

ปริมาณสัมพันธ์ (Stoichiometry)

เนื้อหา

1. มวลอะตอม
2. โมล
3. สูตรเคมี
4. การหามวลเป็นร้อยละจากสูตร
5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี
6. ผลผลิตตามทฤษฎี ผลผลิตจริงและผลผลิตร้อยละ

ปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry)

- เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลของสาร ทางกายภาพและทางเคมีเป็นหลัก และ
- บอกปริมาณของสารซึ่งอยู่ในลักษณะที่ต่างกันออกไป

ทำไมต้องศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์

- ใช้คาดคะเนปริมาณผลผลิต เมื่อทราบปริมาณตัวทำปฏิกิริยา
- ช่วยประหยัดสารเคมี เพราะสามารถบอกได้ว่าควรใช้
- ตัวทำปฏิกิริยาปริมาณเท่าใดให้พอดี
- คำนวณหาพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาหรือที่ใช้ในปฏิกิริยาได้
- เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเพิ่มผลผลิต

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล

อะตอม

มวลอะตอมสัมพัทธ์ (Relative atomic mass)

คือ ตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอม
กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม เป็นค่าไม่มีหน่วย

มวลอะตอมของธาตุ

คือ มวลเปรียบเทียบที่บอกให้ทราบว่า 1 อะตอมของธาตุนั้นหนักเป็นกี่เท่าของ
ธาตุมาตรฐาน

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล

อะตอม

หน่วยมาตรฐาน : amu (atomic mass unit)

1 อะตอมของ C-12 (มี 6 โปรตอน และ 6 นิวตรอน) มีมวล 12 หน่วยมวล

อะตอม (unified atomic mass unit **u**) หรือ ดัลตัน (dalton **Da**)

1 U = 1/12 ของมวล C-12 1 อะตอม

$$= 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

มวลอะตอมของธาตุใดๆ จึงเป็นตัวเลขที่แสดงว่าธาตุนั้นๆ 1 อะตอม
มีมวลเป็นกี่เท่าของ 1/12 ของมวล C-12 1 อะตอม

$$\text{มวลอะตอมสัมพันธ์} = \frac{\text{มวลอะตอมของธาตุ (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล
อะตอม

ตัวอย่าง : ทั้งสแตนมีมวลอะตอม 183.84 amu
จงหาน้ำหนักเป็นกรัมของทั้งสแตน 25 อะตอม

วิธีคิด : ทั้งสแตน 1 อะตอม มีมวล = 183.84 amu
ทั้งสแตน 25 อะตอม มีมวล = 183.84×25 amu
= 4.596×10^3 amu

เปลี่ยน amu เป็น g

$$\text{มวล } 1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

$$\text{มวล } 4.596 \times 10^3 \text{ amu} = 7.629 \times 10^{-21} \text{ g}$$

ตอบ : ทั้งสแตน 25 อะตอม มีมวล $7.629 \times 10^{-21} \text{ g}$

ปริมาณสารสัมพันธ์

ตัวอย่าง โพแทสเซียม 1 อะตอมมีมวล 64.74×10^{-24} กรัม จะมีมวลอะตอม

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{1.66 \times 10^{-24}}$$

วิธีทำ

$$\text{มวลอะตอมของ K} = \frac{\text{มวลของ K 1 อะตอม}}{1.66 \times 10^{-24}}$$

$$\text{มวลอะตอมของ K} = \frac{64.74 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}$$

$$\text{มวลอะตอมของ K} = 39$$

โดยทั่วไปธาตุต่างๆมักมีหลายไอโซโทปในธรรมชาติ แต่ละไอโซโทปจะมีมวลอะตอมไม่เท่ากัน

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล

อะตอม

มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ (Average atomic mass)

: นำมวลอะตอมของธาตุที่มีหลายไอโซโทปมาหามวลอะตอมเฉลี่ย

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ย} = \frac{\sum (\text{มวลอะตอมของไอโซโทป} \times \text{เปอร์เซ็นต์ไอโซโทป})}{100}$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล

อะตอม

ตัวอย่าง ทองแดงเป็นโลหะที่มนุษย์รู้จักมาตั้งแต่สมัยโบราณใช้ทำสายไฟฟ้า และเหรียญกษาปณ์ เป็นต้น มวลอะตอมของไอโซโทปที่เสถียร 2 ชนิดของทองแดง ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ (69.09%) และ ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ (30.91%) มีค่า 62.93 และ 64.9278 amu ตามลำดับ จงคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของทองแดง

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ย} = \frac{\sum (\text{มวลอะตอมของไอโซโทป} \times \text{เปอร์เซ็นต์ไอโซโทป})}{100}$$

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ย} = \frac{69.09 \times 62.93}{100} + \frac{30.91 \times 64.9278}{100}$$

$$= 63.55$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล โมเลกุล

น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

ใช้วิธีเปรียบเทียบกับมวลของธาตุมาตรฐาน C-12 เช่นเดียวกับมวลอะตอม

มวลโมเลกุลของสารใดๆ บอกให้ทราบว่า สารนั้น 1 โมเลกุลมีมวลเป็นกี่เท่า
ของ $1/12$ ของมวล C-12 1 อะตอม

$$\text{มวลโมเลกุล} = \frac{\text{มวลของสาร 1 โมเลกุล}}{1/12 \text{ ของมวล C-12 1 อะตอม}}$$

มวลโมเลกุลของสาร หาได้จากผลบวกของมวลอะตอม
ของธาตุทั้งหมดในโมเลกุล

เช่น $\text{SO}_2 = 1 \text{ S} + 2 \text{ O}$
 $= (32 \times 1) + (16 \times 2)$
 $= 64$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{SO}_4 &= 2 \text{ H} + 1 \text{ S} + 4 \text{ O} \\ &= (2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) \\ &= 98\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{COOH} &= 2 \text{ C} + 2 \text{ O} + 4 \text{ H} \\ &= (2 \times 12) + (2 \times 16) + (4 \times 1) \\ &= 60\end{aligned}$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

มวล โมเลกุล

จงคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส
ซึ่งมีสูตรโมเลกุล $C_6H_{12}O_6$

$$\begin{aligned} 6 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ C} &= 6 \times 12.01 = 72.06 \\ 12 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ H} &= 12 \times 1.008 = 12.00 \\ 6 \times \text{น้ำหนักอะตอมของ O} &= 6 \times 16.00 = 96.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส} &= 72.06 + 12.00 + 96.00 \\ &= 180.06 \end{aligned}$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

โมล

โมล : ปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของ C-12

ที่มีมวล 12 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม

อนุภาคอาจเป็นอะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน

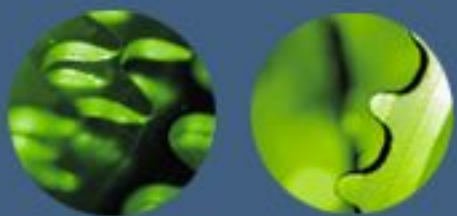
เลขจำนวน 6.02×10^{23} เรียกว่า

เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number)



ชาวอิตาลี

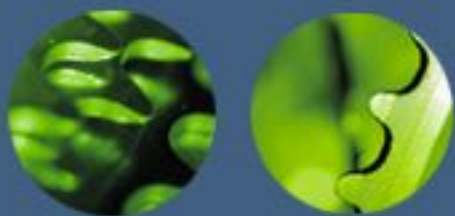
1 โมลของสารใดๆ หมายถึง ปริมาณสารจำนวน 6.02×10^{23} อนุภาค
ซึ่งมีมวลเท่ากับมวลอะตอมของธาตุหรือมวลโมเลกุลของสารนั้นๆ



โมล (mole)

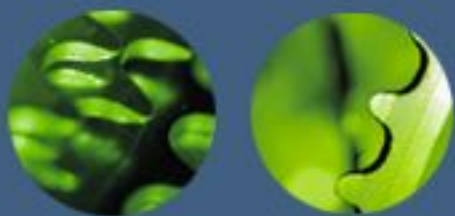
โมลกับอนุภาคของสาร

เป็นหน่วยบอกจำนวนอนุภาค/ปริมาณของสาร เขียนย่อว่า “mol” โดย 1 mol หมายถึง ปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาค (อะตอม โมเลกุล หรืออนุภาคอื่นๆ) เท่ากับจำนวนอะตอมของ คาร์บอน-12 ที่มีมวล 12 กรัม



โมลกับอนุภาคของสาร

$$\begin{aligned}
 & \frac{{}^{12}\text{C} \text{ 1 atom}}{\text{}} = \frac{{}^{12}\text{C} \text{ a atom}}{\text{}} \\
 & \frac{{}^{12}\text{C} \text{ 12.00 x 1.66 x 10}^{-24} \text{ g}}{\text{}} = \frac{{}^{12}\text{C} \text{ 12.00 g}}{\text{}} \\
 & {}^{12}\text{C} \text{ a atom} = \frac{{}^{12}\text{C} \text{ 1 atom x } {}^{12}\text{C} \text{ 12.00 g}}{\text{}} \\
 & {}^{12}\text{C} \text{ 12.00 x 1.66 x 10}^{-24} \text{ g} \\
 & = 6.022137 \times 10^{23} \text{ atom}
 \end{aligned}$$



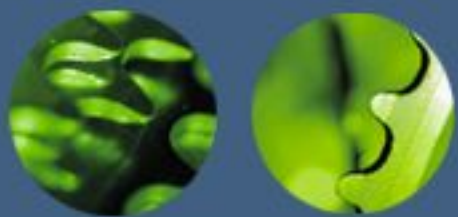
โมลกับอนุภาคของสาร

ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 1 โมล มีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค เลขจำนวนนี้เรียกว่า เลขอาโวกาโดร
(*Avogadro's number*)

$$\frac{\text{สาร 1 โมล}}{\text{สาร } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}$$

หรือ

$$\frac{\text{สาร } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}{\text{สาร 1 โมล}}$$



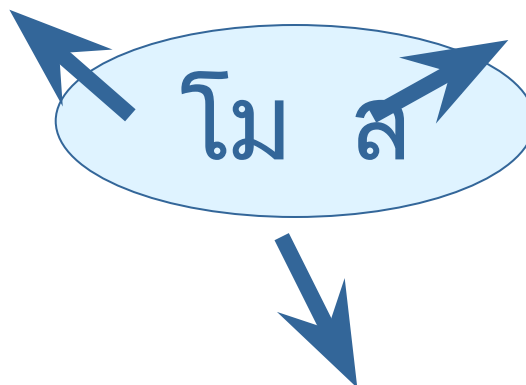
โมลกับอนุภาคของสาร

สาร	จำนวนโมล	จำนวนและชนิดของอนุภาค
K	1	6.02×10^{23} อะตอม
Kr	1	6.02×10^{23} อะตอม
H ₂	1	6.02×10^{23} โมเลกุล
H ₂ O	2	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
CO ₂	0.5	$0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
NaCl	1	Na ⁺ 6.02×10^{23} ไอออน และ Cl ⁻ 6.02×10^{23} ไอออน
K ₂ SO ₄	1	K ⁺ $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ ไอออน และ SO ₄ ²⁻ 6.02×10^{23} ไอออน



โมลไอออน เช่น Ca^{2+} 1 โมลไอออน
มีจำนวนไอออน = 6.02×10^{23}

โมลโมเลกุล เช่น H_2 1 โมลโมเลกุล
มีจำนวนโมเลกุล = 6.02×10^{23}



โมลอะตอม เช่น Na 1 โมลอะตอม
มีจำนวนอะตอม = 6.02×10^{23}

โมลกับอนุภาคของสาร

- ถ้าอนุภาคคืออะตอม เรียกว่า โมลอะตอม เช่น สังกะสี (Zn) 1 โมลอะตอมมีจำนวนอะตอมเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม
- ถ้าอนุภาคคือโมเลกุล เรียกว่า โมลโมเลกุล เช่น ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) 1 โมลโมเลกุลมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล
- ถ้าอนุภาคคืออิเล็กตรอน เรียกว่า โมลอิเล็กตรอน 1 โมลอิเล็กตรอน หมายถึง จำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 6.02×10^{23} อิเล็กตรอน
- ถ้าอนุภาคคือไอออน เรียกว่า โมลไอออน เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) 1 โมลไอออนมีจำนวนไอออนเท่ากับ 6.02×10^{23} ไอออน

A Mole of Particles

Contains 6.02×10^{23} particles

1 mole C = 6.02×10^{23} C atoms

1 mole H₂O = 6.02×10^{23} H₂O molecules

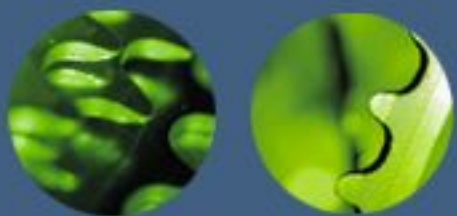
1 mole NaCl = 6.02×10^{23} NaCl

“molecules”

(technically, ionics are compounds not molecules so they are called formula units)

6.02×10^{23} Na⁺ ions and

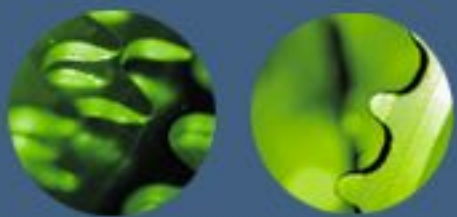
6.02×10^{23} Cl⁻ ions



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับอนุภาคของสาร

1. จงหาจำนวนโมลของ H_2O 4.5×10^{26} โมเลกุล

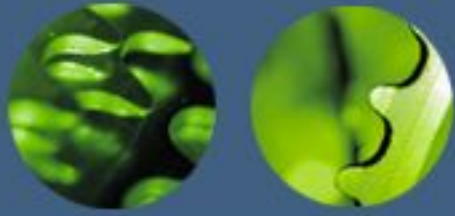
2. จงหาจำนวนโมลของ Na^+ 2.2×10^{-15} ไอออน



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับอนุภาคของสาร

3. จงหาจำนวนโมลของ Ar 100 อะตอม

4. จงหาจำนวนอะตอมของ Mg 0.005 โมล



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับอนุภาคของสาร

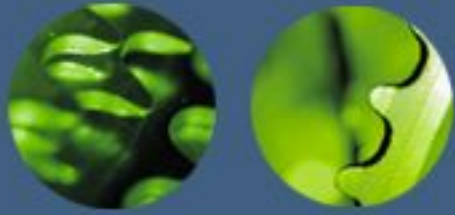
5. จงหาจำนวนโมเลกุลของ CO_2 5 โมล

6. จงหาจำนวนไอออนของ F^- 5×10^{-6} โมล



จำนวนโมลกับมวลของสาร

ธาตุ	มวลอะตอม	จำนวนอะตอม ต่อโมล	มวล (g)
Li	6.941	6.02×10^{23}	6.941
Fe	55.845	6.02×10^{23}	55.845
Au	196.966	6.02×10^{23}	196.966
K	39.098	6.02×10^{23}	39.098



จำนวนโมลกับมวลของสาร

- สารใดๆ 1 โมล(อะตอม) มีมวลเท่ากับ มวลอะตอม (กรัม)
- สารใดๆ 1 โมล(โมเลกุล) มีมวลเท่ากับ มวลโมเลกุล(กรัม)

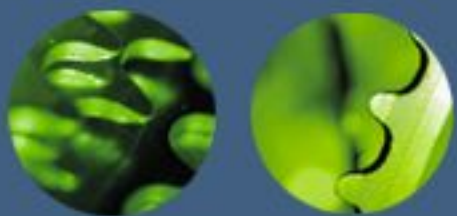
สาร 1 โมล

มวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล

หรือ

มวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล

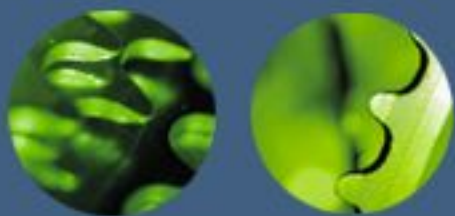
สาร 1 โมล



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับมวลของสาร

1. NaOH 5 mol มีมวลกี่กรัม

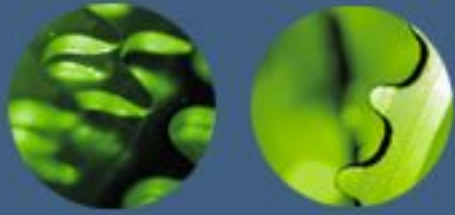
2. CO_2 0.2 mol มีมวลกี่กรัม



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับมวลของสาร

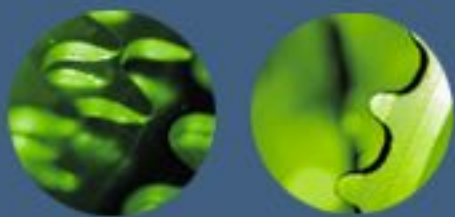
3. เหล็ก 200 กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด

4. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 9.5×10^{-4} กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด



โจทย์ตัวอย่าง โมลกับมวลของสาร

5. Al 40.5 กรัม จะมีกี่โมล และมีกี่อะตอม($A_r=27$)



Ex ถ้ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หนัก 9.24 g
จงคำนวณหา

- ก. จำนวนโมล CO_2
- ข. จำนวนโมเลกุล CO_2
- ค. จำนวนโมลของแต่ละธาตุในคาร์บอนไดออกไซด์
- ง. จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุ



วิธีทำ

a. น้ำหนักโมเลกุลของ CO_2

$$= 12.0 + (2 \times 16.0)$$
$$= 44.0$$

$$\text{จำนวนโมลของ } \text{CO}_2 = \frac{9.24 \text{ g } \cancel{\text{CO}_2} \times 1 \text{ mol } \text{CO}_2}{44.0 \cancel{\text{ g } \text{CO}_2}}$$

$$= 0.210 \text{ mol } \text{CO}_2$$

$$\text{ข. Molecule CO}_2 = \frac{9.24 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ molecule CO}_2}{44.0 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 1.26 \times 10^{23} \text{ molecule CO}_2$$

$$\text{ค. Mole C} = \frac{9.24 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 1 \text{ mol C}}{44.0 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 0.210 \text{ mole C}$$

$$\text{Mole O} = \frac{9.24 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 2 \text{ mol O}}{44.0 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 0.420 \text{ mole O}$$



$$\begin{aligned} \text{g. Atom C} &= \frac{9.24 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 1 \text{ mol C} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{44.0 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 1 \text{ mol C}} \\ &= \mathbf{1.26 \times 10^{23} \text{ atom}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Atom O} &= \frac{9.24 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 2 \text{ mol O} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{44.0 \text{ g CO}_2 \times 1 \text{ mol CO}_2 \times 1 \text{ mol O}} \\ &= \mathbf{2.53 \times 10^{23} \text{ atom}} \end{aligned}$$



Ex. จงหาจำนวนโมล จำนวนโมเลกุล และปริมาตร ที่ STP ของสารต่อไปนี้ซึ่งมีมวล 10.0 g

1. แก๊สโอโซน (O_3)



2. แก๊สคลอรีน (Cl_2)

3. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3)



Ex. เผลย

1. แก๊สโอโซน (O_3)

= 0.208 mol , 1.25×10^{23} molecule, 4.67 dm³ ที่ STP

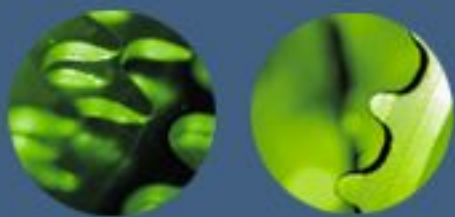
2. แก๊สคลอรีน (Cl_2)

= 0.141 mol , 8.48×10^{22} molecule, 3.15 dm³ ที่ STP

3. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3)

= 0.587 mol , 3.53×10^{23} molecule, 13.2 dm³ ที่ STP

สาร	จำนวนโมล	มวลอะตอม/ มวลโมเลกุล	จำนวนอนุภาค
N_2	1	28	6.02×10^{23} โมเลกุล
H_2SO_4	2	98	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
Mg	3	24.3	$3 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม
NH_4^+	0.1	18	$0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$ ไอออน
HCO_3^-	1.5	61	$1.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ ไอออน



โมลโมเล

กุล

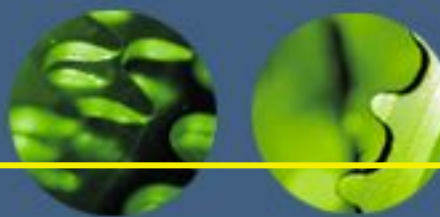
1 โมล โมเลกุล
(1mol)

จำนวน 6.02×10^{23}

โมเลกุล

มวลของสาร = มวลโมเลกุลมีหน่วยเป็นกรัม

ปริมาตรของก๊าซ 22.4 dm^3 ที่ STP



การคำนวณเกี่ยวกับ โมล

การคำนวณโมล – กรัม

$$\frac{\text{จำนวนโมล (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสาร}} =$$

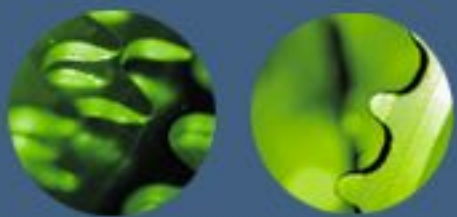
การคำนวณโมลของ น้ำหนักอะตอมหรือน้ำหนัก
และ ปริมาณ

$$\text{จำนวนโมลของแก๊ส} = \frac{\text{ปริมาตรแก๊สที่ STP}}{22.4 \text{ ลิตร (dm}^3\text{)}}$$

22.4 ลิตร (dm³)

(STP = ความดัน 1 atm

อุณหภูมิ 273.15 K)



Ex. มวลโมเลกุล $\text{SO}_2 = 64$, $\text{CCl}_4 = 154$, $\text{NaOH} = 40$

SO_2 1 โมล มี 6.02×10^{23} โมเลกุล มีมวล 64 g มีปริมาตร 22.4 dm^3 ที่ STP

CCl_4 1 โมล มี 6.02×10^{23} โมเลกุล มีมวล 154 g ปริมาตรไม่สามารถระบุได้
(มีสถานะเป็นของเหลว)

NaOH 1 โมล มี 6.02×10^{23} โมเลกุล มีมวล 40 g ปริมาตรไม่สามารถระบุได้
(มีสถานะเป็นของแข็ง)

จงคำนวณน้ำตาลกลูโคส 3×10^{24} โมเลกุล มีกี่โมล

น้ำตาลกลูโคส 6.02×10^{23} โมเลกุล คิดเป็น = 1 โมล

ถ้า "-----" 3.01×10^{24} โมเลกุล "-----" = $\frac{1 \times 3.01 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}}$

ดังนั้นน้ำตาลกลูโคส 3.01×10^{24} โมเลกุล = 5 โมล

$$\text{ดังนั้น จำนวนโมล} = \frac{\text{จำนวนโมเลกุล}}{6.02 \times 10^{23}}$$



H_2SO_4 มวล 196 g มีกี่โมล (H=1, S=32, O=16)

หามวลโมเลกุล $\text{H}_2\text{SO}_4 = (1 \times 2 + 32 + 16 \times 4) = 98$

H_2SO_4 98 g คิดเป็น 1 mol

H_2SO_4 196 g ” $= \frac{1 \times 196}{98} = 2 \text{ mol}$

ดังนั้น จำนวนโมล = $\frac{\text{มวลของสารเป็นกรัม}}{\text{มวลโมเลกุล}}$

ก๊าซออกซิเจน ปริมาตร 38 dm^3 ที่ 0°C ความดัน 1 atm
มีจำนวนโมลเท่าไร

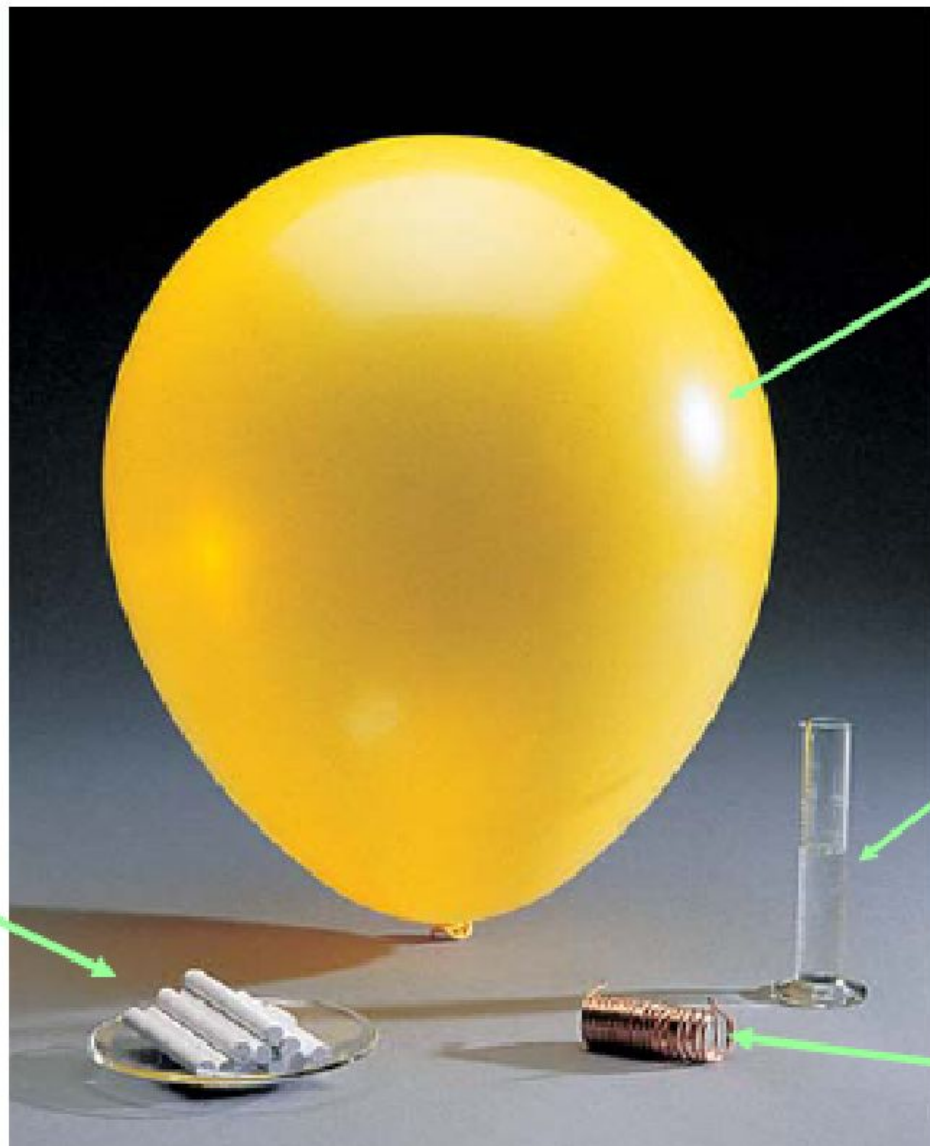
$$\begin{array}{rcl}
 \text{ก๊าซ } \text{O}_2 & 22.4 \text{ dm}^3 & \text{คิดเป็น} & 1 \text{ mol} \\
 \text{”} & 38 \text{ dm}^3 & \text{”-----”} & = \frac{1 \times 38}{22.4} \\
 & & & = 1.7 \text{ mol}
 \end{array}$$

$$\text{ดังนั้น จำนวนโมล} = \frac{\text{ปริมาตรที่ STP}}{22.4 \text{ dm}^3}$$

1 โมลของสาร

**1
mole**

CaCO_3
100.09 g



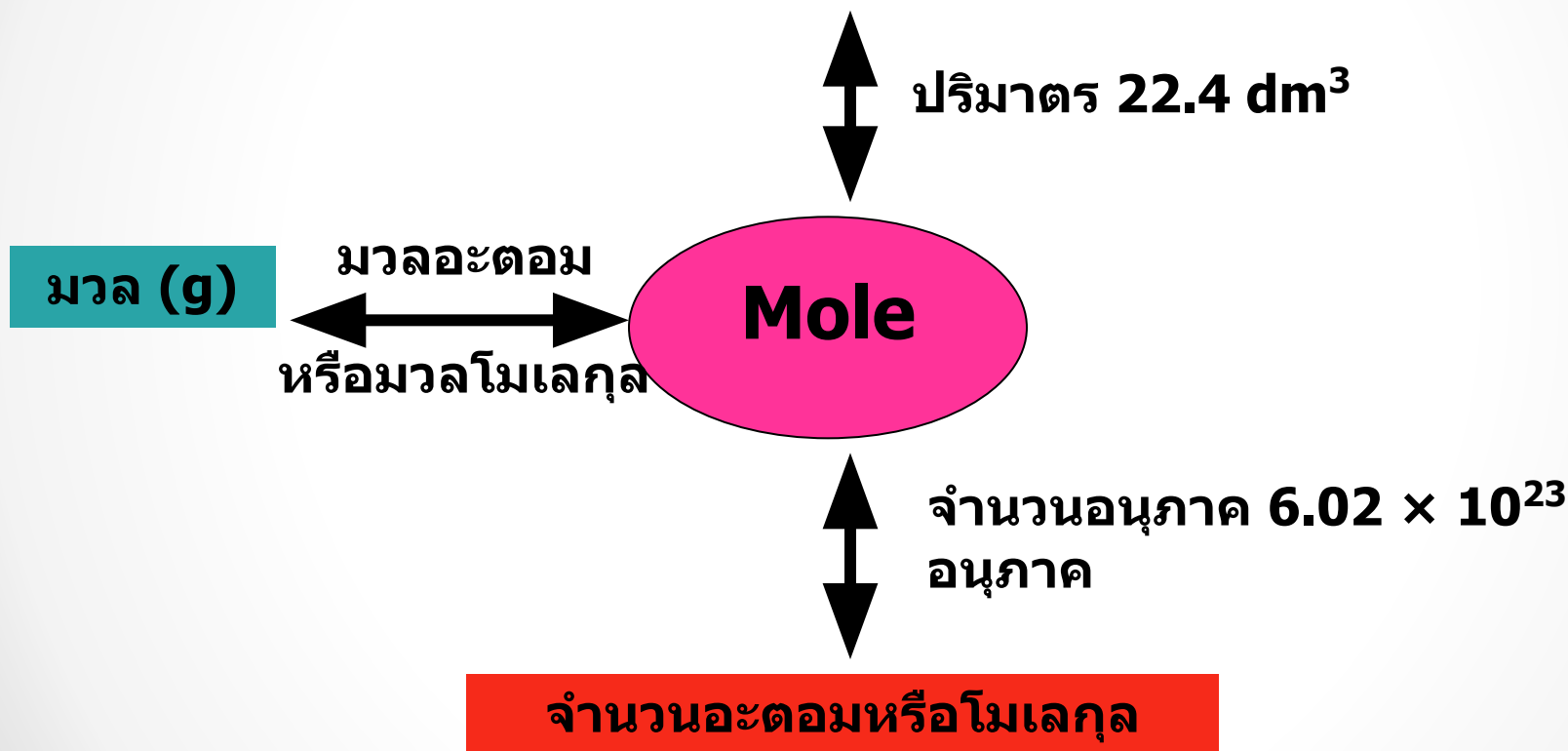
Oxygen
32.00 g

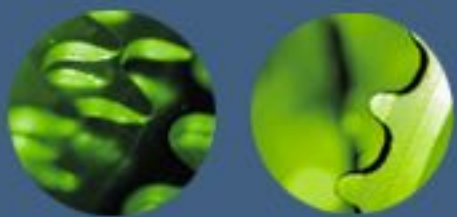
Water
18.02 g

Copper
63.55 g

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊ส

ปริมาตรของแก๊ส (dm^3) ที่ STP





ตัวอย่าง จงหาจำนวนโมลของแก๊สโอโซน(O_3) ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP

O_3 22.4 dm³ คิดเป็น 1 mol

ถ้า O_3 10 dm³ คิดเป็น $\frac{1 \times 10}{22.4} = 0.45$ mol

ดังนั้นจำนวนโมลของแก๊สโอโซน 10 dm³ เท่ากับ 0.45 โมล



**ไอน้ำ 2.25 โมล มีปริมาตรที่ลูกบาศก์
เดซิเมตร ที่STP**

50.4 dm³

ปริมาณสัมพันธ์

ตัวอย่าง

(น้ำหนักเชิงอะตอมของ C = 12, O = 16, Na = 23, Ca = 40, Cl = 35.5, Cu = 63.5)

ก) C 36 g มีกี่โมล

$$36 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ mol}}{12 \text{ g}} \right) = 3 \text{ mol}$$

ข) CO₂ 88 g คิดเป็นกี่โมล

$$88 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} \right) = 2 \text{ mol}$$

ค) Na₂CO₃ 0.5 mol มี
น้ำหนักกี่กรัม

$$0.5 \text{ mol} \left(\frac{106 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) = 53 \text{ g}$$

Na₂CO₃ 159 g มีกี่โมล

$$159 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ mol}}{106 \text{ g}} \right) = 1.5 \text{ mol}$$

คำถาม : ถ้ามีแก๊สแอมโมเนียหนัก 15.35 กรัม จงคำนวณหาจำนวนโมล
จำนวนโมเลกุล และ ปริมาตรที่ STP

NH_3 มวลโมเลกุล = 17

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนักสาร}}{\text{มวลโมเลกุล}}$$

$$\text{จำนวนโมลของ } \text{NH}_3 = \frac{15.35}{17} = 0.90 \text{ โมล}$$

$$\begin{aligned}\text{จำนวนโมเลกุล} &= \text{จำนวนโมล} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล} \\ &= 0.90 \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= 5.42 \times 10^{23}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตรที่ STP} &= \text{จำนวนโมล} \times 22.4 \text{ ลิตร} \\ &= 0.90 \times 22.4 \\ &= 20.16 \text{ ลิตร}\end{aligned}$$

สูตรเคมี (Chemical formula)

กลุ่มสัญลักษณ์ของธาตุหรือสารประกอบที่แสดงถึงองค์ประกอบของสารต่างๆ
ว่าประกอบด้วยธาตุใดบ้างอย่างละเอียด

- Empirical formula **สูตรเอมไพริคัล**
อัตราส่วนอย่างต่ำระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบ
- Molecular formula **สูตรโมเลกุล**
บอกจำนวนอะตอมจริงของธาตุในสารประกอบ
- Structural formula **สูตรโครงสร้าง**
แสดงโครงสร้างและพันธะระหว่างอะตอม

MW หาจาก molecular formula

สูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล

สูตรเอมพิริคัล คือ สูตรเคมีที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอม ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบ เช่น CH_4 เป็นสูตรเคมีที่มีอัตราส่วนจำนวนอะตอม C และ H เป็น 1:4 และอัตราส่วนจำนวนอะตอมก็มีค่าเท่ากับอัตราส่วนจำนวนโมลด้วย ดังนั้น อัตราส่วนจำนวนโมลของ C และ H ใน CH_4 ก็คือ 1:4

สูตรโมเลกุล คือ สูตรเคมีที่แสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีอยู่ใน 1 โมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบ สารประกอบที่มีสูตรเอมพิริคัลเหมือนกันอาจมีสูตรโมเลกุลต่างกันและเป็นสารประกอบต่างชนิดกันก็ได้ เช่น สารประกอบที่มีสูตรเอมพิริคัลเป็น CH_2 อาจเป็นโมเลกุล C_2H_4 C_3H_6 C_4H_8 หรือ C_5H_{10} ก็ได้

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{สูตรเอมพิริคัล})_n$$

ปริมาณสารสัมพันธ์

การหาสูตรเอมไพริ กัลและสูตรโมเลกุล

1. ต้องบอกว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุใดบ้าง และมีมวลอย่างละเท่าไร การบอกมวลอาจบอกเป็นกรัมหรือร้อยละ
2. หาอัตราโดยจำนวนโมลอะตอม (mole ratio) ของธาตุองค์ประกอบโดยนำมวลอะตอมของธาตุนั้นไปหารปริมาณของธาตุที่บอกในข้อ 1
3. นำผลหารจากข้อสองมาเทียบให้เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำและเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อยๆ
4. ผลที่ได้จากข้อสามจะเป็นสูตรอย่างง่ายของสารประกอบ

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{สูตรเอมไพริกัล})_n \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

0.1 – 0.2 ปัดทิ้ง

ต้องมีการปัดเศษ

0.3 – 0.7 ปัดทิ้งไม่ได้ ต้องหาตัวเลขที่มีค่าต่ำสุดมาคูณให้มีค่า

ใกล้เคียงกับตัวเลขที่จะปัดได้

0.8 – 0.9 ปัดขึ้น 1

ตัวอย่าง. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วย S 50.05% โดยน้ำหนัก และ O 49.95% โดยน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนี้ เท่ากับ 64 จงคำนวณหาสูตรเอมไพริคัล และ สูตรโมเลกุลของสาร

วิธีทำ

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก S : O = 50.05 : 49.95

อัตราส่วนโดยจำนวนอะตอม S : O = $\frac{50.05}{32} : \frac{49.95}{16}$

= 1.56 : 3.12

ทำให้เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ โดยการหารด้วยตัวเลขที่น้อยที่สุด คือ 1.56

= $\frac{1.56}{1.56} : \frac{3.12}{1.56}$

= 1 : 2

สูตรเอมไพริคัล คือ SO_2

หาสูตรโมเลกุล $(\text{SO}_2)_n = 64$

$[32 + (16 \times 2)]_n = 64$

n = 1

สูตรโมเลกุล คือ

ปริมาณสารสัมพันธ์

การหาสูตรเอมไพริ
ก่ดและสูตร โมเลกุล

ตัวอย่าง กรดแอสคอบิก (วิตามินซี) รักษาเลือดออกตามไรฟัน
กรดนี้ประกอบด้วย คาร์บอน (C) 40.92 % ไฮโดรเจน (H) 4.58 %
และออกซิเจน (O) 54.50 % โดยมวล จงหาสูตรอย่างง่าย
และสูตร โมเลกุลของกรด

แอสคอบิก (กำหนดมวลโมเลกุลของกรดแอสคอบิกเท่ากับ 176)

อัตราส่วนโดยมวลของ C : H : O = 40.92 : 4.58 : 54.50

อัตราส่วนโดยโมลของ C : H : O = $\frac{40.92}{12} : \frac{4.58}{1} : \frac{54.50}{16}$

= 3.41 : 4.58 : 3.41

หาอัตราส่วนอย่างต่ำ = $\frac{3.41}{3.41} : \frac{4.58}{3.41} : \frac{3.41}{3.41}$

= 1.0 : 1.3 : 1.0

ดังนั้น สูตรอย่างง่าย คือ $C_1H_{1.3}O_1$

ปริมาณสารสัมพันธ์

การหาสูตรเอมไพริ
ก๊ัดและสูตรโมเลกุล

ขั้นต่อไปเปลี่ยน 1.3 ให้เป็นเลขจำนวนเต็มโดยวิธีลองผิดลองถูก

คูณ 2 ตลอด จะได้ $\text{C}_2\text{H}_{2.6}\text{O}_2$ ซึ่งยังปัดไม่ได้

คูณ 3 ตลอด จะได้ $\text{C}_3\text{H}_{3.9}\text{O}_3 \approx \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$

หาสูตรโมเลกุลจาก (สูตรอย่างง่าย) $_n$ = มวลโมเลกุล

$$(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3)_n = 176$$

$$(3(12) + 4(1) + 3(16))_n = 176$$

$$88n = 176$$

$$n = \frac{176}{88}$$

$$= 2$$

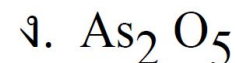
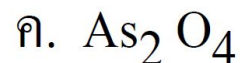
ดังนั้น สูตรโมเลกุลของกรดแอสคอร์บิก คือ $(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3)_2 = \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$

ปริมาณสารสัมพันธ์

การหาสูตรเอมไพริ กัลและสูตรโมเลกุล

นำสารประกอบชนิดหนึ่งมาแยกสลายจนหมด จะได้คาร์บอน (C) 1.2 กรัม ไฮโดรเจน (H) 0.2 กรัม และออกซิเจน (O) 1.6 กรัม เท่านั้น จงหาสูตรอย่างง่าย และ ถ้าสารมีมวลโมเลกุล 60 จงหาสูตรโมเลกุลของสารนี้

ออกไซด์ชนิดหนึ่งมี As 65.2% และ O 34.8% โดยมวลออกไซด์นี้มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 230 สูตรของออกไซด์เป็นอย่างไร (As = 75 , O = 16)



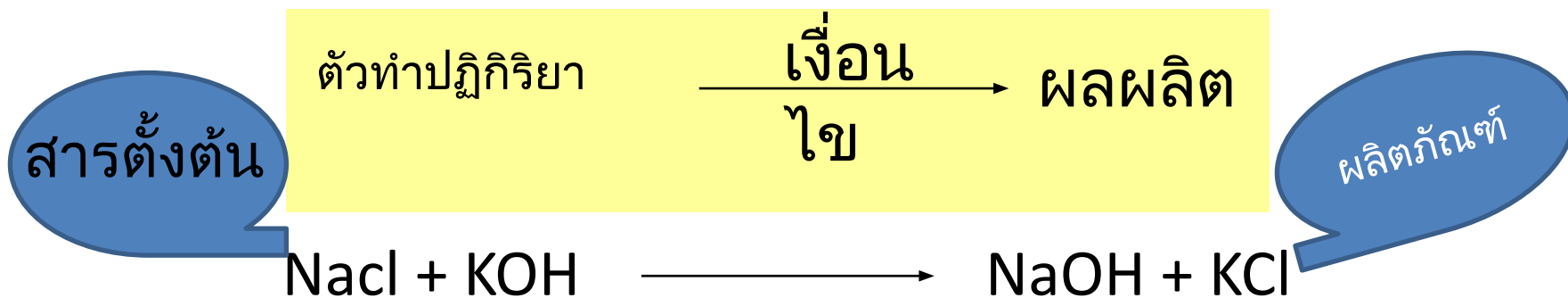
ปริมาณสารสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ของปริมาณสาร กับสมการเคมี

สมการเคมี

สมการเคมี คือ สมการที่บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยสัญลักษณ์หรือสูตรของสารต่างๆ

- ใช้เขียนแทนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
- บอกให้ทราบว่า สารใดทำปฏิกิริยากันและเกิดสารใดบ้าง
- ใช้ในการคำนวณปริมาณสัมพันธ์ของสารต่างๆในปฏิกิริยานั้นๆ



ปริมาณสารสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ของปริมาณสาร กับสมการเคมี

ก่อนที่จะนำสมการเคมีมาใช้ในการคำนวณ สมการเคมีนั้นต้องดุลเสียก่อน
นั่นคือจะต้องเป็นไปตาม กฎทรงมวล (อะตอมของแต่ละธาตุทางซ้ายมือของ
สมการนั้นจะต้องเท่ากับอะตอมของแต่ละธาตุทางขวามือของสมการ)

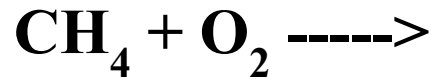
1. เริ่มดุลจากโมเลกุลที่ใหญ่ที่สุดหรือโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุมากที่สุดก่อน
2. ดุลโลหะ
3. ดุลอโลหะ(ยกเว้น H และ O)
4. ดุล H และ O
5. ตรวจสอบจำนวนของธาตุในสมการ

ปริมาณสารสัมพันธ์

การดุล

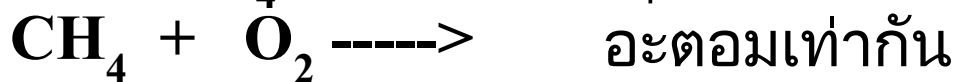
สมการเคมี

- เขียนสูตรโมเลกุลที่ถูกต้องของตัวทำปฏิกิริยาไว้ทางซ้ายมือและเขียนสูตรโมเลกุลที่ถูกต้องของผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวามือ มีเทนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



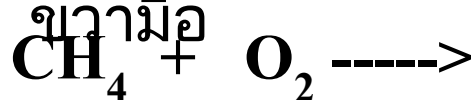
- เติมตัวเลขสัมประสิทธิ์หน้าสูตรโมเลกุลของสารแต่ละตัวเพื่อให้จำนวนอะตอมของธาตุทางซ้ายและขวามือของสมการเท่ากัน ห้ามเปลี่ยนตัวเลขห้อยในสูตรโมเลกุลเด็ดขาด

- เริ่มต้นจากการดุลอะตอมของธาตุที่พบในแต่ละข้างของสมการเพียงข้างละหนึ่งสาร (เลือกธาตุที่มีเพียงตัวเดียวข้างก่อน) ข้างที่มีข้างละ 1



อะตอมเท่ากัน

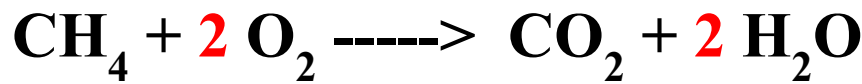
- ดุลอะตอมของธาตุที่พบในแต่ละข้างของสมการที่มีมากกว่าหนึ่งตัว



$$2 \times 1 = 4$$

คูณ O_2 ฝั่งซ้าย

ด้วย 2

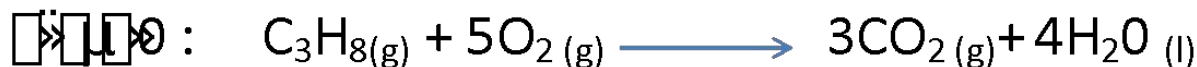
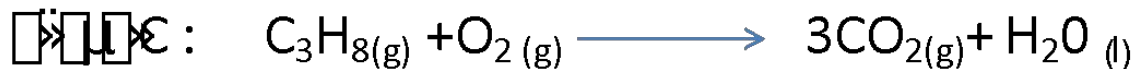


ตัวอย่าง propane (C₃H₈)สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์กับออกซิเจนได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ จงเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งดุลสมการเคมี

- ขั้นตอนที่ 1 : เขียนสมการเคมี



เขียนสมการเคมี : $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$



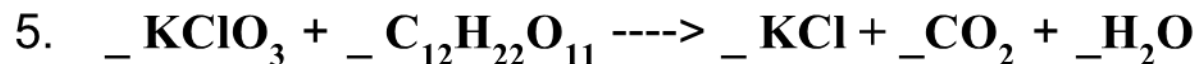
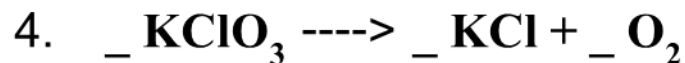
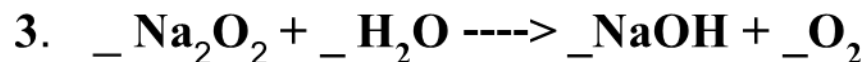
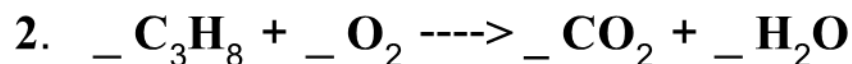
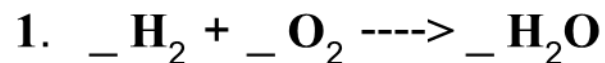
เขียนสมการเคมี : $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \longrightarrow 3\text{CO}_{2(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$



ปริมาณสารสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ของปริมาณ สารกับสมการเคมี

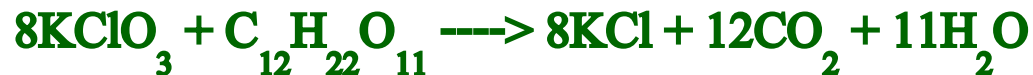
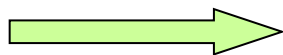
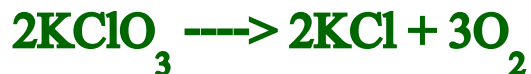
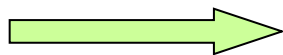
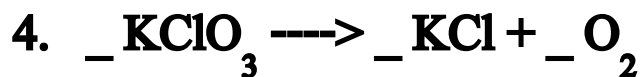
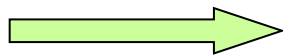
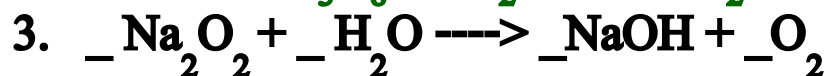
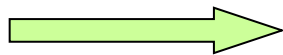
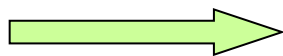
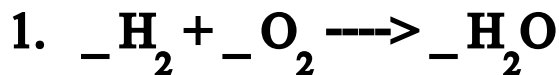
จงดุลสมการ
ต่อไปนี้



ปริมาณสารสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ของปริมาณสาร กับสมการเคมี

จงดุลสมการ
ต่อไปนี้

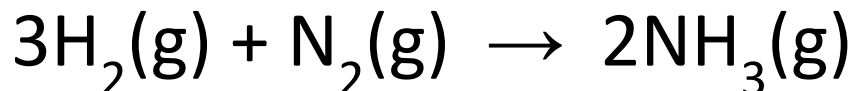
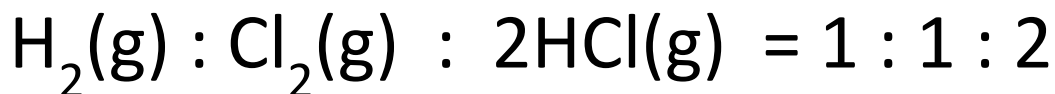


3. กฎของเกย์ – ลุสแซก

- ในปี พ.ศ. 2531 โจเซฟ-ลุย-เก-ลุสแซก ได้ทดลองวัดปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันและปริมาตรของแก๊สที่ได้จากปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แล้วสรุปเป็นกฎการรวมปริมาตรของแก๊สกล่าวว่า ' อัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันและปริมาตรของแก๊สที่ได้จากปฏิกิริยา จะมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อย ๆ

- เช่น $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$

อัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่าง

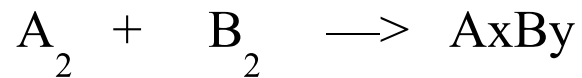


อัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่าง

การคำนวณหาสูตรโมเลกุลและปริมาตรของแก๊ส

- ตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้แก๊ส A_2 60 cm^3 ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊ส B_2 90 cm^3 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สปริมาตร 60 cm^3 จงหาสูตรโมเลกุลของแก๊สนี้

วิธีที่ 1 เขียนสมการ



ปริมาตรของแก๊สที่รวมพอดีและที่เกิดขึ้น $60 \quad 90 \quad 60 \text{ cm}^3$

หาอัตราส่วนอย่างต่ำ กฎเกณฑ์ดูสแซก $\frac{60}{30} = 2 \quad \frac{90}{30} = 3 \quad \frac{60}{30} = 2$

ให้แก๊ส 1 cm^3 มี n โมเลกุล กฎอาโวกาโดร

$2n$ โมเลกุล $3n$ โมเลกุล $2n$ โมเลกุล

2 โมเลกุล 3 โมเลกุล 2 โมเลกุล

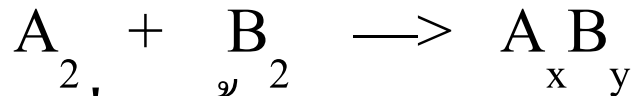
หรือ 4 อะตอม 6 อะตอม 2 โมเลกุล

หรือ 2 อะตอม 3 อะตอม 1 โมเลกุล

สูตรโมเลกุลของ $A_x B_y$ เท่ากับ $A_2 B_3$

• วิธีที่ 2

เขียนสมการ



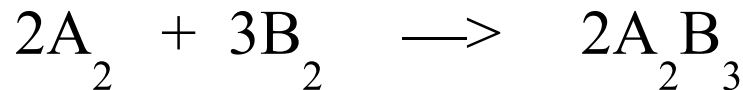
ปริมาตรของแก๊สที่รวมพอดีและที่เกิดขึ้น $60 : 90 : 60 \text{ cm}^3$

อัตราส่วนโดยปริมาตร กฎเกย์ลูสแซก $2 : 3 : 2 \text{ cm}^3$

อัตราส่วนโดยโมเลกุล กฎอาวอกาโดร $2n : 3n : 2n$ โมเลกุล

นำตัวเลขไปใส่ในสมการ $2A_2 + 3B_2 \longrightarrow 2A_x B_y$

ดุลสมการเพื่อให้อะตอมของทุกธาตุเท่ากัน



สูตรโมเลกุลของ $A_x B_y$ เท่ากับ $A_2 B_3$

- ตัวอย่างที่ 2 ปฏิกิริยา $2A + B \rightarrow 2C$ เมื่อใช้แก๊ส A 40 cm^3

ทำปฏิกิริยากับ B 10 cm^3 จะได้แก๊ส C เท่าใด

จากข้อมูลจะเห็นว่า แก๊ส A มากเกินไป แก๊ส B ทำปฏิกิริยาหมด

$A : B = 2 : 1$ โดยปริมาตร จึงนำแก๊ส B ไปเทียบหาปริมาตรของแก๊ส C

$$B : C = 1 : 2 = 10 : x$$

$$\text{จะได้ } \frac{1}{2} = \frac{10}{x}$$

$$x = \frac{10 \times 2}{1}$$

$$= 20 \text{ cm}^3$$

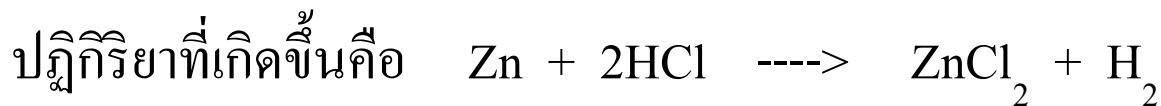
ปริมาณสารสัมพันธ์

การคำนวณจากสมการเคมี

- เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยานั้น พร้อมดุลสมการให้ถูกต้อง
- พิจารณาเฉพาะสารที่ต้องการทราบและสารที่กำหนดให้ที่มีความเกี่ยวข้องกัน
- นำข้อมูลที่กำหนดให้มาคำนวณเพื่อหาปริมาณสารที่ต้องการ

Ex: จงคำนวณว่าต้องใช้สังกะสีกี่กรัม และกี่โมล ทำปฏิกิริยากับกรด

เกลือ จึงจะทำให้แก๊สไฮโดรเจน 0.224 ลิตร ที่ STP



ปริมาณสารสัมพันธ์

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

ในปฏิกิริยาเคมีกรณีที่มีสารเข้าทำปฏิกิริยากันไม่พอดี ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสิ้นสุดเมื่อสารใดสารหนึ่งหมด สาร ที่หมดก่อนจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น สารตัวนั้นเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ (แปลเป็นไทยก็หมายความว่ามันเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น)

สารที่หมดก่อนจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของผลผลิตที่เกิดขึ้น

เรียกว่า **สารกำหนดปริมาณ (Limiting reagent)**

ตัวอย่างที่ 1 แมกนีเซียมไนไตรด์เตรียมได้จากปฏิกิริยาของโลหะแมกนีเซียมกับแก๊สไนโตรเจน ถ้าใช้โลหะแมกนีเซียม 35.00 g และแก๊สไนโตรเจน 15.00 g จะสามารถผลิตแมกนีเซียมไนไตรด์ได้กี่กรัม

$$3\text{Mg} + 1\text{N}_2 \longrightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$$

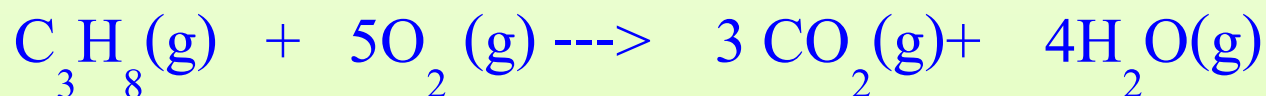
จากสมการจะใช้ 3 โมลของ Mg ทำปฏิกิริยากับ 1 โมลของ N₂ และได้ 1 โมลของ Mg₃N₂ ดังนั้นต้องพิจารณาว่าสารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ และสารใดเหลือ

$$\begin{aligned}\text{Mg} \quad 35.00 \text{ g} &= \frac{35.00 \cancel{\text{g}}}{24.305 \cancel{\text{g/mol}}} = 1.44 \text{ mol} \\ \text{N}_2 \quad 15.00 \text{ g} &= \frac{15.00 \cancel{\text{g}}}{28.013 \cancel{\text{g/mol}}} = 0.53 \text{ mol}\end{aligned}$$

ดังนั้น Mg 1.44 mol จะทำปฏิกิริยากับ N₂ $1.44/3 = 0.48$ mol แต่เรามีไนโตรเจน 0.53 mol มีอยู่มากเกินไป จะได้ว่า แมกนีเซียมต้องเป็นสารกำหนดปริมาณ

จากสมการจะใช้ Mg 3 mol ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้ Mg₃N₂ 1 mol

ตัวอย่างที่ 2 ถ้าให้ C_3H_8 จำนวน 12 กรัม เผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน 56 กรัม เกิดปฏิกิริยาดังนี้

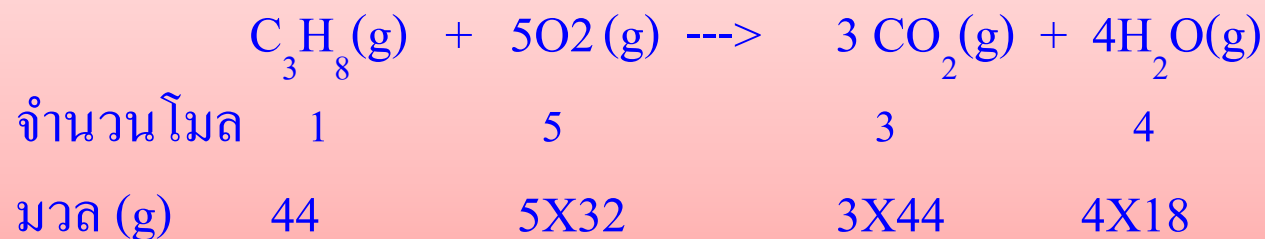


ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือและเหลืออยู่ที่กี่กรัม

ข. จงคำนวณหามวลของ CO_2 ที่เกิดขึ้น

กำหนดมวลอะตอมของ $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$

วิธีที่ 1



สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

ก. หาสารกำหนดปริมาณ

ความสัมพันธ์จากสมการคือได้ C_3H_8 44 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 160 กรัม

เมื่อใช้ C_3H_8 12 กรัม จึงคำนวณหามวลของ O_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{g O}_2 &= 12 \text{ g } \cancel{\text{C}_3\text{H}_8} \times \frac{160 \text{ g O}_2}{44 \text{ g } \cancel{\text{C}_3\text{H}_8}} \\ &= 43.64 \text{ g} \end{aligned}$$

ต้องใช้ O_2 43.64 g แต่มี O_2 56 g

ดังนั้นจะมี O_2 เหลือ $56 \text{ g} - 43.64 \text{ g} = 12.36 \text{ g}$

สารกำหนดปริมาณในปฏิกิริยานี้คือ C_3H_8

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

ข. หามวลของ CO_2 โดยใช้สารกำหนดปริมาณ

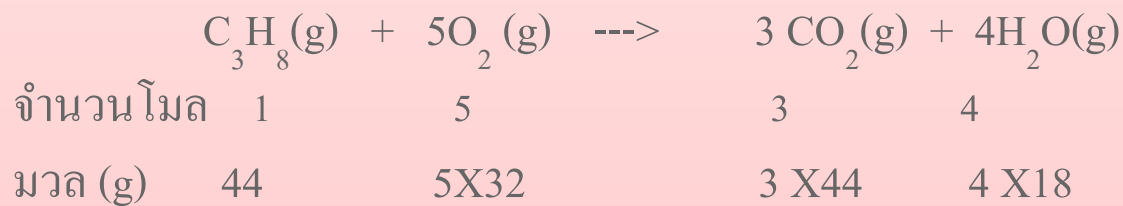
ความสัมพันธ์จากสมการคือได้ CO_2 132 กรัม จะต้องใช้ C_3H_8 44 กรัม เมื่อใช้ C_3H_8 12 กรัม จึงคำนวณหามวลของ CO_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{g CO}_2 &= 12 \text{ g C}_3\text{H}_8 \times \frac{132 \text{ g CO}_2}{44 \text{ g C}_3\text{H}_8} \\ &= 36 \text{ g} \end{aligned}$$

ใช้ C_3H_8 12 กรัม จะได้ CO_2 36 กรัม

วิธีที่ 2

ก. หาสารกำหนดปริมาณ



C_3H_8 44 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 = 160 กรัม

C_3H_8 12 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 = $\frac{160 \times 12}{44}$ กรัม

= 43.64 กรัม

ต้องใช้ O_2 43.64 กรัม แต่มี O_2 56 กรัม

ดังนั้นจะมี O_2 เหลือ 56 กรัม - 43.64 กรัม = 12.36 กรัม

สารกำหนดปริมาณในปฏิกิริยานี้คือ C_3H_8

ข. หามวลของ CO_2 โดยใช้สารกำหนดปริมาณ

ใช้ C_3H_8 44 กรัม จะได้ CO_2 = 132 กรัม

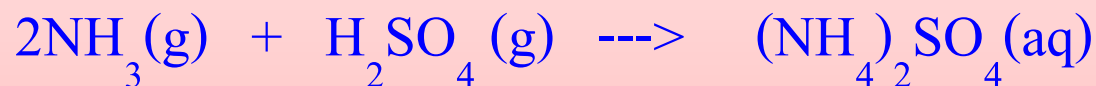
ใช้ C_3H_8 12 กรัม จะได้ CO_2 = $\frac{132 \times 12}{44}$ กรัม

= 36 กรัม

ใช้ C_3H_8 12 กรัม จะได้ CO_2 36 กรัม

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

ตัวอย่างที่ 2 ปฏิกริยาการผลิตปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ทำได้ดังสมการ



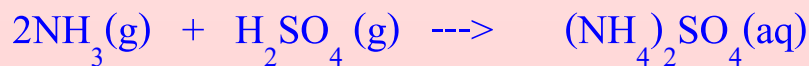
ถ้าให้ NH_3 28.2 กรัม ทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 45.3 กรัม

ก. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

ข. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ที่เกิดขึ้นมีมวลเท่าใด

กำหนดมวลอะตอมของ $\text{H} = 1$, $\text{N} = 14$, $\text{O} = 16$, $\text{S} = 32$

วิธีที่ 1



จำนวนโมล	2	1	1
มวล (g)	2X17	1X98	1X132

ก. หาสารกำหนดปริมาณ

ความสัมพันธ์จากสมการคือได้ H_2SO_4 98 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NH_3 34 กรัม
เมื่อใช้ NH_3 28.2 กรัม จึงคำนวณหามวลของ H_2SO_4 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{g H}_2\text{SO}_4 &= 28.2 \text{ g NH}_3 \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{34 \text{ g NH}_3} \\ &= 81.28 \text{ g} \end{aligned}$$

แสดงว่าถ้าใช้ NH_3 28.2 กรัม ต้องใช้ H_2SO_4 81.28 กรัม แต่มี H_2SO_4 45.3 กรัม
ดังนั้น H_2SO_4 จึงถูกใช้หมดไป สารกำหนดปริมาณในปฏิกิริยานี้คือ H_2SO_4

ข. หามวลของ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ โดยใช้สารกำหนดปริมาณ

ความสัมพันธ์จากสมการคือได้ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 132 กรัม จะต้องใช้ H_2SO_4 98 กรัม
เมื่อใช้ H_2SO_4 45.3 กรัม จึงคำนวณหามวลของ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= 45.3 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times \frac{132 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \\ &= 61 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

มี $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ เกิดขึ้น 61 กรัม

วิธีที่ 2



จำนวนโมล	2	1	1
มวล (g)	2X17	1X98	1X132

NH_3 34 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = 98 กรัม

NH_3 28.2 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = $\frac{98 \times 28.2}{34}$ กรัม

34

= 81.28 กรัม

แสดงว่าถ้าใช้ NH_3 28.2 กรัม ต้องใช้ H_2SO_4 81.28 g แต่มี H_2SO_4 45.3 g

ดังนั้น H_2SO_4 จึงถูกใช้หมดไป สารกำหนดปริมาณในปฏิกิริยานี้คือ H_2SO_4

ข. หามวลของ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ โดยใช้สารกำหนดปริมาณ

ใช้ H_2SO_4 98 กรัม จะได้ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ = 132 กรัม

ใช้ H_2SO_4 45.3 กรัม จะได้ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ = $\frac{132 \times 45.3}{98}$ กรัม

98

= 61 กรัม

มี $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ เกิดขึ้น 61 กรัม

สารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent)

ตัวอย่างที่ 3 ปฏิกริยา $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{S}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

ถ้าผสมไฮโดรเจนซัลไฟด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อย่างละ

5 กรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์แล้ว

ก. มีสารใดเหลือ เป็นจำนวนกี่กรัม

ข. 3S ที่เกิดขึ้นมีมวลเท่าใด

กำหนดมวลอะตอมของ $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$, $\text{S} = 32$

Ex : จงคำนวณว่าเกิด H_2O กี่กรัม จากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจน 11.2 ลิตร และออกซิเจน 11.2 ลิตร ที่ STP



H_2 11.2 ลิตร มีปริมาณ = 0.5 mol

O_2 11.2 ลิตร มีปริมาณ = 0.5 mol

หาสารกำหนดปริมาณ ;

$$\text{H}_2 = = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2 = = 0.5 \text{ mol}$$

ดังนั้น H_2 เป็นสารกำหนดปริมาณ

จากสมการ H_2 2 mol เตรียมน้ำได้ $2 \times 18 \text{ g}$

H_2 0.5 mol เตรียมน้ำได้ 9.0 g

ดังนั้น เตรียมน้ำได้ 9.0 g.

ผลได้ตามทฤษฎี (Theoretical yield)

เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณปริมาณผลผลิตตามสมการเคมี
ที่ถือว่าปฏิกิริยานั้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

ในทางปฏิบัติ ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาจะมีค่าแตกต่างไปจากผลที่ได้ตามทฤษฎีเสมอ
ปริมาณผลผลิตที่ได้นี้ เรียกว่า ผลได้จริง (Actual yield)

การรายงานผลการทดลอง มักเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลตามทฤษฎี
ในรูปของ ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

ผลผลิตจริง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองหรือจากการเกิดปฏิกิริยา
ผลผลิตตามทฤษฎี คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เกิด
จากปฏิกิริยาที่สมบูรณ์

ผลผลิตร้อยละ จะได้ไม่ถึงร้อยเปอร์เซ็นต์เนื่องจากการทำการทดลอง จะเกิด
ปฏิกิริยาข้างเคียง อาจจะทำให้เกิดสารชนิดอื่นๆ ได้ นอกจากนี้ สารตั้งต้น
อาจจะมีสารชนิดอื่นปนอยู่ด้วย

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

ตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้กรดอะซีติก 2 กรัม ทำปฏิกิริยากับเอทานอล 6 กรัม พบว่าเกิด
เอทิลอะซีเตต 2.56 กรัม จงหาผลได้ร้อยละ (C = 12, H = 1, O = 16)

วิธีที่ 1

จากสมการ	CH_3COOH	+	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	--->	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	+	H_2O
จำนวนโมล	1		1		1		
มวล	60		46		88		

หาสารกำหนดปริมาณ

ความสัมพันธ์จากสมการคือ CH_3COOH 60 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 46 กรัม
เมื่อใช้ CH_3COOH 2 กรัม จึงคำนวณหามวลของ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

$$\begin{aligned} \text{g C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 2 \text{ g CH}_3\text{COOH} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{60 \text{ g CH}_3\text{COOH}} \\ &= 1.53 \text{ g} \end{aligned}$$

แสดงว่า ถ้าใช้ CH_3COOH 2 กรัม ต้องใช้ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1.53 g แต่ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ที่โจทย์กำหนดมี 6 g
ดังนั้น $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ เหลืออยู่ ส่วน CH_3COOH ถูกใช้หมดไป ดังนั้น สารกำหนดปริมาณในปฏิกิริยานี้คือ
 CH_3COOH

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

หามวลของเอทิลอะซีเตต

ความสัมพันธ์จากสมการคือ จะได้ $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ 88 กรัม ต้องใช้ CH_3COOH 60 กรัม
เมื่อใช้ CH_3COOH 2 กรัม จึงคำนวณหามวลของเอทิลอะซีเตตได้ดังนี้

$$\text{g CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 = 2 \text{ g CH}_3\text{COOH} \times 88 \frac{\text{g CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5}{60 \text{ g CH}_3\text{COOH}}$$

$$= 2.93 \text{ กรัม}$$

$$\text{เกิดเอทิลอะซีเตต} = 2.93 \text{ กรัม}$$

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} \times 100$$

$$\text{ผลได้ตามทฤษฎี}$$

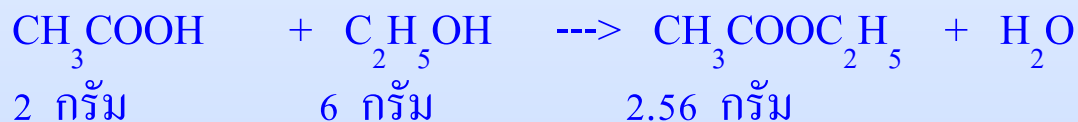
$$= \frac{2.56}{2.93} \times 100$$

$$= 87.37$$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

วิธีที่ 2

ตรวจสอบสารใดหมดสารใดเหลือ



$$\text{CH}_3\text{COOH} \quad 2 \text{ g} = \frac{2}{60} \text{ โมล}$$

$$= 0.033 \text{ โมล}$$

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \quad 6 \text{ g} = \frac{6}{46} \text{ โมล}$$

$$= 0.13 \text{ โมล}$$

จากสมการ CH_3COOH 1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1 โมล

ถ้า CH_3COOH 0.033 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 0.033 โมล

ดังนั้น $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ เหลือ ส่วน CH_3COOH ถูกใช้หมดไป

ดังนั้น กรดอะซิติกเป็นสารกำหนดปริมาณ ให้นำ CH_3COOH ไปเทียบหา $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)



$$= 0.033 \times 88 \text{ กรัม}$$

$$= 2.93 \text{ กรัม}$$

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} \times 100$$

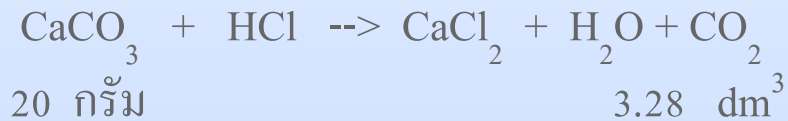
ผลได้ตามทฤษฎี

$$= \frac{2.56}{2.93} \times 100$$

$$= 87.37$$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

ตัวอย่างที่ 2 เมื่อใช้ CaCO_3 20 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกมากเกินไปจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 3.28 dm^3 จงหาผลได้ร้อยละ ($\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{Ca} = 40$)



$$\text{CaCO}_3 \quad 20 \text{ กรัม} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ โมล}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \text{CaCO}_3 \quad 1 \text{ โมล} \text{ เกิด } \text{CO}_2 &= 1 \text{ โมล} \\ \text{ถ้า} \quad \text{CaCO}_3 \quad 0.2 \text{ โมล} \text{ เกิด } \text{CO}_2 &= 0.2 \text{ โมล} \\ &= 0.2 \times 22.4 \text{ dm}^3 \\ &= 4.48 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลได้ร้อยละ} &= \frac{\text{ผลได้จริง}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี}} \times 100 \\ &= \frac{3.28}{4.48} \times 100 \\ &= 73.21 \end{aligned}$$

ผลได้ร้อยละ (Percentage yield)

Ex : จงหาปริมาณผลผลิตตามทฤษฎี(เป็นกรัม) ของทองแดงที่ได้จากการ
แยก คอปเปอร์(I) ซัลไฟด์ (Cu_2S) 1590 g.

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$

ถ้าผลการทดลองได้ทองแดง 1,200 g.

จงคำนวณหาผลผลิตร้อยละ ถ้าการทดลองเกิดทองแดง 1200 กรัม

$$\text{Cu}_2\text{S} \quad 1590 \text{ g.} = \frac{1590}{1590} = 10 \text{ mol}$$

จากสมการ

$$\text{Cu}_2\text{S} \quad 1 \text{ mol} \quad \text{เตรียม} \quad \text{Cu} \quad \text{ได้} \quad 2 \text{ mol} = 2 \times 63.5 \text{ g.}$$

$$\text{Cu}_2\text{S} \quad 10 \text{ mol} \quad \text{เตรียม} \quad \text{Cu} \quad \text{ได้} \quad 2 \times 63.5 \times 10 = 1270 \text{ g.}$$

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{1200}{1270} \times 100 = 94.5$$