation) โดยให้ตัวทำปฏิกิริยาอยู่ซ้ายมือและสารผลิตภัณฑ์อยู่ขวามือของลูกศรที่ชี้ไปทางสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

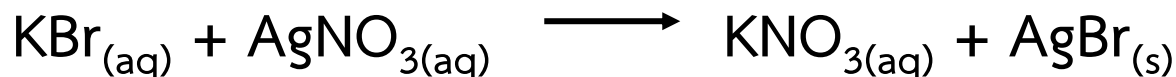
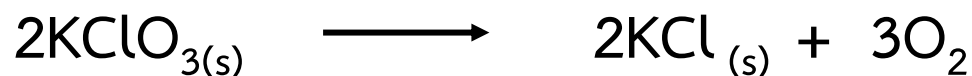
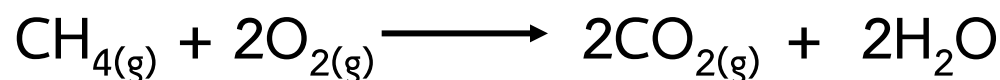
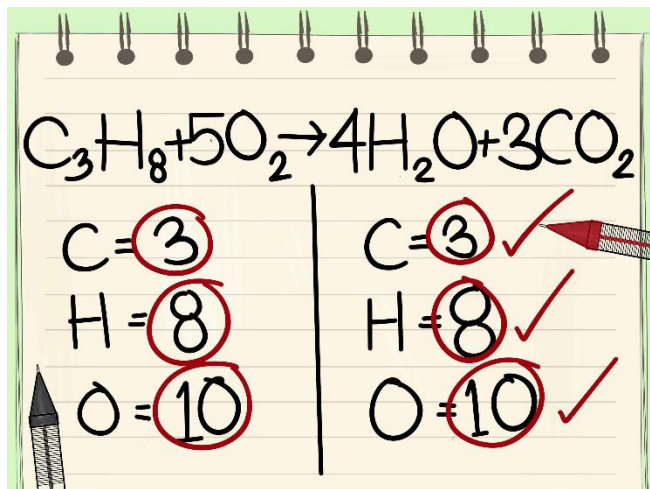
- แสดงปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสาร
- สถานะทางกายภาพของสารด้วยตัวอักษรย่อในวงเล็บ
- แก๊ส (g) ของเหลว (l) และ ของแข็ง (s) และสารที่อยู่ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (aq)
- สมการโมเลกุลที่ดุลแล้วจะต้องมีจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุทั้งสองข้างลูกศรเท่ากัน โดยใช้ตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็มที้น้อยที่สุด

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

- สมการโมเลกุลที่ดุลแล้วจะต้องมีจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุทั้งสองข้างลูกศรเท่ากัน โดยใช้ตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็มที้น้อยที่สุด



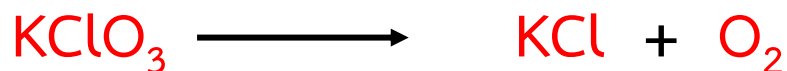
7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี



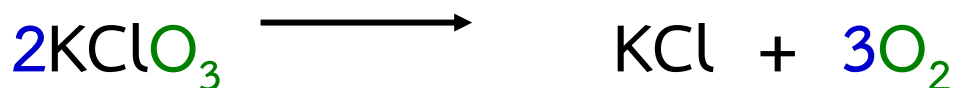
ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ

- พิจารณาธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียวในแต่ละด้านของสมการที่มีจำนวนอะตอมเท่ากันทั้งสองด้าน ไม่ต้องปรับค่าตัวเลขสัมประสิทธิ์



- พิจารณาธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียวในแต่ละด้านของสมการแต่มีจำนวนอะตอมที่แตกต่างกัน ทำการดุลธาตุเหล่านี้ทั้งสองด้านให้เท่ากัน โดยการเติมตัวเลขสัมประสิทธิ์



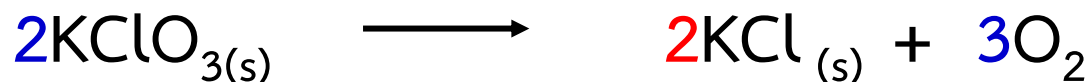
7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ

- ดุลธาตุที่มีสองสูตรหรือมากกว่าของด้านเดียวกันในสมการ



- ตรวจสอบว่าดุลสมการได้ถูก โดยที่ต้องแน่ใจว่าจำนวนอะตอมในแต่ละด้านเท่ากัน

สารตั้งต้น	สารผลิตภัณฑ์
K = 2 อะตอม	K = 2
Cl = 2 อะตอม	Cl = 2
O = 6 อะตอม	O = 6

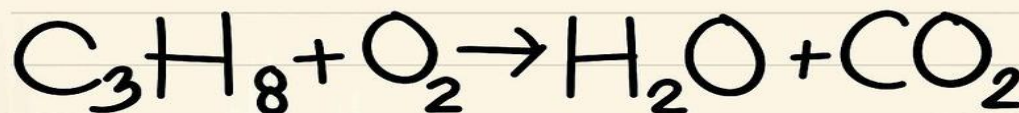
7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ

1. เขียนสมการ ในตัวอย่าง คุณจะดุลสมการนี้: $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเมื่อโพรเพน (C_3H_8) เผาไหม้กับออกซิเจน และได้ผลผลิตเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์

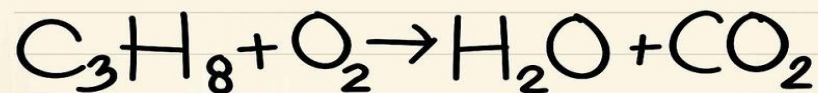


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

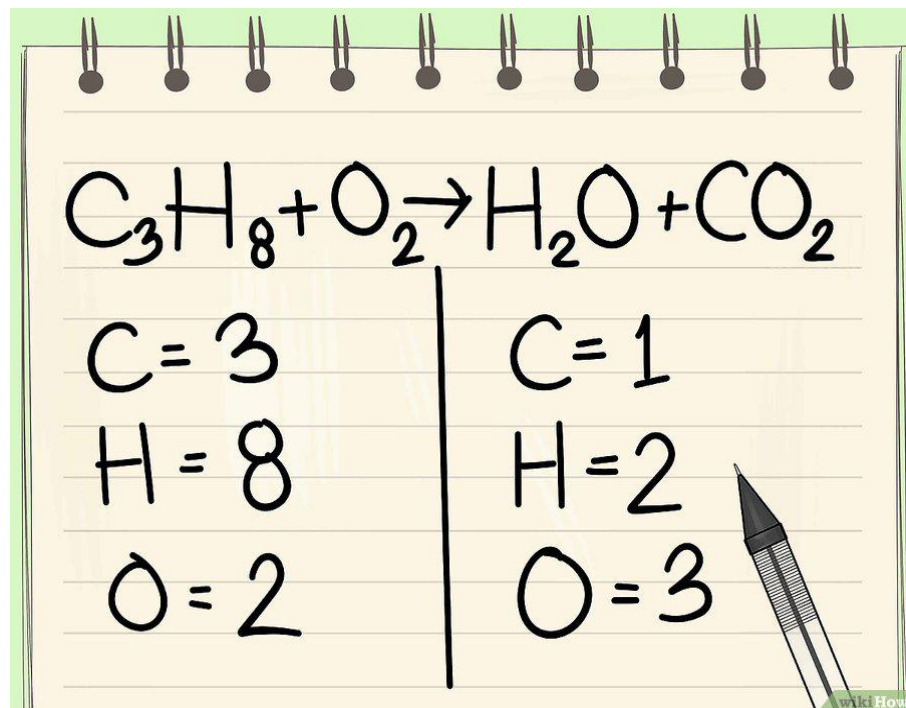
ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ



2. เขียนจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละธาตุ ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ จำนวนอะตอมในสมการ ดูได้จากตัวห้อยที่อยู่ด้านล่างของแต่ละอะตอม

- ด้านซ้าย: คาร์บอน 3 อะตอม
ไฮโดรเจน 8 อะตอม
และออกซิเจน 2 อะตอม
- ด้านขวา: คาร์บอน 1 อะตอม
ไฮโดรเจน 2 อะตอม
ออกซิเจน 3 อะตอม

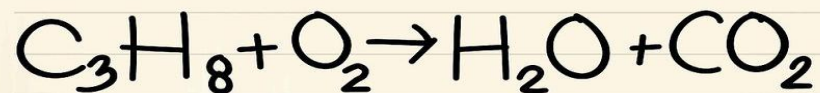


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

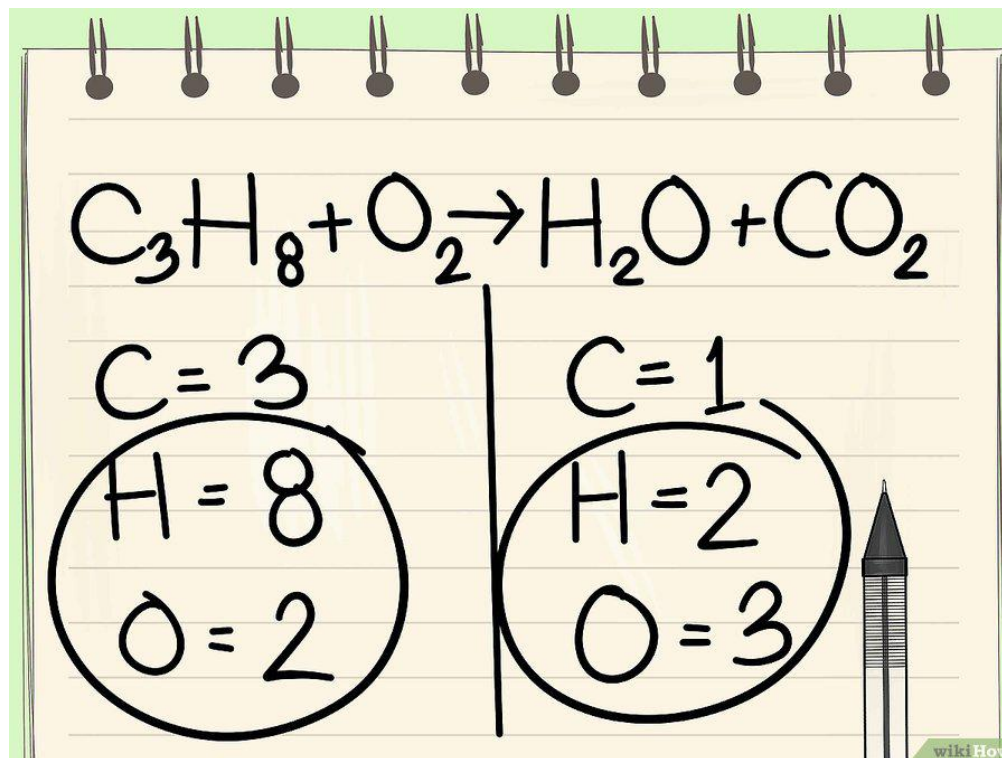
สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ



3. เก็บจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนไว้ดุลตอนท้ายสุดทุกครั้ง

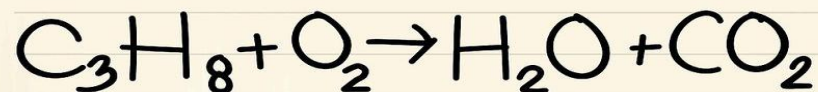


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

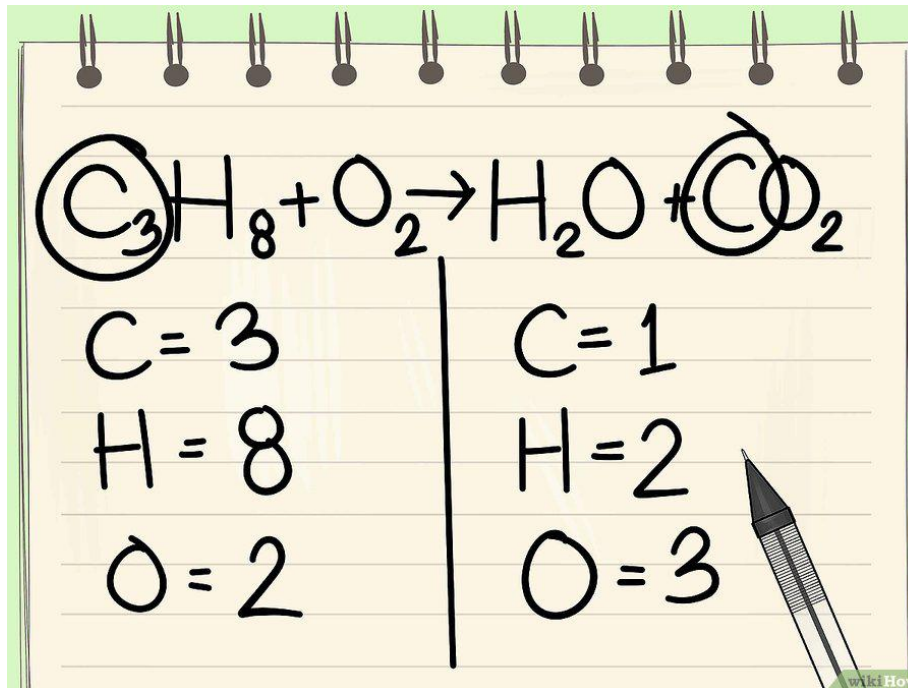
ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ



4. ถ้ายังเหลือธาตุที่ต้องดุลมากกว่า 1 ธาตุ

ให้เลือกธาตุที่ปรากฏอยู่ในสารตั้งต้นโมเลกุลหนึ่งและสารผลิตภัณฑ์โมเลกุลหนึ่ง ดังนั้น ในที่นี้ต้องดุลอะตอมคาร์บอนก่อนเป็นอันดับแรก



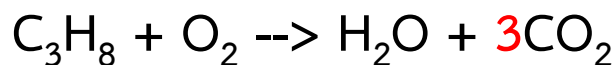
7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ

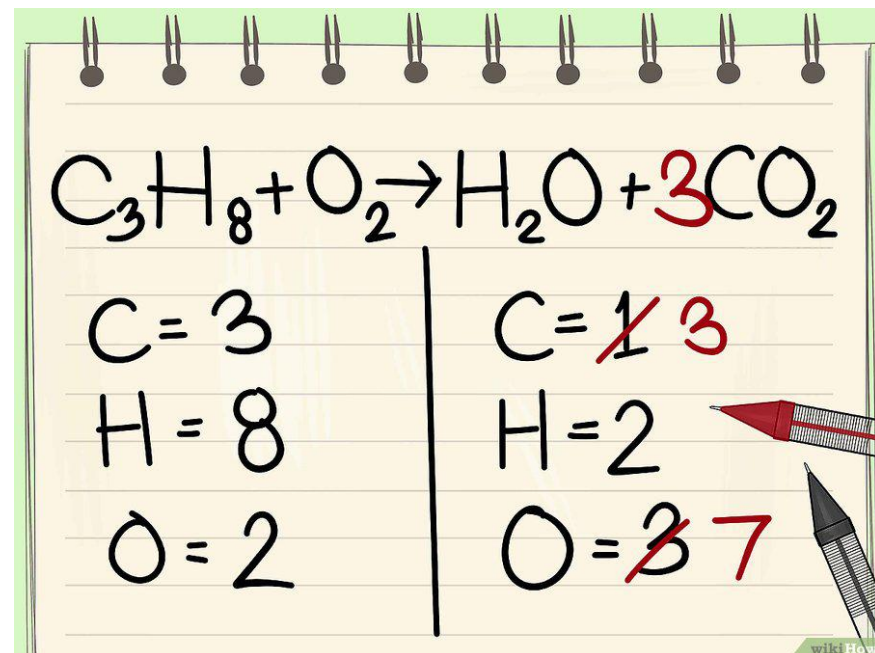
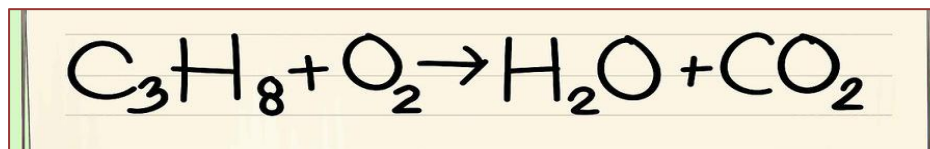
5. เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ให้กับคาร์บอน 1 อะตอม
ทางด้านขวาของสมการ เพื่อให้สมดุล
กับคาร์บอน 3 อะตอมทางด้านซ้าย



- ตัวเลข 3 ที่เป็ค่าสัมประสิทธิ์หน้า
คาร์บอนทางด้านขวา หมายถึง

คาร์บอน 3 อะตอม เช่นเดียวกับตัวห้อยเลข 3 ที่อยู่ด้านล่างของคาร์บอนด้านซ้าย
ซึ่งหมายถึง คาร์บอนจำนวน 3 อะตอม

- ในสมการเคมีหนึ่ง คุณเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ได้ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนตัวห้อยด้านล่างได้

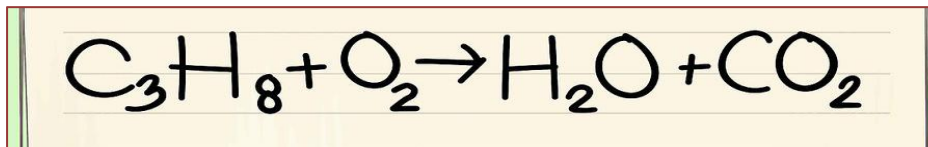


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

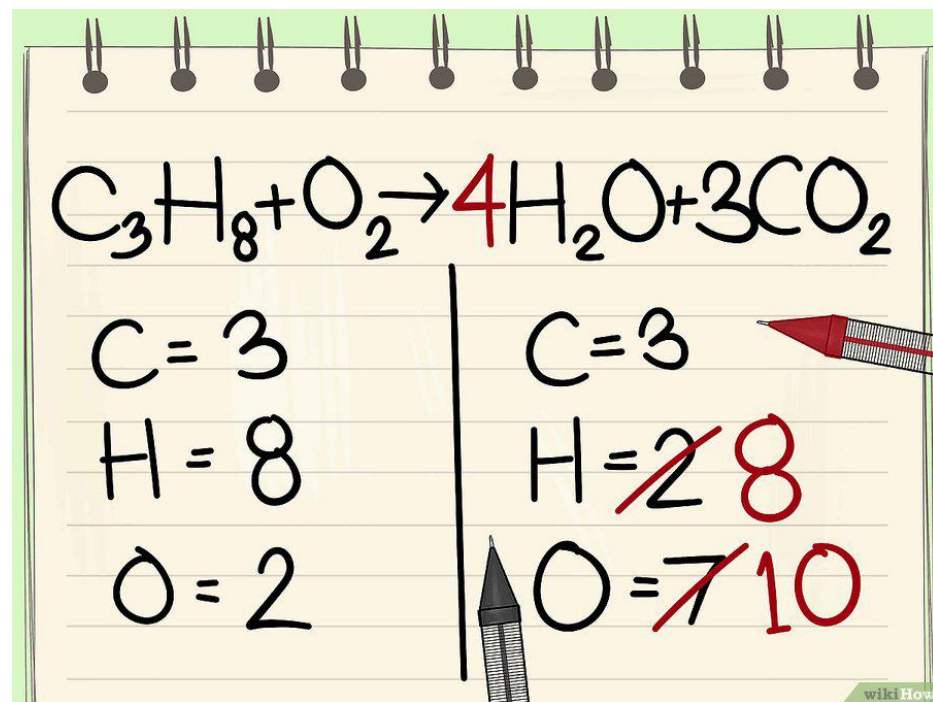
ก.1) การดุลสมการ



6. จากนั้นจึงดุลอะตอมไฮโดรเจน มีไฮโดรเจน 8 อะตอมทางด้านซ้าย ดังนั้นจึงต้องมีไฮโดรเจนอีก 8 อะตอมทางด้านขวา



- เพิ่ม 4 เป็นค่าสัมประสิทธิ์หน้าไฮโดรเจนทางด้านขวา เพราะเดิมมีไฮโดรเจน 2 อะตอมอยู่แล้ว ซึ่งเห็นได้จากตัวห้อยด้านล่าง
- พอนำค่าสัมประสิทธิ์ 4 ไปคูณกับตัวห้อย 2 ก็จะได้ผลลัพธ์เป็น 8
- ออกซิเจนอีก 6 อะตอมนั้นมาจาก 3CO_2
- $(3 \times 2 = 6$ อะตอมออกซิเจน + อะตอมที่เหลือ $4 = 10)$

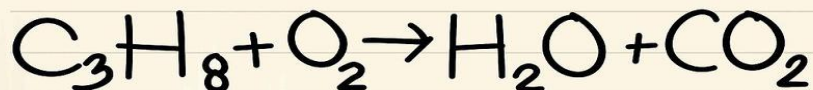


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

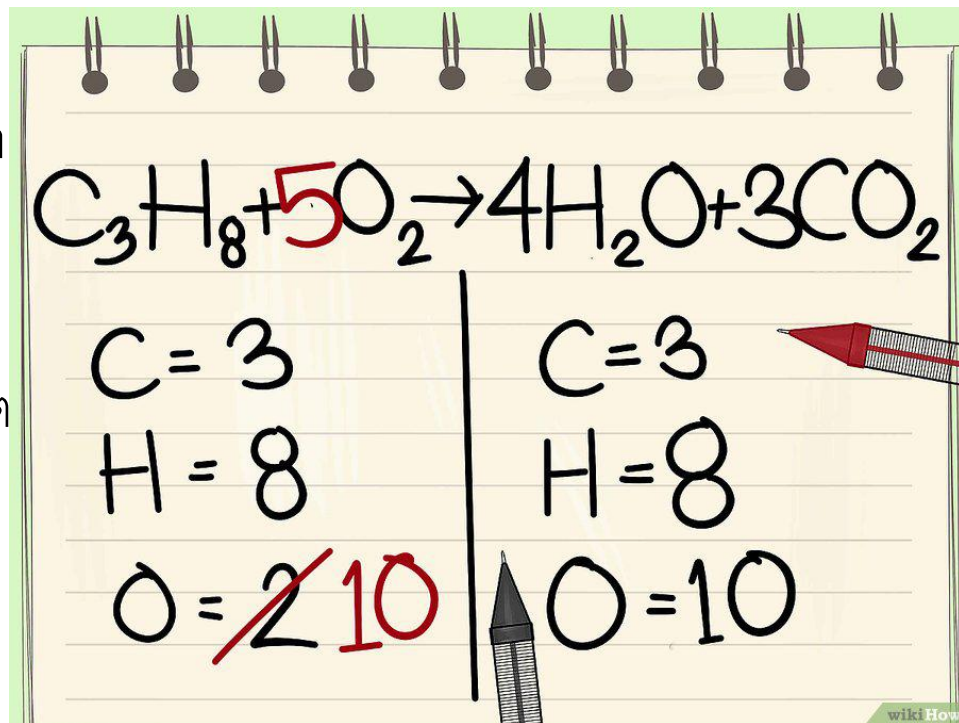
ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ



7. ดุลอะตอมออกซิเจน

- ก่อนหน้านี้คุณเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ให้โมเลกุลด้านขวาของสมการไปแล้ว จำนวนอะตอมของออกซิเจนจึงเปลี่ยนแปลงไป
ตอนนี้มีออกซิเจน 4 อะตอมในโมเลกุลน้ำ
มีออกซิเจน 6 อะตอมในโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์
รวมจำนวนออกซิเจนทั้งหมดเป็น 10 อะตอม
- เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ของโมเลกุลออกซิเจนทางด้านซ้ายของสมการเป็น 5
แล้วทั้งด้านซ้ายและขวาก็จะมีออกซิเจน 10 อะตอมเท่ากัน

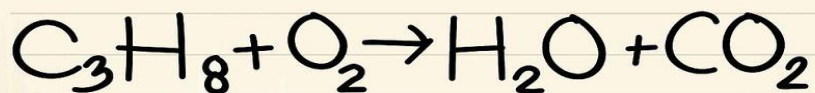


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

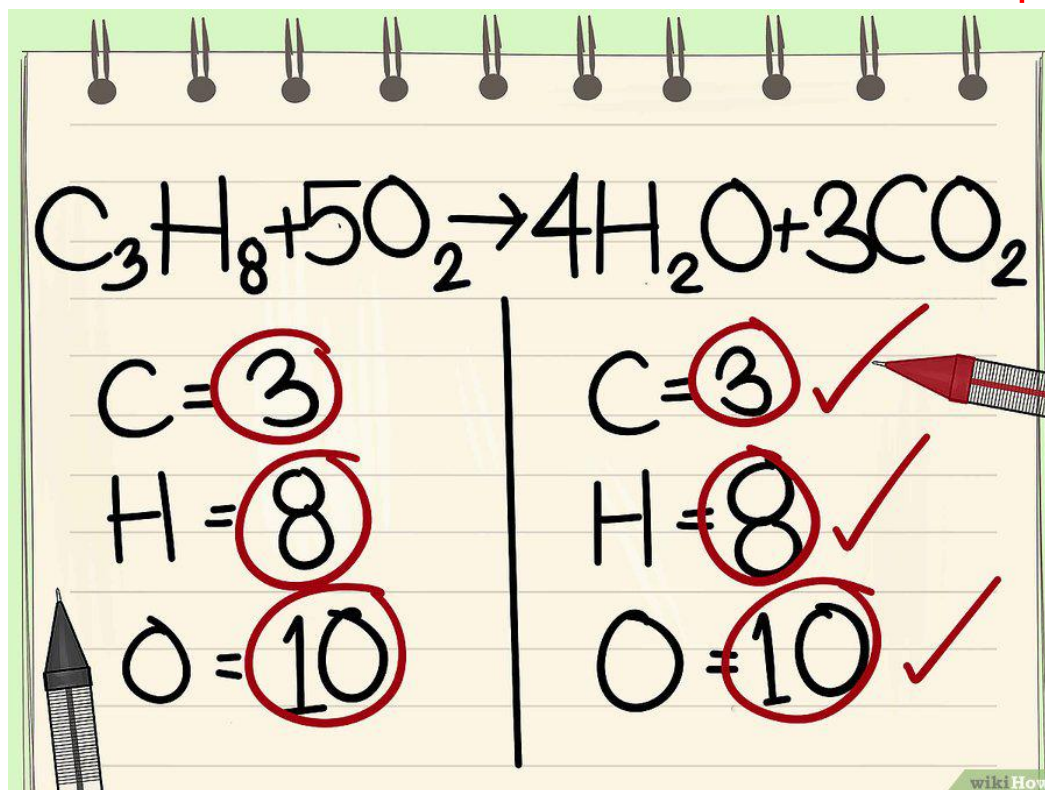
สมการเคมี

ก) สมการโมเลกุล

ก.1) การดุลสมการ



8. อะตอมคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนมีจำนวนเท่ากันแล้ว การดุลสมการเป็นอันเสร็จ



การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

การดุลสมการเคมีมีขั้นตอนดังนี้

1. เติม**เลขสัมประสิทธิ์**ที่ทำให้**จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุมีค่าเท่ากัน**ทั้งสองด้านของสมการ ปรับเปลี่ยนเลขสัมประสิทธิ์ให้เหมาะสม แต่ไม่ให้เปลี่ยนเลขกำกับล่างเพราะจะทำให้เอกลักษณ์ของสารเปลี่ยน
2. พิจารณา**ธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียว**ในแต่ละด้านของสมการโดยมี**จำนวนอะตอมเท่ากัน**ทั้งสองด้าน สูตรที่ประกอบด้วยธาตุเหล่านี้จะมี**เลขสัมประสิทธิ์เท่าเดิม** ไม่ต้องปรับเปลี่ยน
3. พิจารณา**ธาตุที่ปรากฏเพียงครั้งเดียว**ในแต่ละด้านของสมการแต่มี**จำนวนอะตอมทั้งสองด้านไม่เท่ากัน** ดุลธาตุเหล่านี้ให้เท่ากัน ไม่ต้องปรับเปลี่ยน
4. สุดท้าย**ดุลธาตุที่มีสองสูตรหรือมากกว่าของด้านเดียวกัน**ในสมการ

แล้วจึงตรวจให้แน่ใจว่า**จำนวนอะตอมของธาตุทั้งสองด้านของลูกศรเท่ากัน**

การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

K: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
และมีจำนวนเท่ากัน
∴ ไม่ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

Cl: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
และมีจำนวนเท่ากัน
∴ ไม่ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์



O: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
แต่จำนวนไม่เท่ากัน
∴ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์เพื่อดุลจำนวนอะตอม

ด้านซ้ายมี O 3 อะตอม ด้านขวามี 2 อะตอม
ทำให้เท่ากันโดยการ x ไขว้
∴ เติม 2 หน้า KClO_3 และเติม 3 หน้า O_2



สุดท้ายตรวจสอบจำนวนอะตอมของทุกธาตุทางด้านซ้ายและขวา ถ้ายังไม่เท่ากัน ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์เพื่อดุลอีก



สุดท้ายมี K 2 อะตอม มี Cl 2 อะตอม และมี O 6 อะตอม ทั้งสองด้าน

การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

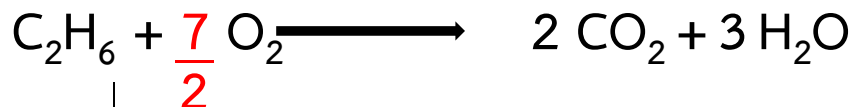
C: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
แต่จำนวนไม่เท่ากัน
∴ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

H: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
แต่จำนวนไม่เท่ากัน
∴ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์



จำนวนอะตอม C และ H เท่ากัน
ทั้งทางด้านซ้ายและขวา

O: ครึ่งเดียวทางด้านซ้าย แต่มี 2 ครั้งทางด้านขวา
∴ ต้องรวมจำนวนด้านขวา
แล้วเติมเลขสัมประสิทธิ์ทางด้านซ้ายให้เท่าด้านขวา



สุดท้ายตรวจสอบจำนวนอะตอมของทุกธาตุทางด้านซ้ายและขวา และทำเลขให้ลงตัว โดย $\times 2$ หน้าทุกโมเลกุล



สุดท้ายมี

C 4 อะตอม

H 12 อะตอม

O 14 อะตอม

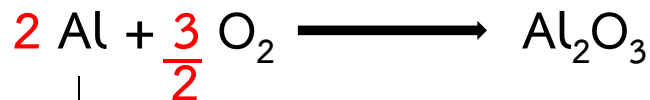
ทั้งสองด้าน

การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

Al: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
แต่จำนวนไม่เท่ากัน
∴ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์

O: ครึ่งเดียวทางด้านซ้ายและขวา
แต่จำนวนไม่เท่ากัน
∴ ต้องเติมเลขสัมประสิทธิ์



จำนวนอะตอม Al และ O เท่ากันทั้งทางด้านซ้ายและขวา แล้วทำตัวเลขให้ลงตัว โดยการ $\times 2$ หน้าทุกโมเลกุล



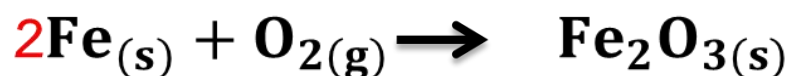
สุดท้ายมี Al 4 อะตอม มี O 6 อะตอมทั้งสองด้าน

การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

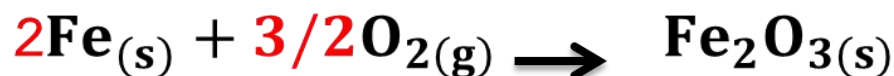
ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

ตัวอย่าง 2.16 การดุลสมการ $\text{Fe}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$

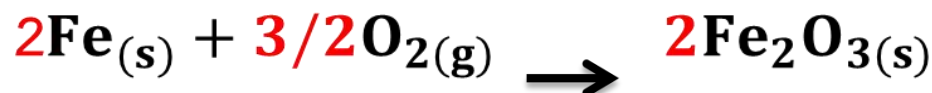
วิธีคิด ดุลที่อะตอมที่ไม่ใช่ H และ O ก่อน คือ Fe ซึ่งด้านซ้ายมี 1 อะตอม ด้านขวามี 2 อะตอม ดังนั้นต้องใส่เลขสัมประสิทธิ์ด้านซ้ายเป็น 2



ดุล O ซึ่งด้านซ้ายมี 2 ส่วนด้านขวามี 3 ให้เติม $3/2$ หน้า O_2



คูณตลอดสมการด้วย 2 เพื่อกำจัดสัมประสิทธิ์ที่เป็นเศษส่วน

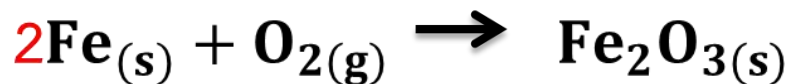


การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

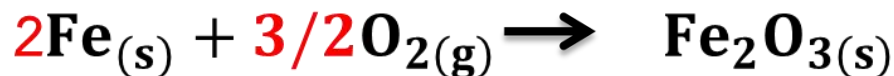
ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

ตัวอย่าง 2.16 การดุลสมการ $\text{Fe}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$

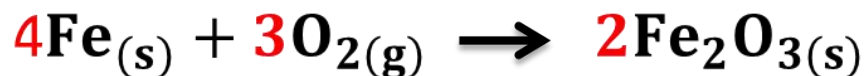
วิธีคิด ดุลที่อะตอมที่ไม่ใช่ H และ O ก่อน คือ Fe ซึ่งด้านซ้ายมี 1 อะตอม ด้านขวามี 2 อะตอม ดังนั้นต้องใส่เลขสัมประสิทธิ์ด้านซ้ายเป็น 2



ดุล O ซึ่งด้านซ้ายมี 2 ส่วนด้านขวามี 3 ให้เติม $3/2$ หน้า O_2



คูณตลอดสมการด้วย 2 เพื่อกำจัดสัมประสิทธิ์ที่เป็นเศษส่วน



การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี



วิธีคิด ดุลที่อะตอมที่ไม่ใช่ H และ O ก่อน นั่นคือ Na โดยการเติม 2 หน้า NaOH



ดุลอะตอม O ซึ่งด้านซ้ายมี 3 อะตอม ส่วนด้านขวามี 4 อะตอม ให้เติม 2 หน้า H_2O



ดุลอะตอม H ซึ่งด้านซ้ายมี 4 อะตอม ส่วนด้านขวามี 2 อะตอม ให้เติม $4/2$ หน้า 2NaOH



อะตอม Na ไม่เท่ากัน ต้องทำการดุลใหม่ โดยการเติม 2 หน้า Na_2O_2



การดุลสมการเคมี (เพิ่มเติม)

ตัวอย่าง การดุลสมการเคมี

ตัวอย่าง 2.18 การดุลสมการ $\text{Al}_4\text{C}_3 + \text{F}_2 \rightarrow \text{AlF}_3 + \text{CF}_4$

วิธีคิด ดุลที่อะตอม Al ซึ่งด้านซ้ายมี 4 อะตอม ส่วนด้านขวามี 1 อะตอม ให้เติม 4 หน้า AlF_3



ดุลอะตอม C ซึ่งด้านซ้ายมี 3 อะตอม ส่วนด้านขวามี 1 อะตอม ให้เติม 3 หน้า CF_4



ดุลอะตอม F ซึ่งด้านซ้ายมี 2 อะตอม ส่วนด้านขวามี 24 อะตอม ให้เติม 12 หน้า F_2



7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ข) สมการไอออนิก

- สมการเคมีที่เขียนเฉพาะไอออนหรือโมเลกุลของสารที่มีส่วนในการเกิดปฏิกิริยา
- ส่วนไอออนหรือโมเลกุลของสารใดไม่มีส่วนในการเกิดปฏิกิริยาไม่ต้องเขียน
- สมการไอออนิก จะต้องเป็นสมการที่มีสารใดสารหนึ่งเป็นไอออนร่วมอยู่ด้วยในปฏิกิริยานั้น เช่น



7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

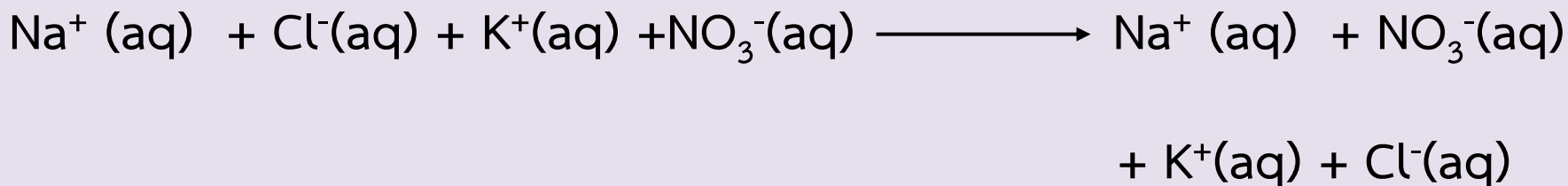
ข) สมการไอออนิก

ผสม NaCl (aq) กับ $\text{KNO}_3 \text{ (aq)}$ เขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

สมการโมเลกุล



สมการไอออนิก



7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

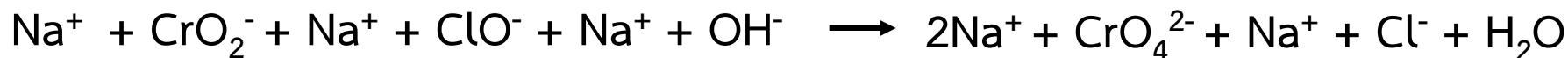
สมการเคมี

ข) สมการไอออนิก

สมการแบบโมเลกุล



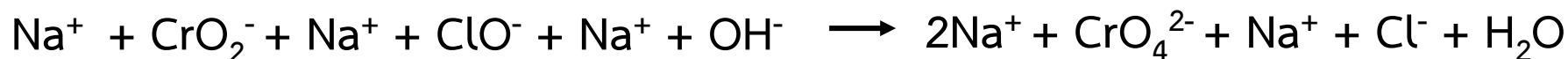
สมการแบบไอออนิก สารประกอบในสมการข้างบนเป็นสารประกอบไอออนิก ซึ่งเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้อิออนต่อไปนี้



7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

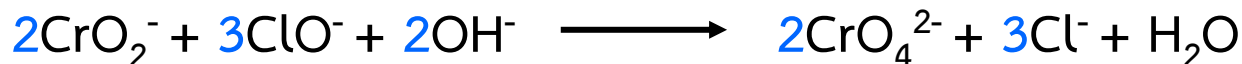
ข) สมการไอออนิก



- Na^+ ที่ปรากฏอยู่ทั้งซ้ายและขวามือของสมการ แสดงว่าไม่ได้เข้าร่วมในการทำปฏิกิริยา
- ดังนั้น สมการไอออนิกที่เขียน จึงไม่จำเป็นต้องเขียน Na^+ ไว้ด้วย



- สมการที่ดุล คือ



7. ปฏิกริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

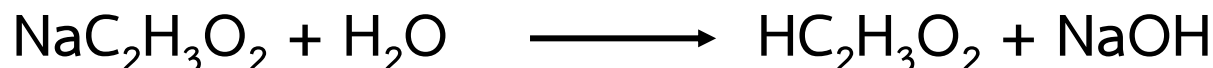
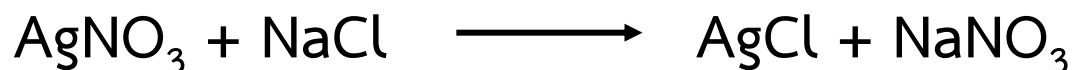
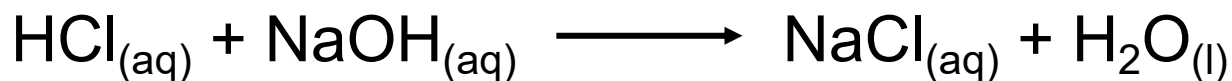
➤ สมการแสดงปฏิกิริยาเคมีสามารถแบ่งตามชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างกว้างๆ ได้ 2 ประเภท

1. ปฏิกิริยาเคมีซึ่งธาตุหรืออะตอมไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเลขออกซิเดชัน
หรือไม่มีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน
2. ปฏิกิริยาเคมีซึ่งธาตุหรืออะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน
หรือมีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

1. ปฏิกิริยาเคมีซึ่งธาตุหรืออะตอมไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเลขออกซิเดชัน
หรือไม่มีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน



7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

2. ปฏิกิริยาเคมีซึ่งธาตุหรืออะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน
หรือมีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน



เขียนเป็นสมการไอออนิกได้ดังนี้



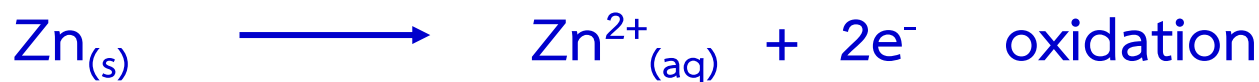
- $\text{Zn}_{(s)}$ เปลี่ยนเป็น $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ เลขออกซิเดชัน เปลี่ยน จาก 0 เป็น +2
- $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ เปลี่ยนเป็น $\text{Cu}_{(s)}$ เลขออกซิเดชัน เปลี่ยน จาก +2 เป็น 0

7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

ปฏิกิริยาหรือมีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน เรียกว่า
ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction reaction) หรือ
ปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction)

สามารถแยกสมการออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยา (half reaction)

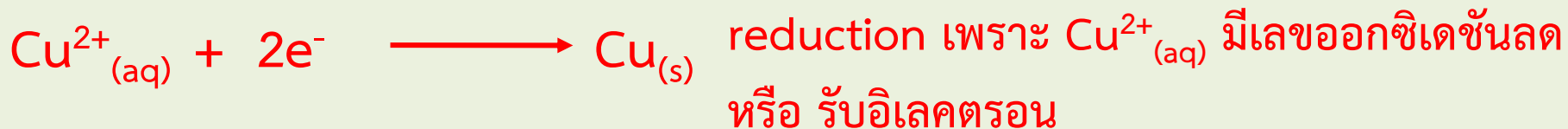


7. ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สมการเคมี

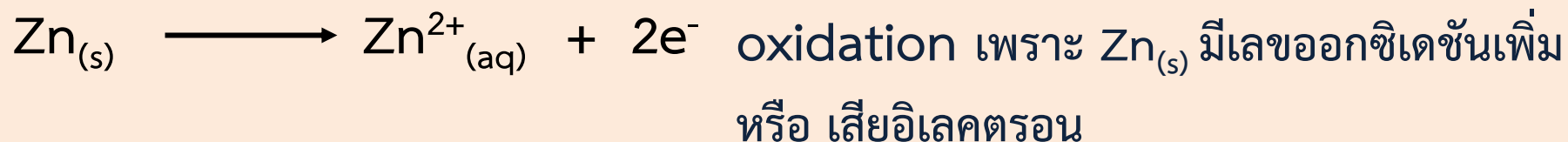
ปฏิกิริยาหรือมีการรับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน เรียกว่า
ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction reaction) หรือ
ปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction)

สามารถแยกสมการออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนเรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยา (half reaction)



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

- ตัวเลขประจุของอะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลหรือในสารประกอบไอออนิก เมื่อมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนอย่างสมบูรณ์



ธาตุมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ธาตุถูกออกซิไดส์
(เป็น Reducing agent ให้อิเล็กตรอน) เรียก ตัวรีดิวซ์

8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)



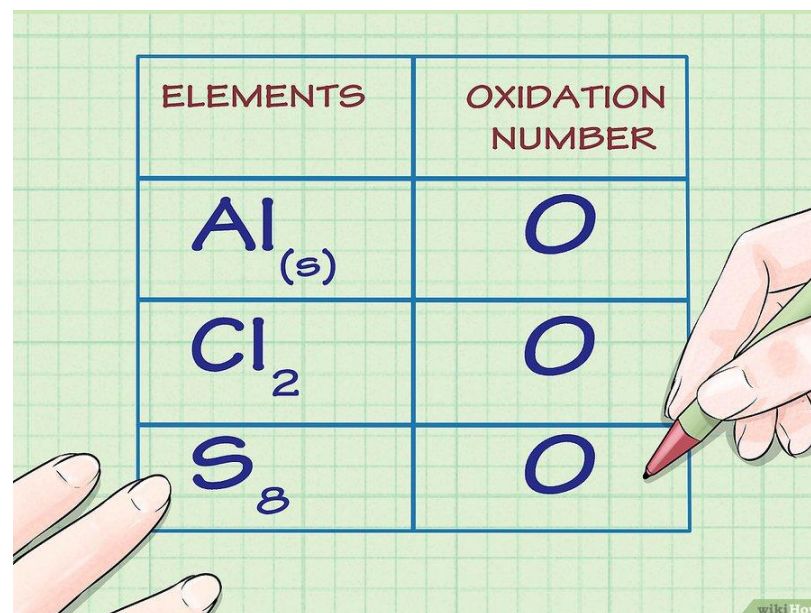
ธาตุมีเลขออกซิเดชันลดลง ธาตุถูกรีดิวซ์
(เป็น Oxidizing agent รับอิเล็กตรอน) เรียก ตัวออกซิไดซ์

8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

1. พิจารณาว่าสารตัวตั้งกล่าวนั้นเป็นธาตุหรือไม่ อะตอมของธาตุอิสระจะมีเลขออกซิเดชันเป็น 0 เสมอ นี่เป็นความจริงทั้งสำหรับอะตอมที่อยู่ในสถานะธาตุนั้นประกอบด้วยอะตอมหนึ่งเดียว และกับอะตอมที่อยู่ในสถานะธาตุนั้นมีโมเลกุลคู่หรือหลายโมเลกุล

- ตัวอย่าง Al(s) กับ Cl_2 ล้วนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 0 เพราะพวกมันอยู่ในสถานะธาตุอิสระ
- โปรดสังเกตว่าสถานะธาตุของกำมะถัน (ซัลเฟอร์) S_8 หรือออกตาซัลเฟอร์นั้น แม้จะไม่ปกติ แต่ก็มีเลขออกซิเดชันเป็น 0



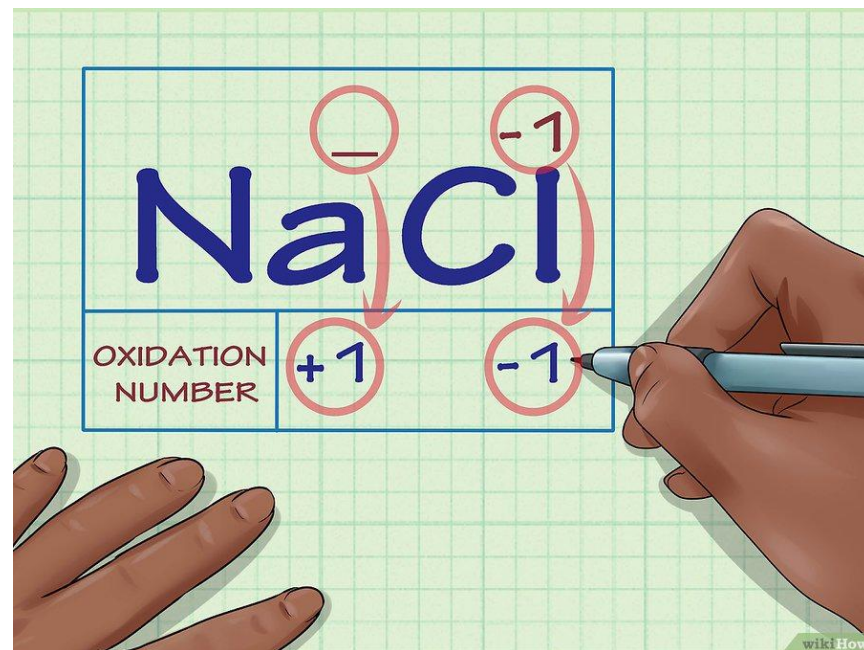
ELEMENTS	OXIDATION NUMBER
$\text{Al}_{(s)}$	0
Cl_2	0
S_8	0

8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

2. พิจารณาว่าสารตัวที่เป็นไอออนหรือไม่ ไอออนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับประจุสุทธิของมัน นี่เป็นความจริงทั้งกับไอออนที่ไม่ได้มีพันธะกับธาตุอื่น และกับไอออนที่เป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบไอออนิก

- ตัวอย่าง ไอออน Cl^- มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1
- ไอออนคลอไรด์ (Cl^-) ยังคง มีเลขออกซิเดชัน -1 เมื่อมันเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบ NaCl เพราะไอออนของโซเดียม (Na^+) โดยนิยามแล้วจะมีค่าประจุ +1 เราทราบว่าไอออนของ Cl^- มีค่าประจุ -1 ดังนั้นเลขออกซิเดชันของมันยังคงเป็น -1

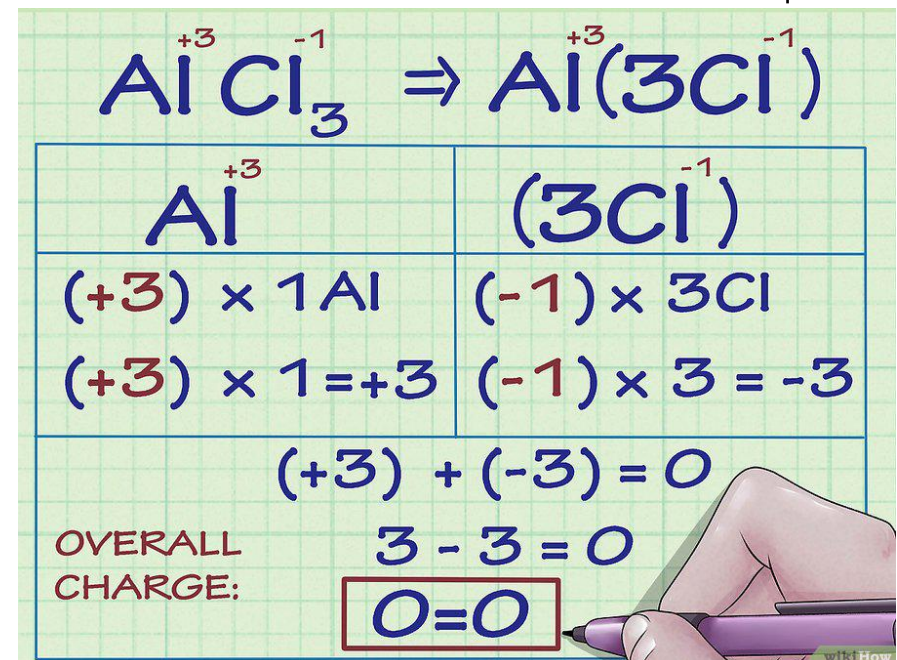


8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

3. สำหรับไอออนของโลหะ ต้องทราบว่าสามารถมีเลขออกซิเดชันหลายตัวได้ ธาตุที่เป็นโลหะมากมายจะมีประจุมากกว่าหนึ่ง เช่น ธาตุเหล็ก (Fe) สามารถมีไอออนได้ทั้ง +2 หรือ +3 [1] ค่าประจุไอออนของโลหะ (และจึงเป็นเลขออกซิเดชันด้วย) สามารถพิจารณาทั้งจากความสัมพันธ์กับประจุของอะตอมตัวอื่นในสารประกอบที่มันเป็นส่วนหนึ่งในนั้น หรือเมื่อเขียนเป็นตัวหนังสือ ก็จากการใช้เลขแบบโรมัน (ดังในประโยค "ไอออนของเหล็ก (III) จะมีประจุ +3")

- ตัวอย่าง กำหนดให้สารประกอบมีส่วนผสมของไอออนอลูมิเนียม สารประกอบ AlCl_3 มีค่าประจุสุทธิเป็น 0 เพราะเราทราบว่า ไอออน Cl^- มีค่าประจุ -1 และมันมีไอออนของคลอรีนนี้อยู่ 3 Cl^- ในสารประกอบ ไอออนของอลูมิเนียม (Al) จะต้องมีความประจุ +3 เพื่อที่ค่าประจุสุทธิจะรวมกันได้เป็น 0 ดังนั้นเลขออกซิเดชันของ Al จึงเท่ากับ +3



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

4. กำหนดเลขออกซิเดชัน -2 ให้ออกซิเจน (มีข้อยกเว้น) ใน เกือบ ทุกกรณี อะตอมของออกซิเจนจะมีเลขออกซิเดชัน -2 เช่น H_2O , Li_2O , KMnO_4 ยกเว้นสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีเลขออกซิเดชันเป็น -1 เช่น H_2O_2

Rules for Oxidation Numbers

Oxidation

3. The **oxidation** number of **O** in a compound is **-2** or in **peroxides -1**.



Oxygen (O) = -2

Elemental State:



Compounds:

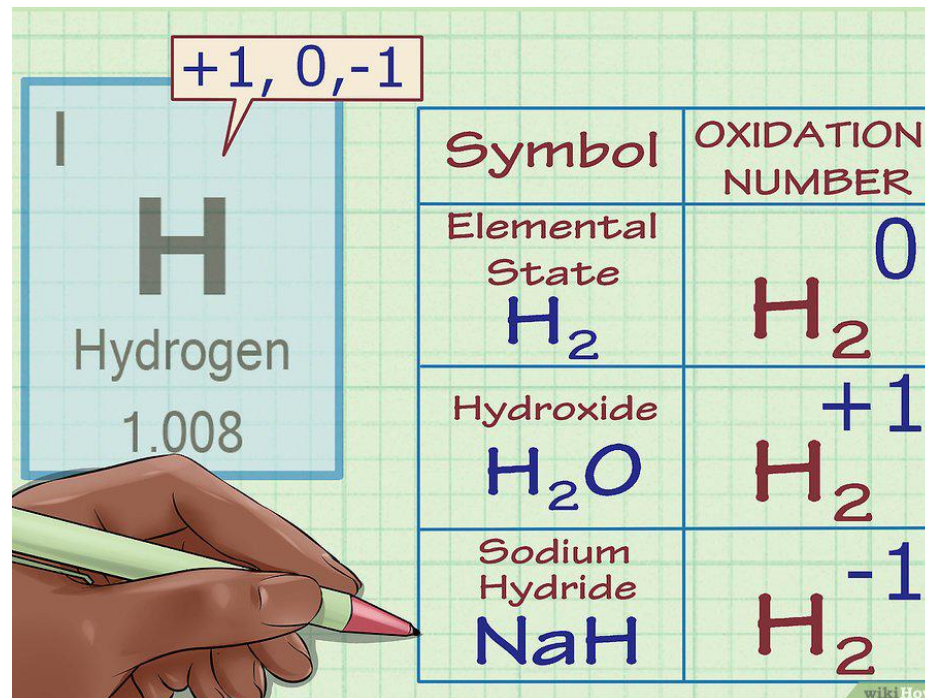


wiki How to Find Oxidation Numbers

8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

5. กำหนดเลขออกซิเดชัน +1 ให้กับไฮโดรเจน (มีข้อยกเว้น) ก็เหมือนกับออกซิเจน เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจนนั้นจะเป็นกรณีพิเศษ โดยทั่วไปแล้ว ไฮโดรเจนจะมีเลขออกซิเดชัน +1 (เว้นแต่ถ้ามันอยู่ในสถานะธาตุเหมือนเช่นข้างบนในรูปของ H_2) อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เป็นการประกอบพิเศษที่เรียกว่าไฮไดรด์ (hydride) ไฮโดรเจนจะมีเลขออกซิเดชัน -1

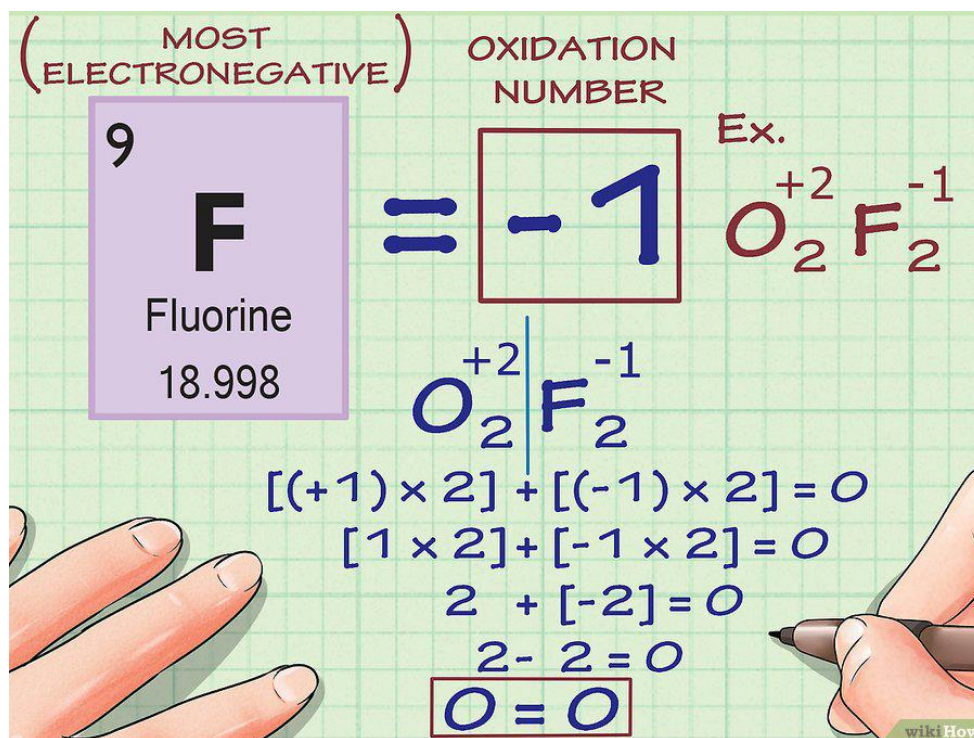


Symbol	OXIDATION NUMBER
Elemental State H_2	H_2^0
Hydroxide H_2O	H_2^{+1}
Sodium Hydride NaH	H_2^{-1}

8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

6. ฟลูออรีนจะมีเลขออกซิเดชัน -1 เสมอ ดังที่บอกไปข้างต้น เลขออกซิเดชันของธาตุจำเพาะบางตัวสามารถมีความแตกต่างด้วยปัจจัยหลากหลาย (ไอออนโลหะ, อะตอมของออกซิเจนในเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น) อย่างไรก็ตาม ฟลูออรีนจะมีเลขออกซิเดชัน -1 ซึ่งจะไม่มีวันเปลี่ยนแปลง



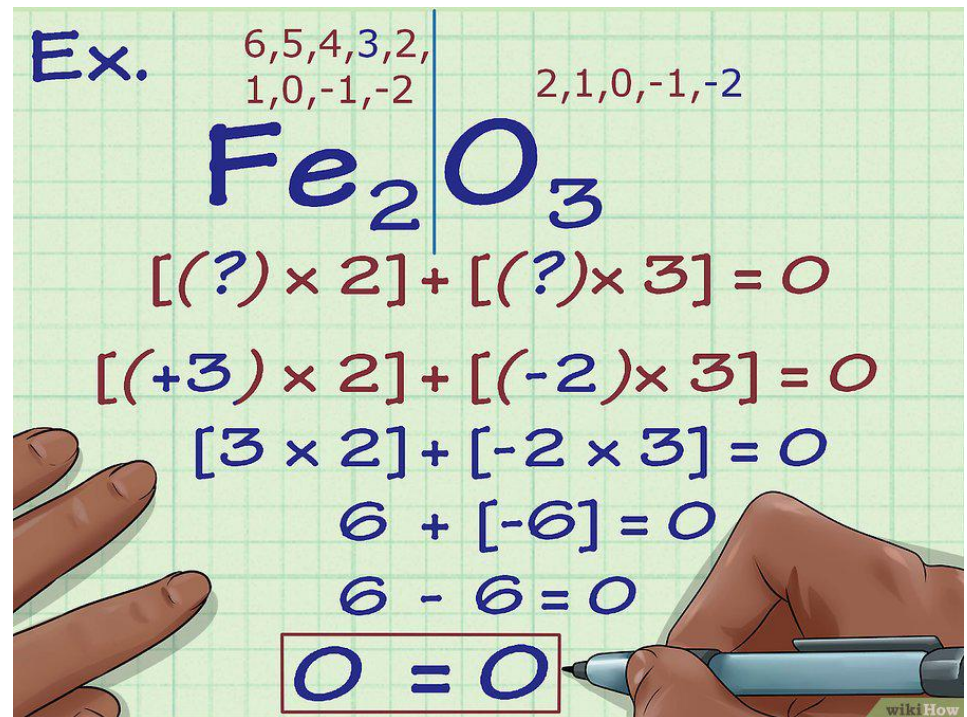
8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

7. กำหนดเลขออกซิเดชันในสารประกอบให้เท่ากับค่าประจุของสารประกอบ

เลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในสารประกอบจะต้องรวมกันแล้วเท่ากับค่าประจุของสารประกอบนั้น ตัวอย่างเช่น หากสารประกอบหนึ่งไม่มีประจุ เลขออกซิเดชันของอะตอมแต่ละตัวจะต้องรวมกันได้ศูนย์ หากสารประกอบเป็นไอออนหลายอะตอมที่มีประจุสุทธิ -1 เลขออกซิเดชันจะต้องรวมกันได้ -1 เป็นต้น

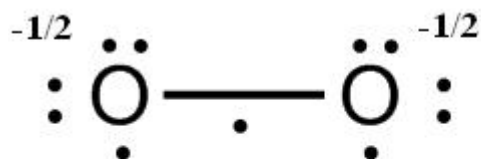
- นี่เป็นวิธีที่ดีในการตรวจทานงาน หากเลขออกซิเดชันในสารประกอบรวมกันไม่ได้เท่ากับประจุสุทธิของสารประกอบ จะรู้ทันทีว่ากำหนดเลขตัวหนึ่งหรือมากกว่านั้นผิด



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

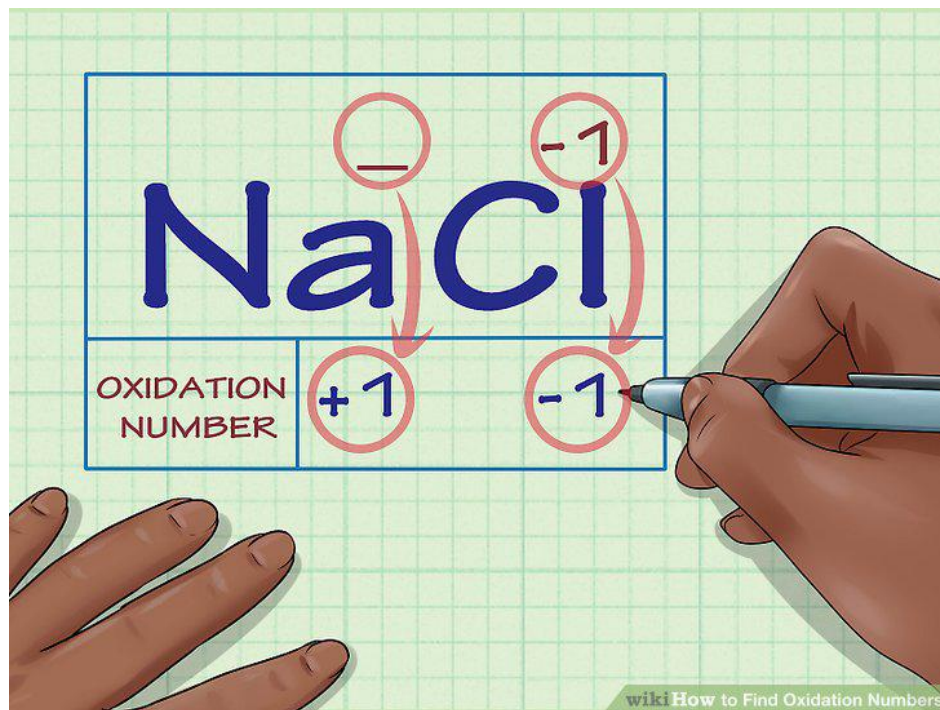
- เลขออกซิเดชันอาจไม่ใช่เลขจำนวนเต็มก็ได้ เช่น เลขออกซิเดชันของออกซิเจนในสารประกอบซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide) จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ $-1/2$ เช่น KO_2 , NaO_2 , LiO_2



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

กำหนดเลขออกซิเดชันตามกฎหมายเคมี

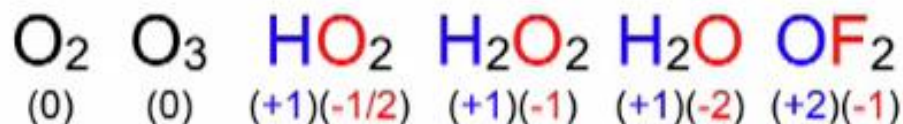
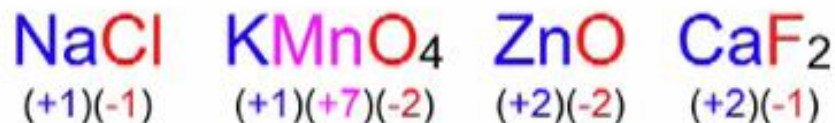
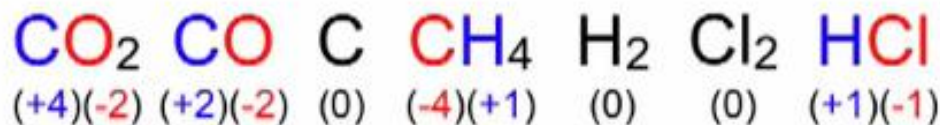
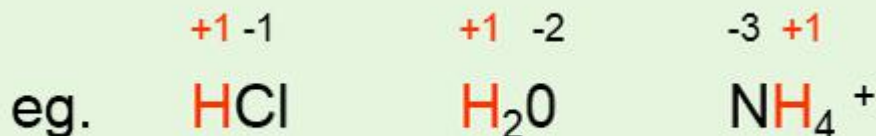
- โมเลกุลที่เป็นกลาง ผลรวมเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมมีค่าเท่ากับ 0



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

หาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ

- โมเลกุลที่เป็นกลาง ผลรวมเลขออกซิเดชันของทุกๆอะตอมมีค่าเท่ากับ 0

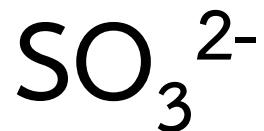
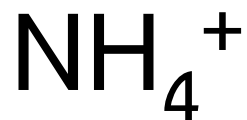
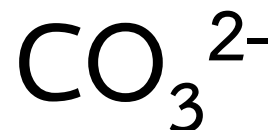
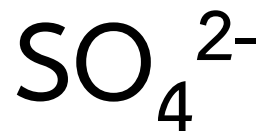


8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

หาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ

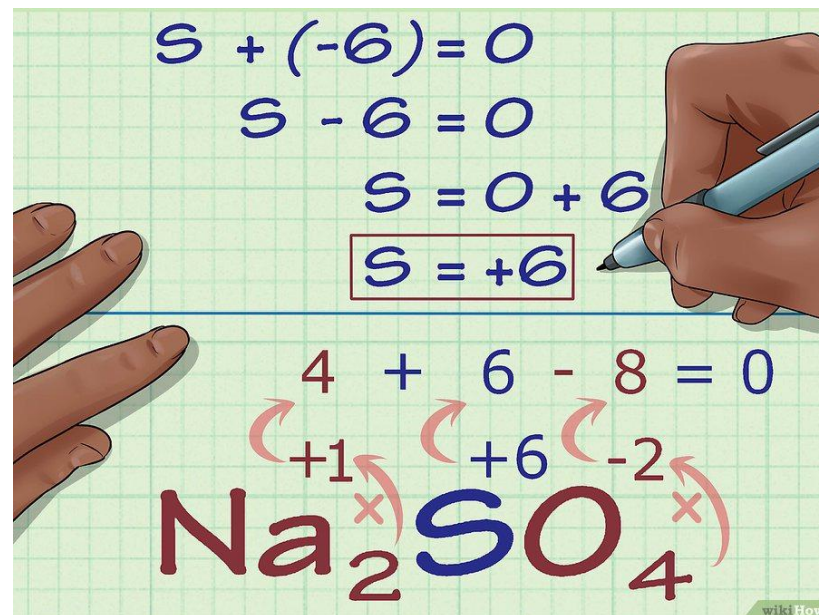
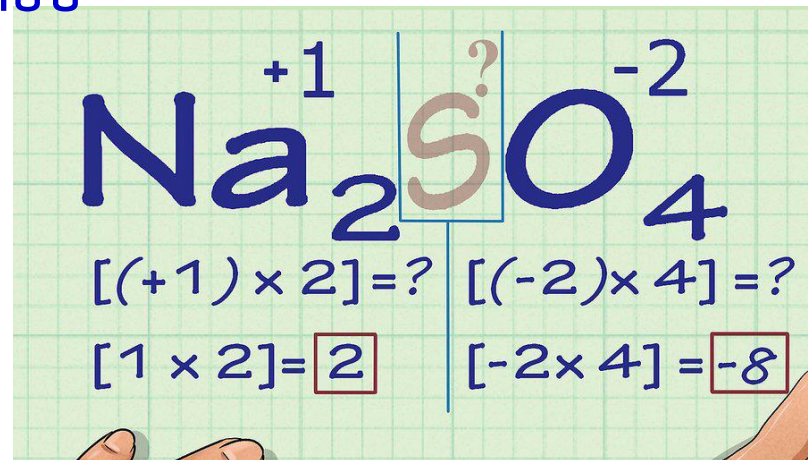
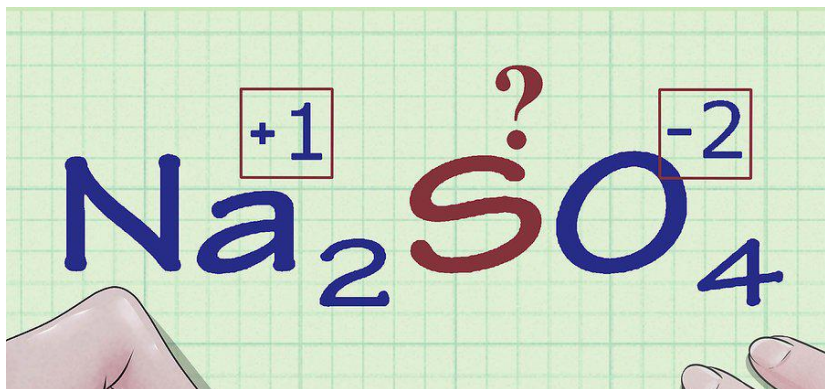
➤ โมเลกุลที่เป็นกลาง ผลรวมเลขออกซิเดชันของทุกๆอะตอมมีค่าเท่ากับ 0

??



8. เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)

หาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ

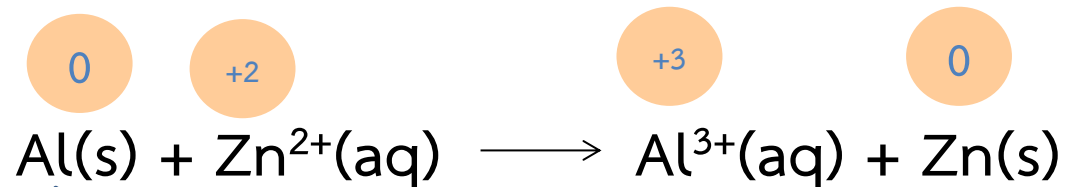


9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ธาตุมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ธาตุถูกออกซิไดส์
(เป็น Reducing agent ให้อิเล็กตรอน) เรียก ตัวรีดิวซ์

ธาตุมีเลขออกซิเดชันลดลง ธาตุถูกรีดิวซ์
(เป็น Oxidizing agent รับอิเล็กตรอน) เรียก ตัวออกซิไดส์

ขั้นที่ 1 หาเลขออกซิเดชันเพื่อตรวจสอบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์



ตัวรีดิวซ์

เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

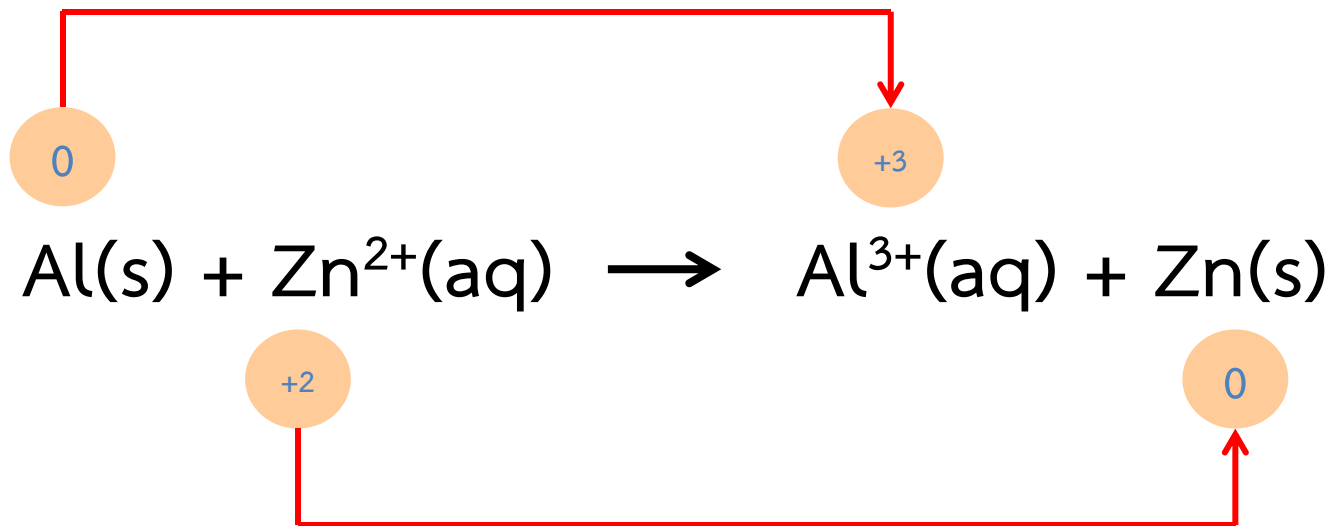
ตัวออกซิไดส์

เลขออกซิเดชันลดลง

9. การดูแลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 2 พิจารณัตว์ดิษฐ์และออกซิไดซ์ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น 3

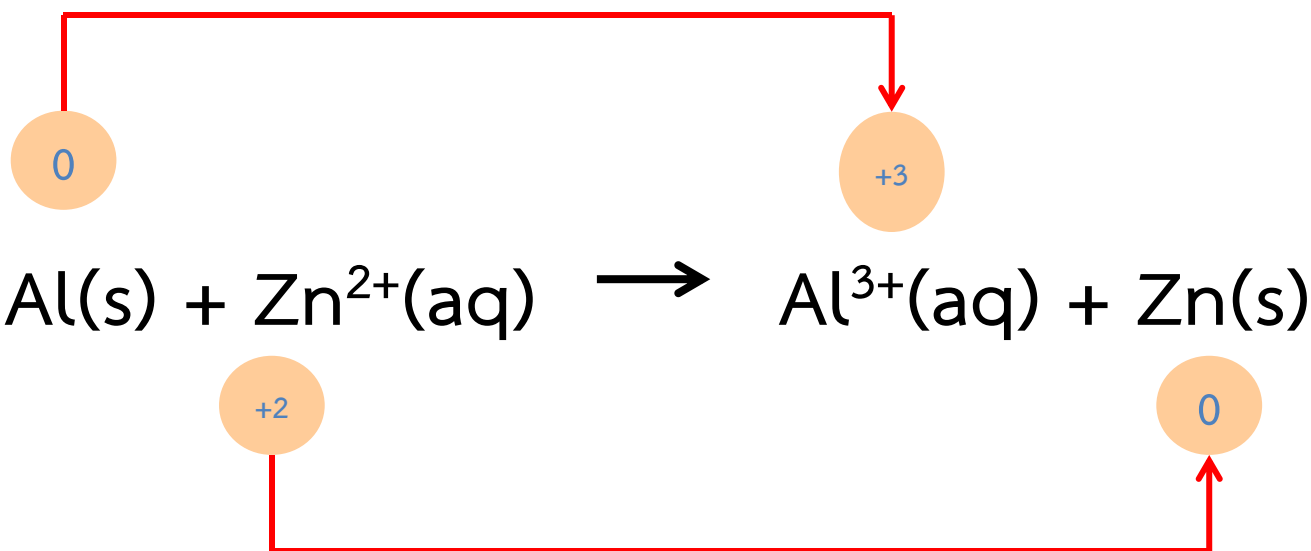


เลขออกซิเดชันลดลง 2

9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 3 ทำเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นให้เท่ากับที่ลดลง
โดยการหาตัวเลขที่เหมาะสมมาคูณ

เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น $3 \times (2) = 6$

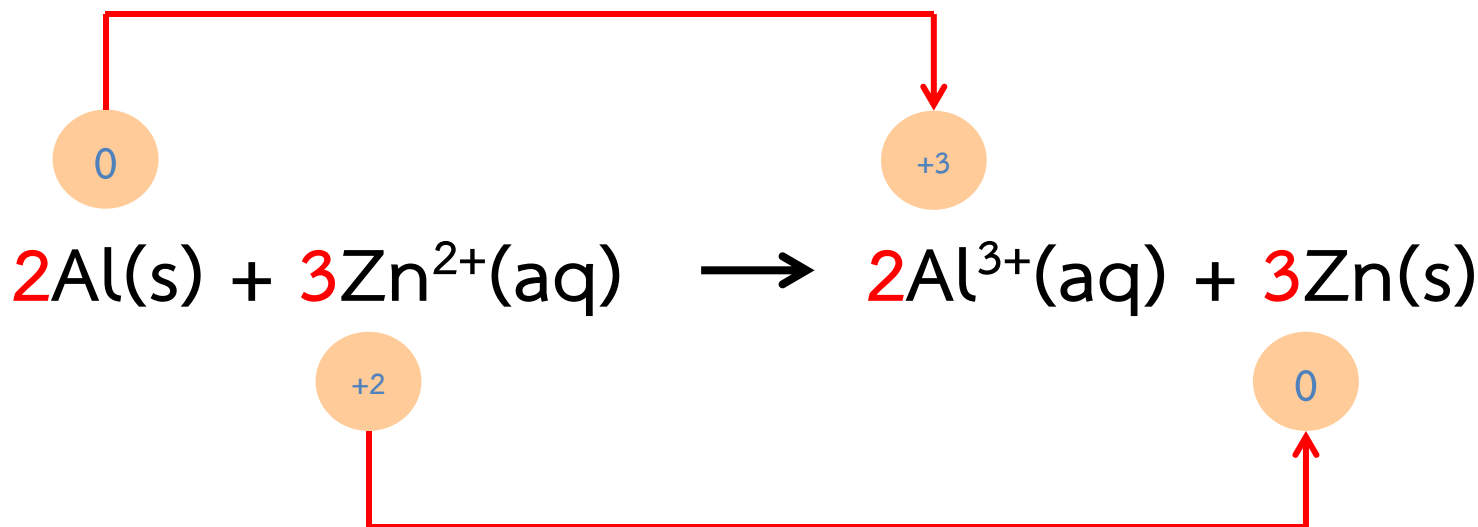


เลขออกซิเดชันลดลง $2 \times (3) = 6$

9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 4 เมื่อนำตัวเลขมาคูณแล้วให้นำมาใส่ไว้ข้างหน้า
ตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์นั้น

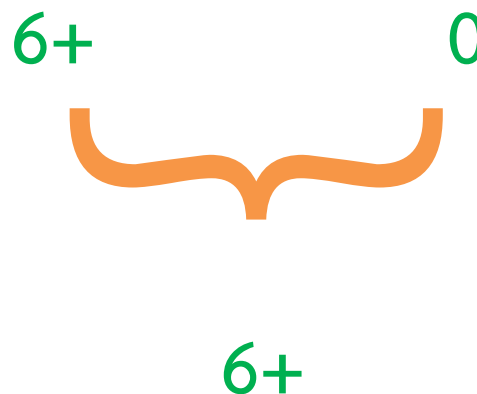
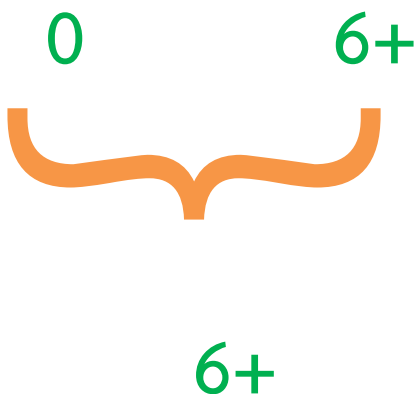
เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น $3 \times (2) = 6$



เลขออกซิเดชันลดลง $2 \times (3) = 6$

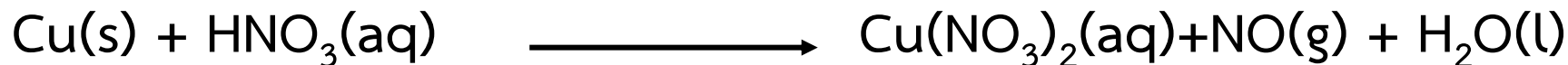
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบประจุไฟฟ้ารวมของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์

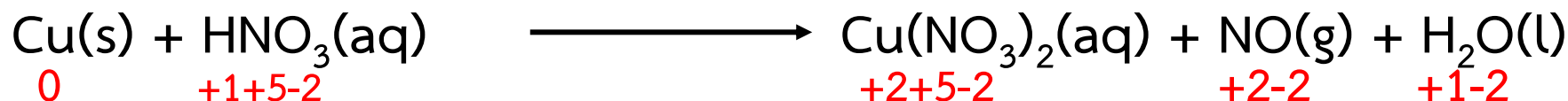


9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ตัวอย่าง

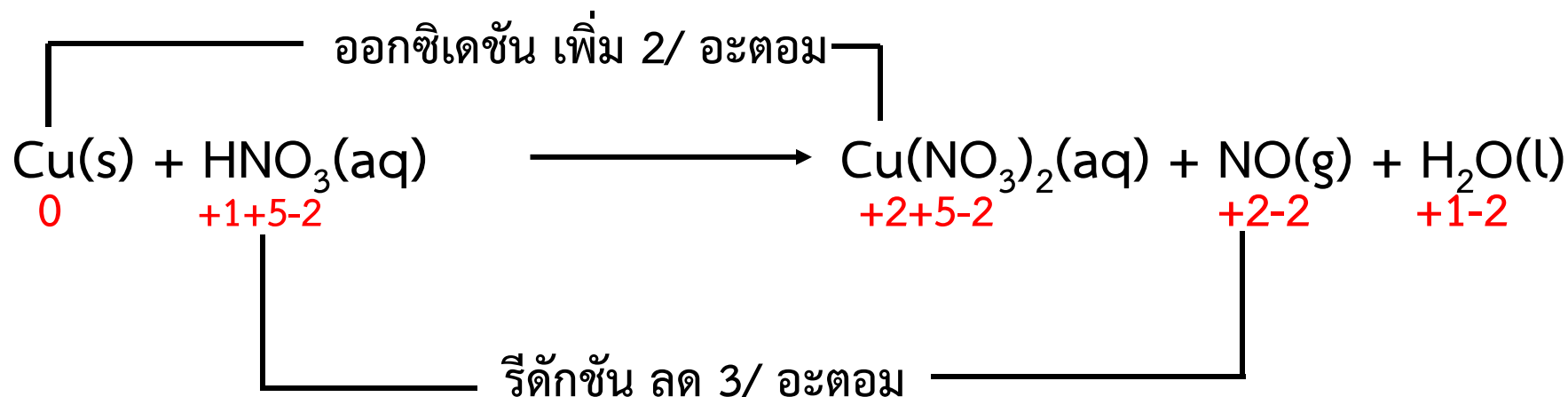


ขั้นที่ 1 หาเลขออกซิเดชันเพื่อตรวจสอบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์



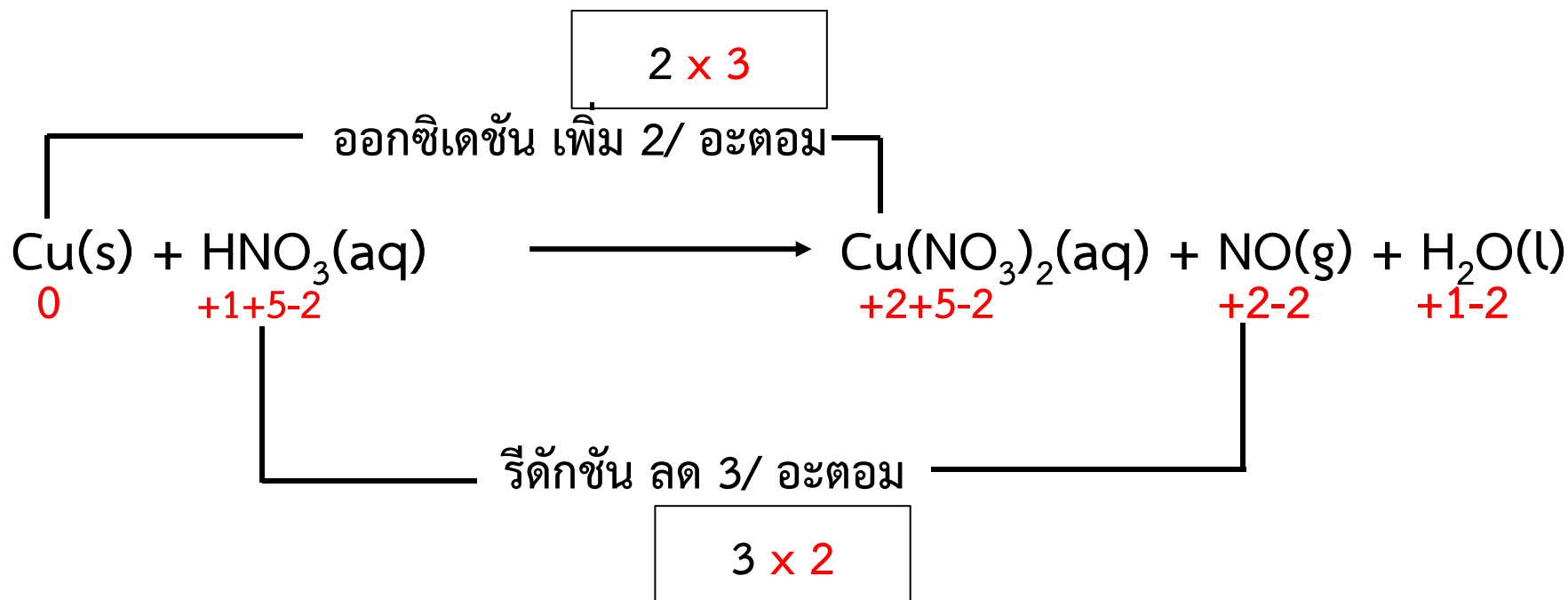
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 2 พิจารณัตัวิรีดิซ์และออกซิไดซ์ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



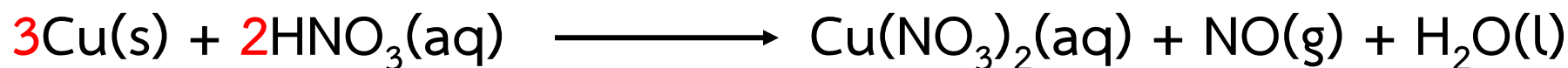
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 3 ทำเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นให้เท่ากับที่ลดลง
โดยการหาตัวเลขที่เหมาะสมมาคูณ



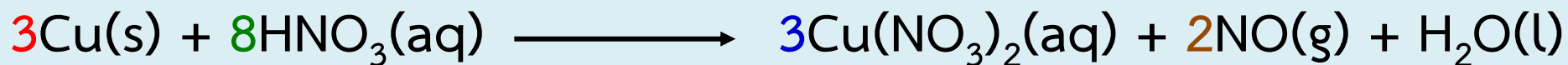
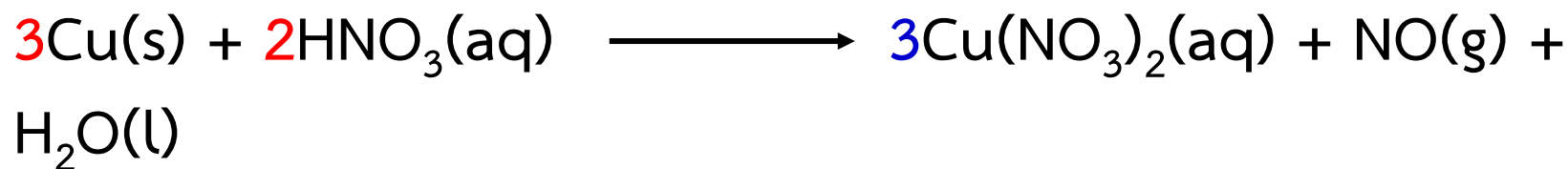
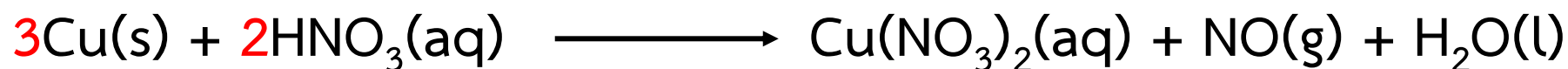
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 4 เมื่อนำตัวเลขมาคูณแล้วให้นำมาใส่ไว้ข้างหน้า
ตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์นั้น



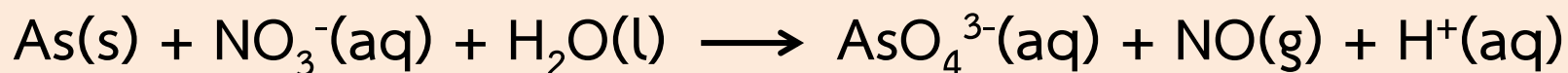
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 5 ดุลสมการอย่างง่าย: ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ออกซิเจนและไฮโดรเจนแล้วค่อยดุลจำนวนอะตอมของธาตุออกซิเจนตามด้วยไฮโดรเจน

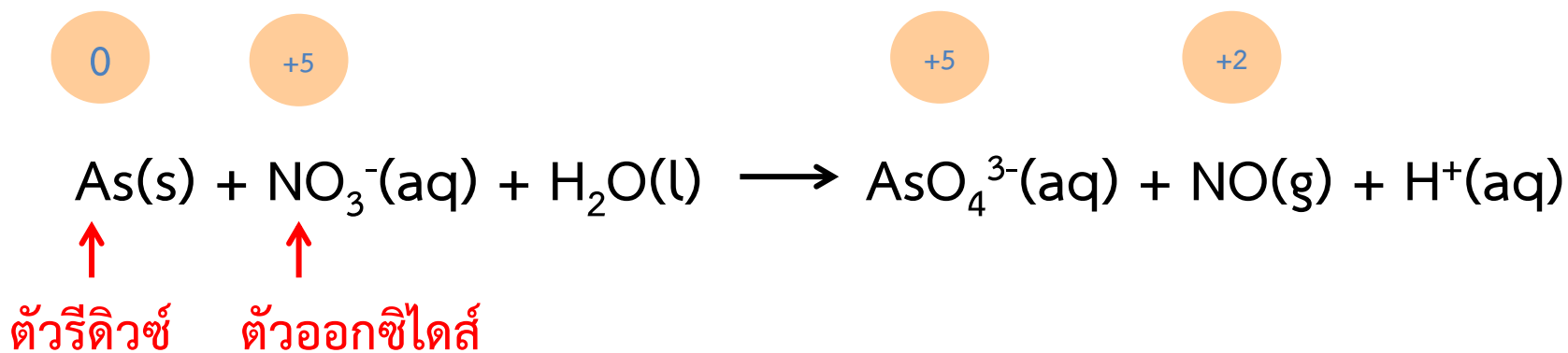


9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ตัวอย่าง

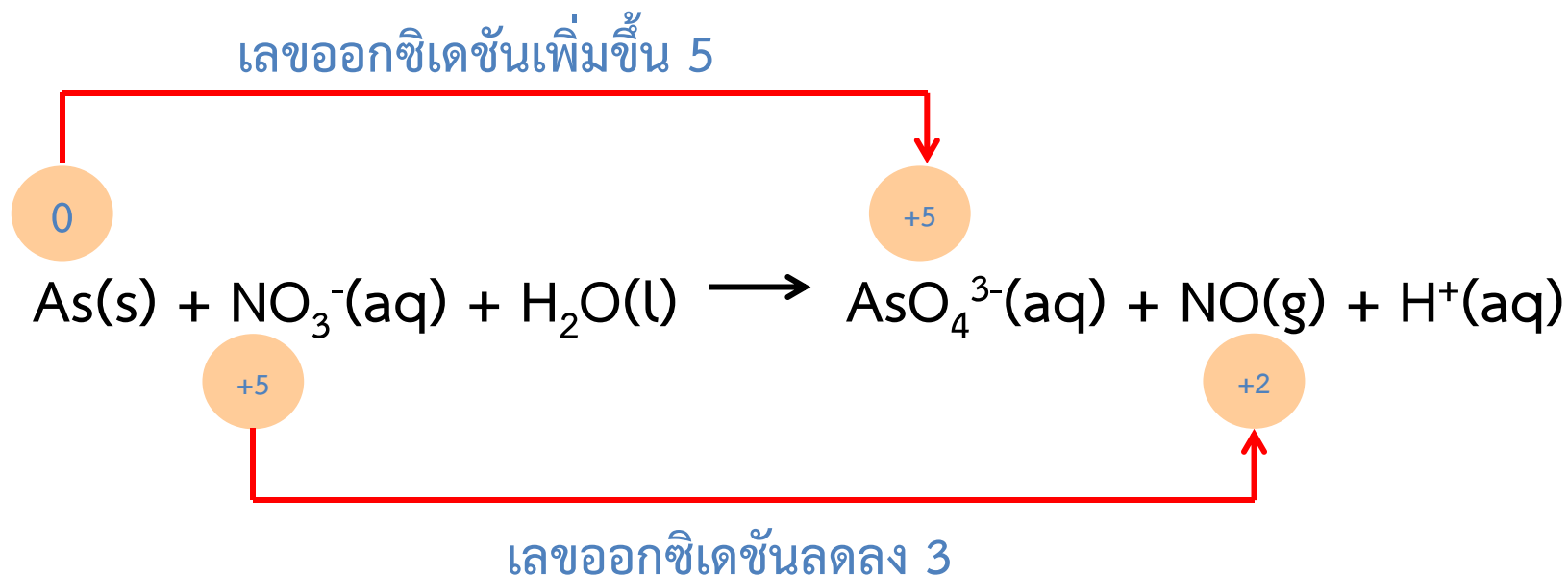


ขั้นที่ 1 หาเลขออกซิเดชันเพื่อตรวจสอบตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดซ์



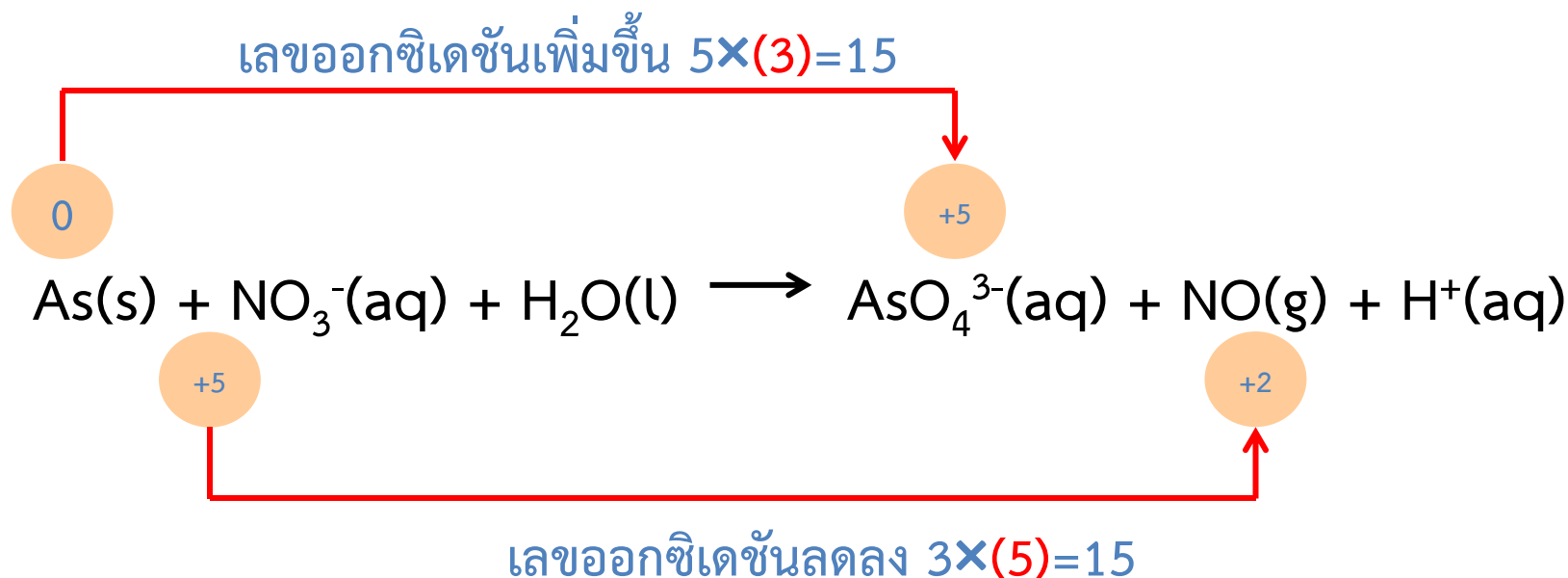
9. การดูแลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 2 พิจารณัตว์ดิษฐ์และออกซิไดซ์ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



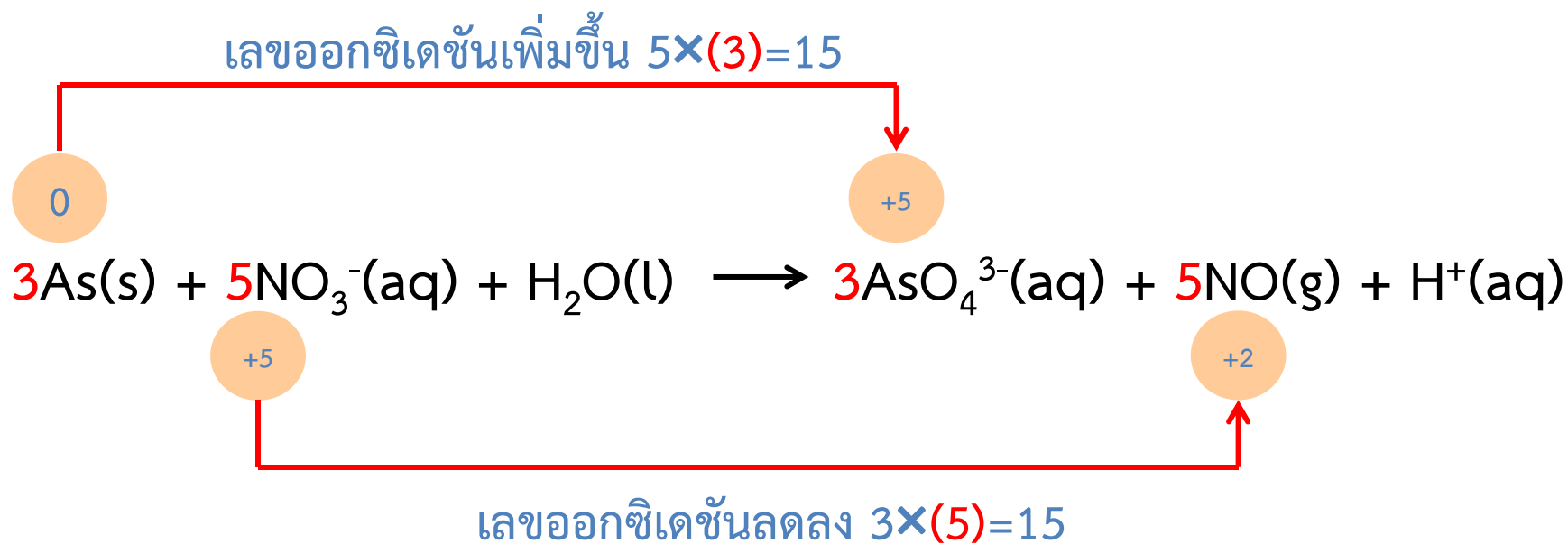
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 3 ทำเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นให้เท่ากับที่ลดลง
โดยการหาตัวเลขที่เหมาะสมมาคูณ



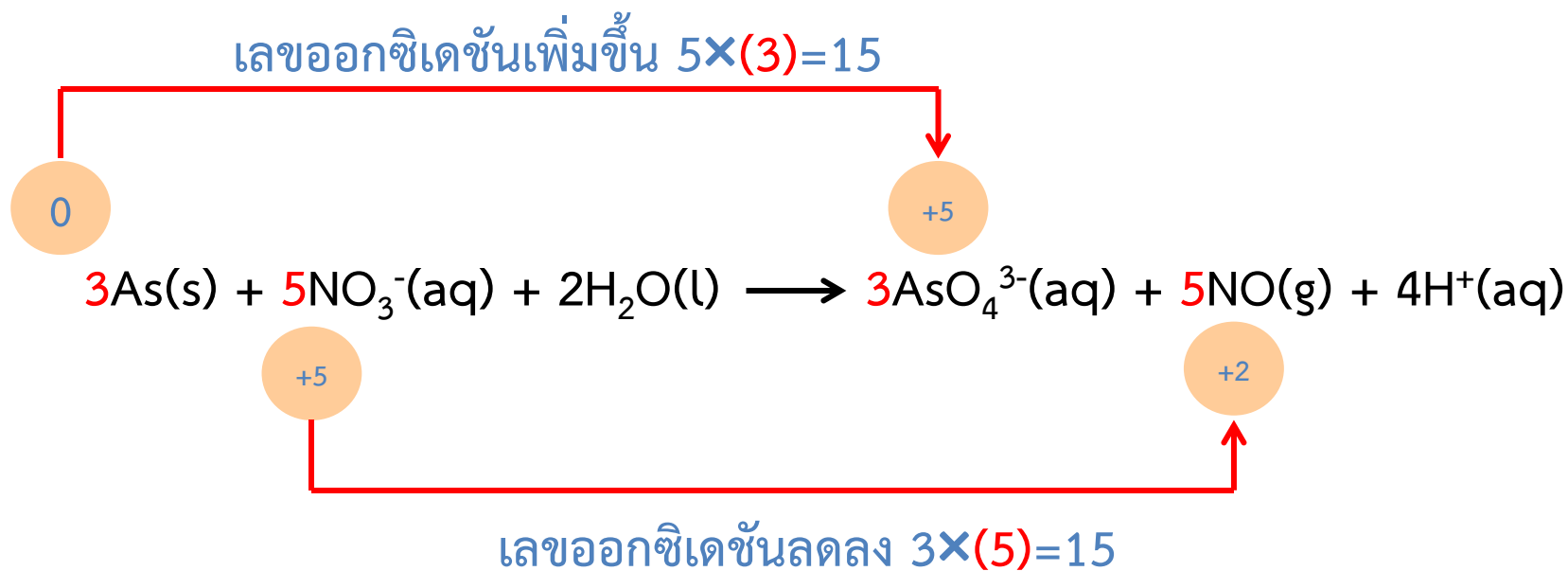
9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 4 เมื่อนำตัวเลขมาคูณแล้วให้นำมาใส่ไว้ข้างหน้า
ตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์นั้น



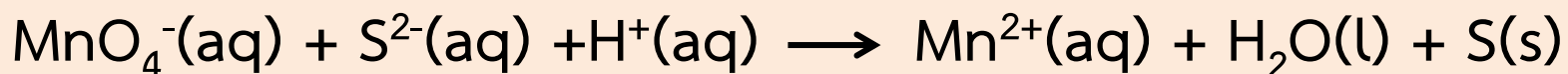
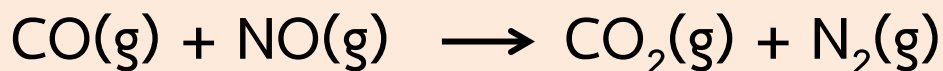
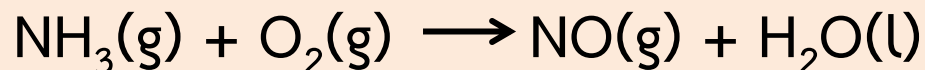
9. การดูแลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ขั้นที่ 5 ดุลสมการอย่างง่าย : ดุลอะตอมของธาตุอื่นที่ไม่ใช่ออกซิเจน และไฮโดรเจนแล้วค่อยดุลจำนวนอะตอมของธาตุออกซิเจนตามด้วยไฮโดรเจน



9. การดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีเลขออกซิเดชัน

ตัวอย่าง



ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สิ่งที่สรุปได้จากสมการเคมี

ชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์

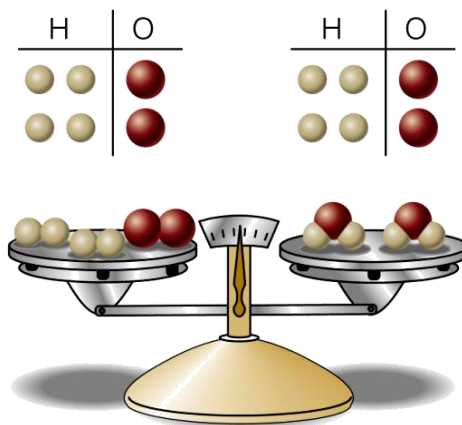
สถานะของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์

ความสัมพันธ์เชิง**โมล**ของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์

มวลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์ (**กฎทรงมวล**)



มวลของสาร
ก่อนเกิดปฏิกิริยา



มวลของสาร
หลังเกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

สิ่งที่ทำนายได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว



2 โมเลกุล 1 โมเลกุล $\longrightarrow$ 2 โมเลกุล

2 โมล 1 โมล $\longrightarrow$ 2 โมล

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

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

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

36.04 g

$$\text{mol} \times \text{MW} = \text{g}$$

สารตั้งต้น

สารผลิตภัณฑ์

ดังนั้นจะทำนายได้ว่า H_2 น้ํก 4.04 g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 น้ํก 32 g แล้วทำให้เกิด H_2O น้ํก 36.04 g

10. การคำนวณในสมการเคมี

วิธีการทั่วไปในการแก้ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์มีลำดับขั้นดังนี้

1. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมี
2. ดุลสมการเคมี
3. เปลี่ยนปริมาณสารตั้งต้น (หน่วย g หรือหน่วยอื่น) ไปเป็น mol
4. ใช้สัดส่วน mol จากสมการที่ดุลแล้วเพื่อคำนวณหาจำนวน mol ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น
5. เปลี่ยนจำนวน mol ของผลิตภัณฑ์ให้เป็น g

หาจำนวน mol จากน้ำหนัก (g) โดย

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

$$\text{mol} = \frac{g}{\text{MW}}$$

หาน้ำหนัก (g) จากจำนวน mol โดย

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

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง การคำนวณในสมการเคมีที่ดุลแล้ว...เริ่มที่ **1. ดุลสมการ**



2. สมการที่ดุลแล้วทำให้ทราบว่า



10. การคำนวณในสมการเคมี

3. ถ้านำ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ และ K_2SO_4 หนักอย่างละ 1.50 g มาทำปฏิกิริยากัน
ตอบคำถามต่อไปนี้

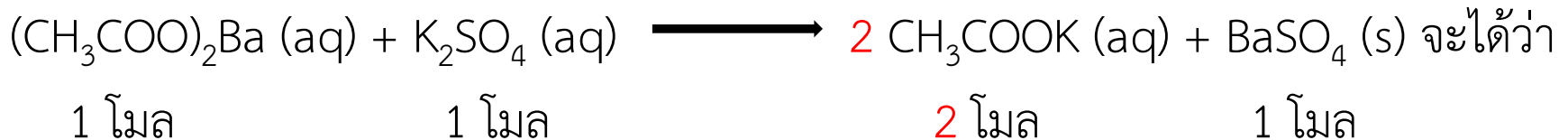
$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

3.1 ควรเกิดตะกอน BaSO_4 จำนวนกี่โมล และคิดเป็นน้ำหนักกี่ g

3.2 ควรเกิด CH_3COOK จำนวนกี่โมล และคิดเป็นน้ำหนักกี่ g

3.3 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยามีสารชนิดใดเหลืออยู่บ้าง และเหลือกี่โมล คิดเป็นน้ำหนักกี่ g

จากสมการที่ดุลแล้ว



ดังนั้น

3.1 ถ้าใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ หนัก 1.50 g จะเทียบกับการใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba} = 1.50 \text{ g} / 255.4 \text{ g/mol}$
 $= 5.87 \times 10^{-3} \text{ mol}$

และ K_2SO_4 หนัก 1.50 g จะเทียบกับการใช้ $\text{K}_2\text{SO}_4 = 1.50 \text{ g} / 174.27 \text{ g/mol}$
 $= 8.61 \times 10^{-3} \text{ mol}$

10. การคำนวณในสมการเคมี

ดังนั้น

$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าจะหมดไปจากปฏิกิริยาก่อน จึงเป็น “**สารกำหนดปริมาณ**” (limiting agent) การทำนายเกี่ยวกับปฏิกิริยานี้ทั้งหมดจะ**ยึดจำนวนโมลของสารกำหนดปริมาณ**เป็นหลัก

จากสมการที่ดุลแล้ว

$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ 1 mol ทำให้เกิดตะกอน BaSO_4 1 mol

ถ้าใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ 5.87×10^{-3} mol ควรทำให้**เกิดตะกอน BaSO_4 5.87×10^{-3} mol**

$$\begin{aligned}\text{หรือคิดเป็น} &= 5.87 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 233.37 \text{ g/mol} \\ &= 1.37 \text{ g}\end{aligned}$$

10. การคำนวณในสมการเคมี

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

จากสมการที่ดุลแล้ว

$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ 1 mol ทำให้เกิด CH_3COOK 2 mol

ถ้าใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ 5.87×10^{-3} mol ควรทำให้เกิด CH_3COOK $2 \times 5.87 \times 10^{-3}$ mol

$= 1.17 \times 10^{-2}$ mol

หรือคิดเป็น $= 1.17 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 196.3 \text{ g/mol}$

$= 2.30 \text{ g}$

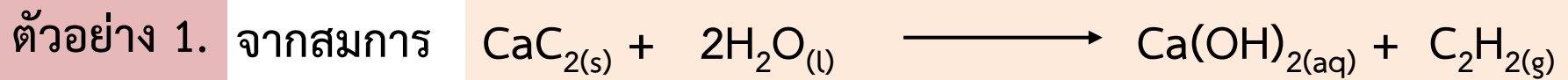
10. การคำนวณในสมการเคมี

3.3 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยามีสารชนิดใดเหลืออยู่บ้าง และเหลือกี่โมล คิดเป็นน้ำหนักกี่ g

จากสมการที่ดุลแล้ว

ถ้าใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$	1 mol	จะต้องใช้ K_2SO_4	1 mol
การทดลองใช้ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$	$5.87 \times 10^{-3} \text{ mol}$	จะต้องใช้ K_2SO_4	$5.87 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ด้วย
แต่โจทย์กำหนดว่าใช้ K_2SO_4	$8.61 \times 10^{-3} \text{ mol}$		
ดังนั้นจะมี K_2SO_4 เหลือ	$8.61 \times 10^{-3} - 5.87 \times 10^{-3} \text{ mol}$		$= 2.74 \times 10^{-3} \text{ mol}$
	หรือคิดเป็น $2.74 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 174.27 \text{ g/mol}$		$= 0.477 \text{ g}$

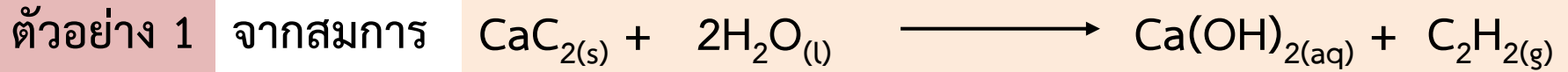
10. การคำนวณในสมการเคมี



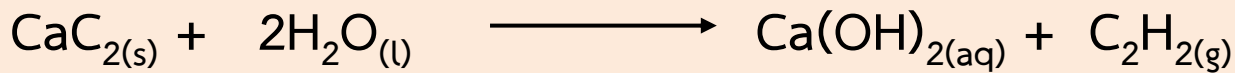
ถ้าใช้ CaC_2 2.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาณมากเกินไป

- (ก) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่โมล
- (ข) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่กรัม
- (ค) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่ลิตร ที่ STP
- (ง) น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

10. การคำนวณในสมการเคมี



สิ่งที่ได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว



$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

1

2

1

1

โมเลกุล

1

2

1

1

โมล

$$\text{mol} \times \text{MW} = \text{g}$$

$$1 \times (40 + (2 \times 12)) \quad 2 \times ((2 \times 1) + 16) \quad 1 \times (40 + (2 \times 16) + (1 \times 2)) \quad 1 \times (2 \times 12) + (2 \times 1) \quad \text{กรัม}$$

64.1

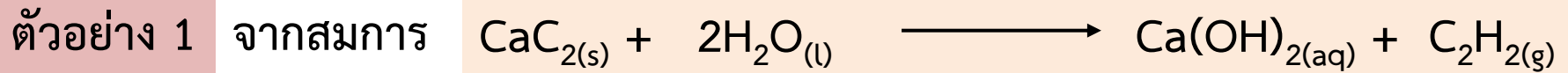
36

74.1

26

กรัม

10. การคำนวณในสมการเคมี



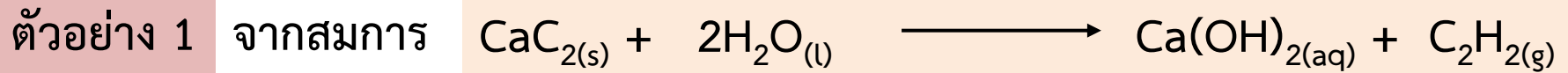
ถ้าใช้ CaC_2 2.5 โมล ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาณมากเกินไป

(ก) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่โมล

จากสมการ จะเห็นว่า CaC_2 1 โมล ให้ C_2H_2 1 โมล

CaC_2 2.5 โมล จะให้ C_2H_2 2.5 โมล

10. การคำนวณในสมการเคมี



(ข) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่กรัม

น้ำหนักโมเลกุลของ $\text{C}_2\text{H}_2 = (2 \times 12) + (2 \times 1) = 26.0$ กรัม/โมล

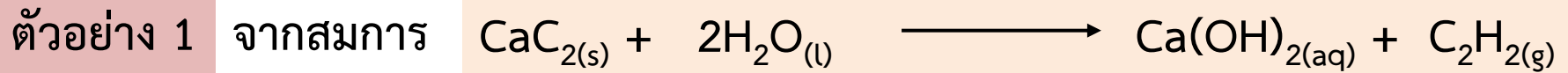
หมายความว่า

C_2H_2 1 โมล หนัก 26.0 กรัม

ถ้า C_2H_2 2.5 โมล จะหนัก 26.0×2.5 = 65.0 กรัม

1

10. การคำนวณในสมการเคมี



(ค) ได้ $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ เกิดขึ้นกี่ลิตร ที่ STP

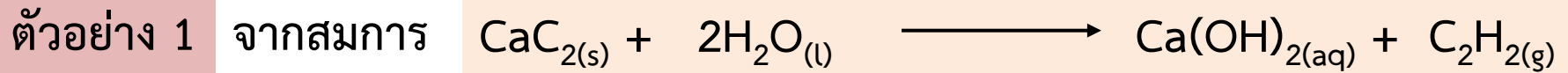
จากการทดลองใดๆ แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP

$\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP

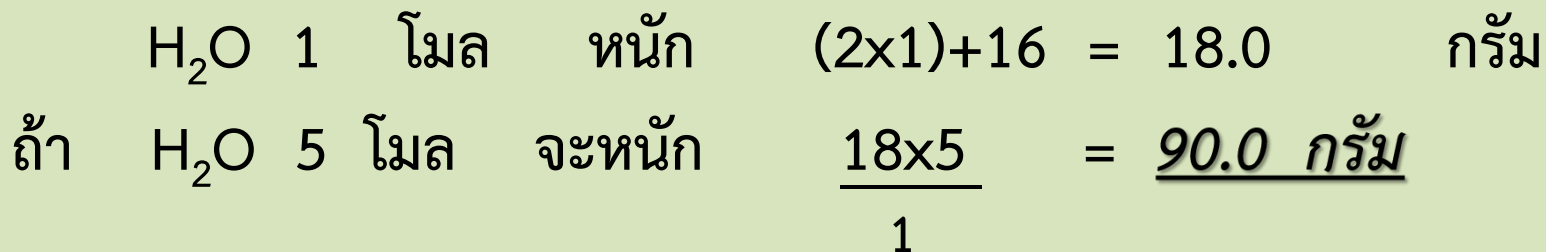
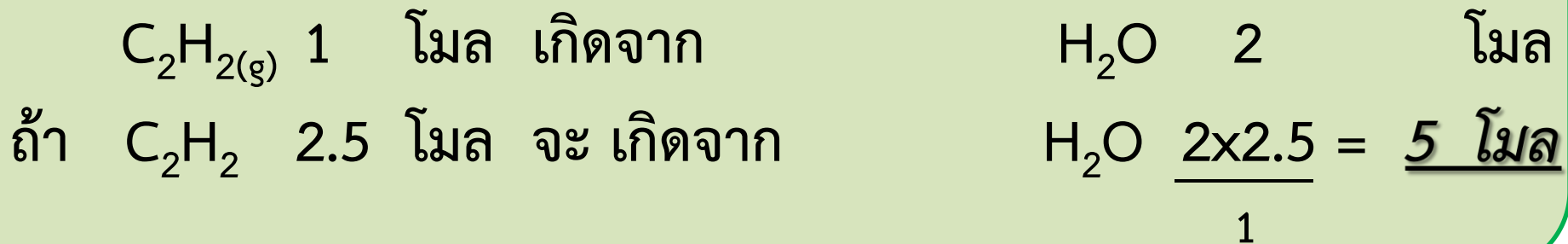
ถ้า C_2H_2 2.5 โมล จะมีปริมาตร $\frac{22.4 \times 2.5}{1} = \underline{56.0 \text{ ลิตร ที่ STP}}$

1

10. การคำนวณในสมการเคมี



(ง) น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม



10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 2. ของผสมชนิดหนึ่งประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และทราย ถ้านำของผสมนี้หนัก 40 กรัม มาทำปฏิกิริยากับกรดเกลือมากเกินพอ พบว่าได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นหนัก 0.88 กรัม **จงคำนวณหา ร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนตในของผสมนี้** โดยถือว่าทรายไม่เข้า เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา ($\text{C} = 12, \text{Ca} = 40, \text{O} = 16$)



น้ำหนักโมเลกุล $\text{CaCO}_3 = 40 + 12 + (16 \times 3) = 100$

น้ำหนักโมเลกุล $\text{CO}_2 = 12 + (16 \times 2) = 44$

จากสมการ CO_2 44 กรัม เกิดจาก CaCO_3 100 กรัม

ถ้า CO_2 0.88 กรัม จะเกิดจาก CaCO_3 $\frac{100 \times 0.88}{44} = 2$ กรัม

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 2. ของผสมชนิดหนึ่งประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และทราย ถ้า นำของผสมนี้หนัก 40 กรัม มาทำปฏิกิริยากับกรดเกลือมากเกินไป พบว่าได้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นหนัก 0.88 กรัม **จงคำนวณหาร้อยละของ แคลเซียมคาร์บอเนตในของผสมนี้** โดยถือว่าทรายไม่เข้าเกี่ยวข้องใน ปฏิกิริยา ($\text{C} = 12, \text{Ca} = 40, \text{O} = 16$)

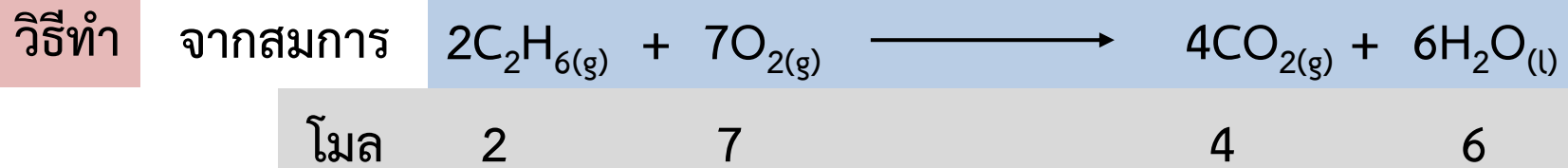
วิธีทำ **หา**ร้อยละของ CaCO_3 **ใน**ของผสม

ของผสมหนัก	40	กรัม	มี	CaCO_3	อยู่	2	กรัม
ถ้าของผสมหนัก	100	กรัม	จะมี	CaCO_3	อยู่	$\frac{2 \times 100}{40} =$	<u>5.0</u> กรัม

ร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนตในของผสมนี้ เท่ากับร้อยละ 5

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 3. จงคำนวณว่าจะต้องใช้**แก๊สออกซิเจนกี่ลิตร** จึงจะทำให้ปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สอีเทน 25.0 ลิตร



จากการทดลองใดๆ แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP

2×22.4 7×22.4 4×22.4 6×22.4 ลิตร ที่ STP

จากสมการ

แก๊สอีเทน 2×22.4 ลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน 7×22.4 ลิตร ที่ STP

ถ้าใช้แก๊สอีเทน 25.0 ลิตร จะทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน $\frac{7 \times 22.4 \times 25.0}{2 \times 22.4}$ ลิตร ที่ STP

จะต้องใช้แก๊สออกซิเจน = 87.5 ลิตร ที่ STP

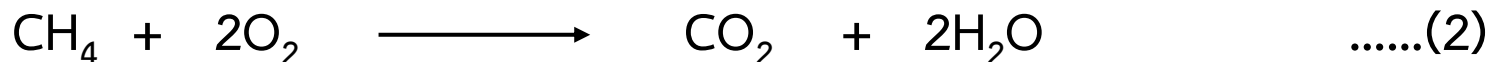
10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 4. สมมติว่าแก๊สธรรมชาติชนิดหนึ่งมีมีเทน (CH_4) และเอทิลีน (C_2H_4) เป็นองค์ประกอบ

ถ้านำแก๊สธรรมชาตินี้ปริมาณ 5.00 กรัม มาเผาไหม้กับออกซิเจนที่มากเกินไป
ได้ CO_2 14.5 กรัม และ H_2O

จงหาร้อยละของ C_2H_4 ในแก๊สธรรมชาตินี้ ($\text{C}=12.0$, $\text{H}=1.00$, $\text{O}=16.0$)

วิธีทำ สมการแสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้คือ



10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 4.

วิธีทำ เปลี่ยนน้ำหนักของ CO_2 ที่เกิดขึ้นทั้งหมด 14.5 กรัม เป็นโมล

$$\begin{array}{lcl} \text{CO}_2 & 12 + (2 \times 16) = & 44.0 \text{ กรัม} \quad \text{คือ} \quad 1 \quad \text{โมล} \\ \text{ถ้า CO}_2 & 14.5 \text{ กรัม} & \text{คิดเป็น} \quad \frac{1 \times 14.5}{44} = 0.330 \text{ โมล} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{แก๊สธรรมชาติ (C}_2\text{H}_4 + \text{CH}_4) \text{ ทั้งหมด} & = & 5.00 \text{ กรัม} \\ \text{ให้น้ำหนักของ C}_2\text{H}_4 \text{ ในแก๊สธรรมชาติ} & = & X \text{ กรัม} \\ \text{น้ำหนักของ CH}_4 \text{ ในแก๊สธรรมชาติ} & = & 5.00 - X \text{ กรัม} \end{array}$$

นั่นคือ

$$\begin{array}{lcl} \text{C}_2\text{H}_4 \text{ ที่ทำปฏิกิริยาไป} & \text{คือ} & X \text{ กรัม} \\ & \text{คิดเป็น} & \frac{X}{28.0} \text{ โมล} \end{array}$$

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 4.

วิธีทำ

แก๊สธรรมชาติ ($C_2H_4 + CH_4$) ทั้งหมด = 5.00 กรัม
 ให้น้ำหนักของ C_2H_4 ในแก๊สธรรมชาติ = X กรัม
 น้ำหนักของ CH_4 ในแก๊สธรรมชาติ = $5.00 - X$ กรัม
 นั่นคือ

CH_4 ที่ทำปฏิกิริยาไป คือ $5.00 - X$ กรัม
 คิดเป็น $\frac{5.00 - X}{16.0}$ โมล

จากสมการ (1)	C_2H_4	1	โมล	ให้	CO_2	2	โมล
	C_2H_4	$\frac{x}{28.0}$	โมล	จะให้	CO_2	$\frac{2x}{28.0}$	โมล(3)

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 4.

วิธีทำ จากสมการ (2) CH_4 1 โมล ให้ CO_2 1 โมล
 CH_4 $\frac{5.00 - x}{16.0}$ โมล จะให้ CO_2 $\frac{5.00 - x}{16.0}$ โมล ... (4)

ผลบวกของ (3) และ (4) ต้องเท่ากับน้ำหนักของ CO_2 ที่เกิดขึ้นทั้งหมด = 0.330 โมล

$$\begin{array}{rclcl}
 (3) & + & (4) & = & 0.330 \text{ โมล} \\
 \frac{2x}{28.0} & + & \frac{5.00-x}{16.0} & = & 0.330 \text{ โมล} \\
 (0.0741 X) & + & (0.312 - 0.0625 X) & = & 0.330 \text{ โมล} \\
 & & x & = & 2.02 \text{ กรัม} \\
 & & \text{น้ำหนักของ } \text{C}_2\text{H}_4 & = & 2.02 \text{ กรัม}
 \end{array}$$

10. การคำนวณในสมการเคมี

ตัวอย่าง 4.

วิธีทำ

หาร้อยละของ C_2H_4 จาก

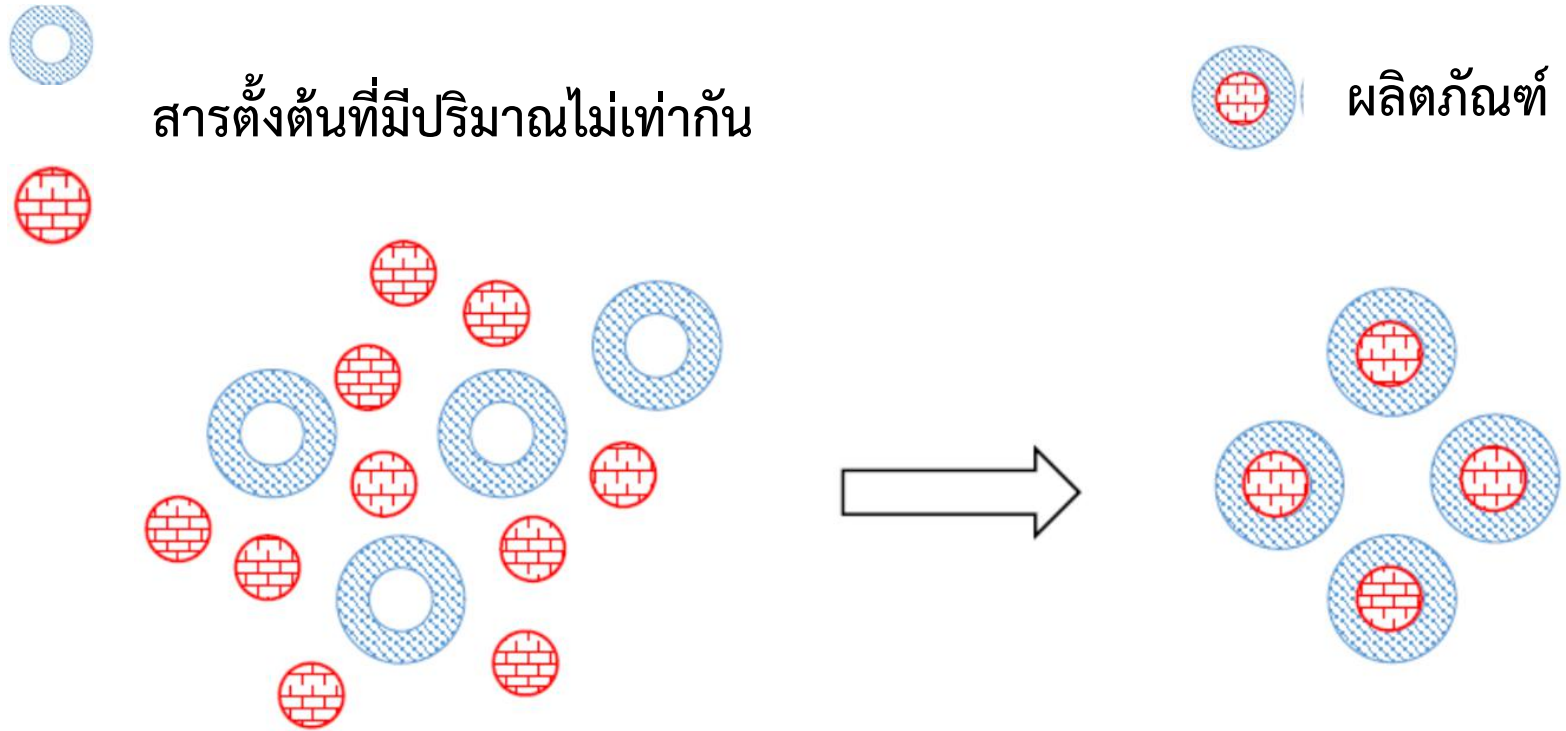
แก๊สธรรมชาติทั้งหมด 5.00 กรัม มีปริมาณ C_2H_4 2.02 กรัม
ถ้าแก๊สธรรมชาติ 100 กรัม จะมีปริมาณ C_2H_4 $\frac{2.02 \times 100}{5.00} = 40.4$ กรัม

ร้อยละของ C_2H_4 ในแก๊สธรรมชาตินี้ คือ ร้อยละ 40.4

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

- การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีสารตั้งต้นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ถ้าสารตั้งต้นแต่ละชนิดมีปริมาณเท่ากัน จะทำปฏิกิริยากันหมดพอดี การคำนวณหาปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะสามารถคำนวณจากสารตั้งต้น ตัวใดก็ได้
- แต่ถ้าสารตั้งต้นที่ใช้ทำปฏิกิริยากันมีปริมาณไม่เท่ากัน **สารที่มีปริมาณน้อยกว่า จะถูกใช้หมดก่อนในการทำปฏิกิริยา** สารผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดเท่ากับปริมาณสารตั้งต้นที่ถูกใช้หมดก่อน
- เรียกสารตั้งต้นที่ถูกใช้หมดก่อน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่จะเกิดขึ้นตามสมการเคมีว่า **สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)**

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)



ปริมาณสารของสารตั้งต้นที่ใช้ในการเปรียบเทียบหาสารกำหนดปริมาณ
จะต้องพิจารณาจากจำนวนโมลของสารตั้งต้นเท่านั้น

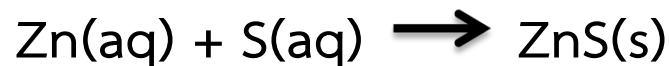
11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

ในการพิจารณาว่าสารตั้งต้นใดเป็นสารกำหนดปริมาณในสมการเคมี อาจจำแนกเป็น 2 แบบคือ

1) อัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นเท่ากัน

- เมื่อคำนวณหาจำนวนโมลของสารตั้งต้นแต่ละตัวได้แล้ว
- แล้วเทียบจากจำนวนโมลระหว่างสารตั้งต้นด้วยกันทั้งหมด
- สารตั้งต้นตัวใดมีจำนวนโมลน้อยกว่า สารนั้นเป็นสารกำหนดปริมาณ

ตัวอย่าง 2.19 สังกะสี (Zn) และกำมะถัน (S) ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสังกะสีซัลไฟด์ (ZnS) ซึ่งเป็นสารเรืองแสงในการเคลือบผิวด้านในของหลอดโทรทัศน์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



ถ้าใช้ Zn 20.0 กรัมและ S 10.0 กรัม จงหาว่า

- ก) สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ
- ข) สารใดเหลือ เหลือเท่าใดกี่กรัม
- ค) เกิด ZnS น้กกี่กรัม

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

วิธีคิด คำนวณจำนวนโมลของ Zn 20.0 กรัม mol ของ Zn = $\frac{20.0 \text{ g}}{65.4 \text{ g/mol}}$ = 0.306 mol

 คำนวณจำนวนโมลของ S 10.0 กรัม mol ของ S = $\frac{10.0 \text{ g}}{32.0 \text{ g/mol}}$ = 0.311 mol

ก) จากสมการ Zn 1 โมล ทำปฏิกิริยากับ S 1 โมล

(อัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นเท่ากัน คือ 1:1)

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

ดังนั้น Zn มีจำนวนโมลน้อยกว่า จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข) สารที่เหลือคือ S เนื่องจากมีปริมาณจำนวนโมลมากกว่า

$$\text{จำนวนโมลของ S ที่เหลือ} = 0.311 - 0.306 = 0.005 \text{ mol}$$

$$\text{คำนวณน้ำหนักเป็นกรัมของ S ที่เหลือ} = (0.005 \text{ mol})(32.0 \text{ g/mol}) = 0.160 \text{ g}$$

ค) เกิดผลิตภัณฑ์ ZnS = 0.306 mol เนื่องจากอัตราส่วนจำนวนโมลระหว่าง Zn กับ ZnS เป็น 1:1

$$\text{คำนวณน้ำหนักเป็นกรัมของ ZnS} = (0.306 \text{ mol})(97.4 \text{ g/mol}) = 29.8 \text{ g}$$

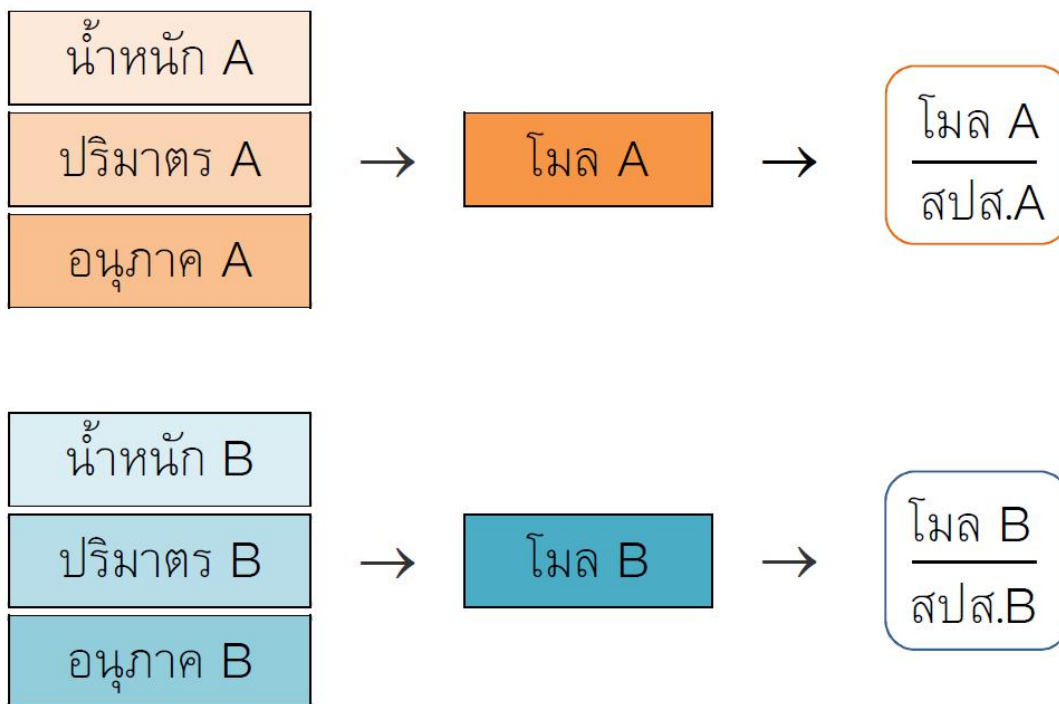
11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

2) อัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นไม่เท่ากัน

- การคำนวณหาจำนวนโมลอย่างเดียวไม่สามารถบอกสารกำหนดปริมาณได้
วิธีการอย่างง่าย คือ
1. เมื่อคำนวณจำนวนโมลแล้วให้หาอัตราส่วนจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้นแต่ละตัว
 2. คำนวณโดยนำจำนวนโมลหารด้วยตัวเลขสัมประสิทธิ์ (ตัวเลขหน้าสูตรเคมีในสมการที่ดุลแล้ว)
 3. สารตั้งต้นที่มีอัตราส่วนจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์น้อยกว่า สารนั้นเป็นสารกำหนดปริมาณ

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

อัตราส่วนจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์



11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

ตัวอย่าง 2.21 ปุ๋ยยูเรีย $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างแก๊ส NH_3 กับแก๊ส CO_2 ดังสมการ



ในกระบวนการผลิตยูเรียใช้ NH_3 700 กรัมผสมกับ CO_2 1000 กรัม จงหา

- ก) สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ
- ข) $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ เกิดขึ้นมากที่สุดกี่กรัม
- ค) หลังจากปฏิกิริยาลิ้นสุดลง สารที่เหลือจะเหลือกี่กรัม

วิธีคิด ขั้นที่ 1 คำนวณจำนวนโมลของ NH_3 และ CO_2

$$\text{mol ของ } \text{NH}_3 = \frac{700 \text{ g}}{17.0 \text{ g/mol}} = 41.2$$

$$\text{mol ของ } \text{CO}_2 = \frac{1000 \text{ g}}{44.0 \text{ g/mol}} = 22.7$$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

ขั้นที่ 2 พิจารณาสารกำหนดปริมาณ ซึ่งจะเห็นว่าสัมประสิทธิ์จำนวนโมลของแต่ละสารไม่เท่ากัน ดังนั้นต้องเทียบจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์ จะได้

$$\text{อัตราส่วนจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์ของ } \text{NH}_3 = \frac{41.2}{2} = 20.6$$

$$\text{อัตราส่วนจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์ของ } \text{CO}_2 = \frac{22.7}{1} = 22.7$$

ก) ดังนั้น NH_3 เป็นสารกำหนดปริมาณ เนื่องจากมีจำนวนโมลต่อเลขสัมประสิทธิ์น้อยกว่า

ขั้นที่ 3 จากปฏิกิริยา NH_3 2 mol เกิด $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 1 mol

$$\text{NH}_3 \text{ 41.18 mol เกิด } (\text{NH}_2)_2\text{CO} = \frac{1 \times 41.18}{2} = 20.6 \text{ mol}$$

คำนวณ mol $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ให้เป็นกรัม เมื่อมวลโมเลกุลของ $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ เท่ากับ 60.0 g/mol

$$\text{g}(\text{NH}_2)_2\text{CO} = (20.6 \text{ mol})(60.0 \text{ g/mol}) = 1235.4 \text{ g}$$

ข) ดังนั้น น้ำหนักของ $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ที่เกิดขึ้นเท่ากับ 1235.4 กรัม

11. สารกำหนดปริมาณ (limiting agent)

ค) สารที่เหลือ CO_2 mol ของ CO_2 เริ่มต้น mol ของ NH_3 ใช้จริง

จำนวนโมลของ CO_2 ที่เหลือ = $22.7 - 20.6 = 2.1 \text{ mol}$

คำนวณน้ำหนักเป็นกรัมของ CO_2 ที่เหลือ = $(2.1 \text{ mol})(44.0 \text{ g/mol}) = 92.4 \text{ g}$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

12. ผลผลิตร้อยละ(%yield)

- การคำนวณหาผลผลิตที่เกิดขึ้นตามสมการเคมีโดยกำหนดให้**ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์** ไม่มีการสูญหายใดๆ เกิดขึ้น เรียกว่า
- **ผลผลิตตามทฤษฎี (theoretical yield)**
- ส่วนผลผลิตที่ได้จากการทดลอง เรียกว่า **ผลผลิตจริง (actual yield)**
- โดยทั่วไปการรายงานผลผลิตจริงจะเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ตามทฤษฎีในรูปร้อยละ เรียกว่า **ผลผลิตร้อยละ (%yield)** ดังนี้

ผลผลิตตามทฤษฎี เป็นผลผลิตสูงสุดที่คำนวณได้ตามสมการ
ผลผลิตจริง เป็นผลผลิตที่ได้จากการทดลอง

$$\% \text{ผลผลิต} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

12. ผลผลิตร้อยละ(%yield)

ตัวอย่าง2.22 จงหาปริมาณผลผลิตตามทฤษฎีของ Cu ที่ได้จากการแยก Cu_2S จำนวน 1.00 กรัม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



ถ้าผลการทดลองได้ทองแดง (Cu) 712.5 กรัม จงคำนวณหาผลผลิตร้อยละ

คำนวณผลผลิตตามทฤษฎี

$$\text{mol ของ } \text{Cu}_2\text{S} = \frac{1.00 \text{ g}}{159 \text{ g/mol}} = 6.29 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

อัตราส่วนจำนวนโมลระหว่าง Cu กับ Cu_2S เป็น 2:1

ดังนั้น จำนวนโมลของ Cu ที่เกิดขึ้น = $2 \times 6.29 = 12.6 \text{ mol}$

คำนวณน้ำหนักเป็นกรัมของ Cu = $(12.6 \text{ mol})(63.5 \text{ g/mol}) = 800.1 \text{ g}$

ดังนั้น ผลผลิตตามทฤษฎีที่ควรเตรียม Cu ได้เท่ากับ 800.1 กรัม แต่ผลผลิตจริงได้ 712.5 กรัม

คำนวณผลผลิตร้อยละ ได้ดังนี้

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{(712.5 \text{ g})}{(800.1 \text{ g})} \times 100 = 89.1\%$$

12. ผลผลิตร้อยละ(%yield)

ตัวอย่าง 5

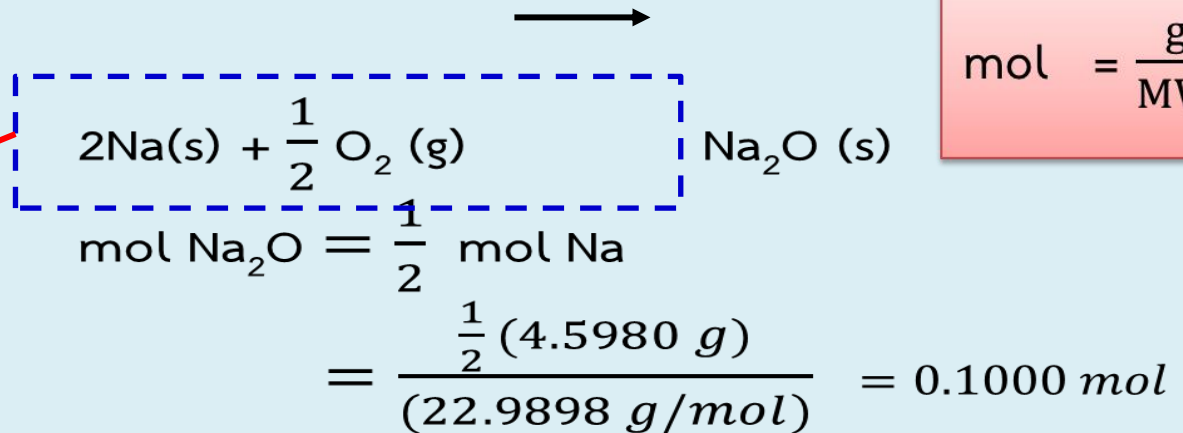
จากปฏิกิริยาการเผาโลหะ Naหนัก 4.5980 g ในอากาศที่มีออกซิเจนมากเกินไป
ได้ Na_2O หนัก 5.8750 g จงคำนวณร้อยละผลผลิตของ Na_2O ที่ได้

วิธีทำ



Na 2 อะตอม ใน 1 โมล

Na 1 อะตอม คือ $\frac{1}{2}$ โมล



$$\text{mol} = \frac{\text{g}}{\text{MW}}$$

$$\begin{aligned} \text{มวล Na}_2\text{O} &= (0.1000\text{ mol})(61.9790\text{ g/mol}) \\ &= 6.1979\text{ g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ yield Na}_2\text{O} = \frac{(5.8750\text{ g})}{(6.1979\text{ g})} \times 100 = 94.79\%$$