

# บทที่ 4 โมลและสูตรเคมี

ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

- เนื่องจากแก๊สมีมวลน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตร ปริมาณสารในสถานะแก๊สส่วนใหญ่จึงนิยมบอกเป็นปริมาตร พร้อมระบุอุณหภูมิและความดัน เพราะปริมาตรของแก๊สเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ และความดัน
- นักวิทยาศาสตร์กำหนดให้อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ เป็นอุณหภูมิและความดันที่ภาวะมาตรฐานของแก๊ส (standard temperature and pressure เรียกว่า STP)
- จากการทดลองหามวลของแก๊สบางชนิด ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรหรือ 1 ลิตร ที่ STP ได้ข้อมูลดังตาราง

## มวลของแก๊สบางชนิดปริมาตร 1 ลิตร ที่ STP

แก๊ส	มวลต่อโมล (g/mol)	มวลของแก๊ส 1 L (g)
ฮีเลียม (He)	4.00	0.179
มีเทน (CH <sub>4</sub> )	16.05	0.716
ไอน้ำ (H <sub>2</sub> O)	18.02	0.804
นีออน (Ne)	20.18	0.900
ไนโตรเจน (N <sub>2</sub> )	28.02	1.251
ออกซิเจน (O <sub>2</sub> )	32.00	1.430

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

จากข้อมูลในตาราง แก๊สฮีเลียมปริมาตร 1 ลิตร ที่ STP มีมวล 0.179 กรัม ซึ่งเขียนในรูปแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้เป็น

$$\frac{1 \text{ L He}}{0.179 \text{ g He}}$$

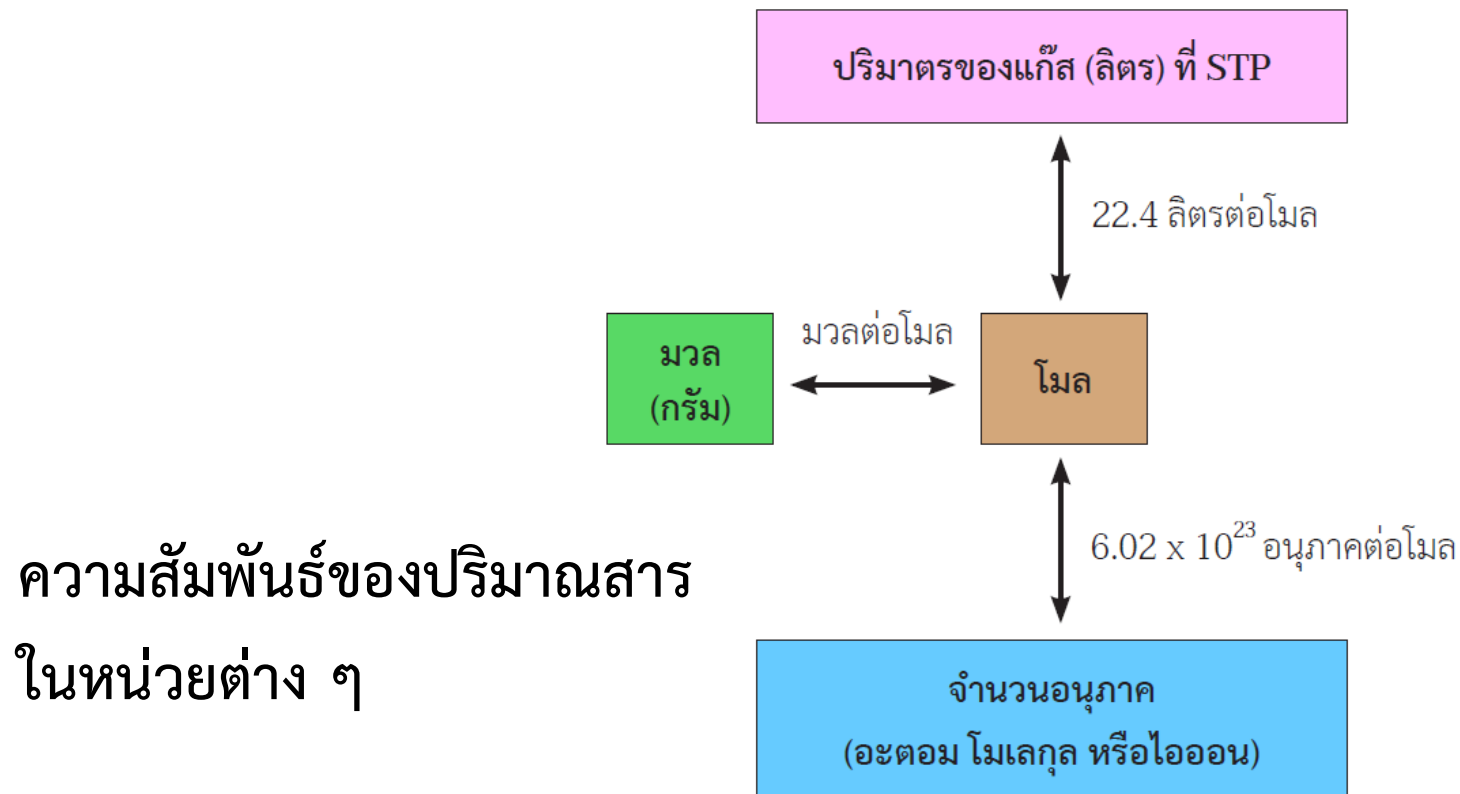
ดังนั้นแก๊สฮีเลียม 1 โมล ซึ่งมีมวล 4.00 กรัม จะมีปริมาตรที่ STP เป็นดังนี้

$$\text{ปริมาตรของ He 1 mol ที่ STP} = 4.00 \text{ g He} \times \frac{1 \text{ L He}}{0.179 \text{ g He}} = 22.4 \text{ L He}$$

การคำนวณปริมาตรต่อโมลของแก๊สอื่น ๆ ที่ STP ในตาราง ก็พบว่าได้ปริมาตรใกล้เคียงกับ 22.4 ลิตร จึงสรุปได้ว่า แก๊สใด ๆ ที่ STP มีปริมาตรต่อโมลเท่ากับ 22.4 ลิตรต่อโมล

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าสาร 1 โมล มี  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค ซึ่งมีมวลเป็นกรัม เท่ากับมวลต่อโมลของสารนั้น และถ้าเป็นแก๊สจะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร ที่ STP ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของสารที่ STP แสดงดังรูป



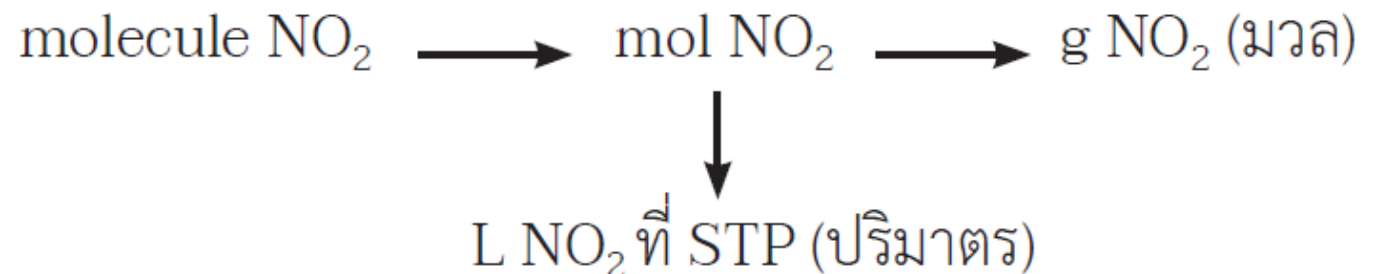
## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

### ตัวอย่าง 6

แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) จำนวน  $1.51 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีมวลและปริมาตรที่ STP เท่าใด

แนวคิด

โจทย์กำหนดจำนวนโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ หามวลโดยเปลี่ยนจำนวนโมเลกุลเป็นโมล แล้วเปลี่ยนโมลให้เป็นมวล และหาปริมาตรโดยเปลี่ยนจำนวนโมเลกุลเป็นโมล แล้วเปลี่ยนโมลเป็นปริมาตร



## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

### วิธีทำ

การคำนวณมวลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

ขั้นที่ 1 เปลี่ยนจำนวนโมเลกุลเป็นจำนวนโมล

สาร 1 โมล มีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 1 โมล มีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล จึงเขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยที่จะนำไปใช้ในการคำนวณได้เป็น

$$\frac{1 \text{ mol NO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule NO}_2}$$

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

คำนวณจำนวนโมลของ  $\text{NO}_2$  ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จำนวนโมลของ } \text{NO}_2 &= 1.51 \times 10^{23} \text{ molecule } \text{NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{NO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule } \text{NO}_2} \\ &= 0.251 \text{ mol } \text{NO}_2\end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 เปลี่ยนโมลเป็นมวล

สาร 1 โมล มีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุล ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 1 โมล มีมวล 46.01 กรัม

จึงเขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยที่จะนำไปใช้ในการคำนวณได้เป็น

$$\frac{46.01 \text{ g } \text{NO}_2}{1 \text{ mol } \text{NO}_2}$$

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

คำนวณมวลของ  $\text{NO}_2$  ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{มวลของ } \text{NO}_2 &= 0.251 \text{ mol } \text{NO}_2 \times \frac{46.01 \text{ g } \text{NO}_2}{1 \text{ mol } \text{NO}_2} \\ &= 11.5 \text{ g } \text{NO}_2\end{aligned}$$

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์  $1.51 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีมวล 11.5 กรัม

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

การคำนวณอาจทำได้โดยนำขั้นที่ 1 และ 2 มารวมเป็นขั้นตอนเดียว ได้ดังนี้

มวลของ  $\text{NO}_2$

$$\begin{aligned} &= 1.51 \times 10^{23} \text{ molecule NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule NO}_2} \times \frac{46.01 \text{ g NO}_2}{1 \text{ mol NO}_2} \\ &= 11.5 \text{ g NO}_2 \end{aligned}$$

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์  $1.51 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีมวล 11.5 กรัม

## 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

การคำนวณปริมาตรของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ STP

เนื่องจากทราบโมลของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์แล้ว จึงเปลี่ยนโมลให้เป็นปริมาตรที่ STP โดยใช้ความสัมพันธ์คือแก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP

จึงเขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยที่จะนำไปใช้ในการคำนวณได้เป็น  $\frac{22.4 \text{ L NO}_2}{1 \text{ mol NO}_2}$

คำนวณปริมาตรของ NO<sub>2</sub> ที่ STP ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของ NO}_2 \text{ ที่ STP} &= 0.251 \cancel{\text{ mol NO}_2} \times \frac{22.4 \text{ L NO}_2}{1 \cancel{\text{ mol NO}_2}} \\ &= 5.62 \text{ L NO}_2 \end{aligned}$$

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์  $1.51 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีปริมาตร 5.62 ลิตรที่ STP

## การคำนวณปริมาตรของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ STP

การคำนวณโดยรวมเป็นขั้นตอนเดียวเหมือนกับการคำนวณมวลได้ดังนี้ ปริมาตรของ  $\text{NO}_2$  ที่ STP

ปริมาตรของ  $\text{NO}_2$  ที่ STP

$$= 1.51 \times 10^{23} \text{ molecule NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecule NO}_2} \times \frac{22.4 \text{ L NO}_2}{1 \text{ mol NO}_2}$$

$$= 5.62 \text{ L NO}_2$$

ดังนั้น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์  $1.51 \times 10^{23}$  โมเลกุล มีปริมาตร 5.62 ลิตร ที่ STP

# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

จุดประสงค์ของกิจกรรม

คำนวณปริมาณสารจากความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น และปริมาตรของแก๊สที่ STP

# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

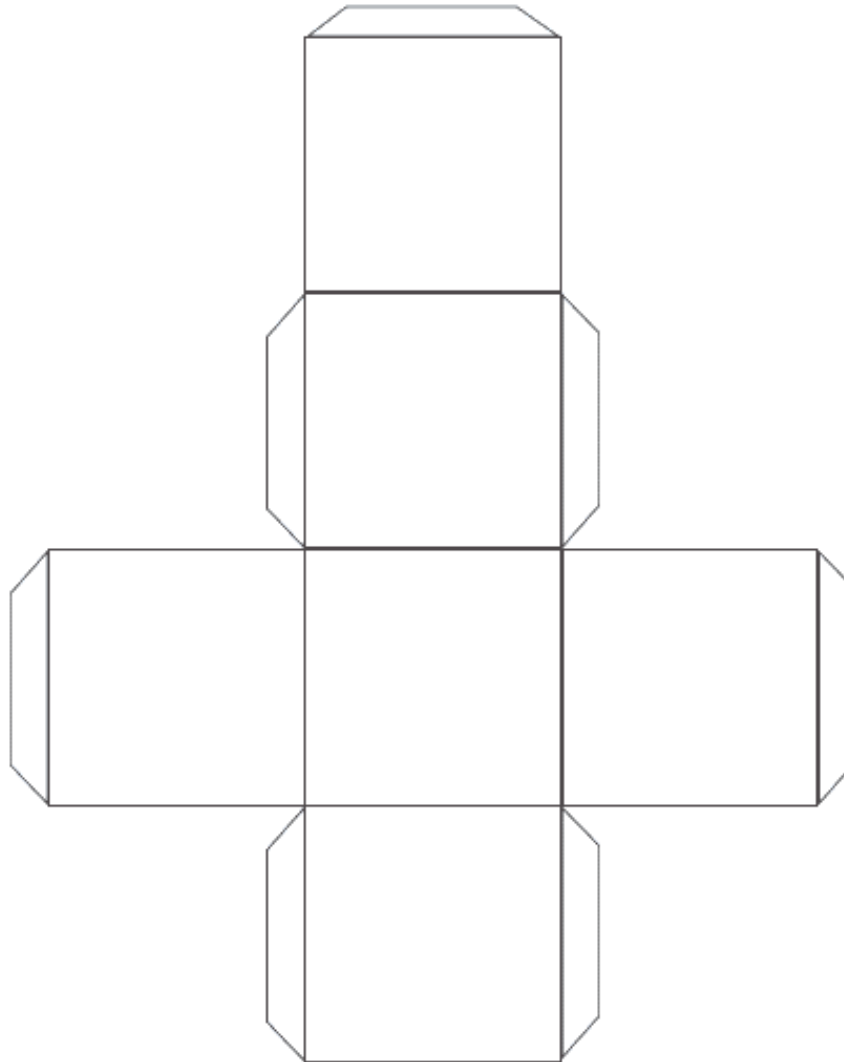
วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. กระดาษแข็ง
2. ปากกาเมจิก
3. กรรไกร
4. กาว

# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

## วิธีทำกิจกรรม

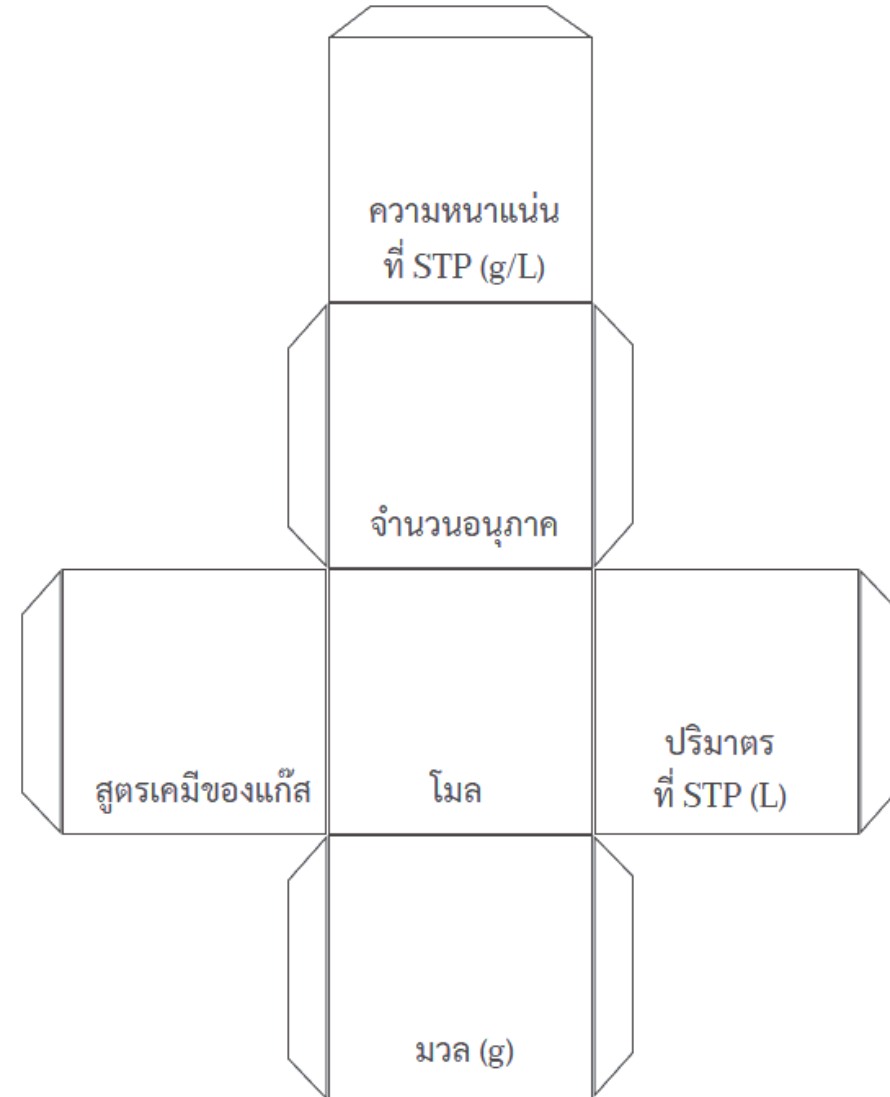
1. ทาบแบบลูกบาศก์ลงบนกระดาษแข็ง  
แล้วตัดกระดาษแข็งตามแบบ



# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

## วิธีทำกิจกรรม

- เขียนข้อความของปริมาณสาร  
ในแต่ละหน้าของลูกบาศก์ดังนี้



# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

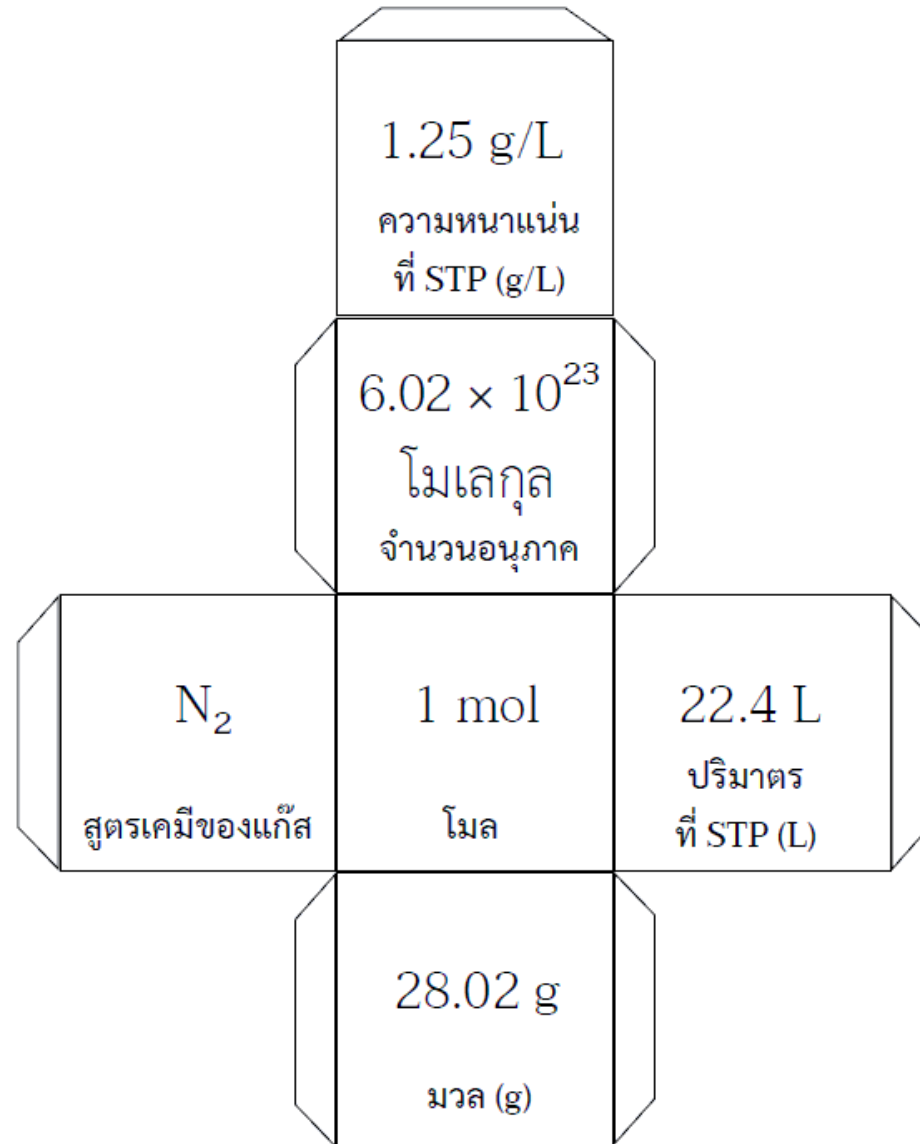
## วิธีทำกิจกรรม

3. ระบุสูตรเคมีของแก๊ส กำหนดจำนวนโมล แล้วใส่จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรที่ STP ที่ได้จากการคำนวณ โดยเว้นการเติมข้อมูลความหนาแน่นที่ STP (ทั้งนี้อาจเว้นข้อมูลจำนวนอนุภาค มวล หรือปริมาตรที่ STP เพิ่มเติมได้)
4. แลกลูกบาศก์กับเพื่อน เพื่อเติมข้อมูลความหนาแน่นที่ STP (ทั้งนี้อาจให้เติมข้อมูลจำนวนอนุภาค มวล หรือปริมาตรที่ STP ที่เว้นไว้ก็ได้) จากนั้นเฉลยคำตอบร่วมกัน

# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

## ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างการคำนวณความสัมพันธ์  
ของแก๊สไนโตรเจน จำนวน 1 โมล



# กิจกรรม 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค ความหนาแน่น

## อภิปรายผลการทำกิจกรรม

เมื่อทราบสูตรเคมีและจำนวนโมลของแก๊สจะสามารถคำนวณมวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรที่ STP ได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ สาร 1 โมล มี  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค ซึ่งมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลต่อโมลของสารนั้น และถ้าสารเป็นแก๊สจะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร ที่ STP นอกจากนี้เมื่อทราบมวลและปริมาตรจะสามารถคำนวณความหนาแน่นของแก๊ส ที่ STP ได้

## แบบฝึกหัด 4.4

1. เปรียบเทียบจำนวนโมลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และแก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) ที่มีปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร ที่ STP
2. คำนวณมวล โมล จำนวนอนุภาค และปริมาตรที่ STP ของสารต่อไปนี้

แก๊ส	มวล (g)	โมล (mol)	จำนวนอนุภาค (โมเลกุลหรืออะตอม)	ปริมาตรที่ STP (L)
โอโซน ( $\text{O}_3$ )	2.40			
คลอรีน ( $\text{Cl}_2$ )	2.40			
มีเทน ( $\text{CH}_4$ )				1.12
อาร์กอน (Ar)			$3.01 \times 10^{22}$	

## แบบฝึกหัด 4.4

3. แก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) 48.0 กรัม มีความหนาแน่นเท่าใดที่ STP
4. ความหนาแน่นที่ STP ของแก๊สฮีเลียม (He) มากกว่าหรือน้อยกว่าอากาศ เพราะเหตุใด
5. คำนวณมวลโมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งมีความหนาแน่นที่ STP เป็น 1.79 กรัมต่อลิตร
6. คำนวณมวลโมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งมีมวล 0.74 กรัม และมีปริมาตร 340.0 มิลลิลิตร ที่ STP

## แบบฝึกหัด 4.4

1. เปรียบเทียบจำนวนโมลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และแก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) ที่มีปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร ที่ STP

แก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP ดังนั้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งมีปริมาตรเท่ากันที่ STP จึงมีจำนวนโมลเท่ากัน

## แบบฝึกหัด 4.4

2. คำนวณมวล โมล จำนวนอนุภาค และปริมาตรที่ STP ของสารต่อไปนี้

แก๊ส	มวล (g)	โมล (mol)	จำนวนอนุภาค (โมเลกุลหรืออะตอม)	ปริมาตรที่ STP (L)
โอโซน ( $O_3$ )	2.40	0.0500	$3.01 \times 10^{22}$	1.12
คลอรีน ( $Cl_2$ )	2.40	0.0339	$2.04 \times 10^{22}$	0.758
มีเทน ( $CH_4$ )	0.802	0.0500	$3.01 \times 10^{22}$	1.12
อาร์กอน (Ar)	0.200	0.0500	$3.01 \times 10^{22}$	1.12

## แบบฝึกหัด 4.4

3. แก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) 48.0 กรัม มีความหนาแน่นเท่าใดที่ STP

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของ } O_2 \text{ ที่ STP} &= 48.0 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32.00 \text{ g } O_2} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol } O_2} \\ &= 33.6 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของ } O_2 \text{ ที่ STP} &= \frac{48.0 \text{ g}}{33.6 \text{ L}} \\ &= 1.43 \text{ g/L} \end{aligned}$$

ดังนั้น แก๊สออกซิเจนมีความหนาแน่น 1.43 กรัมต่อลิตร ที่ STP

## แบบฝึกหัด 4.4

4. ความหนาแน่นที่ STP ของแก๊สฮีเลียม (He) มากกว่าหรือน้อยกว่าอากาศ เพราะเหตุใด

อากาศมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สฮีเลียม เนื่องจากอากาศมีแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งแก๊สทั้งสองมีมวลโมเลกุลมากกว่าแก๊สฮีเลียม

5. คำนวณมวลโมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งมีความหนาแน่นที่ STP เป็น 1.79 กรัมต่อลิตร

มวลโมเลกุลมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับมวลต่อโมล และแก๊ส 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร จึงหามวลของแก๊สปริมาตร 22.4 ลิตร ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (g/L)} = \frac{\text{มวล (g)}}{\text{ปริมาตร (L)}}$$

$$\text{มวล (g)} = \text{ความหนาแน่น (g/L)} \times \text{ปริมาตร (L)}$$

## แบบฝึกหัด 4.4

$$\begin{aligned}\text{มวล (g)} &= \frac{7.19 \text{ g}}{1 \cancel{\text{L}}} \times 22.4 \cancel{\text{L}} \\ &= 40.1 \text{ g}\end{aligned}$$

มวลที่คำนวณได้คือมวลของแก๊ส 1 โมล

ดังนั้น แก๊สนี้มีมวลต่อโมลเท่ากับ 40.1 กรัมต่อโมล จึงมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 40.1

## แบบฝึกหัด 4.4

6. คำนวณมวลโมเลกุลของแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งมีมวล 0.74 กรัม และมีปริมาตร 340.0 มิลลิลิตร ที่ STP

ที่ STP หามวลของแก๊สปริมาตร 22.4 L ที่ STP ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{มวลต่อโมล} &= \frac{0.74 \text{ g}}{340 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} \\ &= 49 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

แก๊สชนิดนี้มีมวลต่อโมลเท่ากับ 49 กรัมต่อโมล

ดังนั้นจึงมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 49