

## 4.3 โมล

### 4.3.1 จำนวนอนุภาคต่อโมลของสาร

อะตอมมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ ดังนั้นวิธีการนับจำนวนอะตอมทำได้ โดยนำมวลสารนั้นมา 1 อะตอม แล้วเทียบกับมวลอะตอมของสารนั้น เช่น

1 atom  $^{12}\text{C}$  1 มีมวล  $12 \times 1.66 \times 10^{-24}$  g ถ้านำคาร์บอนมา 12 g จะมีจำนวนอะตอมเท่าใด

วิธีทำ เราทราบแล้วว่า 1 atom  $^{12}\text{C}$  มีมวล  $12.00 \times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม ดังนั้นเราจึงสามารถคำนวณหาจำนวนอะตอมของ  $^{12}\text{C}$  ที่มีมวล 12 กรัมได้ โดยสมมติให้คาร์บอน 12 กรัมมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ a อะตอม เมื่อเขียนในรูปอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนแรกจะเป็นดังนี้

$$\frac{1 \text{ atom } ^{12}\text{C}}{12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gC}} = \frac{a \text{ atom } ^{12}\text{C}}{12 \text{ gC}}$$

$$a \text{ atom } ^{12}\text{C} = 12 \text{ gC} \left( \frac{1 \text{ atom } ^{12}\text{C}}{12 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gC}} \right)$$

$$= 6.024096 \times 10^{23} \text{ อะตอม}$$

1 atom  $^{16}\text{O}$  มีมวล  $16.00 \times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม ถ้านำออกซิเจนมา 16 กรัม จะมีจำนวนอะตอมเท่าใด

วิธีทำ เราทราบแล้วว่า 1 atom  $^{16}\text{O}$  มีมวล  $16.00 \times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม ดังนั้นเราจึงสามารถคำนวณหาจำนวนอะตอมของ  $^{16}\text{O}$  ที่มีมวล 16 กรัมได้ โดยสมมติให้ออกซิเจน 16 กรัมมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ a อะตอม เมื่อเขียนในรูปอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนแรกจะเป็นดังนี้

$$\frac{1 \text{ atom } ^{16}\text{O}}{16 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gO}} = \frac{a \text{ atom } ^{16}\text{O}}{16 \text{ gO}}$$

$$a \text{ atom } ^{16}\text{O} = 16 \text{ gO} \left( \frac{1 \text{ atom } ^{16}\text{O}}{16 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gO}} \right)$$

$$= 6.024096 \times 10^{23} \text{ อะตอม}$$

สำหรับธาตุอื่นๆ เมื่อทราบมวลก็สามารถหาจำนวนอะตอมได้ในทำนองเดียวกัน ดังตาราง ตารางที่ 1 มวลและจำนวนอะตอมของธาตุ

ธาตุ	มวลอะตอม	มวล (g)	จำนวนอะตอม
H	1.008	1.008	$6.02 \times 10^{23}$
S	32.00	32.00	$6.02 \times 10^{23}$
Fe	55.80	55.80	$6.02 \times 10^{23}$
Br	79.90	79.90	$6.02 \times 10^{23}$

จากตัวอย่างจะเห็นว่าในการนับจำนวนอะตอมหรือจำนวนอนุภาคจะยุ่งยากมากเพราะมีจำนวนอะตอมหรือจำนวนอนุภาคเข้ามาเกี่ยวข้องกับจำนวนมหาศาสตร์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงคิดหน่วยใหญ่ที่จะใช้แทนจำนวนอนุภาคของสารคือหน่วยโมล<sup>1</sup>

จากตารางพบว่า ธาตุที่มีมวลเป็นกรัมเท่ากับค่ามวลอะตอมของธาตุนั้น จะมีจำนวนอนุภาค  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาคหรือ 1 โมล โดยกำหนดว่าสารใด 1 โมลคือ ปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ เลขอาโวกาโดร<sup>2</sup> คือ  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค (โมเลกุล อะตอม ไอออน อิเล็กตรอน โปรตอน) ดังนี้

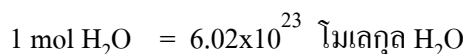
1. ถ้าเป็นอะตอม : สาร 1 โมลอะตอม จะมีจำนวนอะตอม  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม

2. ถ้าเป็นโมเลกุล : สาร 1 โมล จะมีจำนวนโมเลกุล  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

3. ถ้าเป็นไอออน : สาร 1 โมลไอออน จะมีจำนวนโมเลกุล  $6.02 \times 10^{23}$  ไอออน

4. ถ้าเป็นอิเล็กตรอน : อิเล็กตรอน 1 โมล จะมีจำนวนอิเล็กตรอน  $6.02 \times 10^{23}$  อิเล็กตรอน

ดังนั้น ในการบอกจำนวนโมลของสาร จะต้องระบุให้แน่ชัดว่าเป็นโมลอะไร แต่ถ้าเป็นสารประกอบ ส่วนมากการบอกปริมาณเป็นโมลจะไม่ระบุชนิดของอนุภาคโดยละไว้ในฐานที่เข้าใจว่าเป็นโมเลกุล เช่น น้ำ 1 โมล หมายถึงน้ำจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล จึงเขียนแสดงได้ดังนี้



เมื่อใช้ 1 mol H<sub>2</sub>O สารทั้งสองด้านจะได้เป็นดังนี้

<sup>1</sup> ตามนิยามของหน่วยเอสไอ สาร 1 โมล หมายถึงปริมาณของสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอน-12 มวล 0.012 กิโลกรัม

<sup>2</sup> เลขอาโวกาโดร มีค่าที่ถูกต้องและยอมรับอยู่ในปัจจุบันเท่ากับ  $6.02245 \times 10^{23}$  อนุภาค แต่อนุโลมให้ใช้ค่า  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาคได้

$$1 = \frac{\cancel{1 \text{ mol H}_2\text{O}}}{\cancel{1 \text{ mol H}_2\text{O}}} = \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}}$$

หรือถ้าใช้  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  $\text{H}_2\text{O}$  ทารทั้งสองด้านจะได้เป็นดังนี้

$$\frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล H}_2\text{O}} = \frac{\cancel{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล H}_2\text{O}}}{\cancel{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล H}_2\text{O}}}$$

ในทางคณิตศาสตร์เมื่อคูณปริมาณด้วย “1” จะไม่ทำให้ปริมาณนั้นเปลี่ยนแปลง และ

อัตราส่วนที่เหลือทั้งสอง คือ  $\frac{\text{C-12 } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}{\text{C-12 } 1 \text{ โมล}}$  และ  $\frac{\text{C-12 } 1 \text{ โมล}}{\text{C-12 } 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}$  ก็มีค่า

เท่ากับ 1 เนื่องจากทั้งเศษและส่วนเป็นปริมาณเท่ากัน เมื่อนำแต่ละอัตราส่วนไปคูณกับปริมาณที่มีหน่วยเหมือนกับส่วน จะทำให้ได้หน่วยใหม่แต่ปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง จึงเรียกแต่ละอัตราส่วนนี้ว่า **แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย** แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยใช้ประโยชน์สำหรับแปลงหน่วยของปริมาณที่วัดจากหน่วยหนึ่งไปเป็นหน่วยอื่น โดยปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง

จากความสัมพันธ์ที่ว่าสาร 1 โมลมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมของธาตุหรือมวลโมเลกุลของสารประกอบนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เขียนในรูปแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้

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

สรุป ความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับอนุภาคของสาร  
สาร 1 โมลจะมีจำนวนอนุภาค  $6.02 \times 10^{23}$  อนุภาค



รางวัลที่ 1 จากฉลากกินแบ่งรัฐบาล กับสาร 1 โมลอย่างไร  
จะมีค่ามากกว่ากัน

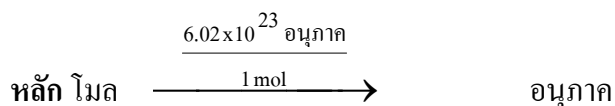


ถ้าทราบจำนวน โมลของสาร ย่อมหาจำนวนอนุภาคของสารได้ และถ้าจำนวนอนุภาคสาร  
ย่อมหาจำนวนโมลของสารได้

ตัวอย่าง การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับอนุภาค

การเปลี่ยนหน่วยโมลเป็นจำนวนอนุภาค

ตัวอย่างที่ 1 จงหาจำนวนอนุภาคของสารต่อไปนี้



1.1  $\text{CO}_2$  1.5 โมล

วิธีทำ

$$\text{โมเลกุลของ CO}_2 = 1.5 \cancel{\text{ mol CO}_2} \times \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล CO}_2}{1 \cancel{\text{ mol CO}_2}} \right)$$

นั่นคือ  $\text{CO}_2$  1.5 โมล มีจำนวนอนุภาค =  $9.03 \times 10^{23}$  โมเลกุล

1.2 Fe 0.5 โมลอะตอม

วิธีทำ

$$\text{atom Fe} = 0.5 \cancel{\text{ mol Fe}} \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}}{1 \cancel{\text{ mol Fe}}} \right)$$

นั่นคือ Fe 0.5 โมล มีจำนวนอนุภาค =  $3.01 \times 10^{23}$  อะตอม

จากตัวอย่างที่ 1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับอนุภาคได้ดังนี้



$$\text{จำนวนอนุภาค} = \text{จำนวนโมล} \times 6.02 \times 10^{23}$$

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

ลองใช้สูตรคิดเองนะ  
ง่ายมาก

ลองทำดู 1 จงหาจำนวนอนุภาคของสารต่อไปนี้

1.1  $\text{NH}_3$  0.8 โมล

.....

.....

.....

1.2 Cu 2.0 โมลอะตอม

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

1.3 Na<sup>+</sup> 2.25 โมลไอออน

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

การเปลี่ยนหน่วยจำนวนอนุภาคเป็นจำนวนโมล

ตัวอย่างที่ 2 จงคำนวณหาจำนวนโมลของสารต่อไปนี้

หลัก อนุภาค  $\xrightarrow[\frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}}]{} \text{ โมล}$

2.1 Cu  $4.214 \times 10^{23}$  อะตอม

วิธีทำ

$$\text{mol Cu} = 4.214 \times 10^{23} \text{ atom Cu} \left( \frac{1 \text{ mol Cu}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Cu}} \right)$$

นั่นคือ Cu  $4.214 \times 10^{23}$  อะตอมมีจำนวนโมลเท่ากับ 0.69 โมลอะตอม

2.2 Cl<sup>-</sup>  $1.204 \times 10^{21}$  ไอออน

วิธีทำ

$$\text{โมล Cl}^- = 1.204 \times 10^{21} \text{ ไอออน Cl}^- \left( \frac{\text{Cl}^- 1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ไอออน Cl}^-} \right)$$

นั่นคือ Cl<sup>-</sup>  $1.204 \times 10^{21}$  ไอออนมีจำนวนโมลเท่ากับ 0.002 โมลไอออน

2.3 CH<sub>4</sub>  $2.408 \times 10^{23}$  โมเลกุล

วิธีทำ

$$\text{mol CH}_4 = 2.408 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล CH}_4 \left( \frac{1 \text{ mol CH}_4}{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล CH}_4} \right)$$

นั่นคือ CH<sub>4</sub>  $2.408 \times 10^{23}$  โมเลกุลมีจำนวนโมลเท่ากับ 0.4 โมล

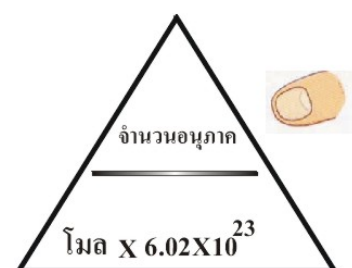
จากตัวอย่างที่ 2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาคกับโมลได้ดังนี้

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

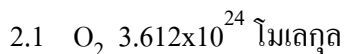
$$n = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$$



ถ้าคุณพบว่าสมการที่มีการจัดรูปใหม่ยากคุณสามารถใช้สามเหลี่ยมมหัศจรรย์ได้อ่านโจทย์ ดูว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการหา แล้วเอานิ้วปิดส่วนนั้นในสามเหลี่ยม จากนั้นจะได้สมการที่คุณต้องการ



**ลองทำดู 2** จงหาจำนวนโมลของสารต่อไปนี้

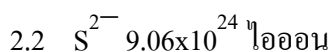


.....

.....

.....

.....

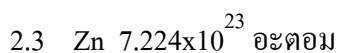


.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

### 4.3.2 จำนวนโมลกับมวลของสาร

นักวิทยาศาสตร์พบว่าสารใด ๆ ที่มีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุลจะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุล, มวลอะตอม หรือมวลไอออนของสารนั้น (ซึ่งหาจากสูตรเคมีที่โจทย์กำหนดให้) เช่น

น้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 ดังนั้นน้ำ 18 กรัม จะมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล ซึ่งคิดเป็น 1 โมล

ก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) มีมวลเท่ากับ 32 ดังนั้นออกซิเจน 32 กรัม จะมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล ซึ่งคิดเป็น 1 โมล

ออกซิเจน (O) มีมวลอะตอมเท่ากับ 16 ดังนั้นออกซิเจน 16 กรัม จะมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม ซึ่งคิดเป็น 1 โมลอะตอม

ไฮโดรเจน (H) มีมวลอะตอมเท่ากับ 1 ดังนั้นไฮโดรเจน 1 กรัม จะมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  อะตอม ซึ่งคิดเป็น 1 โมลอะตอม

สารบางชนิดประกอบด้วยไอออนเกาะกันอยู่เป็นโครงผลึก ถือว่ามวลเป็นกรัมของไอออนของธาตุใด ๆ มีค่าเท่ากับมวลอะตอมของธาตุนั้น เช่น โซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ ) 1 โมลประกอบด้วย โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) 1 โมล กับคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) 1 โมล ดังนั้นโซเดียมคลอไรด์ 1 โมลจะมีมวล = มวลของโซเดียมไอออน 1 โมล + มวลของคลอไรด์ไอออน 1 โมล =  $23 + 35.5$   
= 58.5 กรัม

**การพิสูจน์ว่า สาร 1 โมลมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุล, มวลอะตอม หรือ มวลไอออนของสารนั้น ทำได้ดังนี้**

$\text{H}_2\text{O}$  1 โมเลกุล จะมีมวล =  $18 \times 1.66 \times 10^{-24}$  กรัม สามารถเขียนในรูปอัตราส่วนของจำนวนโมเลกุลต่อมวลของน้ำได้ดังนี้  $\frac{\text{H}_2\text{O} \text{ 1 โมเลกุล}}{\text{H}_2\text{O} \text{ } 18 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ กรัม}}$

$\text{H}_2\text{O}$  มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 จะมีจำนวนอนุภาคเท่าใด

$$\begin{aligned} \text{โมเลกุล H}_2\text{O} &= 18 \text{ g H}_2\text{O} \times \left( \frac{1 \text{ โมเลกุล H}_2\text{O}}{18 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g H}_2\text{O}} \right) = \frac{1}{1.66 \times 10^{-24}} \text{ โมเลกุล} \\ &= 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล} \end{aligned}$$

แต่สาร  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล = 1 โมล

ดังนั้น  $\text{H}_2\text{O}$  18 กรัม มี  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุลจึงเท่ากับ 1 โมล

สรุปความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลสาร  
 สาร 1 โมลจะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลอะตอมหรือมวล  
 โมเลกุลที่หาจากสูตร



ตัวอย่างการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลของสาร

การเปลี่ยนหน่วยโมลเป็นมวล

ตัวอย่างที่ 3 จงหามวลของสารต่อไปนี้

หลัก โมล  $\xrightarrow{\text{มวลโมเลกุล}}$  มวล

3.1  $\text{SO}_2$  2 โมล (S = 32 , O = 16)

วิธีทำ

$$\text{g SO}_2 = 2 \text{ mol SO}_2 \left( \frac{\text{SO}_2 \text{ 64 g SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} \right) = 128 \text{ กรัม}$$

∴  $\text{SO}_2$  2 โมลมีมวล 128 กรัม

3.2 Na 1.5 โมลอะตอม (Na = 23)

วิธีทำ

$$\text{g Na} = \text{Na 1.5 โมล} \times \left( \frac{\text{Na 23 กรัม}}{\text{Na 1 โมล}} \right) = 34.5 \text{ กรัม}$$

∴ Na 1.5 โมลมีมวลเท่ากับ 34.5 กรัม

3.3 กรดแอสติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 2.5 โมล (C = 12 , H = 1 , O = 16)

วิธีทำ

$$\text{g CH}_3\text{COOH} = 2.5 \text{ mol CH}_3\text{COOH} \left( \frac{60 \text{ g CH}_3\text{COOH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}} \right) = 150 \text{ กรัม}$$

∴ กรดแอสติก 2.5 โมลมีมวลเป็นกรัมเท่ากับ 150 กรัม

จากตัวอย่างที่ 3 สรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน โมลกับมวลสารได้ดังนี้

ถ้าสารนั้นเป็นอะตอม

มวลเป็นกรัมของสาร = จำนวน โมล x มวลอะตอม

ถ้าสารนั้นเป็น โมเลกุล

มวลเป็นกรัมของสาร = จำนวน โมล x มวลโมเลกุล

$$w = n \times M$$



หรือใช้ สามเหลี่ยมมหัศจรรย์ดังนี้



ลองทำคู่มือที่ 3 จงหามวลสารต่อไปนี้

3.1 Fe 0.5 โมล (Fe = 56)

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 HCl 3 โมล (H = 1 , Cl = 35.5)

.....

.....

.....

.....

.....

3.3  $\text{NO}_3^-$  2 โมล (N = 14 , O = 16)

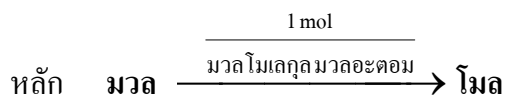
.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 4 จงหาจำนวนโมลของสารต่อไปนี้



4.1 Na 16 กรัม (Na = 23)

วิธีทำ

$$\text{mol Na} = 16 \text{ g Na} \left( \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \right) = 0.70 \text{ โมลอะตอม}$$

∴ Na 16 กรัมคิดเป็น 0.70 โมลอะตอม

4.2 CO<sub>2</sub> 22 กรัม (C = 12 , O = 16)

วิธีทำ

$$\text{mol CO}_2 = 22 \text{ g CO}_2 \times \left( \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \right) = 0.5 \text{ โมล}$$

ดังนั้น CO<sub>2</sub> 22 กรัมคิดเป็น 0.5 โมล

3.3 K<sup>+</sup> 78 กรัม (K = 39)

วิธีทำ

$$\text{mol K}^+ = 78 \text{ g K}^+ \times \left( \frac{1 \text{ mol K}^+}{39 \text{ g K}^+} \right) = 2 \text{ โมลไอออน}$$

ดังนั้น K<sup>+</sup> 78 กรัมคิดเป็น 2 โมล

จากตัวอย่างที่ 4 สรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนมวลสารกับโมลได้ดังนี้

จากตัวอย่างที่ 4 ถ้าต้องการหาจำนวนโมล หาจากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{จำนวนโมลของธาตุ} = \frac{\text{มวลของธาตุเป็นกรัม}}{\text{มวลอะตอมของธาตุ}}$$

$$\text{จำนวนโมลของสาร} = \frac{\text{มวลของสารเป็นกรัม}}{\text{มวลโมเลกุลของสาร}}$$

$$\text{หรือ} \quad n = \frac{w}{M}$$



หรือใช้ สามเหลี่ยมหาคะจรย์ดังนี้



ลองทำดูที่ 4 จงหาจำนวนโมลของสารต่อไปนี้

4.1  $\text{NH}_3$  25.5 กรัม (N = 14 , H = 1 )

.....

.....

.....

.....

4.2  $\text{HNO}_3$  126 กรัม (H = 1 , N = 14 , O = 16)

.....

.....

.....

.....

4.3  $\text{KI}$  55.33 กรัม (K = 39 , I = 127)

.....

.....

.....

.....

#### 4.3.3 ปริมาตรต่อโมลของก๊าซ

จากการศึกษาพบว่าปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและความดัน ในการบอก ปริมาตรของก๊าซ จึงต้องระบุอุณหภูมิและความดันด้วย นักวิทยาศาสตร์กำหนดให้อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ เป็นภาวะมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure) และเรียกย่อว่า STP

จากการทดลองหามวลของก๊าซบางชนิดที่ STP ได้ผลดังตาราง

ตาราง มวลของก๊าซปริมาตร  $1 \text{ dm}^3$  ที่ STP

ก๊าซ	มวลของก๊าซ (g)
ออกซิเจน	1.43
ไนโตรเจน	1.23
คาร์บอนมอนอกไซด์	1.24
คาร์บอนไดออกไซด์	1.97

จากตาราง ปริมาตรต่อโมลของก๊าซออกซิเจน คำนวณได้ดังนี้

ก๊าซออกซิเจน 1.43 กรัม มีปริมาตร  $1 \text{ dm}^3$  ที่ STP เขียนในรูปอัตราส่วนของจำนวน

ปริมาตรต่อมวลของก๊าซออกซิเจน ได้ดังนี้  $\frac{\text{ก๊าซออกซิเจน } 1 \text{ dm}^3}{\text{ก๊าซออกซิเจน } 1.43 \text{ กรัม}}$

สมมติก๊าซออกซิเจน 32 กรัม มีปริมาตร  $a \text{ dm}^3$  ที่ STP เมื่อเขียนในรูปอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนแรกจะเป็นดังนี้

$$\frac{1 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}{1.43 \text{ g O}_2} = \frac{a \text{ dm}^3 \text{ O}_2}{32 \text{ g O}_2}$$

$$\therefore \text{ก๊าซออกซิเจน } a \text{ dm}^3 = \cancel{32 \text{ g O}_2} \left( \frac{1 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}{1.43 \cancel{\text{ g O}_2}} \right) = 22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}$$

ดังนั้นก๊าซออกซิเจน 32 กรัมจะมีปริมาตร  $22.4 \text{ dm}^3$  ที่ STP

ลองทำดู 1 จงหาปริมาตรของก๊าซไนโตรเจนที่มีมวล 28 กรัม

.....

.....

.....

.....

.....

ลองทำดู 2 จงหาปริมาตรของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีมวล 28 กรัม

.....

.....

.....

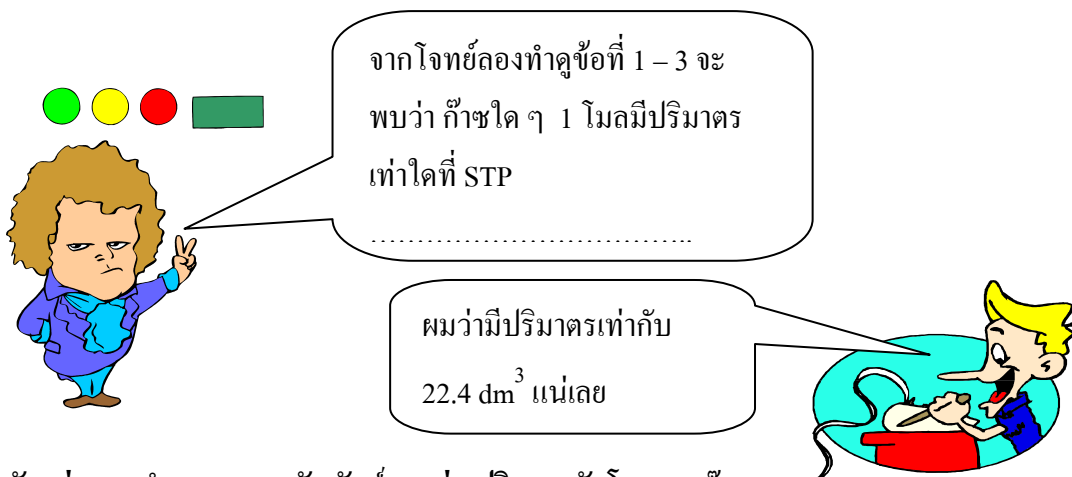
.....

ลองทำดู 3 จงหาปริมาตรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมวล 44 กรัม

.....

.....

.....



ตัวอย่างการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับโมลของก๊าซ

การเปลี่ยนหน่วยโมลเป็นปริมาตรของก๊าซ

ตัวอย่างที่ 1 จงหาปริมาตรของก๊าซต่อไปนี้

1.1 ก๊าซ  $O_2$  1.5 โมล

หลัก  $\text{mol} \xrightarrow{22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}} \text{ปริมาตร}$

วิธีทำ

$$\therefore a \text{ dm}^3 O_2 = 1.5 \text{ mol } O_2 \left( \frac{22.4 \text{ dm}^3 O_2}{1 \text{ mol } O_2} \right) = 33.6 \text{ dm}^3$$

ดังนั้นก๊าซ  $O_2$  1.5 โมลมีปริมาตรเท่ากับ  $33.6 \text{ dm}^3$

1.2 ก๊าซ  $SO_2$  3.4 โมล

วิธีทำ

$$\therefore a \text{ dm}^3 SO_2 = 3.4 \text{ mol } SO_2 \left( \frac{22.4 \text{ dm}^3 SO_2}{1 \text{ mol } SO_2} \right) = 76.16 \text{ dm}^3$$

ดังนั้นก๊าซ  $SO_2$  3.4 โมลมีปริมาตรเท่ากับ  $76.16 \text{ dm}^3$

จากตัวอย่างที่ 1 ถ้าต้องการหาปริมาตรของก๊าซ หาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ปริมาตรของก๊าซ} = \text{จำนวนโมล} \times 22.4$$

$$V_{\text{STP}} = n \times 22.4$$



หรือใช้สามเหลี่ยมมหัศจรรย์ ดังนี้



ลองทำดู 4 จงหาปริมาตรของก๊าซต่อไปนี้

4.1 ก๊าซ  $\text{Cl}_2$  3 โมล

.....

.....

.....

.....

4.2 ก๊าซ  $\text{CH}_4$  0.6 โมล

.....

.....

.....

.....

การเปลี่ยนหน่วยปริมาตรของก๊าซเป็นโมล

หลัก ปริมาตร  $\xrightarrow{\frac{1\text{mol}}{22.4\text{dm}^3}}$  โมล

ตัวอย่างที่ 2 จงหาจำนวนโมลของก๊าซต่อไปนี้

2.1 ก๊าซ  $\text{CO}_2$   $11.2\text{ dm}^3$

วิธีทำ

$$\therefore \text{CO}_2 \text{ a mol CO}_2 = 11.2 \cancel{\text{dm}^3} \text{CO}_2 \left( \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22.4 \cancel{\text{dm}^3} \text{CO}_2} \right) = 0.5 \text{ โมล}$$

ดังนั้นก๊าซ  $\text{CO}_2$   $11.2\text{ dm}^3$  มี 0.5 โมล

2.2 ก๊าซ  $\text{NO}_2$   $44.8\text{ dm}^3$

วิธีทำ

$$\therefore \text{a mol NO}_2 = 44.8 \cancel{\text{dm}^3} \text{NO}_2 \left( \frac{1 \text{ mol NO}_2}{22.4 \cancel{\text{dm}^3} \text{NO}_2} \right) = 2 \text{ โมล}$$

ดังนั้นก๊าซ  $\text{NO}_2$   $44.8\text{ dm}^3$  มี 2 โมล

จากตัวอย่างที่ 2 ถ้าต้องการหาจำนวน โมลของก๊าซได้ดังนี้



$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{ปริมาตรของก๊าซ}}{22.4}$$

$$n = \frac{V_{\text{STP}}}{22.4}$$

หรือใช้สามเหลี่ยมมหัศจรรย์ ดังนี้



ลองทำดู 5 จงหาจำนวนโมลของก๊าซต่อไปนี้

5.1 ก๊าซ  $\text{SO}_2$   $5.6 \text{ dm}^3$

.....

.....

.....

5.2 ก๊าซ  $\text{CH}_4$   $4.48 \text{ dm}^3$

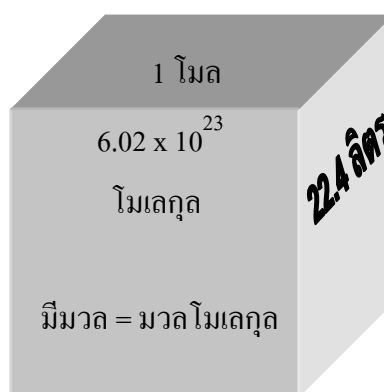
.....

.....

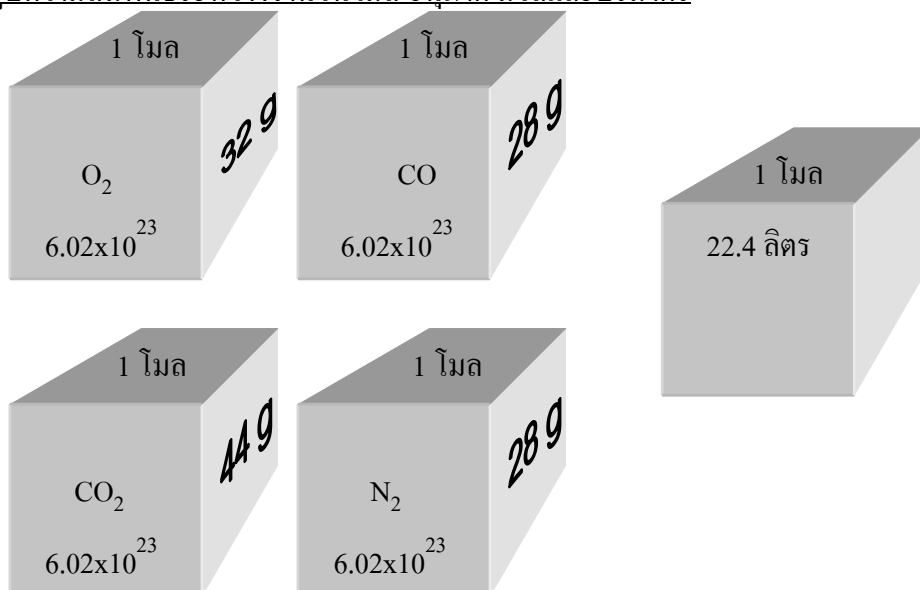
.....

#### 4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตร

บทสรุป



รูปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตร



จากรูปสรุปได้ว่า

สารใด ๆ ก็ตามที่มีจำนวนโมลเท่ากันจะมี.....และ.....เท่ากัน แต่ไม่จำเป็นต้องมี.....เท่ากัน

จากความสัมพันธ์ตามรูปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตร เมื่อเขียนในรูปอัตราส่วนจะเป็นดังนี้

1. จำนวนโมลกับจำนวนอนุภาค

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

2. จำนวนโมลกับมวลของสารเป็นกรัมที่มีค่าเท่ากับมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล

$$\frac{1 \text{ โมล}}{\text{มวล(g) ที่เท่ากับมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล}} \text{ หรือในทางกลับกัน } \frac{\text{มวล(g) ที่เท่ากับมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล}}{1 \text{ โมล}}$$

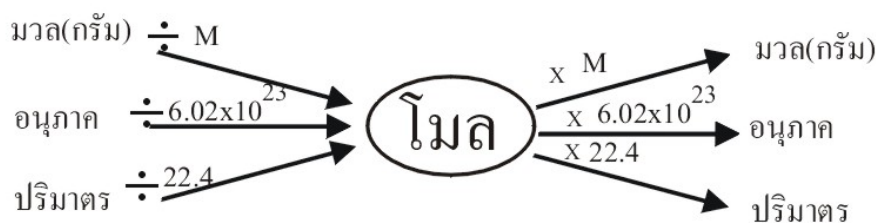
3. จำนวนโมลกับปริมาตรของก๊าซที่ STP

$$\frac{1 \text{ โมล}}{\text{ปริมาตร } 22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}} \text{ หรือในทางกลับกัน } \frac{\text{ปริมาตร } 22.4 \text{ dm}^3 \text{ ที่ STP}}{1 \text{ โมล}}$$

ประโยชน์ของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาคมวลและปริมาตร คือ

### 1. ใช้เปลี่ยนหน่วยสาร

- ถ้าเทียบเป็นสัดส่วน ไม่ว่าจะโจทย์กำหนดสารมาให้อยู่ในหน่วยใดก็ตามต้องเปลี่ยนเข้าสู่หน่วยโมลก่อนเสมอ แล้วค่อยเปลี่ยนโมลไปหาหน่วยที่โจทย์ต้องการหา



- ถ้าใช้สูตรจะใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

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

ตัวอย่างที่ 3 กำหนดให้ CO 0.5 mol ที่ STP

1. จะมีมวลกี่กรัม
2. จะมีกี่โมเลกุล
3. จะมีปริมาตรที่อุณหภูมิต่ำและแรงดันคงที่

**วิธีทำ**

นิยาม CO 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP

มีมวลเป็นกรัมเท่ากับมวลโมเลกุล (CO) = 12 + 16 = 28 กรัม

$$3.1 \text{ เปลี่ยนโมลของ CO ให้เป็นมวล} \quad (\text{หลัก โมล} \xrightarrow{1 \text{ mol}} \text{มวล})$$

$$\therefore a \text{ gCO} = \cancel{0.5 \text{ mol CO}} \left( \frac{28 \text{ g CO}}{1 \text{ mol CO}} \right) = 14 \text{ g}$$

ดังนั้น CO 0.5 โมล มี 14 g

$$3.2 \text{ เปลี่ยนโมลของ CO ให้เป็นโมเลกุล} \quad (\text{แนวคิด โมล} \xrightarrow{1 \text{ mol}} \text{จำนวนโมเลกุล})$$

$$\therefore a \text{ โมเลกุล CO} = \cancel{0.5 \text{ mol CO}} \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล CO}}{1 \text{ mol CO}} \right) = 3.01 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล}$$

ดังนั้น CO 0.5 โมล มีจำนวน  $3.01 \times 10^{23}$  โมเลกุล

$$3.3 \text{ เปลี่ยนโมลของ CO ให้เป็นปริมาตร} \quad (\text{แนวคิด โมล} \xrightarrow{1 \text{ mol}} \text{ปริมาตร})$$

$$\therefore a \text{ dm}^3 \text{ CO} = \cancel{0.5 \text{ mol CO}} \left( \frac{22.4 \text{ dm}^3 \text{ CO}}{1 \text{ mol CO}} \right) = 11.2 \text{ dm}^3$$

ดังนั้น CO 0.5 โมล มีปริมาตรเท่ากับ 11.2 ลิตร

ลองทำดู 6 กำหนดให้ก๊าซ O<sub>2</sub> 5.6 dm<sup>3</sup> ที่ STP จะมีกี่โมล กี่โมเลกุล และกี่กรัม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างที่ 4 กำหนดให้เฮกเซน ( $C_6H_{14}$ ) 0.2 โมล จงหา

- 4.1 จำนวนโมเลกุลของเฮกเซน
- 4.2 จำนวนโมลของแต่ละธาตุ
- 4.3 จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและจำนวนอะตอมรวม
- 4.4 มวลของแต่ละธาตุ

**วิธีทำ** เปลี่ยน โมลของเฮกเซนให้เป็นโมเลกุล (แนวคิด โมล  $\xrightarrow{\times 6.02 \times 10^{23}}$  จำนวนโมเลกุล)

$$\therefore \text{โมเลกุล } C_6H_{14} = 0.2 \text{ mol } C_6H_{14} \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล } C_6H_{14}}{1 \text{ mol } C_6H_{14}} \right)$$

ดังนั้น  $C_6H_{14}$  0.2 โมล มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ  $1.204 \times 10^{23}$  โมเลกุล

- 4.2 จำนวนโมลของแต่ละธาตุ

**วิธีทำ** สูตรโมเลกุลของเฮกเซนประกอบด้วย C 6 อะตอมต่อเฮกเซน 1 โมเลกุล การหาโมลของ C ทำได้โดย ให้เปลี่ยน โมลของเฮกเซนให้เป็นโมลของ C

(หลัก เปลี่ยน โมลของเฮกเซน  $\xrightarrow{\frac{6 \text{ mol C}}{1 \text{ mol เฮกเซน}}}$  โมลของ C)

$$\text{mol C} = 0.2 \text{ mol } C_6H_{14} \left( \frac{6 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } C_6H_{14}} \right) = 1.2 \text{ โมลอะตอม}$$

$C_6H_{14}$  0.2 โมล ประกอบด้วย C 1.2 โมลอะตอม

หาโมลอะตอมของ H ให้เปลี่ยน โมลของเฮกเซนให้เป็นโมลของ H

(แนวคิด โมลของเฮกเซน  $\xrightarrow{\frac{14 \text{ mol H}}{1 \text{ mol เฮกเซน}}}$  โมลของ H)

$$\text{mol H} = 0.2 \text{ mol } C_6H_{14} \left( \frac{14 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } C_6H_{14}} \right) = 2.8 \text{ โมลอะตอม}$$

$C_6H_{14}$  0.2 โมลประกอบด้วย H  $0.2 \times 14 = 2.8$  โมลอะตอม

ดังนั้น  $C_6H_{14}$  0.2 โมลประกอบด้วย C 1.2 โมลอะตอมและ H 2.8 โมลอะตอม

- 4.3 จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุและจำนวนอะตอมรวม

**วิธีทำ** นำหน่วยโมลเปลี่ยนเป็นหน่วยเป็นจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุ

(หลัก mol C  $\xrightarrow{\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{1 \text{ mol C}}}$  atom C)

$$\text{atom C} = 1.2 \text{ mol C} \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{1 \text{ mol C}} \right) = 7.224 \times 10^{23} \text{ อะตอม}$$

∴ C 1.2 โมลอะตอม จะมีจำนวนอะตอมเท่ากับ  $1.2 \times 6.02 \times 10^{23} = 7.224 \times 10^{23}$  อะตอม

สำหรับ atom H ก็คิดเช่นเดียวกับ atom C

$$\text{atom H} = 2.8 \text{ mol H} \left( \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} \right) = 2.8 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ อะตอม}$$

∴ H 2.8 โมลอะตอม จะมีจำนวนอะตอมเท่ากับ  $2.8 \times 6.02 \times 10^{23} = 16.856 \times 10^{23}$  อะตอม

ดังนั้น  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  0.2 โมลประกอบด้วย C  $7.224 \times 10^{23}$  อะตอม H  $16.856 \times 10^{23}$  อะตอม

$\text{C}_6\text{H}_{14}$  0.2 โมลประกอบด้วยจำนวนอะตอมรวมทั้งหมดเท่ากับ  $(7.224 \times 10^{23} + 16.856 \times 10^{23})$  เท่ากับ

$24.08 \times 10^{23}$  อะตอม

4.4 มวลของแต่ละธาตุ

วิธีทำ นำหน่วยโมลเปลี่ยนเป็นหน่วยมวลเป็นกรัมของแต่ละธาตุ

มวลอะตอม

(หลัก โมล  $\xrightarrow{1 \text{ mol}}$  มวลเป็นกรัม)

$$\text{g C} = 1.2 \text{ mol C} \left( \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} \right) = 14.4 \text{ กรัม}$$

∴ C 1.2 โมลอะตอม จะมีมวลอะตอมเท่ากับ 14.4 กรัม

สำหรับ g H ก็คิดเช่นเดียวกับ g C

$$\text{g H} = 2.8 \text{ mol H} \left( \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} \right) = 2.8 \text{ กรัม}$$

∴ H 2.8 โมลอะตอม จะมีมวลอะตอมเท่ากับ 2.8 กรัม

ดังนั้น  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  0.2 โมลประกอบด้วย C 14.4 กรัม และ H 2.8 กรัม



## 2. ให้เปรียบเทียบปริมาณสาร

หลักการเปรียบเทียบปริมาณสารให้นักเรียนเปลี่ยนเข้าสู่หน่วยโมลก่อน หลังจากนั้นใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

- ☞ สารใดมีจำนวนโมลเท่ากันจะมีปริมาตรและจำนวนอนุภาคเท่ากัน
- ☞ สารใดมีจำนวนโมลมาก จะมีปริมาตรและจำนวนอนุภาคมาก
- ☞ สารใดมีจำนวนโมลน้อย จะมีปริมาตรและจำนวนอนุภาคน้อย

ตัวอย่างที่ 5 ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) 16 กรัม และก๊าซ  $\text{O}_2$  22.4 dm<sup>3</sup> ที่ STP จงหาว่า

1. มีจำนวนโมลเท่ากันหรือไม่
2. มีปริมาตรเท่ากันหรือไม่
3. มีมวลเท่ากันหรือไม่
4. มีจำนวนอะตอมเท่ากันหรือไม่

แนวคิด สารใดมีจำนวนโมลเท่ากันจะมีปริมาตรและจำนวนอนุภาคเท่ากัน

ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) 16 กรัม คิดเป็น 1 โมล

ก๊าซ  $\text{O}_2$  22.4 dm<sup>3</sup> ที่ STP คิดเป็น 1 โมล

### วิธีทำ

- 5.1 ก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน มีจำนวน 1 โมล ดังนั้นจะมีจำนวนโมลเท่ากัน ซึ่งมีจำนวนโมลทั้งหมดเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  โมล
- 5.2 ก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน มีจำนวน 1 โมล ดังนั้นจะมีจำนวนปริมาตรเท่ากัน ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 dm<sup>3</sup> ที่ STP
- 5.3 ก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน มีมวลไม่เท่ากัน คือ ก๊าซ  $\text{O}_2$  1 โมล มีมวลเท่ากับ  $2 \times 16 = 32$  กรัม ส่วนก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) มีมวล 16 กรัม
- 5.4 ก๊าซมีเทนและก๊าซออกซิเจน มีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน เพราะมีจำนวนโมลอะตอมไม่เท่ากัน ดังนี้ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ประกอบด้วย C 1 โมลอะตอม รวมกับ H 4 โมลอะตอม เป็น 5 โมลอะตอม ส่วนก๊าซออกซิเจน ประกอบด้วย O 2 โมลอะตอม  
 $\therefore$  ก๊าซมีเทนจะมีจำนวนอะตอมทั้งหมดเท่ากับ  $5 \times 6.02 \times 10^{23}$  อะตอม ส่วนก๊าซออกซิเจนจะมีจำนวนอะตอมทั้งหมดเท่ากับ  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$  อะตอม

ตัวอย่างที่ 6 จงหามวลของโซเดียมที่มีจำนวนอะตอมเท่ากับโพแทสเซียม 8.00 กรัม

**แนวคิด** จากข้อสรุปที่กล่าวว่า สารใดมีจำนวน โมลเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน แสดงว่า

โซเดียมที่มีจำนวนอะตอมเท่ากับโพแทสเซียม ดังนั้นโซเดียมและโพแทสเซียมจะต้องมีจำนวน โมลเท่ากันด้วย

โพแทสเซียม 1 โมล มีมวลเท่ากับ 39 ส่วนโซเดียม 1 โมลมีมวลเท่ากับ 23

**วิธีทำ**  $gK \rightarrow mol K \rightarrow mol Na \rightarrow g Na$

$$g Na = 8 gK \left( \frac{1 mol K}{39 gK} \right) \left( \frac{1 mol Na}{1 mol K} \right) \left( \frac{23 g Na}{1 mol Na} \right) = 4.72 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นโซเดียม 4.72 กรัมจะมีจำนวนอะตอมเท่ากับโพแทสเซียม 8 กรัม

ลองทำดู 8 จงหามวลของ Fe ที่มีจำนวนอะตอมเท่ากับ Cu 17.75 กรัม

.....  
 .....

ลองทำดู 9 ตะกั่วมีมวลอะตอม 207.2 มีความหนาแน่น 11.4 g/cm<sup>3</sup> จงหา

9.1 ปริมาตรของตะกั่ว 1 โมล

9.2 ปริมาตรเฉลี่ยของตะกั่ว 1 อะตอม

.....  
 .....

ลองทำดู 10 จงหาจำนวนอะตอมของออกซิเจนในสารต่อไปนี้

1. CO<sub>2</sub> 100 โมลกุล

2. MgO 20 กรัม

3. CaCO<sub>3</sub> 0.50 โมล

.....  
 .....