

ภาคผนวก ข  
แผนการจัดการเรียนรู้

## แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

## แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

รายวิชา ว30222 เคมี 2 เวลา 2 ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ แผนที่ 1 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย

**มาตรฐาน ว 3.1** เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระสำคัญ** มวลอะตอม เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าธาตุหนึ่ง 1 อะตอมมีมวลเป็นกี่เท่าของมวลมาตรฐาน แต่มวลของธาตุ 1 อะตอม คือมวลที่แท้จริงของธาตุ ซึ่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งธาตุส่วนใหญ่มีหลายไอโซโทป จึงใช้มวลอะตอมเฉลี่ยในการคิดคำนวณ

**ผลการเรียนรู้**

(1) คำนวณมวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุได้

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

- อธิบายความหมายและคำนวณหามวลอะตอมของธาตุ, มวลของธาตุ 1 อะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ยได้
- คำนวณหามวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ เมื่อทราบมวลอะตอมและปริมาณของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติได้
- นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- นักเรียนมีความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

**สาระการเรียนรู้**

**มวลอะตอม ( Atomic mass )** เป็นสมบัติของธาตุ ซึ่งธาตุแต่ละธาตุจะมีมวลอะตอมแตกต่างกัน การหามวลอะตอมของธาตุ ทำได้โดยการเปรียบเทียบกับ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของ C- 12 , 1 อะตอม ซึ่งมีมวลเท่ากับ  $1.66 \times 10^{-24}$  g หรือ 1 amu การหามวลอะตอมของธาตุสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{มวลอะตอมของธาตุ} &= \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวลของ C - 12 , 1 อะตอม (g)}} \\ &= \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ (g)}} \end{aligned}$$

$$= \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{1 \text{ amu}}$$

ดังนั้นเราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{1}{12} \text{ ของมวลของ C - 12 , 1 อะตอม} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ (g)} = 1 \text{ amu}$$

ข้อสังเกต มวลอะตอมจะไม่มีหน่วย แต่มวลของธาตุ 1 อะตอมจะมีหน่วยเป็นกรัมหรือ amu

**มวลอะตอมเฉลี่ย (M)** เป็นค่ามวลอะตอมของธาตุที่มีหลายไอโซโทปในธรรมชาติ ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ย (M)} = \frac{(\%m_1) + (\%m_2) + (\%m_3) + (\%m_n)}{100}$$

เมื่อ M = มวลอะตอมเฉลี่ย

% = เปอร์เซ็นต์ของธาตุแต่ละไอโซโทป

m = มวลอะตอมของแต่ละไอโซโทป

## กระบวนการจัดการเรียนรู้

### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

- 1.1 ครูเตรียมใบความรู้ที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย
- 1.2 ครูเตรียมใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย 1
- 1.3 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวันสำหรับนักเรียน
- 1.4 ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนเก่ง กลางและอ่อนในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันทุกกลุ่ม
- 1.5 ครูเตรียมใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย 2

### 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

- 2.1 ครูนำอภิปรายในประเด็น “อะตอมมีขนาดเล็กมาก การจะหามวลของอะตอมจริงๆ และมวลเปรียบเทียบของอะตอมธาตุ”
- 2.2 ครูชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรม

### 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

- 3.1 นักเรียนแต่ละคนศึกษาใบความรู้ที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย บันทึกสิ่งที่ไม่เข้าใจ และความรู้ที่ได้รับลงในบันทึกประจำวัน ครูสังเกตและประเมินพฤติกรรมของนักเรียนลงในแบบประเมิน

3.2 นักเรียนจับคู่เพื่อนคู่คิดปรึกษาเรื่องที่ไม่เข้าใจ ผลัดกันอธิบายจนเข้าใจ ต่อจากนั้นก็ช่วยกันตอบคำถามลงในใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 1 โดยครูสังเกตและประเมินพฤติกรรมของนักเรียนลงในแบบประเมิน

3.3 เมื่อนักเรียนทำใบงานเสร็จแล้ว สมาชิกในกลุ่มแลกเปลี่ยนใบงานกัน ตรวจสอบว่าคำตอบหรือต่างกับตัวเองหรือไม่อย่างไร แล้วอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ จนเข้าใจและหาข้อสรุปได้ ครูสังเกตและประเมินกระบวนการของกลุ่มของนักเรียนลงในแบบประเมิน

3.4 คัดเลือกสมาชิกเพื่อเป็นตัวแทนในการเฉลยใบงานที่ 1.1

#### 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 3 กลุ่มออกมาตอบคำถามใบงานที่ 1.1 และสรุปความรู้เรื่องมวลอะตอมของธาตุ

4.2 นักเรียนและครูร่วมอภิปรายเพื่อสรุปความหมายของมวลอะตอม, มวล 1 อะตอม

4.3 นักเรียนและครูร่วมอภิปรายและสรุปวิธีคำนวณหามวลอะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย

#### 5. ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 ให้นักเรียนทำใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 2

5.2 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

#### การวัดผลและประเมินผล

##### 1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน
- ครู

##### 1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ความรู้ความเข้าใจ
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

##### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 1
- ตรวจใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 2
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

##### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 1

- ใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 2
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

#### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 1
3. ใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ย 2
4. ใบความรู้เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย

### แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน (รายบุคคล)

ชื่อ ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ลำดับ ที่	รายการพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม			
		สม่ำเสมอ 3	บ่อยครั้ง 2	บางครั้ง 1	ไม่ปฏิบัติ 0
1	มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น				
2	รับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม				
3	ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือซึ่งกัน และกันกับเพื่อนในกลุ่ม				
4	ตั้งใจทำงาน/กระตือรือร้นในการ				
5	ทำงาน มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับ มอบหมาย				

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

...../...../.....

### เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-15	3 = ดี
6-10	2 = พอใช้
0-5	1 = ปรับปรุง

### แบบประเมินกระบวนการกลุ่ม

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

สมาชิกภายในกลุ่ม 1. .... 2. ....  
3. .... 4. ....  
5. ....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ลำดับ ที่	รายการพฤติกรรม	คุณภาพการปฏิบัติ		
		3	2	1
1	การมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น			
2	ความกระตือรือร้นในการทำงาน			
3	มีการให้ความช่วยเหลือกัน			
4	ความรับผิดชอบในงานที่มอบหมาย			
5	ผลสำเร็จของงาน			

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน  
...../...../.....

#### เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน  
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน  
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

#### เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-15	3 = ดี
6-10	2 = พอใช้
0-5	1 = ปรับปรุง

### แบบบันทึกประจำวัน

วัน.....ที่.....เดือน..... พ.ศ. ....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. ความรู้/ทักษะใดที่นักเรียนได้รับในวันนี้

.....  
 .....  
 .....

2. เรื่องใดที่นักเรียนเรียนรู้ได้ดีที่สุด/ประทับใจ/สนุกสนานมากที่สุดเพราะเหตุใด

.....  
 .....

3. หัวข้อใดที่นักเรียนไม่เข้าใจ

.....  
 .....

4. นักเรียนคิดว่าจะทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาข้อ 3 ได้

.....

5. สิ่งที่นักเรียนอยากเสนอแนะ

.....  
 .....

6. สิ่งใดที่นักเรียนอยากจะได้เรียนรู้เพิ่มเติม

.....  
 .....

## ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย

### ใบความรู้ที่ 1 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย

อะตอม มาจากภาษากรีก “Atomos” ซึ่งมีความหมายว่าแบ่งแยกไม่ได้ ดังนั้นอะตอมจึงเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้อีกโดยวิธีทางเคมี

องค์ประกอบพื้นฐานของอะตอม ได้แก่ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นประจุลบ ประจุบวก และเป็นกลาง ตามลำดับ โดยโปรตอนและนิวตรอนรวมกันอยู่ตรงกลางของอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส ดอลตันเชื่อว่าอะตอมของธาตุต่างชนิดกันจะมีมวลไม่เท่ากัน จึงได้พยายามหามวลของอะตอมของธาตุแต่ละชนิด แต่เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมากจนนำมาซึ่งไม่ได้ กล่าวคืออะตอมที่มีขนาดเล็กที่สุดคืออะตอมของธาตุไฮโดรเจน มีมวลประมาณ  $1.66 \times 10^{-24}$  กรัม และอะตอมที่ใหญ่ที่สุดจะมีมวลไม่เกิน 300 เท่าของไฮโดรเจน เนื่องจากอะตอมมีมวลน้อยมาก และไม่สะดวกแก่การชั่งนั่นเอง ในทางปฏิบัติจึงใช้วิธีเปรียบเทียบโดยพิจารณาว่าอะตอมของธาตุหนึ่งมีมวลมากกว่า หรือน้อยกว่าอะตอมของอีกธาตุหนึ่งกี่เท่า ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบดังกล่าวเรียกว่า “มวลอะตอม”

#### การหามวลอะตอมโดยใช้ธาตุไฮโดรเจนเป็นมาตรฐาน

ดอลตันพบว่าธาตุไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุด จึงเสนอให้ใช้ไฮโดรเจนเป็นธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบเพื่อหามวลของอะตอมของธาตุอื่น ๆ โดยกำหนดให้ไฮโดรเจน 1 อะตอม มีมวล 1 หน่วย หรือ 1 amu

$$1 \text{ amu} = 1 \text{ atomic mass unit} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

เมื่อใช้ธาตุไฮโดรเจนเป็นมาตรฐานจึงกำหนดนิยามของมวลอะตอมดังนี้

“มวลอะตอม หมายถึง ตัวเลขที่บอกให้ทราบว่าธาตุนั้น 1 อะตอม มีมวลเป็นกี่เท่าของธาตุไฮโดรเจน 1 อะตอม”

เขียนเป็นสูตรแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\text{มวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม}}$$

#### ตัวอย่างเช่น

1. มวลอะตอมของธาตุคาร์บอน = 12.000 หมายความว่าธาตุคาร์บอน 1 อะตอม มีมวลเป็น 12.000 เท่าของมวลของธาตุไฮโดรเจน 1 อะตอม

2. มวลอะตอมของธาตุคลอรีน = 35.453 หมายความว่า ธาตุคลอรีน 1 อะตอมมีมวลเป็น 35.453 เท่าของมวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม เป็นต้น

การทราบมวลอะตอมของธาตุสามารถใช้บอกได้ว่าอะตอมของธาตุใดมีมวลมากหรือน้อยกว่า

$$\begin{aligned} \text{เช่น มวลอะตอมของคาร์บอน} &= 12.000 \\ \text{มวลอะตอมของคลอรีน} &= 35.453 \\ \text{มวลอะตอมของไนโตรเจน} &= 14.000 \end{aligned}$$

หมายความว่าอะตอมของธาตุคลอรีนมีมวลมากกว่าอะตอมของธาตุไนโตรเจน และอะตอมของธาตุไนโตรเจนมีมวลมากกว่าอะตอมของธาตุคาร์บอน

นอกจากจะใช้หาค่ามวลอะตอมแล้ว ยังสามารถใช้หามวลของอะตอมได้ด้วย เนื่องจากมวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม =  $1.66 \times 10^{-24}$  กรัม ดังนั้น

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

หรือ มวลของธาตุ 1 อะตอม = มวลอะตอมของธาตุ  $\times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม  
ดังนั้น ถ้าทราบมวลอะตอมก็จะคำนวณค่ามวลของ 1 อะตอมได้ เช่น

$$\begin{aligned} \text{มวลของคาร์บอน 1 อะตอม} &= \text{มวลอะตอมของคาร์บอน} \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม} \\ &= 12.000 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม} \\ \text{มวลของคลอรีน 1 อะตอม} &= 35.453 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม} \\ \text{มวลของไนโตรเจน 1 อะตอม} &= 14.000 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม} \end{aligned}$$

### ข้อแตกต่างระหว่างมวลอะตอมกับมวล 1 อะตอม

มวลอะตอมเป็นค่าเปรียบเทียบ ไม่มีหน่วย แต่มวล 1 อะตอม เป็นมวลที่แท้จริงต้องมีหน่วย (เป็นกรัมหรือกิโลกรัม)

$$\begin{aligned} \text{เช่น มวลอะตอมของไฮโดรเจน} &= 1 \\ \text{มวล 1 อะตอมของไฮโดรเจน} &= 1 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม} \end{aligned}$$

### การหามวลอะตอมโดยใช้ธาตุออกซิเจนเป็นมาตรฐาน

J.S Stas นักเคมีชาวเบลเยียม ได้เสนอให้ใช้ธาตุออกซิเจนเป็นมาตรฐานในการหาค่ามวลอะตอมแทนธาตุไฮโดรเจน โดยใช้เหตุผลว่าออกซิเจนมีอยู่มาก และเป็นอิสระในธรรมชาติ รวมทั้งยังเป็นธาตุที่สามารถทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ ได้เกือบหมด จึงน่าจะใช้เป็นมาตรฐานแทนธาตุไฮโดรเจน และเปลี่ยนนิยามของมวลอะตอมใหม่เป็นดังนี้

“มวลอะตอม หมายถึง ตัวเลขที่บอกให้ทราบว่าธาตุนั้น 1 อะตอมหนักเป็นกี่เท่าของ  $1/16$  มวลของออกซิเจน 1 อะตอม” เขียนเป็นสูตรแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\frac{1}{16} \text{ มวลของออกซิเจน 1 อะตอม}}$$

เช่น ธาตุแมกนีเซียมมีมวลอะตอมเท่ากับ 24 หมายความว่า ธาตุแมกนีเซียม 1 อะตอมหนักเป็น 24 เท่าของ  $\frac{1}{16}$  ของมวลออกซิเจน 1 อะตอม เป็นต้น

### การหามวลอะตอมโดยใช้คาร์บอน -12 เป็นมาตรฐาน

การใช้ธาตุออกซิเจนเป็นมาตรฐานในการหามวลอะตอม ทำให้เกิดความขัดแย้งกันระหว่างนักเคมี และนักฟิสิกส์ในการกำหนดมวลของธาตุออกซิเจน เนื่องจากนักเคมีคิดมวลอะตอมของออกซิเจนจากไอโซโทปของออกซิเจน - 16 เพียงอย่างเดียว เนื่องจากมีอยู่ในธรรมชาติมากที่สุด ดังนั้นมวลอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่คิดโดยนักเคมีและนักฟิสิกส์จึงไม่เท่ากัน ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น ดังนั้นในปี ค.ศ. 1962 (พ.ศ. 2504) นักวิทยาศาสตร์จึงตกลงเลือกธาตุมาตรฐานเพื่อหามวลอะตอมใหม่โดยใช้คาร์บอน -12 เป็นตัวเปรียบเทียบ และให้นิยามมวลอะตอมดังนี้

“มวลอะตอม หมายถึง ตัวเลขที่บอกให้ทราบว่าธาตุนั้น 1 อะตอม มีมวลเป็นกี่เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน -12 , 1 อะตอม เขียนเป็นสูตรแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุ 1 อะตอม}}{\frac{1}{12} \text{ มวลของคาร์บอน-12 1 อะตอม}}$$

เช่น มวลอะตอมของออกซิเจน = 16.00 หมายความว่า ธาตุออกซิเจน 1 อะตอม มีมวลเป็น 16 เท่าของ  $\frac{1}{12}$  มวลของคาร์บอน - 12 , 1 อะตอม

### มวลอะตอมเฉลี่ยจากไอโซโทป

ธาตุแต่ละชนิดที่อยู่ในธรรมชาติมักจะมีไอโซโทปหลายชนิดปนกันอยู่ เช่น ธาตุคาร์บอนจะมีไอโซโทปในธรรมชาติที่สำคัญคือ C - 12 และ C - 13 ธาตุออกซิเจนมี O - 16 , O - 17 และ O - 18 เป็นต้น ไอโซโทปของธาตุแต่ละชนิดจะมีปริมาณไม่เท่ากันในธรรมชาติ และมีมวลอะตอมไม่เท่ากันด้วย

เช่น N - 14 มีในธรรมชาติ 99.64 % และมีมวลอะตอม 14.0031

N - 15 มีในธรรมชาติ 0.36 % และมีมวลอะตอม 15.0001

การพิจารณามวลอะตอมที่แท้จริงจึงต้องคิดจากไอโซโทปทุก ๆ ตัวที่มีอยู่ในธรรมชาติ เป็นค่าเฉลี่ย เรียกว่า “มวลอะตอมเฉลี่ยของไอโซโทป”

การหามวลอะตอมและปริมาณของไอโซโทปแต่ละธาตุ ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า แมสสเปกโตรมิเตอร์ (mass spectrometer)

ตาราง มวลอะตอมและปริมาณไอโซโทปของธาตุบางชนิดในธรรมชาติ

ธาตุ	ไอโซโทป	มวลอะตอมของไอโซโทป	ปริมาณไอโซโทป (%)	มวลอะตอมเฉลี่ย
คาร์บอน	$^{12}\text{C}$	12.000	98.9	12.001
	$^{13}\text{C}$	13.003	1.1	
ออกซิเจน	$^{16}\text{O}$	15.995	99.76	15.999
	$^{17}\text{O}$	16.999	0.04	
	$^{18}\text{O}$	17.999	0.20	
นีออน	$^{20}\text{Ne}$	19.992	90.92	20.183
	$^{21}\text{Ne}$	20.993	0.26	
	$^{22}\text{Ne}$	21.991	8.82	
คลอรีน	$^{35}\text{Cl}$	34.967	75.5	35.453
	$^{37}\text{Cl}$	36.966	24.5	
แมกนีเซียม	$^{24}\text{Mg}$	23.99	78.10	24.31
	$^{25}\text{Mg}$	24.99	10.13	
	$^{26}\text{Mg}$	25.98	11.17	
อาร์กอน	$^{36}\text{Ar}$	35.968	0.337	39.947
	$^{38}\text{Ar}$	37.963	0.063	
	$^{40}\text{Ar}$	39.962	99.600	
โบรอน	$^{10}\text{B}$	10.0130	19.9	10.811
	$^{11}\text{B}$	11.0093	80.1	

การคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยจากไอโซโทป

การคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยจากไอโซโทป ต้องคิดจากไอโซโทปทุก ๆ ตัวในธรรมชาติ

$$\begin{aligned}
 \text{โดยคิดค่าเฉลี่ยจากความสัมพัทธ์ดังนี้} \quad M &= \frac{\sum (\%)(A)}{100} \\
 &= \frac{(\%A)_1 + (\%A)_2 + (\%A)_3 + \dots}{100}
 \end{aligned}$$

- M = มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ  
 $\Sigma$  = Summation (ผลบวก)  
 % = เปอร์เซ็นต์ของไอโซโทปแต่ละตัวในธรรมชาติ  
 A = มวลอะตอมของแต่ละไอโซโทป

จากตัวอย่างของไอโซโทปจากตารางที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าค่ามวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปใกล้เคียงกับเลขมวลของไอโซโทปนั้น ๆ ดังนั้นในกรณีที่โจทย์ไม่กำหนดมวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปให้ ถ้าทราบเลขมวลให้ใช้เลขมวลแทนได้

**ตัวอย่างที่ 1** จากการใช้แมสสเปกโตรมิเตอร์ได้ผลการทดลองว่าก๊าซอาร์กอนประกอบด้วย 3 ไอโซโทป คือ  ${}_{18}^{36}\text{Ar}$ ,  ${}_{18}^{38}\text{Ar}$  และ  ${}_{18}^{40}\text{Ar}$  ปริมาณของไอโซโทปมี 0.1% , 0.3 % และ 99.6 % ตามลำดับ ให้หามวลอะตอมของอาร์กอน

**วิธีทำ** เนื่องจากโจทย์ไม่กำหนดมวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปมาให้ จึงต้องใช้เลขมวลของแต่ละไอโซโทปแทน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad M &= \frac{\Sigma (\%)(A)}{100} \\ &= \frac{(\% A)_1 + (\% A)_2 + (\% A)_3}{100} \\ \text{ชนิดที่ 1} \quad {}_{18}^{36}\text{Ar} &\quad \text{มี \%} = 0.1 \quad , \quad A = 36 \\ \text{ชนิดที่ 2} \quad {}_{18}^{38}\text{Ar} &\quad \text{มี \%} = 0.3 \quad , \quad A = 38 \\ \text{ชนิดที่ 3} \quad {}_{18}^{40}\text{Ar} &\quad \text{มี \%} = 99.6 \quad , \quad A = 40 \\ \text{เพราะฉะนั้น} \quad M &= \frac{0.1 \times 36 + 0.3 \times 38 + 99.6 \times 40}{100} = 39.99 \\ \text{มวลอะตอมเฉลี่ยของไอโซโทป(อาร์กอน)} &= 39.99 \quad \quad \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

**ตัวอย่างที่ 2** ธาตุคาร์บอนมีไอโซโทปที่เสถียรในธรรมชาติ 2 ชนิด คือ C – 12 มีมวลอะตอม 12.000 และ C – 13 มีมวลอะตอม 13.003 ถ้ามวลอะตอมเฉลี่ยของไอโซโทปของคาร์บอนเป็น 12.011 จงคำนวณ % ในธรรมชาติของแต่ละไอโซโทป

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad M &= \frac{\Sigma (\%)(A)}{100} \\ \text{สมมติให้มี} \quad \text{C – 12 ในธรรมชาติ} &\quad X \% \quad , \quad \text{มวลอะตอม} \quad 12.000 \\ \text{เพราะฉะนั้นมี} \quad \text{C – 13 ในธรรมชาติ} &\quad 100 - X \% \quad , \quad \text{มวลอะตอม} \quad 13.003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } M &= \frac{(\%A)_1 + (\%A)_2}{100} \\ 12.001 &= \frac{(X) \times 12.000 + (100 - X) \times 13.003}{100} \\ X &= 98.9 \% \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นมี C-12 ในธรรมชาติเท่ากับ 98.9 % มี C-13 ในธรรมชาติ  $100 - X \% = 1.1 \%$

---

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

### ใบงานที่ 1.1 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ธาตุโบรอนมีมวลอะตอมเท่ากับ 10.811 หมายความว่า ธาตุโบรอน 1 อะตอม มีมวลเป็นกี่เท่าของมวลมาตรฐาน .....
2. นักวิทยาศาสตร์ใช้อะไรเป็นมวลมาตรฐานในอดีตถึงปัจจุบัน
  - 2.1 .....
  - 2.2 .....
  - 2.3 .....
3. มวลมาตรฐานในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ กี่กรัม .....
4. เติมตัวเลขที่ถูกต้องลงในตาราง

ข้อ	ธาตุ	มวล อะตอม	มวล 1 อะตอม	มวล 5 อะตอม	มวล 80 อะตอม
1	A	12			
2	B		$24 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$		
3	X			$5 \times 36 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$	
4	Y				$80 \times 23 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$
5	ก	32			
6	ข		$23 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$		
7	ค			$5 \times 80 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$	
8	ง				$80 \times 27 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$



## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

### ใบงานที่ 1.2 เรื่องมวลอะตอมและมวลอะตอมเฉลี่ย 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อความในช่องว่างให้สมบูรณ์

อะตอมมีขนาด.....มาก การหามวลของอะตอมที่เราจะทำได้ คือการหา "มวลอะตอม" ซึ่งมวลอะตอมจะบอกให้ทราบว่าธาตุนั้นมีมวลเป็นกี่เท่าของ..... ซึ่งโดยในยุคแรกใช้ มวล 1 อะตอมของธาตุไฮโดรเจน ในยุคต่อมาใช้มวล 1/16 ของอะตอมของธาตุออกซิเจน 1 อะตอม แต่ปัจจุบันนี้ใช้ มวล 1/12 ของอะตอมของธาตุ.....1 อะตอม

ธาตุ A มีมวลอะตอม เท่ากับ 20 หมายความว่าธาตุ A 1 อะตอม มีมวลเป็น..... เท่าของมวลมาตรฐาน ซึ่งมวลมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ .....กรัม ดังนั้น ธาตุ A 1 อะตอมจะมีมวลเท่ากับ .....กรัม ถ้านำธาตุ A มา 100 อะตอม จะมีมวลทั้งหมดเท่ากับ .....กรัม

ในธรรมชาติธาตุจะมีหลายไอโซโทป เช่น ธาตุออกซิเจนมี 3 ไอโซโทป ซึ่งมีสัดส่วนของแต่ละไอโซโทป ดังนี้

ออกซิเจน - 16 ( $^{16}\text{O}$ )                      เท่ากับ 99.763%

ออกซิเจน - 17 ( $^{17}\text{O}$ )                      เท่ากับ 0.0375%

ออกซิเจน - 18 ( $^{18}\text{O}$ )                      เท่ากับ 0.1995%

การหามวลอะตอมของธาตุ จึงต้องใช้การหา ..... โดยหา "ผลรวมของ มวลอะตอมของแต่ละไอโซโทป คูณ กับ.....ที่มีในธรรมชาติของแต่ละไอโซโทป "

### แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

รายวิชา ว30222 เคมี 2

เวลา 2 ชั่วโมง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ปริมาณสัมพันธ์

แผนที่ 2 เรื่องมวลโมเลกุล

**มาตรฐาน ว 3.1** เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระสำคัญ** อะตอมของธาตุส่วนใหญ่จะอยู่รวมกันเป็นโมเลกุล โมเลกุลของสารเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งสามารถอยู่อย่างอิสระและแสดงสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้นได้ มวลโมเลกุล เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าสาร 1 โมเลกุลมีมวลเป็นกี่เท่าของมวลมาตรฐาน การหามวลโมเลกุลทำได้โดยนำมวลอะตอมมาบวกกัน

#### ผลการเรียนรู้

(2) คำนวณมวลโมเลกุลของสารหรือมวลสูตร และมวลของสาร 1 โมเลกุลได้

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของมวลโมเลกุล และมวลของสาร 1 โมเลกุลได้
2. คำนวณหามวลโมเลกุล และมวลของสาร 1 โมเลกุลได้
3. นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
4. นักเรียนมีความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### สาระการเรียนรู้

โมเลกุลเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไปมารวมกัน ถ้าเป็นอะตอมชนิดเดียวกันมารวมกัน เรียกว่า โมเลกุลของธาตุ แต่ถ้าเป็นอะตอมต่างชนิดกันมารวมกัน เรียกว่า โมเลกุลของสารประกอบ

โมเลกุลของสารประกอบใด ๆ สถานะใดก็ตามมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นการที่จะหามวลของสาร 1 โมเลกุลย่อมทำได้ยากมาก และไม่สะดวก จึงใช้ค่ามวลโมเลกุลซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบกับ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน 12 , 1 อะตอม ( $1.66 \times 10^{-24}$  g)

การคำนวณหามวลโมเลกุลของสารทำได้ 2 วิธี คือ การคำนวณโดยใช้การเปรียบเทียบ และการคำนวณจากมวลอะตอม

~~๕~~ การคำนวณโดยใช้การเปรียบเทียบ      คำนวณจากสูตร

$$\text{มวลโมเลกุลของสาร} = \frac{\text{มวลของสาร 1 โมเลกุล (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}$$

### ๔. การคำนวณจากมวลอะตอมเมื่อทราบสูตรโมเลกุล

ทำได้โดย นำมวลอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทุกธาตุ ทุกอะตอมมารวมกัน ซึ่งการคำนวณวิธีนี้เราจะต้องทราบสูตรโมเลกุลของสารประกอบนั้น ๆ ก่อน เช่น น้ำ มีสูตรโมเลกุลเป็น  $H_2O$  มวลโมเลกุลของน้ำย่อมเกิดจาก มวลอะตอมของ H 2 อะตอม รวมกับ มวลอะตอมของ O 1 อะตอม ดังนี้

$$\text{มวลโมเลกุลของ } H_2O = (1 \times 1) + 16 = 18$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ } CO_2 = (12) + (16 \times 2) = 44$$

$$\text{มวลโมเลกุลของน้ำตาลทราย } C_{12}H_{22}O_{11} = (12 \times 12) + (1 \times 22) + (16 \times 11) = 342$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ } CaCl_2 = 40 + (35.5 \times 2) = 111$$

กำหนดให้มวลอะตอมของธาตุ H = 1 , O = 16 , C = 12 , Ca = 40 , Cl = 35.5

### กระบวนการจัดการเรียนรู้

#### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

- 1.1 ครูเตรียมใบความรู้ที่ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1
- 1.2 ครูเตรียมใบงานที่ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1
- 1.3 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวันสำหรับนักเรียน
- 1.4 ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 5 คนโดยลดความสามารถและเพศ
- 1.5 ครูเตรียมใบงานที่ 2.2 เรื่องมวลโมเลกุล 2

#### 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

- 2.1 ครูชูแก้วที่บรรจุน้ำให้นักเรียนดู ตั้งคำถามว่า น้ำมีสูตรโมเลกุลอย่างไร และน้ำในแก้วมีทั้งหมดกี่โมเลกุล
- 2.2 ครูกล่าวว่าโมเลกุลของสารเล็กมาก การที่จะชั่งหามวลของโมเลกุล นักวิทยาศาสตร์ทำอย่างไร
- 2.3 ชี้แจงว่าวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับมวลโมเลกุลของสาร และชี้แจงลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรม

#### 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

- 3.1 นักเรียนแต่ละคนศึกษาใบความรู้ที่ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1 บันทึกสิ่งไม่เข้าใจและความรู้ที่ได้รับลงในบันทึกประจำวัน
- 3.2 สมาชิกในกลุ่มร่วมอภิปรายเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับ และสิ่งที่ไม่เข้าใจ จนสมาชิกทุกคนเข้าใจดี ครูสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม
- 3.3 นักเรียนทำใบงานที่ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1

3.4 ครูเฉลยคำตอบในใบงาน 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1 ครูให้นักเรียนถามในสิ่งที่ยังเข้าใจไม่กระจ่าง

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตั้งโจทย์เกี่ยวกับมวลโมเลกุล กลุ่มละ 5 ข้อ และลอกคำถามนั้นให้ได้เท่ากับจำนวนกลุ่มในห้อง

3.6 นักเรียนในกลุ่มช่วยกันทำเฉลยพร้อมเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ เตรียมไว้ตรวจให้คะแนน

3.7 ครูให้สัญญาณให้นักเรียนส่งใบคำถามให้เพื่อนทุกกลุ่มทำ นักเรียนทุกกลุ่มจะได้รับคำถามจากเพื่อน สมาชิกในกลุ่มจะระดมสมองเพื่อหาคำตอบเพื่อตอบคำถามลงในกระดาษคำตอบที่แต่ละกลุ่มส่งมา ครูสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน

3.8 เมื่อครูให้สัญญาณว่าหมดเวลาให้นักเรียนส่งคำตอบให้เจ้าของคำถามตรวจให้คะแนน

3.9 กลุ่มเจ้าของคำถามส่งคะแนนคืนให้กลุ่มผู้ตอบ กลุ่มผู้ตอบจะรวมคะแนนที่กลุ่มตนเองได้

3.10 แต่ละกลุ่มแจ้งคะแนนให้ครูบันทึก

3.11 ครูให้นักเรียนที่สงสัยเกี่ยวกับคะแนนที่ได้รับ ชักถามผู้ให้คะแนน และครูคอยควบคุม ชี้แนะ ตัดสินให้นักเรียน

3.12 ครูชมเชยนักเรียนที่ได้คะแนนมาก และให้กำลังใจนักเรียนที่ได้คะแนนน้อย

#### 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 ครูให้นักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนสูงออกมาสรุปเกี่ยวกับมวลโมเลกุล ในประเด็นความหมายและการคำนวณมวลโมเลกุล

4.2 นักเรียนซักถาม แลกเปลี่ยนกัน โดยครูช่วยชี้แนะและแก้ไขความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง

#### 5. ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 นักเรียนทำใบงานที่ 2.2 เรื่องมวลโมเลกุล 2

5.2 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

#### การวัดผลและประเมินผล

1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน

- ครู

1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ความรู้ความเข้าใจ
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจใบงาน2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1
- ตรวจใบงาน2.2 เรื่องมวลโมเลกุล 2
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงาน2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1
- ใบงาน2.2 เรื่องมวลโมเลกุล 2
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานที่ 2.1 และ 2.2
3. ใบความรู้ที่ 2.1

ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2  
 รายวิชา ว30222 เคมี 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ เรื่องมวลโมเลกุล

---

### ใบความรู้ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล

#### การหามวลของสาร 1 โมเลกุล

กรณีที่ต้องการคำนวณมวลของสาร 1 โมเลกุล จากปริมาตรของสาร 1 โมเลกุล จำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของสาร ซึ่งจะนำมาหามวลของสาร 1 โมเลกุล ได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของสาร} &= \frac{\text{มวลของสาร}}{\text{ปริมาตรของสาร}} \\ &= \frac{\text{มวลของสาร } n \text{ โมเลกุล}}{\text{ปริมาตรของสาร } n \text{ โมเลกุล}} \\ &= \frac{\text{มวลของสาร } 1 \text{ โมเลกุล}}{\text{ปริมาตรของสาร } 1 \text{ โมเลกุล}} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นมวลของสาร 1 โมเลกุล = ความหนาแน่น x ปริมาตรของสาร 1 โมเลกุล

ดังนั้นถ้าทราบความหนาแน่นของสาร และทราบปริมาตรของสาร 1 โมเลกุล ก็จะสามารถคำนวณมวลของสาร 1 โมเลกุลได้

จะเห็นได้ว่ามวล 1 โมเลกุล มีค่าน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะชั่งหาค่ามวลของกรด 1 โมเลกุล รวมทั้งไม่สะดวกแก่การนำไปใช้เพราะเป็นจำนวนที่น้อยมาก จึงนิยมใช้ค่าเปรียบเทียบซึ่งเรียกว่า “มวลโมเลกุล” แทน

การหามวลโมเลกุล ทำได้ในทำนองเดียวกับมวลอะตอม

**มวลโมเลกุล** หมายถึง “ตัวเลขที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้น 1 โมเลกุล มีมวลเป็นกี่เท่าของธาตุไฮโดรเจน 1 อะตอมหรือมีมวลเป็นกี่เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน-12,1 อะตอม เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{มวลโมเลกุลของสาร} &= \frac{\text{มวลของสาร } 1 \text{ โมเลกุล}}{\text{มวลของไฮโดรเจน } 1 \text{ อะตอม}} \\ &= \frac{\text{มวลของสาร } 1 \text{ โมเลกุล}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวลของคาร์บอน } -12 \text{ 1 อะตอม}} \end{aligned}$$

นอกจากจะคิดมวลโมเลกุลจากสาร 1 โมเลกุลแล้ว ยังสามารถเปรียบเทียบได้จากหลาย ๆ โมเลกุลซึ่งสะดวกกว่า ดังนี้

$$\text{มวลโมเลกุลของสาร} = \frac{\text{มวลของสาร } n \text{ โมเลกุล}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวลของคาร์บอน-12 } n \text{ อะตอม}}$$

### ตัวอย่างเช่น

ก. น้ำมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 หมายความว่า น้ำ 1 โมเลกุล มีมวลเป็น 18 เท่าของไฮโดรเจน 1 อะตอมหรือมีมวลเป็น 18 เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน-12, 1 อะตอม เป็นต้น

ข. กรดอะซิติกมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 60 หมายความว่า กรดอะซิติก 1 โมเลกุล มีมวลเป็น 60 เท่าของไฮโดรเจน 1 อะตอมหรือมีมวลเป็น 60 เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน-12, 1 อะตอม เป็นต้น

จากค่าของมวลโมเลกุลจะทำให้ทราบได้ว่าสารใดมีมวลมากหรือน้อยกว่ากัน

เช่น น้ำ มีมวลโมเลกุล = 18

คาร์บอนไดออกไซด์ มีมวลโมเลกุล = 44

คาร์บอนไดออกไซด์มีมวลโมเลกุลมากกว่าน้ำ แสดงว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมเลกุล มีมวลมากกว่าน้ำ 1 โมเลกุล

### **การหามวลของสาร 1 โมเลกุล**

เนื่องจากมวลของไฮโดรเจน 1 อะตอม =  $1.66 \times 10^{-24}$  กรัม

เพราะฉะนั้นมวลโมเลกุลของสาร =  $\frac{\text{มวลของสาร 1 โมเลกุล}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}$

หรือ มวลของสาร 1 โมเลกุล = มวลโมเลกุลของสาร  $\times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม

ดังนั้น ถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารก็สามารถจะคำนวณมวลของสาร 1 โมเลกุลได้ และในทางกลับกัน ถ้าทราบมวลของสาร 1 โมเลกุล ก็สามารถจะคำนวณมวลโมเลกุลของสารได้เช่นเดียวกัน

มวลโมเลกุลไม่มีหน่วย เพราะเป็นมวลเปรียบเทียบ แต่มวลของ 1 โมเลกุล หรือหลาย ๆ โมเลกุล จะต้องมีหน่วย (เป็นกรัม หรือ กิโลกรัม) เพราะเป็นมวลที่แท้จริงของสาร

### **มวลไอออนและมวลสูตร**

มวลไอออน หมายถึง ตัวเลขที่แสดงว่าไอออนนั้น 1 ไอออน มีมวลเป็นกี่เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน-12, 1 อะตอม เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลไอออน} = \frac{\text{มวลของ 1 ไอออน}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวลคาร์บอน } -12, 1 \text{ อะตอม}}$$

$$\text{และมวล 1 ไอออน} = \text{มวลไอออน} \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

### ตัวอย่างเช่น

แอมโมเนียมไอออนมีมวลไอออนเท่ากับ 18 หมายความว่า แอมโมเนียม 1 ไอออน

มีมวลเป็น 18 เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน  $-12, 1$  อะตอม

$$\text{และมวลของแอมโมเนียม 1 ไอออน} = 18 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

มวลสูตร หรือ Formula mass เป็นมวลที่พิจารณาจากสูตรของสารตามที่เขียน โดยเฉพาะสารประกอบไอออนิก ซึ่งไม่มีสูตรโมเลกุล มีแต่สูตรอย่างง่าย ทำให้สารประกอบไอออนิกไม่มีมวลโมเลกุล มีแต่มวลสูตร (แต่อนุโลมให้ใช้แทนมวลโมเลกุลได้)

มวลสูตร หมายถึง ตัวเลขที่แสดงว่าอนุภาคนั้น (ตามสูตรที่เขียน) 1 อนุภาค มีมวลเป็นกี่เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน  $-12, 1$  อะตอม เขียนสูตรแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{มวลสูตร} = \frac{\text{มวลของ 1 อนุภาค}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวลคาร์บอน } -12, 1 \text{ อะตอม}}$$

$$\text{และมวลของ 1 อนุภาค(ตามสูตร)} = \text{มวลสูตร} \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

เช่น โซเดียมคลอไรด์มีสูตรอย่างง่ายเป็น NaCl มีมวลสูตรเท่ากับ 58.5

หมายความว่า 1 อนุภาคมีมวลเป็น 58.5 เท่าของ  $\frac{1}{12}$  ของมวลของคาร์บอน  $-12, 1$  อะตอม

$$\text{มวล NaCl 1 อนุภาค} = \text{มวลสูตร} \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

$$= 58.5 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}$$

ทั้งมวลไอออนและมวลสูตรเป็นมวลเปรียบเทียบไม่มีหน่วย แต่มวลของ 1 ไอออน และมวลของ 1 อนุภาค (ตามสูตรที่เขียน) เป็นมวลที่แท้จริงต้องมีหน่วย เช่น เป็นกรัม เป็นต้น

### การคำนวณมวลโมเลกุล

การคำนวณมวลโมเลกุลสามารถทำได้หลายวิธีเช่นเดียวกับการคำนวณมวลอะตอม เช่น อาจจะคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับธาตุไฮโดรเจน คำนวณจากสูตรโมเลกุล

1. การคำนวณมวลโมเลกุลโดยการเปรียบเทียบ อาจเปรียบเทียบกับธาตุไฮโดรเจน คาร์บอน-12 หรือธาตุอื่น ๆ ที่ทราบมวลอะตอมแล้ว
  2. การคำนวณมวลโมเลกุลจากสูตรโมเลกุล ซึ่งมีหลักการดังนี้
    - ๕. ต้องทราบสูตรโมเลกุลของสาร เพื่อจะรู้ว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างอย่างละกี่อะตอม
    - ๕. ต้องทราบมวลอะตอมของทุก ๆ ธาตุที่มีอยู่ในโมเลกุล
    - ๕. คำนวณมวลโมเลกุลโดยอาศัยความสัมพันธ์
- มวลโมเลกุล = ผลบวกของมวลอะตอมของธาตุทั้งหมดในสูตรโมเลกุล

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

### ใบงานที่ 2.1 เรื่องมวลโมเลกุล 1

---

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. มวลโมเลกุล ของ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  เท่ากับ 74 หมายความว่า  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1 โมเลกุลมีมวลเป็นกี่เท่าของมวลมาตรฐาน.....

2. หามวลโมเลกุลของสารต่อไปนี้โดยกำหนดมวลอะตอมดังต่อไปนี้

$\text{C} = 12$  ,  $\text{O} = 16$  ,  $\text{N} = 14$  ,  $\text{H} = 1$  ,  $\text{K} = 39$  ,  $\text{Mn} = 55$  ,  $\text{P} = 31$  ,  $\text{S} = 32$  ,  $\text{Al} = 27$

2.1  $\text{NH}_3$

$$= (1 \times 14) + (3 \times 1)$$

$$= 17$$

2.2  $\text{H}_3\text{PO}_4$

$$= (3 \times 1) + (1 \times 31) + (4 \times 16)$$

$$=$$

2.3  $\text{KClO}_3$

$$= (\dots \times 39) + (\dots \times 35.5) + (\dots \times 16)$$

2.4  $\text{Al}(\text{OH})_3$

$$=$$

$$=$$

2.5  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

$$=$$

$$=$$

2.6  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

$$=$$

$$=$$

2.7  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

$$=$$

$$=$$

$$=$$

3. ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง โดยกำหนดมวลอะตอมดังต่อไปนี้

C = 12 , O = 16 , N = 14 , H = 1 , K = 39 , Mn = 55 , S=32 , Al=27

ข้อ	สาร	มวล โมเลกุล	มวล 1 โมเลกุล	มวล 80 โมเลกุล
1	NH <sub>2</sub> CO NH <sub>2</sub>	60		
2	CH <sub>3</sub> COOH		.....x1.66x10 <sup>-24</sup> g	
3	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>			5x180x1.66x10 <sup>-24</sup> g
4	KMnO <sub>4</sub>			
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			

4. จากข้อ 3 สามารถคำนวณหามวลโมเลกุลของสาร ได้จากสูตร

สูตร มวลโมเลกุลของสาร = -----

5. สาร A 100 โมเลกุลมีมวลเท่ากับ 1.6268x10<sup>-20</sup> กรัม จงคำนวณหามวลโมเลกุลของสาร A  
วิธีทำ

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

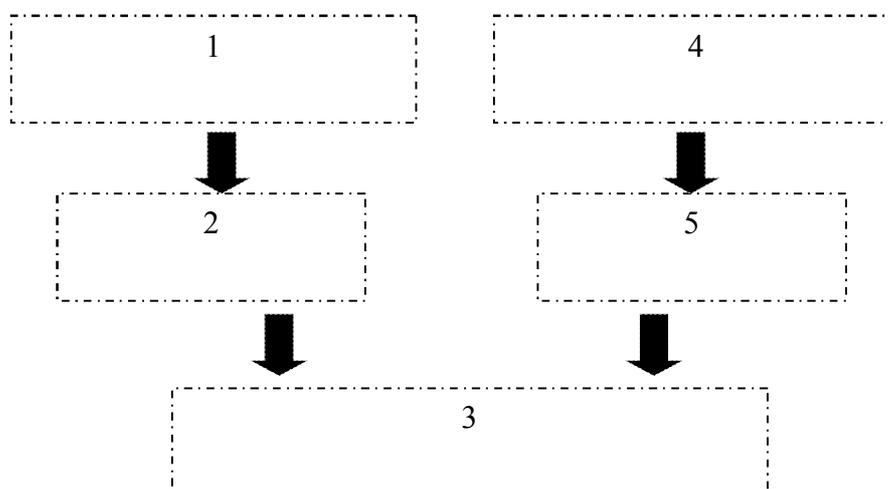
### ใบงานที่ 2.2 เรื่องมวลโมเลกุล 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์ แล้วนำข้อความที่เติมไปใส่ในป้ายชื่อตามหมายเลขที่กำหนด

เมื่ออะตอม 6 อะตอมของคาร์บอนมาสร้างพันธะกับ 12 อะตอมของไฮโดรเจนและ 6 อะตอมของออกซิเจน 6 กลายเป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล น้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล มีมวลน้อยมาก ไม่สะดวกที่นำมาคิดคำนวณ เราจึงใช้ .....( 1 )..... ซึ่งเป็นมวลเปรียบเทียบกับมวลมาตรฐาน ค่านี้บอกให้รู้ว่า น้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลมีมวลเป็นกี่เท่าของมวลมาตรฐาน ซึ่งการหามวลโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสทำได้โดย..... (3)..... น้ำตาลกลูโคสเป็นตัวอย่างหนึ่งของ..... ( 1 ).....

สำหรับ..... ( 4 ) ..... ซึ่งเกิดจากไอออนบวกยึดเหนี่ยวกับไอออนลบ การยึดเหนี่ยวไม่สามารถบอกได้ว่า 1 โมเลกุลสิ้นสุดตรงไหน จึงไม่มีสูตรโมเลกุล แต่ใช้คำว่าสูตรอย่างง่ายการหามวลของสารจึงใช้คำว่า

.....(5)..... แต่อนุโลมให้ใช้มวลโมเลกุลได้ ดังนั้นเมื่อโซเดียมไอออน 1 ไอออนมาสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออน 1 ไอออน กลายเป็นเกลือแกง 1 โมเลกุล ซึ่งการหามวลโมเลกุล( มวลสูตร )ของเกลือแกงทำได้โดย นำมวลไอออนทุกไอออนที่เป็นองค์ประกอบมาบวกกัน แต่เนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบเกิดจากการที่อะตอมได้หรือเสียอิเล็กตรอนไป อิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก ๆ มวลไอออนจึงประมาณได้ว่าเป็นมวลของอะตอมนั้น ๆ ดังนั้นการหามวลสูตรของเกลือแกงอนุโลมให้ทำได้โดย..... (3).....



### แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

รายวิชา ว30222 เคมี 2

เวลา 5 ชั่วโมง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

แผนที่ 3 เรื่องโมล

**มาตรฐาน ว 3.1** เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระสำคัญ** โมลเป็นหน่วยบอกปริมาณของสารในทางเคมี สารใด ๆ 1 โมลจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค ซึ่งอนุภาคนั้นอาจอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออนก็ได้

#### ผลการเรียนรู้

(3) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ของสาร ซึ่งได้แก่ จำนวนโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวคำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งได้

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของโมล และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับจำนวนอนุภาคได้
2. คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับโมลกับจำนวนอนุภาคได้
3. อธิบายความหมายของโมล และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลของสารได้
4. คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับโมลกับมวลของสารได้
5. อธิบายความหมายของโมล และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับปริมาตรได้
6. คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับโมลกับปริมาตรได้
7. นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
8. นักเรียนมีความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### สาระการเรียนรู้

โมล คือ หน่วยที่ใช้บอกปริมาณของสารในทางเคมี โดยนักเคมีกำหนดว่า สารใด ๆ 1 โมล หมายถึง ปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค และเรียกจำนวนนี้ว่า “เลขอาโวกาโดร ( Avogadro number )”

### โมลกับจำนวนอนุภาค

ความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนอนุภาคของสาร สารใด ๆ 1 โมลจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร คือ  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค (อนุภาค หมายถึง อะตอม , โมเลกุล , ไอออน , อิเล็กตรอน )

เช่น Na 1 mol มีจำนวนอะตอม เท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม

$\text{Na}^+$  1 mol มีจำนวนไอออน เท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน

NaOH 1 mol มีจำนวนโมเลกุล เท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

Ca  $12.04 \times 10^{23}$  อะตอม มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

$\text{Ca}^+$   $12.04 \times 10^{23}$  ไอออน มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

CaOH  $12.04 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีจำนวนโมลเท่ากับ 2 mol

การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับจำนวนอนุภาค ทำได้ 2 วิธี คือ

#### 1) การคำนวณโดยเทียบบัญญัติไตรยางค์

การเทียบบัญญัติไตรยางค์ เป็นการเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ 2 ปริมาณ หลักการเทียบบัญญัติไตรยางค์ คือ

1. ต้องหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารทั้ง 2 ก่อน เช่น โมลกับอนุภาค , โมลกับมวล
2. วิเคราะห์โจทย์ว่ากำหนดปริมาณสารใดมาให้ และต้องการทราบปริมาณสารอะไร
3. เทียบปริมาณสารทั้งสองโดย เทียบปริมาณสารที่โจทย์กำหนดให้ไว้ด้านซ้ายและเทียบปริมาณสารที่โจทย์ถามไว้ทางขวา

#### 2) การคำนวณโดยใช้สูตร

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$n = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนโมล

$N$  = จำนวนอนุภาค (อะตอม , ไอออน , โมเลกุล)

## กระบวนการจัดการเรียนรู้

### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

#### 1.1 ครูเตรียมใบความรู้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

- เรื่องโมลกับจำนวนอะตอมของธาตุ
- เรื่องโมลกับจำนวนไอออนของสาร
- เรื่องโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร
- เรื่องโมลกับมวลของสาร
- เรื่องโมลกับปริมาตรของแก๊ส

#### 1.2 ครูเตรียมใบงานกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

- เรื่องโมลกับจำนวนอะตอมของธาตุ
- เรื่องโมลกับจำนวนไอออนของสาร
- เรื่องโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร
- เรื่องโมลกับมวลของสาร
- เรื่องโมลกับปริมาตรของแก๊ส

#### 1.3 ครูเตรียมใบงานกลุ่มบ้าน

#### 1.4 ครูเตรียมแบบประเมินแผนผังความคิด

#### 1.5 ครูเตรียมฉลากให้นักเรียนเลือกเรื่องที่จะศึกษา

#### 1.6 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวันสำหรับนักเรียน

### 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

2.1 ครูนำอภิปรายในประเด็นการวิเคราะห์ปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับมวลของสาร

2.2 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5 คนโดยคาดคะเนและความสามารถ เรียกว่ากลุ่มบ้าน

2.3 เลือกประธานกลุ่มและเลขานุการ แล้วจับฉลากหมายเลขผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้าน

2.4 ครูชี้แจงลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรม

### 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

3.1 ให้นักเรียนในกลุ่มบ้านจับฉลากหมายเลขผู้เชี่ยวชาญ เพื่อไปศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้

- |                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 | ศึกษาเรื่องโมลกับจำนวนอะตอมของธาตุ  |
| ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 | ศึกษาเรื่องโมลกับจำนวนไอออนของสาร   |
| ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 | ศึกษาเรื่องโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร |

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 ศึกษาเรื่องโมลกับมวลของสาร

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 ศึกษาเรื่องโมลกับปริมาตรของแก๊ส

3.2 นักเรียนในแต่ละกลุ่มบ้านที่จับฉลากได้หัวข้อเดียวกัน มารวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่ากลุ่มเชี่ยวชาญ

3.3 กลุ่มเชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มเลือกประธานและเลขานุการ กลุ่มนักเรียนทุกคนศึกษาไปความรู้ บันทึกความรู้ที่ได้รับและสิ่งที่ไม่เข้าใจลงในบันทึกประจำวัน ต่อจากนั้นประธานกลุ่มเชี่ยวชาญนำอภิปราย เพื่อสรุปความรู้ที่ได้รับ หลังจากนั้นจึงร่วมกันตอบคำถามในใบงานกลุ่มเชี่ยวชาญ ครูเดินดูการทำกิจกรรมผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งประเมินการทำงานกลุ่ม

3.4 นักเรียนในกลุ่มเชี่ยวชาญกลับไปยังกลุ่มบ้านของตนเอง

3.5 ประธานกลุ่มบ้านดำเนินการเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนนำเสนอความรู้ที่ได้ไปศึกษามาให้เพื่อนในกลุ่ม รับฟัง และตอบข้อซักถามของสมาชิกในกลุ่ม

3.6 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันตอบคำถามลงในใบงานกลุ่มบ้าน

3.7 เมื่อกลุ่มบ้านทุกกลุ่มอธิบายความรู้ให้เพื่อนฟังจนเข้าใจทุกคน ครบทุกกลุ่ม คัดเลือกเพื่อนในกลุ่มเป็นตัวแทนออกไปนำเสนอความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับโมล

#### 4. ขั้นตอนการสรุป (Debriefing)

4.1 ครูสุ่มตัวแทนของกลุ่มบ้าน 3 กลุ่มออกมานำเสนอความรู้ที่ได้รับพร้อมทั้งเฉลยคำตอบในใบงานกลุ่มบ้าน

4.2 ครูให้กลุ่มที่มีข้อสรุปแตกต่างจากที่เพื่อนออกมานำเสนอ

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของโมลกับปริมาณต่างๆของสาร และการคำนวณเพื่อหาความสัมพันธ์ดังกล่าว

#### 5. ขั้นตอนกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 ครูมอบหมายให้นักเรียนเขียนแผนผังความคิดในหัวข้อ “ โมลกับความสัมพันธ์ของปริมาณสาร ”

5.2 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

#### การวัดผลและประเมินผล

1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน

- ครู

1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ความรู้ความเข้าใจ
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจใบงานกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
  - เรื่องโมลกับจำนวนอะตอมของธาตุ
  - เรื่องโมลกับจำนวนไอออนของสาร
  - เรื่องโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร
  - เรื่องโมลกับมวลของสาร
  - เรื่องโมลกับปริมาตรของแก๊ส
- ตรวจใบงานกลุ่มบ้าน
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงานกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
  - เรื่องโมลกับจำนวนอะตอมของธาตุ
  - เรื่องโมลกับจำนวนไอออนของสาร
  - เรื่องโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร
  - เรื่องโมลกับมวลของสาร
  - เรื่องโมลกับปริมาตรของแก๊ส
- ใบงานกลุ่มบ้าน
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
3. ใบงานกลุ่มบ้าน
4. ใบความรู้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

### ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนอะตอมของสาร

#### ใบความรู้กิจกรรมจิกซอร์ที่ 3.1/1 เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนอะตอมของสาร

การบอกปริมาตรของสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจจะเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถบอกเป็นหน่วยที่แสดงจำนวนของสิ่งของ เช่น โหล กุรุส เป็นต้น การบอกปริมาณของสารในวิชาเคมีก็สามารถบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก หน่วยปริมาตร หรือจำนวนอนุภาคได้เช่นกัน แต่เนื่องจากอนุภาคของสาร คือ โมเลกุล อะตอมและ ไอออนมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมาก การบอกเป็นจำนวนอนุภาค เช่น ไฮโดรเจน 100 โมเลกุล โซเดียม 12 อะตอม (1 โหล) จึงมีปริมาณน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะนำไปชั่งหรือตวงโดยตรงได้

การที่อนุภาคของสารมีขนาดเล็ก การกำหนดหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของสารจึงต้องเป็นหน่วยที่ใหญ่ ใช้แทนอนุภาคที่สารจำนวนมาก เพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวง ปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “โมล”

**“สารใด ๆ 1 โมล คือ ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาค  $6.02 \times 10^{23}$**

**อนุภาค”**

ค่า  $6.02 \times 10^{23}$  เรียกว่า “เลขอาโวกาโดร” ซึ่งเป็นค่าคงที่ (เลขอาโวกาโดร มีค่าที่ถูกต้องและยอมรับกันในปัจจุบันคือ  $6.02245 \times 10^{23}$  แต่อนุโลมให้ใช้  $6.02 \times 10^{23}$  แทนได้)

“อนุภาค” ในวิชาเคมีเป็นคำกล่าวรวม ๆ ซึ่งอาจจะหมายถึง โมเลกุล อะตอม หรือ ไอออน หรือ อิเล็กตรอนก็ได้ การแบ่งประเภทของโมลจะแบ่งตามชนิดของอนุภาค คือ

- โมลโมเลกุล
- โมลอะตอม
- โมลไอออน

สำหรับโมลประเภทอื่น ๆ เช่น โมลอิเล็กตรอนมีใช้ไม่มากนัก

โดยทั่ว ๆ ไปการบอกเป็นโมลอาจจะไม่ระบุชนิดของอนุภาค การที่จะทราบว่าเป็นโมลประเภทใด จึงมักพิจารณาจากสูตรของสารหรือของอนุภาคนั้น

ถ้าอนุภาค หมายถึง โมเลกุล โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล

ถ้าอนุภาค หมายถึง อะตอม โมลจะหมายถึง โมลอะตอม

ถ้าอนุภาค หมายถึง ไอออน โมลจะหมายถึง โมลไอออน เป็นต้น

เช่น

H <sub>2</sub> O	1 โมล	หมายถึง	H <sub>2</sub> O	1 โมลโมเลกุล	เพราะ	H <sub>2</sub> O	เป็นโมเลกุล
O <sub>3</sub>	1 โมล	หมายถึง	O <sub>3</sub>	1 โมลโมเลกุล	เพราะ	O <sub>3</sub>	เป็นโมเลกุล
Ne	1 โมล	หมายถึง	Ne	1 โมลอะตอม	เพราะ	Ne	เป็นอะตอม
Na	1 โมล	หมายถึง	Na	1 โมลอะตอม	เพราะ	Na	เป็นอะตอม
Cl <sup>-</sup>	1 โมล	หมายถึง	Cl <sup>-</sup>	1 โมลไอออน	เพราะ	Cl <sup>-</sup>	เป็นไอออน

เป็นต้น

๕ กรณีที่เป็นสารประกอบ โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล เช่น สารประกอบ A 1 โมล หมายถึง สารประกอบ A 1 โมลโมเลกุล มี A  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

๕ กรณีเป็นธาตุ โมลจะหมายถึง โมลอะตอม เช่น ธาตุออกซิเจน 1 โมล หมายถึง ธาตุออกซิเจน 1 โมลอะตอม มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม

๕ กรณีของก๊าซ โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล (ก๊าซที่ 1 โมเลกุลมี 2 หรือมากกว่า 2 อะตอม)

เช่น ก๊าซออกซิเจน 1 โมล หมายถึง ก๊าซออกซิเจน 1 โมลโมเลกุล มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

โดยทั่ว ๆ ไปธาตุที่ 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอมขึ้นไป เช่น H<sub>2</sub> , O<sub>2</sub> , O<sub>3</sub> , Cl<sub>2</sub> , Br<sub>2</sub> , I<sub>2</sub> และ F<sub>2</sub> การบอกปริมาณเป็นโมลของสารเหล่านี้ถ้าไม่ระบุชนิดของอนุภาคจะหมายถึง โมลโมเลกุล

เช่น ออกซิเจน 1 โมล หมายถึง ออกซิเจน 1 โมลโมเลกุล มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

การคำนวณความสัมพันธ์ของจำนวนอะตอมกับจำนวนโมลของสาร

ตัวอย่าง แก๊สฟลูออรีน 1.75 โมล จะมีกี่อะตอม (F = 19)

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์

แก๊สฟลูออรีน	1	โมล	มีจำนวนโมเลกุล	=	$6.02 \times 10^{23}$	โมเลกุล
แก๊สฟลูออรีน	1.75	โมล	มีจำนวนโมเลกุล	=	$1.75 \times 6.02 \times 10^{23}$	โมเลกุล
				=	$1.05 \times 10^{24}$	โมเลกุล
แก๊สฟลูออรีน	1	โมเลกุล	ประกอบด้วย	2	อะตอม	
แก๊สฟลูออรีน	$1.05 \times 10^{24}$	โมเลกุล	ประกอบด้วย	$2 \times 1.05 \times 10^{24}$	อะตอม	
				=	$2.10 \times 10^{24}$	อะตอม



### ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร

#### ใบความรู้กิจกรรมจิกซอว์ที่ 3.1/2 เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร

การบอกปริมาณของสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจจะบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถบอกเป็นหน่วยที่แสดงจำนวนของสิ่งของ เช่น โหล กุรุส เป็นต้น การบอกปริมาณของสารในวิชาเคมีก็สามารถบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก หน่วยปริมาตร หรือจำนวนอนุภาคได้เช่นกัน แต่เนื่องจากอนุภาคของสาร คือ โมเลกุล อะตอมและ ไอออนมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมาก การบอกเป็นจำนวนอนุภาค เช่น ไฮโดรเจน 100 โมเลกุล โซเดียม 12 อะตอม ( 1 โหล) จึงมีปริมาณน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะนำไปชั่งหรือตวงโดยตรงได้

การที่อนุภาคของสารมีขนาดเล็ก การกำหนดหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของสารจึงต้องเป็นหน่วยที่ใหญ่ ใช้แทนอนุภาคที่สารจำนวนมาก เพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวง ปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “โมล”

**“สารใด ๆ 1 โมล คือ ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาค  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค”**

ค่า  $6.02 \times 10^{23}$  เรียกว่า “เลขอาโวกาโดร” ซึ่งเป็นค่าคงที่ (เลขอาโวกาโดร มีค่าที่ถูกต้องและยอมรับกันในปัจจุบันคือ  $6.02245 \times 10^{23}$  แต่อนุโลมให้ใช้  $6.02 \times 10^{23}$  แทนได้)

“อนุภาค” ในวิชาเคมีเป็นคำกล่าวรวม ๆ ซึ่งอาจจะหมายถึง โมเลกุล อะตอม หรือ ไอออน หรือ อิเล็กตรอนก็ได้ การแบ่งประเภทของโมลจะแบ่งตามชนิดของอนุภาค คือ

- โมลโมเลกุล
- โมลอะตอม
- โมลไอออน

สำหรับโมลประเภทอื่น ๆ เช่น โมลอิเล็กตรอนมีใช้ไม่มากนัก

โดยทั่ว ๆ ไปการบอกเป็นโมลอาจจะไม่ระบุชนิดของอนุภาค การที่จะทราบว่าเป็นโมลประเภทใด จึงมักพิจารณาจากสูตรของสารหรือของอนุภาคนั้น

ถ้าอนุภาค หมายถึง โมเลกุล โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล

ถ้าอนุภาค หมายถึง อะตอม โมลจะหมายถึง โมลอะตอม

ถ้าอนุภาค หมายถึง ไอออน โมลจะหมายถึง โมลไอออน เป็นต้น

เช่น

H <sub>2</sub> O	1 โมล	หมายถึง	H <sub>2</sub> O	1 โมลโมเลกุล	เพราะ	H <sub>2</sub> O	เป็นโมเลกุล
O <sub>3</sub>	1 โมล	หมายถึง	O <sub>3</sub>	1 โมลโมเลกุล	เพราะ	O <sub>3</sub>	เป็นโมเลกุล
Ne	1 โมล	หมายถึง	Ne	1 โมลอะตอม	เพราะ	Ne	เป็นอะตอม
Na	1 โมล	หมายถึง	Na	1 โมลอะตอม	เพราะ	Na	เป็นอะตอม
Cl <sup>-</sup>	1 โมล	หมายถึง	Cl <sup>-</sup>	1 โมลไอออน	เพราะ	Cl <sup>-</sup>	เป็นไอออน เป็นต้น

๕ กรณีที่เป็นสารประกอบ โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล เช่น สารประกอบ A 1 โมล หมายถึงสารประกอบ A 1 โมลโมเลกุล มี A  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

๕ กรณีเป็นธาตุ โมลจะหมายถึง โมลอะตอม เช่น ธาตุออกซิเจน 1 โมล หมายถึง ธาตุออกซิเจน 1 โมลอะตอม มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม

๕ กรณีของก๊าซ โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล (ก๊าซที่ 1 โมเลกุลมี 2 หรือมากกว่า 2 อะตอม)

เช่น ก๊าซออกซิเจน 1 โมล หมายถึงก๊าซออกซิเจน 1 โมลโมเลกุล มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล โดยทั่ว ๆ ไปธาตุที่ 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอมขึ้นไป เช่น H<sub>2</sub> , O<sub>2</sub> , O<sub>3</sub> , Cl<sub>2</sub> , Br<sub>2</sub> , I<sub>2</sub> และ F<sub>2</sub> การบอกปริมาณเป็นโมลของสารเหล่านี้ถ้าไม่ระบุชนิดของอนุภาคจะหมายถึง โมลโมเลกุล

เช่น ออกซิเจน 1 โมล หมายถึง ออกซิเจน 1 โมลโมเลกุล มีออกซิเจน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

**การคำนวณความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร**

ตัวอย่าง แก๊สออกซิเจน  $3.01 \times 10^{23}$  โมเลกุลเป็นกี่โมล

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \quad 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล} &= 1 \text{ โมล} \\ \text{O}_2 \quad 3.01 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล} &= \frac{1 \times 3.01 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ โมล} \\ &= 0.5 \text{ โมล} \end{aligned}$$

วิธีใช้สูตร

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \text{จำนวนโมล} &= \frac{\text{จำนวนอนุภาค}}{6.02 \times 10^{23}} \\ n &= \frac{N}{6.02 \times 10^{23}} \end{aligned}$$

หรือ จำนวนโมเลกุล หรือ จำนวนอะตอม (N) = จำนวนโมล (n)  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad n &= \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} \\ &= 0.5 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

วิธีเทียบสัดส่วน

$$\begin{aligned} \frac{O_2 \ 1 \ \text{mol}}{O_2 \ 6.02 \times 10^{23} \ \text{molecule}} &= \frac{O_2 \ n \ \text{mol}}{O_2 \ 3.01 \times 10^{23} \ \text{molecule}} \\ \text{จำนวนโมลของ } O_2 &= \frac{O_2 \ 1 \ \text{mol} \times O_2 \ 3.01 \times 10^{23} \ \text{molecule}}{O_2 \ 6.02 \times 10^{23} \ \text{molecule}} \\ &= 0.5 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

$$\begin{aligned} \text{mol } O_2 &= \frac{3.01 \times 10^{23} \ \text{molecule} \times 1 \ \text{mol } O_2}{6.02 \times 10^{23} \ \text{molecule}} \\ &= 0.5 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ )  $12.04 \times 10^{23}$  โมเลกุลเป็นกี่โมล

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์

$$\begin{aligned} CO_2 \ 6.02 \times 10^{23} \ \text{โมเลกุล} &= 1 \quad \text{โมล} \\ CO_2 \ 12.04 \times 10^{23} \ \text{โมเลกุล} &= \frac{1 \times 12.04 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} \quad \text{โมล} \\ &= 2 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

วิธีเทียบสัดส่วน

$$\begin{aligned} \frac{CO_2 \ 1 \ \text{mol}}{CO_2 \ 6.02 \times 10^{23} \ \text{molecule}} &= \frac{CO_2 \ n \ \text{mol}}{CO_2 \ 12.04 \times 10^{23} \ \text{molecule}} \\ \text{จำนวนโมล } CO_2 &= \frac{CO_2 \ 1 \ \text{mol} \times CO_2 \ 12.04 \times 10^{23} \ \text{molecule}}{CO_2 \ 6.02 \times 10^{23} \ \text{molecule}} \\ &= 2 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$



### ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนไอออนของสาร

#### ใบความรู้กิจกรรมจิกซอร์ที่3.1/3 เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนไอออนของสาร

การบอกปริมาตรของสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจจะเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถบอกเป็นหน่วยที่แสดงจำนวนของสิ่งของ เช่น โหล กุรุส เป็นต้น การบอกปริมาณของสารในวิชาเคมีก็สามารถบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก หน่วยปริมาตร หรือจำนวนอนุภาคได้เช่นกัน แต่เนื่องจากอนุภาคของสาร คือ โมเลกุล อะตอมและ ไอออนมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมาก การบอกเป็นจำนวนอนุภาค เช่น ไฮโดรเจน 100 โมเลกุล โซเดียม 12 อะตอม ( 1 โหล) จึงมีปริมาณน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะนำไปชั่งหรือตวงโดยตรงได้

การที่อนุภาคของสารมีขนาดเล็ก การกำหนดหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของสารจึงต้องเป็นหน่วยที่ใหญ่ ใช้แทนอนุภาคที่สารจำนวนมาก เพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวง ปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “โมล”

**“สารใด ๆ 1 โมล คือ ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาค  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค”**

ค่า  $6.02 \times 10^{23}$  เรียกว่า “เลขอาโวกาโดร” ซึ่งเป็นค่าคงที่ (เลขอาโวกาโดร มีค่าที่ถูกต้องและยอมรับกันในปัจจุบันคือ  $6.02245 \times 10^{23}$  แต่อนุโลมให้ใช้  $6.02 \times 10^{23}$  แทนได้)

สำหรับหน่วย S. I. “สาร 1 โมล หมายถึง ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาค เท่ากับจำนวนอะตอมที่มีอยู่ในคาร์บอน – 12 ที่มีมวล 0.012 กิโลกรัม”

ดังนั้นสาร 1 โมล ย่อมมี  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค

หรือ สาร 2 โมล ย่อมมี  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค เป็นต้น

#### **ประเภทของโมล**

“อนุภาค” ในวิชาเคมีเป็นคำกล่าวรวม ๆ ซึ่งอาจจะหมายถึง โมเลกุล อะตอม หรือ ไอออน หรือ อิเล็กตรอนก็ได้ การแบ่งประเภทของโมลจะแบ่งตามชนิดของอนุภาค คือ

- โมลโมเลกุล
- โมลอะตอม
- โมลไอออน

สำหรับโมลประเภทอื่น ๆ เช่น โมลอิเล็กตรอนมีใช้ไม่มากนัก

โดยทั่ว ๆ ไปการบอกเป็นโมลอาจจะไม่ระบุชนิดของอนุภาค การที่จะทราบว่าเป็นโมลประเภทใด จึงมักพิจารณาจากสูตรของสารหรือของอนุภาคนั้น

ถ้าอนุภาค หมายถึง โมเลกุล โมลจะหมายถึง โมลโมเลกุล

ถ้าอนุภาค หมายถึง อะตอม โมลจะหมายถึง โมลอะตอม

ถ้าอนุภาค หมายถึง ไอออน โมลจะหมายถึง โมลไอออน เป็นต้น

เช่น

$\text{H}_2\text{O}$  1 โมล หมายถึง  $\text{H}_2\text{O}$  1 โมลโมเลกุล เพราะ  $\text{H}_2\text{O}$  เป็นโมเลกุล

$\text{O}_3$  1 โมล หมายถึง  $\text{O}_3$  1 โมลโมเลกุล เพราะ  $\text{O}_3$  เป็นโมเลกุล

$\text{Ne}$  1 โมล หมายถึง  $\text{Ne}$  1 โมลอะตอม เพราะ  $\text{Ne}$  เป็นอะตอม

$\text{Na}$  1 โมล หมายถึง  $\text{Na}$  1 โมลอะตอม เพราะ  $\text{Na}$  เป็นอะตอม

$\text{Cl}^-$  1 โมล หมายถึง  $\text{Cl}^-$  1 โมลไอออน เพราะ  $\text{Cl}^-$  เป็นไอออน

เป็นต้น

#### ๕. กรณีของสารที่ไม่ได้อยู่ในลักษณะเป็นโมเลกุล

สารบางชนิดไม่ได้อยู่ในลักษณะเป็นโมเลกุล เช่น แกรไฟต์ และ เพชร มีลักษณะเป็นโครงผลึกร่างตาข่าย สารประกอบไอออนิก มีลักษณะของไอออนที่เกาะกันอยู่เป็นโครงผลึก การพิจารณาโมลก็จะแตกต่างกันไป ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ ( $\text{KCl}$ ) ประกอบด้วยโพแทสเซียมไอออน ( $\text{K}^+$ ) และคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) เกาะกันอยู่เป็นโครงผลึก 1 โมลของ  $\text{KCl}$  จะไม่ได้ประกอบด้วย  $\text{KCl}$   $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล แต่ประกอบด้วย  $\text{K}^+$   $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน และ  $\text{Cl}^-$   $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน

2. โซเดียมซัลไฟด์ ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) ประกอบด้วยโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และซัลไฟด์ไอออน ( $\text{S}^{2-}$ ) เกาะกันอยู่เป็นโครงผลึก 1 โมลของ  $\text{Na}_2\text{S}$  จะไม่ได้ประกอบด้วย  $\text{Na}_2\text{S}$   $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล แต่ประกอบด้วย  $\text{Na}^+$   $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน และ  $\text{S}^{2-}$   $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน

จะเห็นได้ว่าสารต่างชนิดกัน ไม่ว่าจะ เป็นอะตอม โมเลกุลหรือไอออน ถ้าจำนวนโมลเท่ากันจำนวนอนุภาคจะเท่ากันด้วย แต่หน่วยของอนุภาคอาจจะแตกต่างกัน (หน่วยของอนุภาคจะต้องสอดคล้องกับชนิดของโมล เช่น ถ้าโมลโมเลกุล หน่วยอนุภาคต้องเป็นโมเลกุล)

อย่างไรก็ตาม การที่จะกล่าวถึงโมลให้ถูกต้องควรระบุชนิดของอนุภาคด้วย เช่น โซเดียมอะตอม 1 โมล คอลไรด์ไอออน 1 โมล เป็นต้น

การบอกปริมาณของสารเป็นโมลจะทำให้ทราบจำนวนอนุภาคของสารนั้น ๆ ซึ่งสามารถนำไปสร้างความสัมพันธ์กับมวลของสารและปริมาตรของสารที่อยู่ในภาวะก๊าซได้



### ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับมวลของสาร

#### ใบความรู้กิจกรรมจิกซอร์ที่ 3.1/4 เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับมวลของสาร

การบอกปริมาณของสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจจะเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถบอกเป็นหน่วยที่แสดงจำนวนของสิ่งของ เช่น โหล กุรุส เป็นต้น การบอกปริมาณของสารในวิชาเคมีก็สามารถบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก หน่วยปริมาตร หรือจำนวนอนุภาคได้เช่นกัน แต่เนื่องจากอนุภาคของสาร คือ โมเลกุล อะตอมและ ไอออนมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมาก การบอกเป็นจำนวนอนุภาค เช่น ไฮโดรเจน 100 โมเลกุล โซเดียม 12 อะตอม (1 โหล) จึงมีปริมาณน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะนำไปชั่งหรือตวงโดยตรงได้

การที่อนุภาคของสารมีขนาดเล็ก การกำหนดหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของสารจึงต้องเป็นหน่วยที่ใหญ่ ใช้แทนอนุภาคที่สารจำนวนมาก เพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวงปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “โมล”

ความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลของสารขึ้นอยู่กับชนิดของโมล นักวิทยาศาสตร์พบความสัมพันธ์ระหว่างโมลและมวลของสารดังนี้

1. ปริมาณของสาร 1 โมล (โมเลกุล) ก็คือปริมาณของสารที่มีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้น เช่น

- คาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มีมวลโมเลกุล 44 ดังนั้น  $\text{CO}_2$  1 โมล จึงมีมวล 44 กรัม
- ออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) มีมวลโมเลกุล 32 ดังนั้น  $\text{O}_2$  1 โมล จึงมีมวล 32 กรัม

2. อะตอมของธาตุใด ๆ ปริมาณ 1 โมล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น เช่น

- ธาตุออกซิเจนมีมวลอะตอม 16 ดังนั้นออกซิเจน 1 โมลอะตอมจึงมีมวล 16 กรัม
- ธาตุโซเดียมมีมวลอะตอม 23 ดังนั้นโซเดียม 1 โมลอะตอม จึงมีมวล 23 กรัม

3. ปริมาณของไอออน 1 โมลจะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลไอออนของไอออนนั้น ๆ เช่น

- คลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) มีมวลไอออน 35.5 ดังนั้น  $\text{Cl}^-$  1 โมลจึงมีมวล 35.5 กรัม
- ซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) มีมวลไอออน 96 ดังนั้น  $\text{SO}_4^{2-}$  1 โมล จึงมีมวล 96 กรัม

4. สารที่มีไม่ได้อยู่ในลักษณะเป็นโมเลกุลอย่างชัดเจน แต่อยู่ในลักษณะของไอออนที่เกาะกันเป็นโครงผลึก ปริมาณของสาร 1 โมล จะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับผลบวกของมวลไอออนในโครงผลึกนั้น เช่น

- NaCl 1 โมล มี  $\text{Na}^+$  1 โมล และ  $\text{Cl}^-$  1 โมล

$\text{Na}^+$  1 โมล มีมวล 23 กรัม  $\text{Cl}^-$  1 โมล มีมวล 35.5 กรัม

เพราะฉะนั้น NaCl 1 โมล จึงมีมวล เท่ากับ  $23 + 35.5 = 58.5$  กรัม

-  $\text{K}_2\text{SO}_4$  1 โมล มี  $\text{K}^+$  2 โมล และ  $\text{SO}_4^{2-}$  1 โมล

$\text{K}^+$  1 โมล มีมวล 39 กรัม  $\text{SO}_4^{2-}$  1 โมล มีมวล 96 กรัม

เพราะฉะนั้น  $\text{K}_2\text{SO}_4$  1 โมล จึงมีมวล  $2 \times 39 + 96 = 174$  กรัม

(ถือว่ามวลของไอออนใด ๆ มีค่าเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น ๆ )

### โดยสรุป

สาร 1 โมล มีมวล = มวลโมเลกุล (หน่วยเป็นกรัม)

ธาตุ 1 โมล มีมวล = มวลอะตอม (หน่วยเป็นกรัม)

ไอออน 1 โมล มีมวล = มวลไอออน (หน่วยเป็นกรัม)

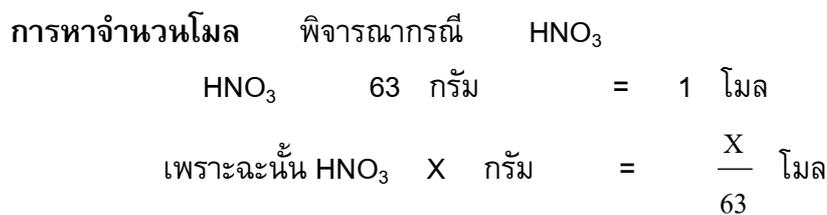
ตารางที่ 2 จำนวนโมล จำนวนอนุภาค และมวลของสารบางชนิด

สาร	มวลโมเลกุล*	จำนวนโมล	จำนวนอนุภาค**	มวล(กรัม)
$\text{HNO}_3$	63	1	$6.02 \times 10^{23}$	63
$\text{H}_2\text{O}$	18	1	$6.02 \times 10^{23}$	18
Fe	55.8	1	$6.02 \times 10^{23}$	55.8
He	4	1	$6.02 \times 10^{23}$	4
$\text{NH}_4^+$	18	1	$6.02 \times 10^{23}$	18
$\text{Cl}^-$	35.5	1	$6.02 \times 10^{23}$	35.5

\* รวมทั้งมวลอะตอมและมวลไอออน

\*\* อนุภาค คือ โมเลกุล อะตอม และไอออน

จากตารางจะเห็นได้ว่าสารต่าง ๆ ที่มีจำนวนเท่ากัน จะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน แต่มวลไม่เท่ากัน(ยกเว้นกรณีที่มีมวลโมเลกุลเท่ากัน มวลจะเท่ากันด้วย)



หรือ เขียนเป็นสูตรทั่วไปว่า

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{มวลของสาร (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุล ของสาร}} \quad \dots\dots\dots \text{สำหรับ}$$

โมเลกุล

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{มวลของสาร (กรัม)}}{\text{มวลอะตอมของสาร}} \quad \dots\dots\dots \text{สำหรับอะตอม}$$

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{มวลของสาร (กรัม)}}{\text{มวลไอออนของสาร}} \quad \dots\dots\dots \text{สำหรับไอออน}$$

### การคำนวณหาความสัมพันธ์ของโมลกับมวลของสาร

ตัวอย่างที่ 1 แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) 40 กรัม เป็นกี่โมล ( $\text{C}=12, \text{O} = 16, \text{Ca} = 40$ )

วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์

$$\begin{array}{rclcl} \text{CaCO}_3 & 100 \text{ กรัม} & = & 1 & \text{โมล} \\ \text{CaCO}_3 & 40 \text{ กรัม} & = & \frac{1 \times 40}{100} & \text{โมล} \\ & & = & 0.40 & \text{โมล} \end{array}$$

วิธีใช้สูตร

$$\begin{array}{rclcl} \text{จำนวนโมล} & = & \frac{\text{มวลของสาร}}{\text{มวลโมเลกุล}} \\ n & = & \frac{w}{M} \\ \text{แทนค่า} & = & \frac{40}{100} \end{array}$$

วิธีเทียบสัดส่วน

$$\begin{array}{rclcl} \text{CaCO}_3 \ 1 \text{ mol} & = & \text{CaCO}_3 \ n \ \text{mol} \\ \text{CaCO}_3 \ 100 \text{ g} & & \text{CaCO}_3 \ 40 \text{ g} \\ \text{จำนวนโมล CaCO}_3 & = & \frac{\text{CaCO}_3 \ 1 \ \text{mol} \times \text{CaCO}_3 \ 40 \text{ g}}{\text{CaCO}_3 \ 100 \text{ g}} \end{array}$$

$$= \frac{\text{CaCO}_3 \text{ 100 g}}{0.40 \text{ โมล}}$$

### วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

$$\begin{aligned} \text{mol CaCO}_3 &= \frac{40\text{g CaCO}_3 \times 1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \\ &= 0.40 \text{ โมล} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 โซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) หนัก 30.5 กรัม เป็นกี่โมล (C=12, O=16, Na = 23)

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \text{ มวลโมเลกุลของ } \text{Na}_2\text{CO}_3 &= (2 \times 23) + 12 + (3 \times 16) \\ &= 106 \end{aligned}$$

### วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์

$$\begin{array}{r} \text{โซเดียมคาร์บอเนต หนัก 106 กรัม เป็น} & 1 & \text{โมล} \\ \text{โซเดียมคาร์บอเนต หนัก 30.5 กรัม เป็น} & \frac{1 \times 30.5}{106} & \text{โมล} \\ & = 0.29 & \text{โมล} \end{array}$$

### วิธีใช้สูตร

$$\begin{aligned} n &= \frac{w}{M} \\ &= \frac{30.5}{106} \\ &= 0.29 \text{ โมล} \end{aligned}$$

### วิธีเทียบสัดส่วน

$$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 1 mol}}{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 106 g}} = \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ n mol}}{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 30.5 g}}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมล } \text{Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 1 mol} \times \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 30.5 g}}{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 106 g}} \\ &= 0.29 \text{ โมล} \end{aligned}$$

### วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย

$$\begin{aligned} \text{mol Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{30.5 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \times 1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} \\ &= 0.29 \text{ โมล} \end{aligned}$$

%%%%%%%%%

### ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับปริมาตรของแก๊ส

#### ใบความรู้กิจกรรมจิกซอร์ที่ 3.1/5 เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับปริมาตรของแก๊ส

การบอกปริมาตรของสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจจะเป็นหน่วยน้ำหนัก เช่น กรัม กิโลกรัม หรือหน่วยปริมาตร เช่น ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถบอกเป็นหน่วยที่แสดงจำนวนของสิ่งของ เช่น โหล กุรุส เป็นต้น การบอกปริมาณของสารในวิชาเคมีก็สามารถบอกเป็นหน่วยน้ำหนัก หน่วยปริมาตร หรือจำนวนอนุภาคได้เช่นกัน แต่เนื่องจากอนุภาคของสาร คือ โมเลกุล อะตอมและ ไอออนมีขนาดเล็กและมีมวลน้อยมาก การบอกเป็นจำนวนอนุภาค เช่น ไฮโดรเจน 100 โมเลกุล โซเดียม 12 อะตอม (1 โหล) จึงมีปริมาณน้อยมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะนำไปชั่งหรือตวงโดยตรงได้

การที่อนุภาคของสารมีขนาดเล็ก การกำหนดหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของสารจึงต้องเป็นหน่วยที่ใหญ่ใช้แทนอนุภาคที่สารจำนวนมากเพื่อให้สะดวกแก่การนำไปชั่งหรือตวงปริมาตร นักเคมีจึงได้กำหนดหน่วยที่ใช้บอกจำนวนอนุภาคของสารขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เรียกว่า “โมล”

#### ปริมาตรต่อโมลของก๊าซ

เนื่องจากปริมาตรของก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน ดังนั้นการบอกปริมาตรของก๊าซจึงต้องระบุอุณหภูมิและความดันด้วยทุกครั้ง

##### อุณหภูมิและความดันมาตรฐานของก๊าซ

นักวิทยาศาสตร์กำหนดให้อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  หรือ  $273\text{ K}$  และความดัน 1 บรรยากาศ (atm) เป็นภาวะมาตรฐาน เรียกว่า อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure) เขียนย่อ ๆ ว่า **STP**

##### ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับปริมาตร

จากกฎของอาโวกาโดรที่ว่าภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ก๊าซที่มีปริมาตรเท่ากันย่อมจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน แสดงว่าปริมาตรของก๊าซมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมเลกุล และเนื่องจากจำนวนโมเลกุลมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมล กล่าวคือ สารใด ๆ 1 โมล ย่อมประกอบด้วย  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล ดังนั้น ปริมาตรของก๊าซจึงควรมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมลด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับจำนวนโมลของก๊าซที่ STP แสดงดังข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางแสดงการทดลองหาปริมาตรต่อโมลของก๊าซบางชนิดที่ STP

ก๊าซ	มวลของก๊าซ 1 dm <sup>3</sup> (กรัม)	มวลของก๊าซ 1 โมล (กรัม)	ปริมาตรต่อโมลของก๊าซ(dm <sup>3</sup> )
ออกซิเจน	1.43	32.0	22.4
ไนโตรเจน	1.25	28.0	22.4
คาร์บอนมอนอกไซด์	1.24	28.0	22.5
คาร์บอนไดออกไซด์	1.97	44.0	22.3
เฉลี่ย			22.4

จากผลการทดลองจะเห็นว่าก๊าซต่าง ๆ 1 โมล จะมีปริมาตรต่อโมล (ค่าเฉลี่ย) เท่ากัน ประมาณ 22.4 dm<sup>3</sup> หรือ 22.4 ลิตร ที่ STP จึงได้นำมาสรุปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและปริมาตรของก๊าซไว้ดังนี้ “ ปริมาตรต่อโมลของก๊าซใด ๆ เท่ากับ 22.4 ลิตร ที่ STP หรือก๊าซใด ๆ 1 โมล จะมีปริมาตร เท่ากับ 22.4 dm<sup>3</sup> ที่ STP ”

ดังนั้นก๊าซใด ๆ ก็ตามไม่ว่าโมเลกุลจะมีขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ไม่ว่าจะมียวโมเลกุลเท่ากันหรือไม่ ปริมาตรของก๊าซ 1 โมล จะต้องมียวปริมาตร 22.4 dm<sup>3</sup> ที่ STP เสมอ เช่น

ก๊าซ O <sub>2</sub>	1 โมล	มียวปริมาตร	= 22.4 dm <sup>3</sup> ที่ STP
ก๊าซ CO <sub>2</sub>	1 โมล	มียวปริมาตร	= 22.4 dm <sup>3</sup> ที่ STP
ไอน้ำ	1 โมล	มียวปริมาตร	= 22.4 dm <sup>3</sup> ที่ STP

การหาจำนวนโมลของก๊าซ

$$\text{ก๊าซ } 22.4 \text{ ลิตรที่ STP} = 1 \text{ โมล}$$

$$\text{ถ้าก๊าซ } V \text{ ลิตร ที่ STP} = \frac{V}{22.4} \text{ โมล หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้}$$

จำนวนโมลของก๊าซ	=	$\frac{\text{ปริมาตรของก๊าซ (dm}^3\text{) ที่ STP}}{22.4}$
-----------------	---	--





### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 3.1/1 กิจกรรมจิกซอว์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนอะตอมของสาร

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

- สารที่สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับจำนวนอะตอม มี 2 ประเภท คือ
  - 1.1 สารโคเวเลนต์ เนื่องจาก .....
  - 1.2 สารประเภทโลหะ เนื่องจาก.....
- ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในตาราง

ข้อที่	สาร	จำนวนโมล โมเลกุล	จำนวนโมเลกุล	จำนวนโมลอะตอม	จำนวนอะตอม
ก	NH <sub>3</sub>	1		N=	N=
		-		H=	H=
ข	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>		6.02x10 <sup>23</sup>	C=6	C=
		-		H=12	H=
		-		O=6	O=
ค	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	2		C=	C=
		-		H=	H=
		-		O=	O=
ง	H <sub>2</sub> O			H=	H=2x2x6.02x10 <sup>23</sup>
		-		O=	O=

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 3.1/2 กิจกรรมจิกซอร์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. การที่อะตอมมารวมเป็นโมเลกุล อะตอมมากกว่า 1 อะตอมต้องมาสร้างพันธะกัน

1.1 โมเลกุลที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอม โดยอะตอมจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะ.....

1.2 โมเลกุลที่เกิดจากการที่อะตอมหนึ่งให้อิเล็กตรอน อีกอะตอมหนึ่งรับอิเล็กตรอน ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะ.....

2. อาโวกาโดร กล่าวว่า สาร 1 โมล จะต้อง มีสารจำนวน .....โมเลกุล

3. ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในตาราง

ข้อ	สาร	จำนวนโมล	จำนวนโมเลกุล
ก	$C_6H_{12}O_6$	0.25	
ข	$C_6H_{12}O_6$	0.5	
ค	$C_6H_{12}O_6$	2	
ง	$C_3H_8$	0.25	
จ	$C_3H_8$	0.5	
ฉ	$C_3H_8$	2	

4. เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสารได้ว่า

จำนวนโมลของสาร = .....

5. กรดแอซิดิก ( $CH_3COOH$ ) จำนวน 0.6 โมล จะมีทั้งหมดกี่โมเลกุล

.....

.....

.....

6. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) จำนวน 100 โมเลกุล คิดเป็นกี่โมล

.....

.....

.....

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 3.1/3 กิจกรรมจิกซอร์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับมวลของสาร

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในตาราง

ข้อ	สาร	มวลโมเลกุล	มวลที่กำหนดให้ ( g )	จำนวนโมลโมเลกุล
ก	$C_6H_{12}O_6$		180	
ข	$C_6H_{12}O_6$		90	
ค	$C_6H_{12}O_6$		45	
ง	$C_6H_{12}O_6$			2
จ	$NH_3$			1
ฉ	$NH_3$			2
ช	$NH_3$			0.5
ซ	$Ca_3(PO_4)_2$			0.125
ฌ	$Ca_3(PO_4)_2$			2
ญ	$Ca_3(PO_4)_2$			0.25

2. จากข้อ 1 สรุปว่าสารจำนวน 1 โมลจะมีมวลเป็นเท่าไรเสมอ

.....  
 .....

3. ดังนั้น เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของมวลของสารกับจำนวนโมลได้ว่า

จำนวนโมลของสาร = -----

4. ชั่งน้ำมาจำนวน 90 กรัม น้ำจำนวนนี้คิดเป็นกี่โมล

.....  
 .....

5. ต้องการกรดแอสติติก จำนวน 0.25 โมล ต้องชั่งกรดแอสติติกมาเป็นจำนวนกี่กรัม

.....  
 .....  
 .....

%%%%%%%%%

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 3.1 กิจกรรมจิกซอร์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนไอออนของสาร

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. สารที่เกิดจากการที่อะตอมหนึ่งให้อิเล็กตรอน อีกอะตอมหนึ่งรับอิเล็กตรอน ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะ.....เรียกว่าสารประกอบ.....
2. สารดังกล่าวจะมีการสร้างพันธะกันต่อเนื่อง ในความเป็นจริงจึงไม่สามารถบอกตำแหน่งได้ว่าตรงไหนเป็น 1 โมเลกุล จึงไม่มีสูตรโมเลกุล จะเรียกว่า มวลสูตร แต่ในการคำนวณก็อนุโลมใช้ มวลโมเลกุล แทนได้
3. ใน 1 โมเลกุลของสารไอออนิก NaCl จะประกอบด้วย  $\text{Na}^+$  เท่ากับ .....ไอออน และ  $\text{Cl}^-$  เท่ากับ .....ไอออน
4. ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในตาราง

ข้อ	สาร	จำนวนโมล โมเลกุล	จำนวน โมเลกุล	จำนวนโมลไอออน	จำนวนไอออน
ก	NaCl	1		$\text{Na}^+ =$	$\text{Na}^+ =$
				$\text{Cl}^- =$	$\text{Cl}^- =$
ข	$\text{CaCO}_3$	1		$\text{Ca}^{2+} =$	$\text{Ca}^{2+} =$
				$\text{CO}_3^{2-} =$	$\text{CO}_3^{2-} =$
ค	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1		$\text{Ca}^{2+} =$	$\text{Ca}^{2+} =$
				$\text{PO}_4^{3-} =$	$\text{PO}_4^{3-} =$
ง	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1		$\text{H}^+ =$	$\text{H}^+ =$
				$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-} =$

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

ใบงานที่ 3.1 กิจกรรมจิกซอร์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับปริมาตรของแก๊ส

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อมูลในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. แก๊สที่อุณหภูมิมาตรฐาน คือแก๊สที่อุณหภูมิ .....องศาเซลเซียส
2. แก๊สที่ความดันมาตรฐาน คือแก๊สที่ความดัน .....บรรยากาศ
3. ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในตาราง

ข้อ	ก๊าซ	จำนวนโมล	จำนวนปริมาตร (dm <sup>3</sup> )	จำนวนปริมาตร (cm <sup>3</sup> )
ก	NH <sub>3</sub>	1		
ข	NH <sub>3</sub>	15		
ค	CO <sub>2</sub>	30		
ง	CO <sub>2</sub>	0.75		
จ	N <sub>2</sub>	0.5		
ฉ	N <sub>2</sub>	0.25		
ช	O <sub>3</sub>		2.24	
ซ	O <sub>3</sub>		2.24	

4. จากข้อ 3 สรุปได้ว่า สาร 1 โมลจะมีปริมาตร ..... dm<sup>3</sup>
5. ดังนั้นสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารกับจำนวนโมลได้ว่า  
จำนวนโมลของสาร = .....

%%%%%%%%%

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 3.2 กิจกรรมจิกซอร์เรื่องความสัมพันธ์ของโมลกับจำนวนโมเลกุลของสาร

#### ใบงานกลุ่มบ้าน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสมลงในช่องว่าง

1.

ข้อ	สาร	มวล โมเลกุล	มวล ของสาร (g)	โมล โมเลกุล	จำนวน โมเลกุล	โมล อะตอม	จำนวน อะตอม	ปริมาตร ที่STP (dm <sup>3</sup> )
ก	CO <sub>2</sub> (g)			5				
ข	P <sub>4</sub> (s)					8		
ค	Cl <sub>2</sub> (s)							44.8
ง	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)				1.505x10 <sup>23</sup>			
จ	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (l)		9					
ฉ	Fe(s)						1.204 x10 <sup>24</sup>	

2.

ข้อ	สาร	มวล โมเล กุล	มวลของ สาร (g)	โมล โมเลกุล	จำนวน โมเลกุล	โมลไอออน	จำนวนไอออน
ก	CuSO <sub>4</sub> (s)			2		Cu <sup>2+</sup> = SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> =	Cu <sup>2+</sup> = SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> =
ข	CaF <sub>2</sub> (s)				6.02x10 <sup>23</sup>	Ca <sup>2+</sup> = F <sup>-</sup> =	Ca <sup>2+</sup> = F <sup>-</sup> =
ค	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)		76			Cr <sup>3+</sup> = O <sup>2-</sup> =	Cr <sup>3+</sup> = O <sup>2-</sup> =
ง	KMnO <sub>4</sub> (s)		474			K <sup>+</sup> = MnO <sup>-</sup> =	K <sup>+</sup> = MnO <sup>-</sup> =
จ	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (s)					Pb <sup>2+</sup> = 2 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = 4	Pb <sup>2+</sup> = NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> =

3. จากข้อ 1 และข้อ 2 สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมลของสาร} &= \text{-----} = \text{-----} = \text{-----} \\ &= \text{-----} \end{aligned}$$

4. น้ำตาลกลูโคส ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 45 กรัม คิดเป็นกี่โมล และมีจำนวนอะตอมของ C , H และ O อย่างละกี่อะตอม

-----

-----

-----

-----

5. ก๊าซ  $\text{CO}_2$  จำนวน 5.6 ลูกบาศก์เดซิเมตร คิดเป็นกี่โมล มีมวลกี่กรัม และมีจำนวนอะตอมของ C และ O อย่างละกี่อะตอม

-----

-----

-----

-----

%%%%%%%%%

### แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

รายวิชา ว30222 เคมี 2 เวลา 4 ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ แผนที่ 4 เรื่องสูตรเคมี

**มาตรฐาน ว 3.2** เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดการละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์

**สาระสำคัญ** สูตรโมเลกุล เป็น สูตรที่บอกให้รู้ว่าโมเลกุลของสารนั้น ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละ กี่อะตอม การทราบสูตรโมเลกุลจะทำให้เรารู้มวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

#### ผลการเรียนรู้

(7) คำนวณหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสารได้

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายความหมายและยกตัวอย่างสูตรเคมีแต่ละประเภทได้
- คำนวณหามวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบหรือโมเลกุลของน้ำจากสูตรที่กำหนดให้ได้
- คำนวณหาสูตรเอมพิริคัล เมื่อทราบมวลเป็นกรัมและมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบได้
- คำนวณหาสูตรโมเลกุลของสาร เมื่อทราบสูตรเอมพิริคัลและมวลโมเลกุลของสารได้
- นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- นักเรียนมีความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### สาระการเรียนรู้

วิธีการคำนวณหาสูตรโมเลกุล มีหลักการดังนี้

- หาสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย
- สมมุติสูตรโมเลกุลโดยให้ สูตรโมเลกุล = (สูตรอย่างง่าย)  $n$
- คำนวณหามวลโมเลกุลของสูตรที่สมมุติ และมวลโมเลกุลที่แท้จริง (ถ้าโจทย์ไม่บอก)
- นำค่ามวลโมเลกุลของสูตรที่สมมุติให้เท่ากับมวลโมเลกุลที่แท้จริงเพื่อหาค่า  $n$   
 ถ้า  $n < 0.5$  ให้ปัดทิ้ง แต่ถ้า  $n > 0.5$  ให้ปัดเป็น 1

## กระบวนการจัดการเรียนรู้ ชั่วโมงที่ 1-2

### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

- 1.1 ครูเตรียมใบงานที่ 4.1 สถานการณ์จำลอง
- 1.2 ครูรับสมัครนักเรียน 4 กลุ่มแสดงสถานการณ์จำลอง
- 1.3 ครูคัดเลือกนักเรียน 1 คนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรม
- 1.4 ครูเตรียมใบกิจกรรมเรื่องการหาร้อยละของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
- 1.5 ครูมอบหมายให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ว่าเป็นอะตอมไฮโดรเจน 8 อันและสัญลักษณ์ว่าเป็นอะตอมออกซิเจน 6 อัน
- 1.6 ครูเตรียมการการจัดห้องเพื่อการแสดง
- 1.7 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวัน
- 1.8 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบละความสามารถ โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนที่ เก่ง กลาง อ่อน

### 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

- 2.1 ครูทบทวนว่าการที่อะตอมของธาตุมารวมเป็นโมเลกุลเพื่อให้เสถียรต้องเป็นไปตามกฎออกเตต
- 2.2 ครูนำอภิปรายในประเด็น”สารที่มีสูตรอย่างง่ายเหมือนกัน แต่มีสมบัติต่างกัน ควรจะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันหรือไม่”
- 2.3 ครูแจ้งว่าวันนี้จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการเกิดสูตรโมเลกุลของสาร โดยจะศึกษาจากสถานการณ์จำลอง
- 2.4 ครูชี้แจงการแสดงสถานการณ์จำลอง โดยนักเรียน 4 กลุ่มจะทำหน้าที่แสดง สถานการณ์จำลอง นักเรียนที่เหลือทำหน้าที่ชมการแสดง และครูคัดเลือกนักเรียน 1 คนทำหน้าที่ดำเนินกิจกรรม
- 2.5 นักเรียนช่วยกันเลื่อนโต๊ะและเก้าอี้ไว้ด้านริมห้อง ตรงกลางว่างสำหรับการแสดง

### 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

- 3.1 ผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมือ 1 ครั้งและอ่านบัตรคำ”ฉันทเป็นอะตอมไฮโดรเจน”ตั้งแต่ต้นจนจบ ระหว่างนั้นนักเรียนที่แสดงเป็นอะตอมไฮโดรเจนออกมาเต้นไปเรื่อยๆห้องโดยทางแขน 1 ข้าง
- 3.2 ผู้ดำเนินกิจกรรมอ่านบัตรคำ”ฉันทเป็นอะตอมออกซิเจน”ตั้งแต่ต้นจนจบ ระหว่างนั้นนักเรียนที่แสดงเป็นอะตอมออกซิเจนออกมาเต้นไปเรื่อยๆห้องโดยทางแขน 2 ข้าง

3.3 เมื่ออ่านจบ ผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมือ 2 ครั้ง แล้วพูดว่าโมเลกุล ผู้แสดงทุกคนวิ่งไปจับแขนกับเพื่อนเพื่อให้ครบแขนที่กางออก เมื่อใครจับได้ครบแขนแล้วให้นั่งลงในสภาพที่ยังเกาะแขนกันอยู่

3.4 ผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมือ ครั้ง แล้วพูดว่าสิ้นสุดกิจกรรม ทุกคนหยุดเคลื่อนที่

3.5 ครูเดินไปสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละโมเลกุลว่า เป็นโมเลกุลของสารใด

3.6 ครูตั้งคำถามตามแนวคำถามในใบกิจกรรม ร่วมอภิปรายกับนักเรียน จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสูตรเคมี และองค์ประกอบของธาตุในสูตรเคมี

3.7 ครูแจกใบความรู้เรื่องการคำนวณร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสูตรเคมี

3.8 นักเรียนศึกษาใบความรู้ และร่วมอภิปรายภายในกลุ่ม ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

3.9 นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจด้วยการทำใบงานที่ 4.2 เรื่องการคำนวณร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสูตรเคมี

#### 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสูตรเคมี ครูตอบข้อซักถามของนักเรียน พร้อมทั้งเฉลยใบงานที่ 4.2 เรื่องการคำนวณร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสูตรเคมี

#### 5. ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 นักเรียนทำแบบทดสอบเรื่องการคำนวณร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสูตรเคมี โดยครูชี้แจงว่าจะเก็บคะแนนครั้งนี้เป็นคะแนนกลุ่ม

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งขันเล่นเกมส์เรื่อง”สูตรเคมี” โดยครูจับเวลาที่นักเรียนกลุ่มที่ใช้เวลาน้อยที่สุดได้คะแนนสูงสุด

5.3 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

กระบวนการจัดการเรียนรู้ ชั่วโมงที่ 3-4

#### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

1.1 ครูเตรียมใบงานที่ 4.4 เรื่องการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

1.2 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวันสำหรับนักเรียน

1.3 ครูเตรียมแบบเฉลยใบงานที่ 4.4 เรื่องการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

## 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

2.1 ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายในประเด็น"ถ้ารู้รายละเอียดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารแต่ละชนิด จะสามารถหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลได้อย่างไร"

2.2 ครูชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรม

2.3 ครูแจ้งให้ทราบว่า จะมีการสอบเพื่อนำคะแนนของนักเรียนในกลุ่มมารวมเป็นคะแนนของกลุ่ม

## 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

3.1 นักเรียนศึกษาเรื่องการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลจากใบงานที่ 4.4 นักเรียนแต่ละคนศึกษาไปความรู้ และร่วมอภิปรายกันในกลุ่ม

3.2 นักเรียนทำใบงานเรื่องการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล โดยนักเรียนทำด้วยตนเองก่อน เมื่อเสร็จลองตรวจคำตอบกันในกลุ่ม ครูสังเกตการช่วยเหลือกันในกลุ่ม

3.3 ตัวแทนกลุ่มไปรับใบเฉลยมาตรวจสอบคำตอบของกลุ่มตัวเอง สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปราย ซักถามกันในข้อที่ไม่เข้าใจ

## 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

## 5. ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 ครูทำการสอบนักเรียน แล้วนำคะแนนสอบของแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับ การสอบครั้งก่อน เพื่อดูคะแนนพัฒนาการ แล้วนำมารวมเป็นคะแนนกลุ่ม

5.2 ครูประกาศผลคะแนนของแต่ละกลุ่ม และชมเชยกลุ่มที่ได้คะแนนสูง พร้อมทั้งให้กำลังใจกลุ่มที่ได้คะแนนน้อย

5.3 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

## การวัดผลและประเมินผล

### 1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน

- ครู

### 1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม

- ความรู้ความเข้าใจ

- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจสอบงาน 4.1 4.2 4.3 และ 4.4
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงาน 4.1 4.2 4.3 และ 4.4
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานที่ 4.1, 4.2 ,4.3 , และ 4.4
3. ใบความรู้ที่ 4.1

## ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

แผนที่ 4 เรื่องสูตรเคมี

**สูตรเคมี** หมายถึง สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนธาตุหรือสารประกอบเพื่อแสดงองค์ประกอบของสารเหล่านั้นว่าประกอบด้วยธาตุใดบ้าง อย่างละเท่าใด หรือเป็นอัตราส่วนเท่าใด สูตรบางประเภทยังให้รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดเรียงอะตอมภายในโมเลกุลด้วย สูตรเคมีอาจจะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สูตรโมเลกุล สูตรอย่างง่าย และสูตรโครงสร้าง

**ก. สูตรโมเลกุล (Molecular formula)** หมายถึง สูตรที่แสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีอยู่ใน 1 โมเลกุล สูตรโมเลกุลจะทำให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละกี่อะตอม เช่น

1. ก๊าซคลอรีน มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{Cl}_2$  หมายความว่าก๊าซคลอรีน 1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุ Cl อย่างเดียว จำนวน 2 อะตอม

2. กรดอะซิติก มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  หมายความว่า กรดอะซิติก 1 โมเลกุลประกอบด้วย ธาตุ C, H และ O จำนวน 2, 4 และ 2 อะตอม ตามลำดับ ตัวอย่างสูตรโมเลกุล

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{H}_2\text{O}_2$

กรดไนตริก มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{HNO}_3$

ก๊าซโพรเพน มีสูตรโมเลกุลเป็น  $\text{C}_3\text{H}_8$

**ข. สูตรอย่างง่าย (Empirical formula)** หมายถึง สูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมของธาตุในสารประกอบ จะทำให้ทราบว่าสารประกอบนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง มีอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมที่มารวมกันเป็นสารประกอบเท่าใด เช่น

1. สูตรอย่างง่ายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คือ HO หมายความว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ประกอบด้วยธาตุ H และ O โดยมีอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอม  $\text{H} : \text{O} = 1 : 1$

2. สูตรอย่างง่ายของกรดแอสिटิก คือ  $\text{CH}_2\text{O}$  หมายความว่ากรดแอสिटิกประกอบด้วยธาตุ C , H และ O โดยมีอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอม  $\text{C} : \text{H} : \text{O} = 1 : 2 : 1$

3. สูตรอย่างง่ายของเอทานอล คือ  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  หมายความว่าเอทานอลประกอบด้วยธาตุ C , H และ O โดยมีอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอม  $\text{C} : \text{H} : \text{O} = 2 : 6 : 1$

สูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของเอทานอลเหมือนกันคือ  $C_2H_6O$  เนื่องจากอัตราส่วนของจำนวนอะตอม C , H และ O ใน 1 โมเลกุลเป็น  $C : H : O = 2 : 6 : 1$  ซึ่งเป็นเลขอย่างต่ำอยู่แล้ว

ตัวอย่างของสูตรอย่างง่าย

น้ำ ( $H_2O$ )	มีสูตรอย่างง่ายเป็น	$H_2O$
กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ )	มีสูตรอย่างง่ายเป็น	$H_2SO_4$
กลูโคส ( $C_6H_{12}O_6$ )	มีสูตรอย่างง่ายเป็น	$CH_2O$

**ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรอย่างง่ายกับสูตรโมเลกุล**

สูตรโมเลกุลเป็นสูตรที่แสดงจำนวนอะตอมทั้งหมดใน 1 โมเลกุล ในขณะที่สูตรอย่างง่าย แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมใน 1 โมเลกุล จากตัวอย่างของสูตรโมเลกุล และสูตรอย่างง่าย จะเห็นได้ว่าเมื่อทราบสูตรโมเลกุล ก็จะทราบสูตรอย่างง่าย เนื่องจากสูตรทั้งสองประเภทมีส่วนสัมพันธ์กันดังนี้

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

เมื่อ  $n = 1, 2, 3, \dots$

เมื่อทราบสูตรโมเลกุล ก็จะสามารถหาสูตรอย่างง่ายได้ และในทางตรงกันข้ามเมื่อทราบสูตรอย่างง่ายก็สามารถหาสูตรโมเลกุลได้

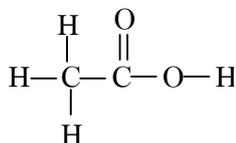
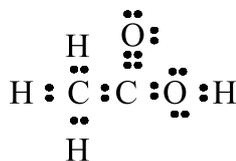
ตารางที่ 1 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ของสูตรโมเลกุลและสูตรอย่างง่าย

สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	สูตรอย่างง่าย
กรดแอสติติก	$C_2H_4O_2 = (CH_2O)_2$	$CH_2O$
กลูโคส	$C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_6$	$CH_2O$
น้ำ	$H_2O = (H_2O)_1$	$H_2O$
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	$H_2O_2 = (HO)_2$	$HO$
เอทิลีน	$C_2H_4 = (CH_2)_2$	$CH_2$
อะเซทิลีน	$C_2H_2 = (CH)_2$	$CH$
กรดคาร์บอนิก	$H_2CO_3 = (H_2CO_3)_1$	$H_2CO_3$

**ค. สูตรโครงสร้าง (Structural formula)** หมายถึง สูตรที่แสดงว่าใน 1 โมเลกุลของสารนั้นประกอบด้วยธาตุใดบ้าง อย่างละกี่อะตอม และแต่ละอะตอมจัดเรียงตัวกันอย่างไร

สูตรโครงสร้างนอกจากจะทำให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละกี่อะตอม แล้วยังบอกตำแหน่งของอะตอมที่จัดเรียงตัวในโมเลกุลด้วย ทำให้ทราบว่าแต่ละอะตอมยึดเหนี่ยวกันอย่างไร

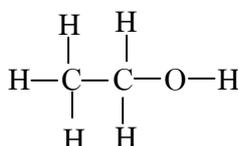
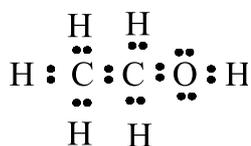
สูตรโครงสร้างสามารถเขียนได้ 2 แบบ คือสูตรโครงสร้างแบบจุด และสูตรโครงสร้างแบบเส้น เช่น กรดอะซิติก มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_2H_4O_2$  และมีสูตรโครงสร้างดังนี้



แบบจุด

แบบเส้น

หมายความว่า กรดอะซิติก 1 โมเลกุล ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O จำนวน 2, 4 และ 2 อะตอม ตามลำดับ โดยแต่ละอะตอมจัดเรียงตัวกันดังแสดงในแผนภาพข้างต้น เอทานอล มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_2H_6O$  และมีสูตรโครงสร้างดังนี้



แบบจุด

แบบเส้น

หมายความว่า เอทานอล 1 โมเลกุล ประกอบด้วย ธาตุ C, H และ O จำนวน 2, 6 และ 1 อะตอม ตามลำดับ โดยแต่ละอะตอมจัดเรียงตัวกันดังแสดงในแผนภาพข้างต้น

### การคำนวณมวลเป็นร้อยละของสารจากสูตร

การมวลของสารวิธีหนึ่ง ทำได้โดยการนำมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบใน 1 โมเลกุลของสารนั้นมารวมกัน ดังนั้นถ้าต้องการทราบต่อไปอีกว่า 1 โมเลกุลของสารมีธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดร้อยละเท่าใด สามารถคำนวณได้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ร้อยละของสาร} = \frac{\text{มวลของสาร}}{\text{มวลโมเลกุลของสารประกอบ}} \times 100$$

เช่น ร้อยละของธาตุ O ในสารประกอบ  $H_2O$

$$\text{ร้อยละของสาร} = \frac{\text{มวลของสาร}}{\text{มวลโมเลกุลของสารประกอบ}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของธาตุ O} = \frac{16}{18} \times 100 = 88.89$$

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

### ใบงานที่ 4.1 กิจกรรมสถานการณ์จำลอง เรื่องสูตรเคมี

- จุดประสงค์
1. เพื่อศึกษาการรวมกันเป็นโมเลกุลของสาร
  2. เพื่อศึกษาการคำนวณสูตรโมเลกุลของสารในการรวมกันเป็นโมเลกุลของสาร จำลองสถานการณ์การเกิด โมเลกุลของสาร โดยกำหนด

อะตอมของไฮโดรเจน	ฉันเป็นอะตอมของไฮโดรเจน ฉันมีพลังงานสูงเพราะฉันไม่เสถียรเนื่องจากมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุด 1 อิเล็กตรอน ( ไม่ครบออกเตต) ฉันต้องไปใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่น ฉันใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นได้ 1 อิเล็กตรอน กล่าวได้ว่าฉันมี 1 แขนที่จะไปจับกับอะตอมอื่น
อะตอมของออกซิเจน	ฉันเป็นอะตอมของออกซิเจน ฉันมีพลังงานสูงเพราะฉันไม่เสถียรเนื่องจากมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุด 6 อิเล็กตรอน ( ไม่ครบออกเตต) ฉันต้องไปใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่น ฉันใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นได้ 2 อิเล็กตรอน กล่าวได้ว่าฉันมี 2 แขนที่จะไปจับกับอะตอมอื่น

#### การแสดงสถานการณ์จำลอง

1. ผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมือ 1 ครั้งพร้อมอ่านบัตรข้อความ นักเรียนที่แสดงเป็นอะตอมที่ผู้ดำเนินกิจกรรมอ่านบทออกมาต้นกลางห้อง
2. ผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมืออีก 1 ครั้ง นักเรียนที่เด่นอยู่ทุกคนต้องเคลื่อนที่เข้าจับมือกับเพื่อนให้ครบแขนที่กางออก เมื่อครบแล้วนั่งลง
3. เมื่อผู้ดำเนินกิจกรรมปรบมืออีก 1 ครั้งทุกคนหยุดทำกิจกรรม
4. นักเรียนที่จับกันได้ครบแขนออกไปเขียนสูตรเคมีที่รวมเป็นโมเลกุลบนกระดานดำ

#### คำถามหลังกิจกรรม

1. การมารวมของอะตอมเป็นโมเลกุลของสารเพื่อ  
.....
2. จากสถานการณ์จำลอง โมเลกุลของสารที่เกิดมีกี่ชนิด อะไรบ้าง  
.....
3. จากข้อ 2 สารแต่ละชนิดมีสมบัติเหมือนหรือต่างกัน  
.....

4. สารประกอบที่มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน มีอัตราส่วนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเหมือนหรือต่างกัน

.....

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 4.3 ปริศนาอักษรไขว้ “สูตรเคมี”

คำชี้แจง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเติมสูตรเคมีของสารให้สัมพันธ์กับข้อความที่กำหนดให้ โดยแต่ละช่องของตารางให้เติมสัญลักษณ์ของธาตุและตัวห้อยบอกจำนวนอะตอมของธาตุ(ถ้ามี)

						4								
				6						1		5		
		7												
						2								
							1							
									3					
	8													
								7						
	5													

#### แนวตั้ง

1. แอลกอฮอล์เซ็ดแผล
2. หินปูน
3. สารที่ชาวสวนใส่ลงไปเพื่อเร่งการออกดอกของลำไย
4. กรดที่อยู่ในน้ำอัดลม
5. กรดในน้ำส้มสายชูแท้
6. จุนสีที่เป็นผลึกสีฟ้า
7. สารที่เป็นส่วนประกอบของยาดมแก้วิงเวียนเป็นลม

#### แนวนอน

1. ของเสียในน้ำปัสสาวะ
2. องค์ประกอบหลักของปูนปลาสเตอร์
3. สารที่แม่ค้าเติมในเนื้อสัตว์เพื่อให้มีสีแดงสวย แต่อันตราย
4. กรดในแบตเตอรี่รถยนต์
5. แร่บอกไซต์
6. คอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต
7. สารที่เกิดดสีม่วงใช้ล้างผัก
8. ดีเกลือฝรั่ง

## เฉลยใบงาน 4.3

## ปริศนาอักษรไขว้ “ สูตรเคมี”

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเติมคำภาษาอังกฤษที่เป็นสูตรเคมีของสารลงในตารางข้างล่าง

						<sup>4</sup>	S	O <sub>4</sub>									
							H <sub>2</sub>										
							C										
						<sup>6</sup> Cu	C	O <sub>3</sub>				<sup>1</sup> N	H <sub>2</sub>	<sup>5</sup> C	O	N	H <sub>2</sub>
							S							H <sub>3</sub>			
			<sup>7</sup> K	Mn	O <sub>4</sub>									C			
								<sup>2</sup> Ca	S	O <sub>4</sub>			2	H <sub>2</sub>	O		
						5		C						O			
						H <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>						H			
						O				<sup>1</sup> C <sub>2</sub>							
									H <sub>5</sub>			<sup>3</sup> K	N	O <sub>3</sub>			
		<sup>8</sup> Mg	S	O <sub>4</sub>			7	H <sub>2</sub>	O			Cl					
		C							H		<sup>7</sup> N	O <sub>3</sub>					
	<sup>5</sup> Al <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>										H <sub>3</sub>					

## แนวตั้ง

1. แอลกอฮอล์เช็ดแผล
2. หินปูน
3. สารที่ชาวสวนใส่ลงไปเพื่อเร่งการออกดอกของลำไย
4. กรดที่อยู่ในน้ำอัดลม
5. กรดในน้ำส้มสายชูแท้
6. จุนสีที่เป็นผลึกสีฟ้า
7. สารที่เป็นส่วนประกอบของยาดมแก้วิงเวียนเป็นลม

## แนวนอน

1. ของเสียในน้ำปัสสาวะ
2. องค์ประกอบหลักของปูนปลาสเตอร์
3. สารที่แม่ค้าเติมในเนื้อสัตว์เพื่อให้มีสีแดงสวย แต่อันตราย
4. กรดในแบตเตอรี่รถยนต์
5. แร่บอกไซต์
6. คอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต
7. สารที่เกล็ดสีม่วงใช้ล้างผัก
8. ดิเกลือฝรั่ง

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 4.2 เรื่อง การคำนวณมวลเป็นร้อยละของสารจากสูตร

คำชี้แจง

จงหาร้อยละของธาตุ O ในสารประกอบต่อไปนี้

1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$

.....  
 .....

2.  $\text{SO}_2$

.....  
 .....

3.  $\text{HNO}_3$

.....  
 .....

4.  $\text{CH}_3\text{COOH}$

.....  
 .....

5.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

.....  
 .....

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

### ใบงานที่ 4.4 การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำกิจกรรมตามลำดับดังนี้

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
2. สมาชิกในกลุ่มจะต้องช่วยเหลือสมาชิกในกลุ่ม ช่วยอธิบายจนเข้าใจ
3. เมื่อเข้าใจแล้วนักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัดในใบกิจกรรม
4. เมื่อทำแบบฝึกหัดเสร็จ นักเรียนรีบไปเฉลยจากครู มาตรวจคำตอบและตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

.....

### การคำนวณหาสูตรอย่างง่าย หรือ สูตรเอมพิริคัล (Empirical formula)

เนื่องจากสูตรเอมพิริคัลเป็นสูตรที่แสดงจำนวน “อัตราส่วนของอะตอมของธาตุในสารประกอบ” ซึ่งก็คือ “อัตราส่วนของโมลอะตอมของธาตุในสารประกอบ” นั่นเอง กรณีสูตรเอมพิริคัลของกรดซิตริก คือ  $\text{CH}_2\text{O}$



อัตราส่วนจำนวนอะตอม       $\text{C} : \text{H} : \text{O} = 1 : 2 : 1$

อัตราส่วนจำนวนโมลอะตอม       $\text{C} : \text{H} : \text{O} = 1 : 2 : 1$

จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนจำนวนอะตอม และอัตราส่วนจำนวนโมลของอะตอม มีค่าเท่ากัน ดังนั้นในการหาสูตรเอมพิริคัล อาจจะพิจารณาจากจำนวนอะตอมหรือจำนวนโมลอะตอมก็ได้

### 1. การคำนวณสูตรเอมพิริคัล สรุปลงเป็นหลักการทั่ว ๆ ไปได้ดังนี้

1. หาชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
2. หาน้ำหนักของธาตุแต่ละตัว
3. หา atomic Ratio (อัตราส่วนโดยโมลอะตอม) คือการเอาธาตุแต่ละตัวมาเข้าอัตราส่วนกัน
4. ทำให้เป็นตัวเลขอย่างต่ำ ตัวเลขที่ได้จะเป็นจำนวนอะตอมในสูตรอย่างง่าย

### การทำอัตราส่วนของจำนวนโมลอะตอมให้เป็นเลขลงตัวอย่างต่ำได้ดังนี้

หาจำนวนโมลของธาตุและทำให้เป็นเลขลงตัวอย่างต่ำ โดยนำจำนวนโมลของธาตุที่มีค่าน้อยที่สุดหารตลอด เมื่อมีทศนิยม การปัดขึ้นจะทำได้เมื่อจุดทศนิยมมีค่ามากกว่า 0.8 ขึ้นไป และจะปัดทิ้งเมื่อจุดทศนิยมมีค่าน้อยกว่า 0.2 ลงมา

**ตัวอย่างที่ 1** โลหะ A 0.81 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน 0.32 กรัม ได้สารประกอบออกไซด์เพียงชนิดเดียว สารที่ได้มีอัตราส่วนจำนวนอะตอมของโลหะ A ต่อออกซิเจนเป็นเท่าใด (O = 16, A=27)

**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } n &= \frac{w}{M} \\ \text{โมลของ A} &= \frac{0.81}{27} \\ \text{โมลของ O} &= \frac{0.32}{16} \\ \text{โมลของ A : O} &= \frac{0.81}{27} : \frac{0.32}{16} \\ &= 0.03 : 0.02 \\ &= 3 : 2 \end{aligned}$$

อัตราส่วนของจำนวนโมล ก็คืออัตราส่วนของจำนวนอะตอม

$$\therefore \text{อัตราส่วนของจำนวนอะตอม A : O} = 3 : 2$$

**ตอบ**

**ตัวอย่างที่ 2** สารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 0.250 กรัม คาร์บอน 1.500 กรัม และคลอรีน 8.875 กรัม จงคำนวณสูตรเอมพิริคัลของสารนี้

**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{โมลของ H} &= \frac{0.250}{1} \\ \text{โมลของ C} &= \frac{1.500}{12} \\ \text{โมลของ Cl} &= \frac{8.875}{35.5} \\ \therefore \text{โมลของ C : H : Cl} &= \frac{0.250}{1} : \frac{1.500}{12} : \frac{8.875}{35.5} \\ &= 0.125 : 0.250 : 0.250 \\ &= 1 : 2 : 2 \end{aligned}$$

$\therefore$  อัตราส่วนจำนวนโมล = อัตราส่วนจำนวนอะตอม

$$\therefore \text{อัตราส่วนจำนวนอะตอม} = 1 : 2 : 2$$

สูตรเอมพิริคัล คือ  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$

**ตอบ**

### แบบฝึกหัด

1. เหล็กมีมวลอะตอม 55.8 เหล็กออกไซด์ชนิดหนึ่ง 12.00 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า มีออกซิเจน 3.315 กรัมจงคำนวณสูตรเอมพิริคัลของเหล็กออกไซด์ชนิดนี้  
วิธีทำ

.....

2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง 2.7 กรัม จากการวิเคราะห์พบว่ามีคาร์บอน 85.7% โดยมวล สูตรเอมพิริคัลของไฮโดรคาร์บอนคืออะไร  
วิธีทำ

.....

3. สารประกอบชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O เท่านั้น จากการวิเคราะห์พบว่า สารประกอบนี้มี C 40.0% , H 6.7 % โดยมวล ที่เหลือเป็นออกซิเจน จงคำนวณสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้  
วิธีทำ

.....

4. สารประกอบ A และ B ต่างก็มีธาตุไนโตรเจนและธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำสารประกอบทั้งสองนี้ไปทำการวิเคราะห์พบว่า 58 กรัมของสารประกอบ A มีธาตุไนโตรเจน 27 กรัม และ 72 กรัม ของสารประกอบ B มีธาตุไนโตรเจน 46 กรัม ถ้าสารประกอบ A คือ NO สารประกอบ B คืออะไร

วิธีทำ

## 2. การคำนวณหาสูตรโมเลกุล

การหาสูตรโมเลกุลจากสูตรเอมพิริคัล

1. ต้องหาสูตรอย่างง่ายให้ได้
2. ต้องทราบมวลโมเลกุลของสาร
3. นำมาหาความสัมพันธ์ (สูตรอย่างง่าย)<sub>n</sub> = มวลโมเลกุล

แก้สมการหาค่า n และเมื่อนำมาคูณกับสูตรอย่างง่ายจะได้สูตรโมเลกุล

ตัวอย่าง สารประกอบชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวของคาร์บอน 6 กรัม ไฮโดรเจน 1 กรัม และซัลเฟอร์ 8 กรัม ถ้าสารประกอบนั้นมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 240 สูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้เป็นอย่างไร

ก. CH<sub>2</sub>S

ข. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>S

ค. C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>S

ง. C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>S<sub>4</sub>

วิธีทำ หาสูตรเอมพิริคัล

$$\text{โมล C} = \frac{6}{12}, \text{ โมล H} = \frac{1}{1}, \text{ โมล S} = \frac{8}{32}$$

$$\text{โมล C : H : S} = \frac{6}{12} : \frac{1}{1} : \frac{8}{32} = 0.5 : 1.0 : 0.25 = 2 : 4 : 1$$

สูตรเอมพิริคัลคือ C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>S

หาสูตรโมเลกุล สมมติให้สูตรโมเลกุลเป็น (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>S)<sub>n</sub>

$$\text{มวลโมเลกุล} = (\text{C}_2\text{H}_4\text{S})_n = 240$$

$$240 = (2\text{C} + 4\text{H} + \text{S})n$$

$$240 = (2 \times 12 + 4 \times 1 + 32)n$$

$$n = 4$$

สูตรโมเลกุล คือ (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>S)<sub>4</sub> = C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>S<sub>4</sub>

ตอบ

1. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 24.3% ธาตุไฮโดรเจน 4.1 % และที่เหลือเป็นธาตุคลอรีน ถ้าสารนี้มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 99 จงคำนวณสูตรโมเลกุลของสารนี้  
วิธีทำ

.....

2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 82.7% และธาตุไฮโดรเจน 17.3% โดยมวล ถ้าก๊าซนี้มีค่าความหนาแน่นเป็น 2.59 กรัม/ลิตร ที่ STP จงคำนวณสูตรโมเลกุลของก๊าซนี้  
วิธีทำ

.....

3. คลอไรด์ของโลหะ M ประกอบด้วยโลหะ M 45.6% โดยมวลและมีมวลโมเลกุล 260 กำหนดให้ว่า 1 โมเลกุลของคลอไรด์ของโลหะ M มีโลหะ M เพียง 1 อะตอมเท่านั้น จงคำนวณสูตรโมเลกุลของคลอไรด์ของ M  
วิธีทำ

.....

### เฉลยใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

#### ใบงานที่ 4.1 การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

#### เฉลยใบงานเรื่องการคำนวณสูตรอย่างง่าย

1. เหล็กมีมวลอะตอม 55.8 เหล็กออกไซด์ชนิดหนึ่ง 12.00 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่ามีออกซิเจน 3.315 กรัมจงคำนวณสูตรเอมพิริคัลของเหล็กออกไซด์ชนิดนี้

วิธีทำ เหล็กออกไซด์ 12.00 กรัม มีออกซิเจน 3.315 กรัม

$$\therefore \text{มีเหล็ก} = 12.00 - 3.315 = 8.685 \text{ กรัม}$$

$$\text{โมลของ Fe : O} = \frac{8.685}{55.8} : \frac{3.315}{16} = 0.156 : 0.207 = 3 : 4$$

สูตรเอมพิริคัลของออกไซด์คือ  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

ตอบ

2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง 2.7 กรัม จากการวิเคราะห์พบว่ามีคาร์บอน 85.7% โดยมวล สูตรเอมพิริคัลของไฮโดรคาร์บอนคืออะไร

วิธีทำ สารประกอบมี C = 85.7% โดยมวล

$$\therefore \text{มี H} = 100 - 85.7 = 14.3 \%$$

หรือสารประกอบ 100 กรัม มี C 85.7 กรัม และ H 14.3 กรัม (มวลของไฮโดรคาร์บอน 2.7 กรัม ไม่จำเป็นต้องนำมาคิด เพราะคิดจาก % ที่กำหนดให้แล้ว)

$$\text{โมลของ C : H} = \frac{85.7}{12} : \frac{14.3}{1} = 7.14 : 14.3 = 1 : 2$$

สูตรเอมพิริคัลคือ  $\text{CH}_2$

ตอบ

3. สารประกอบชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O เท่านั้น จากการวิเคราะห์พบว่ามีสารประกอบนี้มี C 40.0% , H 6.7 % โดยมวล ที่เหลือเป็นออกซิเจน จงคำนวณสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้

วิธีทำ สารประกอบมี C 40.0% , H 6.7 %

$$\therefore \text{มี O} = 100 - 40.0 - 6.7 = 53.3 \%$$

$$\text{โมลของ C : H : O} = \frac{40.0}{12} : \frac{6.7}{1} : \frac{53.3}{16} = 3.33 : 6.7 : 3.34 =$$

1 : 2 : 1

สูตรเอมพิริคัลคือ  $\text{CH}_2\text{O}$

ตอบ

4. สารประกอบ A และ B ต่างก็มีธาตุไนโตรเจนและธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำสารประกอบทั้งสองนี้ไปทำการวิเคราะห์พบว่า 58 กรัมของสารประกอบ A มีธาตุไนโตรเจน 27 กรัม และ 72 กรัม ของสารประกอบ B มีธาตุไนโตรเจน 46 กรัม ถ้าสารประกอบ A คือ NO สารประกอบ B คืออะไร

วิธีทำ โจทย์ถามสูตรของสารประกอบ B จึงพิจารณาเฉพาะมวลของธาตุไน B

$$\therefore \text{มีธาตุออกซิเจน} = 72 - 46 = 26 \text{ กรัม}$$

$$\text{โมลของ N : O} = \frac{46}{14} : \frac{26}{32} = 3.29 : 1.63 = 2 : 1$$

$$\therefore \text{สูตรเอมพิริคัลของ B คือ } \text{N}_2\text{O}$$

ตอบ

### เฉลยใบงานเรื่องการคำนวณสูตรโมเลกุล

1. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 24.3% ธาตุไฮโดรเจน 4.1 % และที่เหลือเป็นธาตุคลอรีน ถ้าสารนี้มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 99 จงคำนวณสูตรโมเลกุลของสารนี้

วิธีทำ มี C = 24.3% , H = 4.1 %

$$\therefore \text{มี Cl} = 100 - 24.3 - 4.1 = 71.6 \%$$

หาสูตรเอมพิริคัล

$$\text{โมลของ C : H : Cl} = \frac{24.3}{12} : \frac{4.1}{1} : \frac{71.6}{35.5} = 1 : 2 : 1$$

สูตรเอมพิริคัล คือ  $\text{CH}_2\text{Cl}$

หาสูตรโมเลกุล

$$\begin{aligned} \text{มวลโมเลกุล} &= (\text{CH}_2\text{Cl})_n \\ 99 &= (12 + 2 \times 1 + 35.5)n \\ n &= 2 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{CH}_2\text{Cl})_2 = \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$$

ตอบ

2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 82.7% และธาตุไฮโดรเจน 17.3% โดยมวล ถ้าก๊าซนี้มีค่าความหนาแน่นเป็น 2.59 กรัม/ลิตร ที่ STP จงคำนวณสูตรโมเลกุลของก๊าซนี้

วิธีทำ หาสูตรเอมพิริคัล

$$\begin{aligned} \text{โมลของ C : H} &= \frac{82.7}{12} : \frac{17.3}{1} \\ &= 2 : 5 \end{aligned}$$

สูตรเอมพิริคัล คือ  $\text{C}_2\text{H}_5$

หามวลโมเลกุล

ก๊าซมีความหนาแน่น = 2.59 กรัม/ลิตร ที่ STP

ที่ STP ก๊าซ 1 ลิตรหนัก = 2.59 กรัม

∴ ที่ STP ก๊าซ 22.4 ลิตรหนัก = 2.59 x 22.4 กรัม = 58.0 กรัม

มวลโมเลกุลของก๊าซ = 58.0

หาสูตรโมเลกุล

มวลโมเลกุล =  $(C_2H_5)_n$

58.0 =  $(12 \times 2 + 5 \times 1)n$

n = 2

สูตรโมเลกุล =  $(C_2H_5)_2 = C_4H_{10}$

ตอบ

3. คลอไรด์ของโลหะ M ประกอบด้วยโลหะ M 45.6% โดยมวลและมีมวลโมเลกุล 260 กำหนดให้ว่า 1 โมเลกุลของคลอไรด์ของโลหะ M มีโลหะ M เพียง 1 อะตอมเท่านั้น จงคำนวณสูตรโมเลกุลของคลอไรด์ของ M

วิธีทำ เนื่องจากคลอไรด์ 1 โมเลกุล มีธาตุ M หนึ่งอะตอม สูตรโมเลกุลจึงเป็น  $MCl_n$  ซึ่งแสดงว่าสูตรโมเลกุลและสูตรเอมพิริคัลเป็นสูตรเดียวกัน

เนื่องจากการหาสูตรเอมพิริคัลต้องทราบมวลอะตอมของ M ดังนั้นจึงต้องสมมติมวลอะตอมของ M ก่อน หลังจากนั้นจึงใช้ข้อมูลจากมวลโมเลกุลคำนวณมวลอะตอมและสูตรโมเลกุล

หาสูตรเอมพิริคัล ให้มวลอะตอมของ M = X

คลอไรด์ 100 กรัม มี M 45.6 กรัม และ Cl 54.4 กรัม

∴ โมล M =  $\frac{45.6}{x}$  และโมล Cl =  $\frac{54.4}{35.5}$

∴ โมล M : Cl =  $\frac{45.6}{x} : \frac{54.4}{35.5}$  ..... (1)

หาสูตรโมเลกุล ให้สูตรโมเลกุลเป็น  $MCl_n$

∴ โมล M : Cl = 1 : n ..... (2)

จากสมการ (1) = (2)

1 : n =  $\frac{45.6}{x} : \frac{54.4}{35.5}$

จะได้  $\frac{1}{n} = \frac{45.6}{x} \times \frac{35.5}{54.4}$  หรือ

$\frac{1}{n} = \frac{45.6}{x} \times \frac{35.5}{54.4}$

$$x = 29.76n \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\therefore \text{มวลโมเลกุล } MCl_n = 260$$

$$\therefore \text{โมล } M + nCl = x + 35.5n = 260 \quad \dots\dots\dots (4)$$

แทนค่า  $x$  ในสมการ (3) ลงใน (4) จะได้ค่า  $n$  และ  $x$  ออกมาดังนี้

$$n = 4 ; x = 118$$

$\therefore$  สูตรโมเลกุล คือ  $MCl_4$

**ตอบ**

**แบบทดสอบประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5**  
**เรื่องการคำนวณหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล**

**จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดจากคำถามแต่ละข้อ**

กำหนดมวลอะตอม H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, P = 31, S = 32, Fe = 56, Ba = 137

1. เมื่อนำสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งมา 1.08 กรัม เผาไหม้สมบูรณ์ได้  $\text{CO}_2$  3.08 กรัม น้ำ 0.72 กรัม สูตรอย่างง่ายของสารอินทรีย์คือข้อใด

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ | 2. $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$   |
| 3. $\text{C}_8\text{H}_{12}$        | 4. $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$ |

2. สารประกอบชนิดหนึ่งมีมวลโมเลกุล 160 ประกอบด้วยธาตุ A 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่เหลือเป็นธาตุ X ถ้ามวลอะตอมของ A = 20 และของ X = 40 สูตรโมเลกุลของสารประกอบดังกล่าวจะเป็นอย่างไร

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. $\text{X}_2\text{A}_4$ | 2. $\text{X}_4\text{A}_2$ |
| 3. $\text{X}_3\text{A}_2$ | 4. $\text{X}_2\text{A}$   |

3. สนิมเหล็กชนิดหนึ่งมีสูตร  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  มี Fe ร้อยละ 57.14 โดยมวล n มีค่าเท่าไร (H = 1, O = 16, Fe = 56)

- |      |      |
|------|------|
| 1. 2 | 2. 3 |
| 3. 4 | 4. 5 |

4. ในการศึกษาองค์ประกอบของสารชนิดหนึ่ง เมื่อนำน้ำมา 1.05 กรัม เผาไหม้จนสมบูรณ์พบว่าเกิด  $\text{CO}_2$  1.32 กรัม และ  $\text{H}_2\text{O}$  0.63 กรัม และพบว่าสารนี้ 0.90 กรัม มี N 0.12 กรัม จงหาสูตรอย่างง่าย

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. $\text{C}_3\text{H}_7\text{N}$    | 2. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$             |
| 3. $\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_5$ | 4. $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6\text{N}_2$ |

5. เมื่อนำไอร์ออน (II) ซัลเฟตที่มีน้ำผลึก ( $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) 27.8 กรัม มาเผา พบว่ามีน้ำเกิดขึ้น 12.6 กรัม n มีค่าเท่าไร

- |      |       |
|------|-------|
| 1. 4 | 2. 5  |
| 3. 7 | 4. 10 |



1.5 ครูเตรียมแบบจำลองอะตอมของธาตุไนโตรเจน ธาตุออกซิเจน ธาตุไฮโดรเจน และสายพลาสติกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร

1.6 ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 5 คน

## 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

2.1 ครูนำอภิปรายในประเด็น”เราสามารถศึกษาปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีใด”ได้บ้าง

2.2 ครูชี้แจงขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม

## 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

3.1 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 5.1 เรื่องสมการเคมี

3.2 สมาชิกในกลุ่มผลัดกันซักถามเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับ

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นสมการเคมีจากหนังสือและอินเทอร์เน็ต

3.4 ครูให้นักเรียนนำเสนอสมการเคมีที่สืบค้นได้มานำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นรับรู้ และสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้กัน

3.5 ครูนำอภิปรายในประเด็นตัวเลขที่อยู่หน้าสูตรเคมีในสมการเคมีและการดุลสมการเคมี

3.6 นักเรียนศึกษาใบงานที่ 5.1 เรื่องการศึกษาการดุลสมการจากแบบจำลองโมเลกุล

3.7 นักเรียนและครูร่วมอภิปรายและสรุปความคิดรวบยอดของการดุลสมการเคมี

3.8 นักเรียนทำใบงานที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี

3.9 ครูเฉลยใบงานที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี

## 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 ให้นักเรียนช่วยกันสรุปความหมายและหลักการดุลสมการเคมี ครูคอยชี้แนะ

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวคิดในการนำความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเคมี ไปใช้ประโยชน์

4.3 ครูแจกใบความรู้ที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมีให้นักเรียนศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

4.4 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามสิ่งที่ไม่เข้าใจ

## 5. ขั้นกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 นักเรียนตอบคำถามในใบงานที่ 5.3 เรื่องการเขียนและดุลสมการเคมี

5.2 ให้นักเรียนเขียนบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกประจำวันให้เสร็จ และส่งครูในชั่วโมง

## การวัดผลและประเมินผล

### 1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน
- ครู

### 1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ความรู้ความเข้าใจ
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจใบงานที่ 5.1 เรื่องการศึกษาการดุลสมการเคมีจากแบบจำลองโมเลกุล
- ตรวจใบงานที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี
- ตรวจใบงานที่ 5.3 เรื่องการเขียนและดุลสมการเคมี
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงานที่ 5.1 เรื่องการศึกษาการดุลสมการเคมีจากแบบจำลองโมเลกุล
- ใบงานที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี
- ใบงานที่ 5.3 เรื่องการเขียนและดุลสมการเคมี
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานที่ 5.1 และ 5.2 และ 5.3
3. ใบความรู้ที่ 5.1 เรื่องสมการเคมี
4. ใบความรู้ที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี
5. คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต
6. อุปกรณ์ประกอบใบงาน 5.1

## ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องสมการเคมี

### ใบความรู้ที่ 5.1 เรื่องสมการเคมี

**สมการเคมี** หมายถึง ภาษาย่อในการแสดงปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ สมการเคมีเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น และเขียนขึ้นได้จากผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริง ๆ เท่านั้น

#### ลักษณะของสมการเคมี

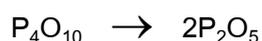
สมการเคมีประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สารตั้งต้น (Reactant) และสารผลิตภัณฑ์ (Product)

**1. สารตั้งต้น (Reactant)** หมายถึง สารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน กำหนดให้เขียนสัญลักษณ์และสูตรของสารตั้งต้นไว้ทางซ้ายของสมการ

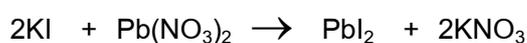
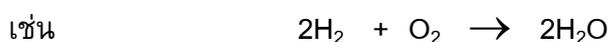
**2. สารผลิตภัณฑ์ (Product)** หมายถึง สารที่เกิดจากปฏิกิริยา กำหนดให้เขียนสัญลักษณ์และสูตรของผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวาของสมการ

ระหว่างสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ จะมีเครื่องหมาย  $\rightarrow$  หรือ  $=$  หรือ  $\rightleftharpoons$  คั่นอยู่

รูปแบบของสมการทั่ว ๆ ไปเป็นดังนี้ สารตั้งต้น  $\rightarrow$  ผลิตภัณฑ์



ในกรณีที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิด ให้ใช้เครื่องหมายบวกคั่นระหว่างสารเหล่านั้น



การเขียนสมการเคมีถ้าต้องการให้มีความหมายมากยิ่งขึ้น หรือให้มีความหมายสมบูรณ์มากขึ้น ควรจะเขียนแสดงสถานะหรือภาวะของสารนั้น ๆ ด้วย โดยเขียนเป็นสัญลักษณ์บอกไว้ในวงเล็บต่อจากสูตรของสารนั้น ๆ เช่น

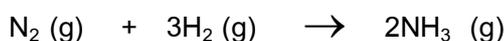
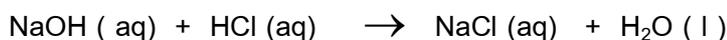
ใช้ (s) แทนภาวะของแข็ง (Solid)

(l) แทนภาวะของเหลว (Liquid)

(g) แทนภาวะของก๊าซ (Gas)

(aq) แทนภาวะละลายอยู่ในน้ำ (Aqueous)

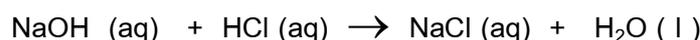
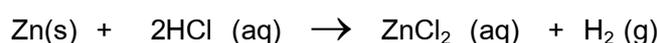
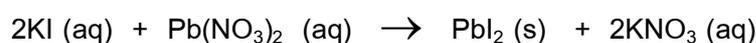
ตัวอย่างเช่น



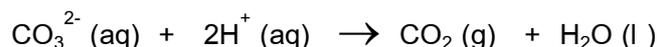
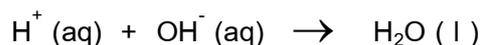
### รูปแบบของสมการเคมี

รูปแบบของสมการเคมีอาจจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สมการโมเลกุล (Molecular equation) และสมการไอออนิก (Ionic equation)

ก. สมการโมเลกุล หมายถึง สมการเคมีที่สารทั้งหมดในปฏิกิริยา ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เขียนอยู่ในรูปของโมเลกุล หรืออะตอม เช่น



ข. สมการไอออนิก หมายถึง สมการเคมีที่เขียนอยู่ในรูปของไอออนเป็นส่วนใหญ่ สารบางชนิดอาจจะเขียนในรูปของโมเลกุล หรืออะตอม แต่ส่วนใหญ่จะเขียนในรูปของไอออน สมการไอออนิกจะเขียนเฉพาะไอออน หรือโมเลกุลที่มีส่วนในการเกิดปฏิกิริยาเท่านั้น โมเลกุลหรือไอออนของสารบางชนิดแม้ว่าจะอยู่ในระบบ ถ้าไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหรือไม่มีส่วนในการเกิดปฏิกิริยาไม่ต้องเขียนลงในสมการ



### ประเภทของสมการเคมี

แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการรวมตัว (Combination reaction) เกิดจากสารตั้งต้นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป (ธาตุหรือสารประกอบก็ได้) รวมกันเป็นสารใหม่ 1 ตัว เช่น

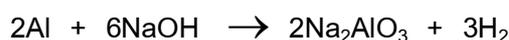
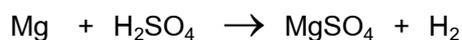


2. ปฏิกิริยาการแยกสลาย (Decomposition reaction) เกิดจากสารประกอบสลายตัวให้สารใหม่ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น

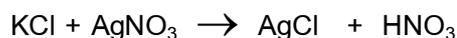




3. ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution reaction) เกิดจากธาตุชนิดหนึ่งเข้าไปแทนที่ธาตุอีกชนิดหนึ่งในสารประกอบ เช่น

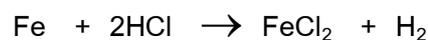
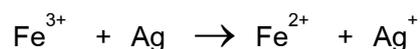


4. ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยน (Exchange reaction) เกิดจากอนุมูล หรือไอออนในสารประกอบที่เข้าทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนสลับที่ซึ่งกันและกัน เช่น

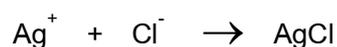
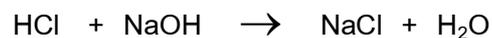


นอกจากจะแบ่งประเภทของสมการโดยอาศัยลักษณะการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวแล้ว อาจแบ่งประเภทของสมการโดยการอาศัยการให้และรับอิเล็กตรอน ของสารในขณะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

ก. ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction) หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอน ระหว่างสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน เช่น



ข. ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ (Non – Redox reaction) หมายถึง ปฏิกิริยาที่ไม่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสารที่เข้าทำปฏิกิริยา เช่น



## ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องสมการเคมี

### ใบความรู้ที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี

**การดุลสมการเคมี (Balance equation)** เป็นการนำตัวเลขที่เหมาะสมมาเติมหน้าสัญลักษณ์หรือสูตรของสาร เพื่อให้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุในสารตั้งต้นเท่ากับในผลิตภัณฑ์

การเขียนและการดุลสมการต้องใช้ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อให้ทราบปริมาณของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน จึงทำจำนวนอะตอมให้เท่ากัน เมื่อทราบชนิดของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์แล้ว อาจดุลสมการได้โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การตรวจพินิจ โดยการใช้เลขออกซิเดชัน และโดยการใช้ปฏิกิริยาครีงเซลล์ ในที่นี้จะกล่าวถึง เฉพาะการดุลโดยการตรวจพินิจ เท่านั้น อีก 2 วิธี อยู่ในเรื่อง “ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี”

#### การดุลสมการโดยการตรวจพินิจ(Balancing equation by trial and error)

การตรวจพินิจ หรือ การทดลองเติม ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ใช้วิธีนับจำนวนอะตอมของธาตุทางซ้าย และทางขวาของสมการ พิจารณาธาตุที่มีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน พยายามทำจำนวนอะตอมให้เท่ากันโดยการทดลองเติมตัวเลขลงไปข้างหน้าสูตรของสาร แก๊ซและเปลี่ยนแปลงตัวเลขไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้สมการที่ดุล วิธีนี้ต้องใช้ประสบการณ์ และการสังเกตเป็นส่วนใหญ่

โดยทั่ว ๆ ไป อาจกำหนดวิธีการ ดังนี้

1. พิจารณาจากสมการคร่าว ๆ ก่อนว่ามีธาตุอิสระหรือไม่ ถ้ามีให้ดุลธาตุอิสระเป็นกรณีสุดท้าย
2. เริ่มต้นทำจำนวนอะตอมของธาตุต่าง ๆ ในโมเลกุลใหญ่ที่สุดให้เท่ากันก่อน (ถ้าในโมเลกุลนี้มีธาตุอิสระอยู่ด้วย ยังไม่ต้องดุลธาตุอิสระ) หลังจากนั้นจึงดุลอะตอมของธาตุในโมเลกุลที่เล็กลงตามลำดับ
3. หลังจากดุลอะตอมของธาตุต่าง ๆ หมดแล้ว จึงดุลอะตอมของธาตุอิสระ (ถ้ามี)
4. บางกรณีอาจจะต้องทำจำนวนอะตอมของธาตุทางซ้ายและทางขวาของสมการให้เป็นเลขคู่ก่อน เพื่อความสะดวกในการดุล

**ตัวอย่าง** จงทำสมการต่อไปนี้ให้ดุล  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

**วิธีทำ** - จากสมการธาตุ O เป็นธาตุอิสระ (ใน  $\text{O}_2$ ) ธาตุ C และ H เป็นธาตุในสารประกอบ

- ทำจำนวนอะตอมของ C และ H ให้เท่ากันก่อน โดยเริ่มจากโมเลกุลที่ใหญ่คือ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  แล้วจึงทำ O ให้เท่ากันตอนสุดท้าย

ทางซ้าย

C 2 อะตอม

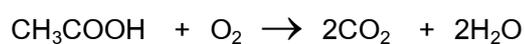
H 4 อะตอม

ทางขวา

C 1 อะตอม

H 2 อะตอม

- ทำ C ให้เท่ากัน โดยเติม 2 หน้า  $\text{CO}_2$  และทำ H ให้เท่ากันโดยเติม 2 หน้า  $\text{H}_2\text{O}$



- ขณะนี้ C และ H ดุลแล้ว จึงทำ O ให้เท่ากัน

ทางขวามี O 6 อะตอม ( 4 อะตอมใน  $\text{CO}_2$  และ 2 อะตอมใน  $\text{H}_2\text{O}$  )

ทางซ้ายมี O 2 อะตอม ใน  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ดังนั้นจึงเติม 2 หน้า  $\text{O}_2$  จึงจะทำให้มี 6 อะตอม เท่ากัน และได้สมการที่ดุล

%%%%%%%%%

## ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ชื่อ.....ชั้น.....กลุ่มที่.....เลขที่.....

### ใบงานที่ 5.1 เรื่องการศึกษาการดุลสมการจากแบบจำลองโมเลกุล

**จุดประสงค์** เพื่อศึกษาการดุลสมการจากแบบจำลองโมเลกุล

**อุปกรณ์การทดลอง**

1. แบบจำลองอะตอมไฮโดรเจน 10 อะตอม
2. แบบจำลองอะตอมไนโตรเจน 10 อะตอม
3. แบบจำลองอะตอมออกซิเจน 10 อะตอม
4. ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 x 5 เซนติเมตร จำนวน 30 เส้น

**ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม**

1.1 ให้นักเรียนนำแบบจำลองอะตอมของธาตุไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน มาต่อเป็นแบบจำลองของแก๊สไนโตรเจน แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สแอมโมเนีย วาดแบบจำลองโมเลกุลได้เป็นดังนี้

1.2 ให้นักเรียนช่วยกันทำให้จำนวนอะตอมของธาตุในสารตั้งต้นเท่ากับจำนวนอะตอมของธาตุในสารผลิตภัณฑ์โดยมีกติกาว่าสารต้องอยู่ในสภาพที่เป็นโมเลกุล โดยสมการที่กำหนดให้ คือ

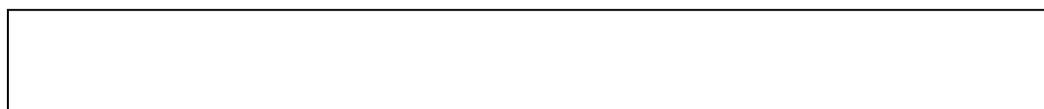


1.3 บันทึกผลการทำกิจกรรมโดยวาดรูปแบบจำลองโมเลกุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์

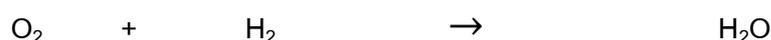
1.4. เขียน(สมการ)ได้ดังนี้ .....N<sub>2</sub> + .....H<sub>2</sub> → .....NH<sub>3</sub>

1.5 จากการทำกิจกรรมนักเรียนคิดว่า จะดึงอะตอมของไฮโดรเจนออก 1 อะตอม และต่ออะตอมของไนโตรเจนอีก 1 อะตอมลงไป โมเลกุลของ NH<sub>3</sub> ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

2.1 ให้นักเรียนนำแบบจำลองอะตอมของธาตุไฮโดรเจน และออกซิเจน มาต่อเป็นแบบจำลองของแก๊สออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน และน้ำ วาดแบบจำลองโมเลกุลได้เป็นดังนี้



2.2 ให้นักเรียนช่วยกันทำให้จำนวนอะตอมของธาตุในสารตั้งต้นเท่ากับจำนวนอะตอมของธาตุในสารผลิตภัณฑ์โดยมีกติกาว่าสารต้องอยู่ในสภาพที่เป็นโมเลกุล โดยสมการที่กำหนดให้ คือ



2.3 บันทึกผลการทำกิจกรรมโดยวาดรูปแบบจำลองโมเลกุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์



2.4. เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ .....O<sub>2</sub> + .....H<sub>2</sub> → .....H<sub>2</sub>O

2.5 จากการทำกิจกรรมนักเรียนคิดว่า นักเรียนจะต่ออะตอมของออกซิเจนอีก 1 อะตอมลงไป โมเลกุลของ H<sub>2</sub>O ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

3. การทำให้จำนวนอะตอมของธาตุในสารตั้งต้นเท่ากับจำนวนอะตอมของธาตุในสารผลิตภัณฑ์ เรียกว่า การดุลสมการ ซึ่งจากกิจกรรม สรุปได้ว่า การดุลสมการ ทำได้โดย เติมตัวเลขที่เหมาะสมหน้า..... โดยไม่ให้แทรกหรือห้อยตัวเลขที่อะตอมของธาตุโดยเด็ดขาด

### ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

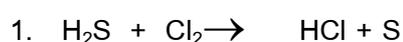
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่อง สมการและการดุลสมการเคมี

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 5.2 เรื่องการดุลสมการเคมี

คำชี้แจง ให้นักเรียนดุลสมการข้างล่างให้สมบูรณ์



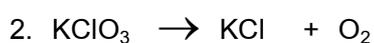
ทางซ้ายมีธาตุอย่างละกี่อะตอม : ทางขวามีธาตุอย่างละกี่อะตอม

H = ..... H = .....

S = ..... S = .....

Cl = ..... Cl = .....

สมการที่ดุลแล้วคือ.....



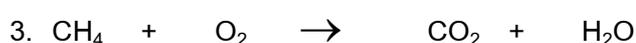
ทางซ้ายมีธาตุอย่างละกี่อะตอม : ทางขวามีธาตุอย่างละกี่อะตอม

K = ..... K = .....

Cl = ..... Cl = .....

O = ..... O = .....

สมการที่ดุลแล้วคือ.....



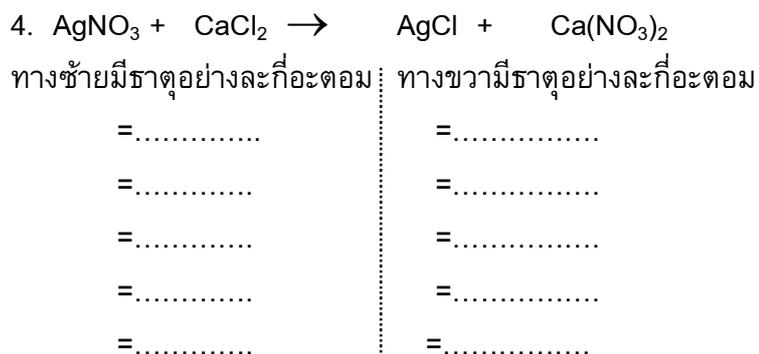
ทางซ้ายมีธาตุอย่างละกี่อะตอม : ทางขวามีธาตุอย่างละกี่อะตอม

= ..... = .....

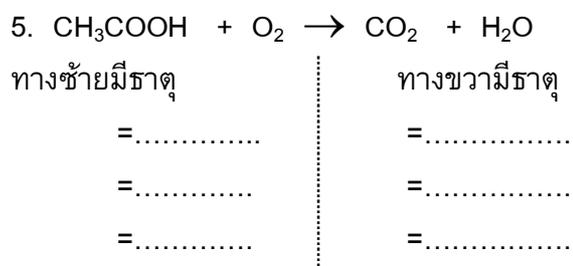
= ..... = .....

= ..... = .....

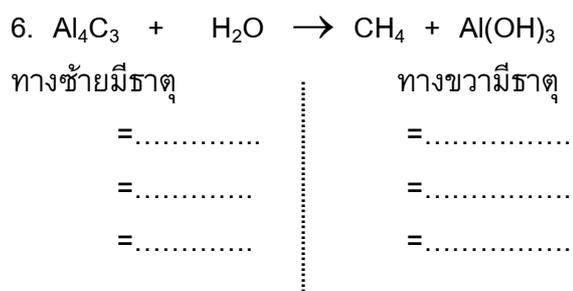
สมการที่ดุลแล้วคือ.....



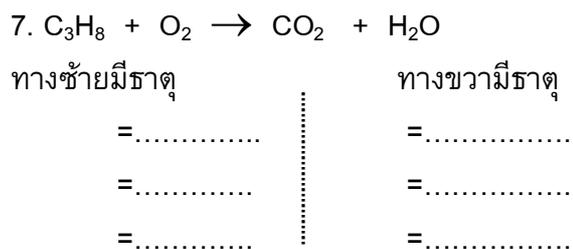
สมการที่ดุลแล้วคือ.....



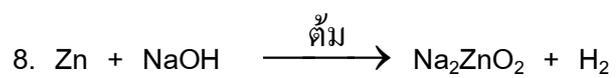
สมการที่ดุลแล้วคือ.....



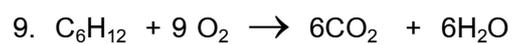
สมการที่ดุลแล้วคือ.....



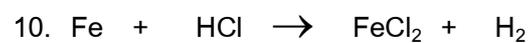
สมการที่ดุลแล้วคือ.....



สมการที่ดุลแล้วคือ.....



สมการที่ดุลแล้วคือ.....



สมการที่ดุลแล้วคือ.....

%%%%%%%%%

### ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

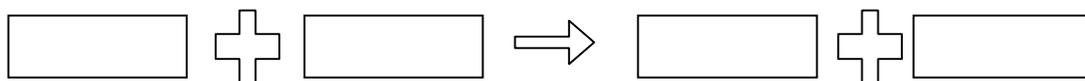
เรื่อง สมการและการดุล

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

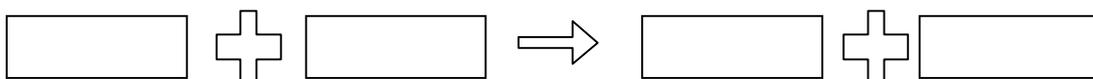
#### ใบงานที่ 5.3 เรื่องการเขียนและดุลสมการเคมี

คำชี้แจง จงเขียนสมการต่อไปนี้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

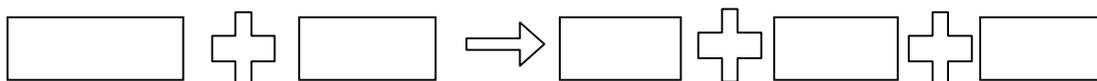
1. น้ำตาลกลูโคส ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้ผลผลิตคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



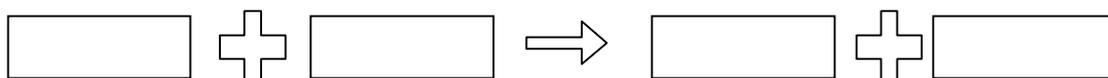
2. น้ำตาลกลูโคส ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลฟรักโทสโคสได้ผลผลิตคือน้ำตาลซูโครสและน้ำ



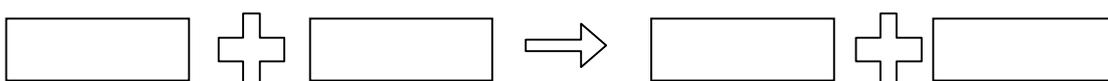
3. หินปูนทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกน้ำตาฟรักโทสโคสได้ผลผลิตคือแคลเซียมคลอไรด์ น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกได้ผลผลิตคือโซเดียมคลอไรด์และน้ำ



5. แคลคาร์ไบด์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ผลผลิตคือก๊าซอะเซทีนและน้ำ



%%%%%%%%%

### แผนการจัดการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น

รายวิชา ว30222 เคมี 2 เวลา 3 ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์ แผนที่ 6 เรื่องความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี

**มาตรฐาน ว 3.2** เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดการละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์

#### ผลการเรียนรู้

(11) คำนวณหาจำนวนโมล มวลของสาร ปริมาตรของแก๊สที่ STP หรือจำนวนอนุภาคของสารจากสมการเคมีได้

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ของสารในสมการเคมีได้
2. คำนวณเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ของสารในสมการเคมีได้
3. นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
4. นักเรียนมีความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

**สาระการเรียนรู้** (รายละเอียดในใบความรู้ เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี)

สมการเคมี นอกจากจะแสดงให้เห็นทราบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว สมการเคมีที่ดุลแล้วยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ของสารในปฏิกิริยาเคมีด้วย ดังนี้

	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$	$\longrightarrow$	$\text{CaCO}_3(\text{s})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
จำนวนโมล	1		1		1		1
จำนวนโมเลกุล	$6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$
มวล (g)	44		74		100		18
ปริมาตร ( $\text{dm}^3$ )	22.4		-		-		-

## กระบวนการจัดการเรียนรู้

### 1. ขั้นเตรียมการ (Preparation)

- 1.1 ครูเตรียมใบความรู้ที่ 6.1 เรื่องสมการเคมี
- 1.2 ครูเตรียมใบงานการทดลอง เรื่องปฏิกิริยาระหว่างเลด (II) ไนเตรตกับโพแทสเซียมไอโอไดด์
- 1.3 ครูเตรียมแบบบันทึกประจำวันสำหรับนักเรียน
- 1.4 ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 5 คน
- 1.5 ครูเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี
- 1.6 ครูเตรียมแบบฟอร์มตัวอย่างหนังสือพิมพ์
- 1.7 ครูเตรียมแบบประเมินชิ้นงานประเภทหนังสือพิมพ์

### 2. ขั้นการกล่าวนำสั้น ๆ (Briefing)

- 2.1 ครูนำอภิปรายในประเด็น”ปริมาณสารในสมการเคมีมีปริมาณใดบ้าง ศึกษาจากอะไร”
- 2.2 ครูชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรม
- 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบงานเรื่องปฏิกิริยาระหว่างเลด (II) ไนเตรตกับโพแทสเซียมไอโอไดด์ ต่อจากนั้นวางแผนการทำงาน

### 3. ขั้นการปฏิบัติ (Action)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างเลด (II) ไนเตรตกับโพแทสเซียมไอโอไดด์ บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง  
ครูสังเกตการทำงานของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

#### 3.2 ครูนำอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้

- จากกราฟ จะหาปริมาณของสารละลาย KI ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  จำนวน  $2 \text{ cm}^3$
- หลอดไตที่ KI และ  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ทำปฏิกิริยาพอดีกัน ทราบได้อย่างไร และปริมาณที่สารทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกันเท่ากับปริมาณที่หาได้จากกราฟหรือไม่ เพราะเหตุใด
- สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

#### 3.4 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการสืบค้นและทดลองสมการเคมี

### 4. ขั้นการสรุป (Debriefing)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมอภิปรายในประเด็น “สมการเคมีที่ดุลแล้ว ทำให้ทราบปริมาณใดของสารบ้าง”

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันเสนอวิธีการคำนวณหาวิธีการคำนวณปริมาณในสมการเคมี โดยเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องโมล

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามใบงานที่ 6.2 นักเรียนคนใดที่ทำได้ให้อธิบายเพื่อนที่ทำได้ไม่เข้าใจ ครูสังเกตการทำกิจกรรม

4.4 ครูเฉลยใบงานที่ 6.2

4.5 ครูให้นักเรียนเขียนบันทึกประจำวันส่งครู

## 5. ขั้นตอนกิจกรรมหลังการปฏิบัติ (Follow-Up)

5.1 ครูมอบหมายให้นักเรียน แต่ละกลุ่มจัดทำหนังสือพิมพ์กลุ่มละ 1 ฉบับขนาดครึ่งหนึ่งของกระดาษร้อยปอนด์ โดยกำหนดประเด็นในเรื่อง “ ความสัมพันธ์ของปริมาณสารในสมการเคมี “ นำมาติดที่บอร์ดหน้าห้องเรียนในสัปดาห์หน้า

### การวัดผลและประเมินผล

#### 1.1 ผู้วัดผล

- นักเรียน
- ครู

#### 1.2 สิ่งที่ต้องการวัดผล

- การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ความรู้ความเข้าใจ
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### 1.3 วิธีวัดผล

- สังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ตรวจใบงานที่ 6.1 และ 6.2
- ตรวจใบงาน เรื่องความสัมพันธ์ของสารในปฏิกิริยาเคมี
- ชิ้นงานหนังสือพิมพ์
- สังเกตความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

#### 1.4 เครื่องมือวัด

- แบบประเมินการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม
- ใบงาน 6.1
- ใบงาน 6.2
- แบบประเมินชิ้นงานหนังสือพิมพ์
- แบบประเมินความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียน

### 1.5 เกณฑ์การประเมินผล

- มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนสม่ำเสมอ
- ทำใบงานถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
- ชิ้นงานอยู่ในระดับดีเป็นต้นไป
- ความความรับผิดชอบและกระตือรือร้นในการเรียนในระดับบ่อยครั้ง

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เครื่องฉายทึบแสง
2. ใบงานที่ 6.1 และ 6.2
3. ใบความรู้ที่ 6.1

## ใบความรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

### ใบความรู้ที่ 6.1 เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

สมการเคมีที่ดุลแล้วจะทำให้ทราบความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณระหว่างสารต่าง ๆ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันทั้งในแง่ของโมล มวล ปริมาตรของก๊าซ และจำนวนอนุภาค ทำให้ทราบว่าสารตั้งต้นเท่าใดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันและมีสารผลิตภัณฑ์เท่าใดที่เกิดจากปฏิกิริยา โดยอาศัยความสัมพันธ์จากโมล มวล ปริมาตรของก๊าซ และจำนวนอนุภาค สามารถที่จะคำนวณปริมาณของสารตัวหนึ่งจากตัวอื่น ๆ ในสมการที่ทราบปริมาณแล้ว

ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CaCO}_3$  กับ  $\text{HCl}$  ดังนี้

	$\text{CaCO}_3$ (s)	+	$2\text{HCl}$ (aq)	$\rightarrow$	$\text{CaCl}_2$ (aq)	+	$\text{H}_2\text{O}$ (l)	+	$\text{CO}_2$ (g)
จำนวนโมล	1		2		1		1		1
มวล (g)	(40+12+3x16)		2(1+35.5)		(40+(2x35.5))		(1x2 + 16)		(12+2x16)
โมเลกุล	$6.02 \times 10^{23}$		$2 \times 6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$		$6.02 \times 10^{23}$
ปริมาตร(ที่ STP)	-		-		-		-		$22.4 \text{ dm}^3$

จะเห็นว่าถ้าเริ่มต้นจากโมล จะสามารถเปลี่ยนเป็นมวล โมเลกุล หรือปริมาตรได้ โดยทั่ว ๆ ไปการคำนวณจากสมการ โจทย์อาจจะกำหนดให้เพียง 1 สมการ กำหนดปริมาณของสารให้ 1 ชนิดหรือหลายๆ ชนิดก็ได้ หรืออาจจะกำหนดให้มากกว่า 1 สมการ ซึ่งการคำนวณแต่ละแบบจะแตกต่างกัน ในที่นี้จะแสดงให้เห็นทุก ๆ แบบ

**ก. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ 1 สมการ** โดยทั่ว ๆ ไปมีหลักการดังนี้

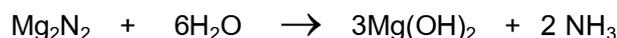
1. เขียนสมการให้ถูกต้อง (ทำสมการให้ดุล)
2. พิจารณาเฉพาะสารที่โจทย์ถามและที่กำหนดให้
3. นำจำนวนโมล ของสารที่โจทย์ถาม และที่กำหนดให้ (จากสมการที่ดุล) มาเทียบอัตราส่วนกัน เมื่อแทนค่าโมลตามความเหมาะสม จะคำนวณสิ่งที่ต้องการได้
4. ในกรณีที่ต้องการเทียบบัญญัติไตรยางค์ ก็พิจารณาเฉพาะตัวที่โจทย์ถามและที่กำหนดให้ เช่นเดียวกัน โดยเริ่มต้นพิจารณาเทียบจำนวนโมล แล้วเปลี่ยนไปเป็นสิ่งที่ต้องการพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

**ตัวอย่างที่ 11** เมื่อนำแมกนีเซียมไนไตรด์ 10.0 กรัม ทำปฏิกิริยากับน้ำจำนวนมากเกินพอ

ก. จงคำนวณปริมาตรของก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นที่ STP

**วิธีทำ** ขั้นแรกเขียนสมการให้ถูกต้องก่อน

แมกนีเซียมไนไตรด์คือ  $\text{Mg}_2\text{N}_2$  มีมวลโมเลกุล 100

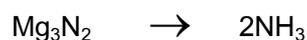


ก. หาปริมาตรของ  $\text{NH}_3$

ในที่นี้จะแสดงให้เห็นทั้งวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์และวิธีเทียบอัตราส่วนของโมล จะเห็นได้ว่าตัวที่โจทย์กำหนดให้คือ  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  10.0 กรัม ตัวที่โจทย์ถามคือ  $\text{NH}_3$  กี่  $\text{dm}^3$  ที่ STP

โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์

พิจารณาเฉพาะ  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  และ  $\text{NH}_3$  จากสมการที่ดุลแล้ว



1 โมล                      2 โมล

หรือ      100 กรัม      ได้       $2 \times 22.4 \text{ dm}^3$

เพราะฉะนั้น 10.0 กรัม      ได้       $2 \times 22.4 \times \frac{100}{100} = 4.48 \text{ dm}^3$

จะได้ก๊าซ  $\text{NH}_3$  4.48 ลิตรที่ STP

โดยการเทียบอัตราส่วนของโมล

$$\frac{\text{โมล } \text{NH}_3}{\text{โมล } \text{Mg}_3\text{N}_2} = \frac{1}{2}$$

$$\text{โมล } \text{NH}_3 = 2 (\text{โมล } \text{Mg}_3\text{N}_2)$$

$$\frac{V}{22.4} = 2\left(\frac{w}{M}\right)$$

สำหรับ  $\text{NH}_3$  ;  $V = ?$

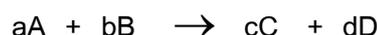
สำหรับ  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  ;  $w = 10.0$  กรัม ,  $M = 100$

$$\therefore \frac{V}{22.4} = 2\left(\frac{100}{100}\right)$$

$$V = 4.48 \text{ dm}^3$$

จะได้ก๊าซแอมโมเนีย = 4.48  $\text{dm}^3$  ที่ STP

สำหรับการคำนวณโดยการเทียบอัตราส่วนโมล อาจจะพิจารณาจากสมการต่างๆ ไปได้ดังนี้



เมื่อกำหนดปริมาณของสารตัวหนึ่งให้ จะสามารถคำนวณปริมาณของสารตัวอื่นๆ ได้โดยการเทียบอัตราส่วนโมล เช่น

$$\frac{\text{โมล A}}{\text{โมล B}} = \frac{a}{b} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\text{โมล A}}{\text{โมล C}} = \frac{a}{c}$$

$$\frac{\text{โมล B}}{\text{โมล C}} = \frac{b}{c} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\text{โมล A}}{\text{โมล D}} = \frac{a}{d}$$

เมื่อต้องการแทนค่าโมล ให้พิจารณาตามความเหมาะสมว่าจะแทนค่าในเทอมของมวล (w) โมล (n), ปริมาตร (V) , หรือจำนวนอนุภาค (N) แล้วแต่โจทย์ต้องการ โดยเลือกใช้สูตร ดังนี้

$$n = \frac{V}{22.4} = \frac{w}{M} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$

### ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

กลุ่มที่ .....ชั้น.....

สมาชิกกลุ่ม 1..... 2.....  
3..... 4.....  
5..... 6.....

คำชี้แจง ให้แต่ละกลุ่มทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายการทดลอง และอภิปราย สรุปผลการทดลอง

#### การทดลอง เรื่องปฏิกิริยาเลด (II) ไนเตรตกับโพแทสเซียมไอโอไดด์

##### จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเลด (II) ไนเตรตกับโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ทำปฏิกิริยากันพอดีได้
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่เกิดจากปฏิกิริยากับปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์
3. หาอัตราส่วนโดยโมลของโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเลด (II) ไนเตรตเพื่อนำมาเขียนสมการได้

##### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	จำนวน / 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	12 หลอด
2. ที่ตั้งหลอดทดลอง	1 อัน
3. หลอดหยด	2 อัน
4. กระบอกตวงขนาด 10 cm <sup>3</sup>	2 ใบ
5. บีกเกอร์ขนาด 50 cm <sup>3</sup>	2 ใบ
6. ไม้บรรทัด	1 อัน
7. กระดาษกราฟ	1 แผ่น
สารเคมี	
1. สารละลายเลด (II) ไนเตรต 0.5 mol/dm <sup>3</sup>	15 cm <sup>3</sup>
2. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 mol/dm <sup>3</sup>	15 cm <sup>3</sup>

### วิธีการทดลอง

1. ใส่สารละลายเลด (II) ไนเตรต  $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$   $0.5 \text{ mol/dm}^3$  ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก 6 หลอดๆ ละ  $2 \text{ cm}^3$
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)  $1 \text{ mol/dm}^3$  ลงในสารละลาย  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  หลอดที่หนึ่ง  $0.5 \text{ cm}^3$  แล้วเพิ่มปริมาตรอีกหลอดละ  $0.5 \text{ cm}^3$  ไปเรื่อยๆ จนครบทั้ง 6 หลอด เขย่าและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง
3. วัดความสูงของตะกอนในแต่ละหลอด บันทึกผล
4. ใช้หลอดหยดดูดสารละลายใสส่วนที่อยู่เหนือตะกอนของหลอดที่ 1 ในข้อ 2 ใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็กอีก 2 หลอดๆ ละ 3 หยด และทำเช่นนี้กับหลอดต่อไปจนครบทั้ง 6 หลอด ซึ่งจะได้สารละลาย 2 ชุดที่เหมือนกัน
5. หยดสารละลาย KI ลงในสารละลายชุดที่ 1 และหยดสารละลาย ลงในสารละลายชุดที่ 2 ในข้อ 4 หลอดละ 3 หยด จนครบทั้ง 6 หลอด เขย่าและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง บันทึกผล

### ผลการทดลอง ตารางแสดงปริมาณความสูงของตะกอน

สารเคมีที่ใช้	หลอดทดลองที่						
	1	2	3	4	5	6	7
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.1 M	2	2	2	2	2	2	2
KI 0.2 M	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
$\text{H}_2\text{O}$	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0
ความสูงตะกอน	0.3	0.6	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2

### ให้นักเรียนวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากข้อมูลการทดลองวัดความสูงของตะกอนหลอดทดลองใดที่มีตะกอนสูงสุด

.....

2. จากกราฟจุดตัดของกราฟเส้นตรง 2 เส้นตรงกับหลอดทดลองใด

.....

3. นักเรียนมีวิธีการทดสอบสารละลาย  $Pb(NO_3)_2$  และ  $KI$  เหลือเหนือตะกอนหลอดต่าง ๆ ได้อย่างไร

.....  
 ทดสอบ  $Pb(NO_3)_2$  ที่เหลือโดย.....ทดสอบ  $KI$  ที่เหลือโดย.....

4. ผลการทดสอบสารละลายในหลอดหลุมพลาสติกแปลความหมายได้ผลอย่างไร

.....  
 5. สารตั้งต้นในหลอดทดลองใดทำปฏิกิริยากันพอดี และมีอัตราส่วนโดยปริมาตร ( $cm^3$ ) เป็นเท่าใด.....

6. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณโมลของสารตั้งต้นในหลอดที่ทำปฏิกิริยากันพอดี และทำให้เป็นอัตราส่วนจำนวนเต็มอย่างต่ำ

.....  
 .....  
 .....  
 .....

7. ให้นักเรียนแสดงตัวเลขจำนวนเต็มของจำนวนโมลอย่างต่ำลงในสมการ ต่อไปนี้



**สรุปผลการทดลอง**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

### ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชา ว30222 เคมี 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

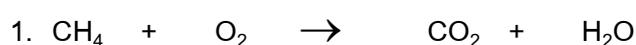
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปริมาณสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

#### ใบงานที่ 6.2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

คำชี้แจง จากสมการที่กำหนดให้แต่ละข้อ ให้นักเรียนดุลสมการและเติมตัวเลขที่เหมาะสม สอดคล้องกับสมการลงในช่องว่าง



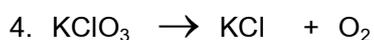
สมการที่ดุลแล้วคือ.....				
	สารตั้งต้น		ผลิตภัณฑ์	
	....CH <sub>4</sub> (g)	....O <sub>2</sub> (g)	....CO <sub>2</sub> (g)	....H <sub>2</sub> O(g)
จำนวนโมลของสาร				
มวลของสาร (กรัม)				
จำนวนโมเลกุลของสาร				
ปริมาตรของแก๊ส				



สมการที่ดุลแล้วคือ.....				
	สารตั้งต้น		ผลิตภัณฑ์	
จำนวนโมลของสาร				
มวลของสาร (กรัม)				
จำนวนโมเลกุลของสาร				
ปริมาตรของแก๊ส				



สมการที่ดุลแล้วคือ.....				
	สารตั้งต้น		ผลิตภัณฑ์	
จำนวนโมลของสาร				
มวลของสาร (กรัม)				
จำนวนโมเลกุลของสาร				
ปริมาตรของแก๊ส				



สมการที่ดุลแล้วคือ.....				
	สารตั้งต้น		ผลิตภัณฑ์	
จำนวนโมลของสาร				
มวลของสาร (กรัม)				
จำนวนโมเลกุลของสาร				
ปริมาตรของแก๊ส				

5. ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ )

ก. จงคำนวณว่าถ้าใช้  $\text{CH}_4$  จำนวน 2 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{O}_2$  ต้องใช้  $\text{O}_2$  กี่กรัม

ข. จงคำนวณว่าถ้าใช้  $\text{O}_2$  จำนวน 1.4 ลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{CH}_4$  จะเกิด  $\text{CO}_2$  กี่กรัม

ค. จงคำนวณว่าถ้าใช้  $\text{O}_2$  จำนวน  $1.204 \times 10^{23}$  โมเลกุล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{CH}_4$  จะเกิดไอน้ำกี่กรัม

%%%%%%%%%

ตัวอย่างการเขียนหนังสือพิมพ์

## ชื่อหนังสือพิมพ์

พาดหัวข่าว

กรอปปี้ข้อความหัวข้อที่ 1

พาดหัวข่าว

กรอปปี้ข้อความหัวข้อที่ 2

พาดหัวข่าว

กรอปปี้ข้อความหัวข้อที่ 3

พาดหัวข่าว

กรอปปี้ข้อความ  
หัวข้อที่ 4

พาดหัวข่าว

กรอปปี้ข้อความ  
หัวข้อที่ 5

### เกณฑ์การให้คะแนนหนังสือพิมพ์

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดีมาก)	2 (ดี)	1 (ปรับปรุง)
พาดหัวข่าว	ทันสมัยเข้ากับเหตุการณ์ปัจจุบัน ใช้ภาษาที่ชวนให้ติดตาม เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ครอบคลุม	ไม่ทันสมัย แต่ใช้ภาษาที่ชวนให้ติดตาม และเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ครอบคลุม	ไม่ทันสมัย ใช้ภาษาที่ไม่ชวนให้ติดตาม แต่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ครอบคลุม
เนื้อหาในกรอบข้อความ	ครอบคลุม ครบถ้วน และถูกต้อง	ไม่ครอบคลุมครบถ้วน แต่ถูกต้อง	ไม่ครอบคลุมครบถ้วน แต่ไม่ถูกต้อง100%
องค์ประกอบโดยรวม	ตัวหนังสือสวยงาม ดึงดูดสายตา วางช่องไฟดี รูปประกอบเหมาะสม	ตัวหนังสือสวยงาม ดึงดูดสายตา วางช่องไฟดี แต่รูปประกอบไม่เหมาะสม	ตัวหนังสือไม่สวยงาม แต่ไม่ดึงดูดสายตา วางช่องไฟดี แต่รูปประกอบไม่เหมาะสม

### เกณฑ์ตัดสินระดับคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ
8-9	ดีมาก
5-7	ดี
3-4	ปรับปรุง