

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา คม105 เคมีพื้นฐาน

สาร และปริมาณสารสัมพันธ์

- | | |
|---------------------------|---|
| 1.1 สถานะของสาร | 2.1 อะตอม โมเลกุล ไอออน และสูตรเคมี |
| 1.2 สมบัติของสาร | 2.2 น้ำหนักอะตอม น้ำหนักโมเลกุล |
| 1.3 การจำแนกสาร | 2.3 การคำนวณสูตรเอมพิริคัล และสูตรโมเลกุลโมล |
| 1.4 การวัด และเลขนัยสำคัญ | 2.4 โมล |
| | 2.5 สมการเคมี |
| | 2.6 การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับสมการเคมี |
| | 2.7 สารกำหนดปริมาณ |
| | 2.8 ผลผลิตตามทฤษฎี ผลผลิตจริง และผลผลิตร้อยละ |

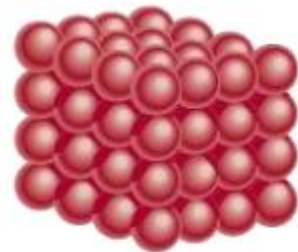
ผู้สอน: อาจารย์กัญญา บุตรราช
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

1.1 สถานะของสสาร

“สสาร (matter) คือ สิ่งที่ต้องการที่อยู่ และมีมวล”

สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

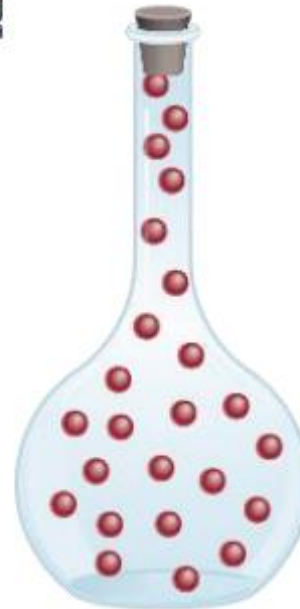
- ❖ ของแข็ง (solid, s) มีปริมาตร และรูปร่างที่แน่นอน
- ❖ ของเหลว (liquid, l) มีปริมาตรแน่นอน แต่มีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ
- ❖ แก๊ส (gas, g) มีปริมาตร และรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ



Solid

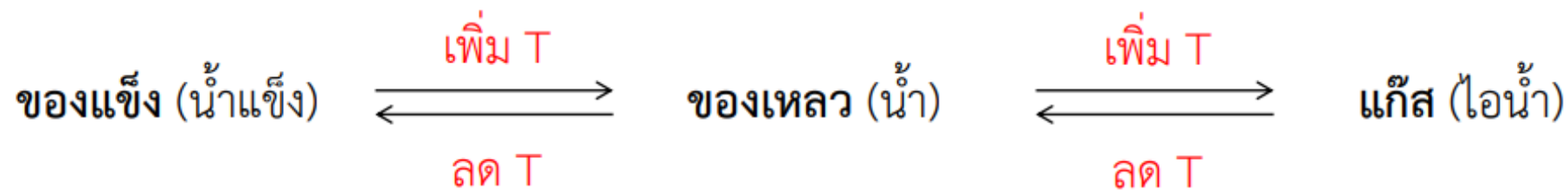


Liquid



Gas

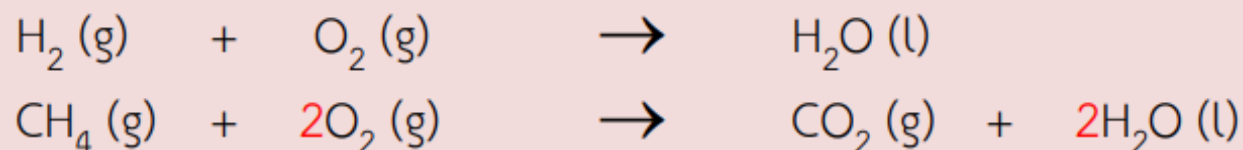
- ❑ สสารสามารถเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้น้ำแข็ง (s) เปลี่ยนสถานะเป็นน้ำ (l) เรียกว่า จุดหลอมเหลว (melting point)
- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้น้ำ (l) เปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ (g) เรียกว่า จุดเดือด (boiling point)
- อุณหภูมิ ณ จุดที่ทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกว่า จุดเยือกแข็ง (freezing point)
- การเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว (เรียกว่า การควบแน่น (condensation)

- ❑ การเปลี่ยนสถานะโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical change) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น

- ❑ การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สารใหม่เกิดขึ้น และมีสมบัติแตกต่างไปจากเดิม มีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ดูดหรือคายพลังงาน) เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical change)



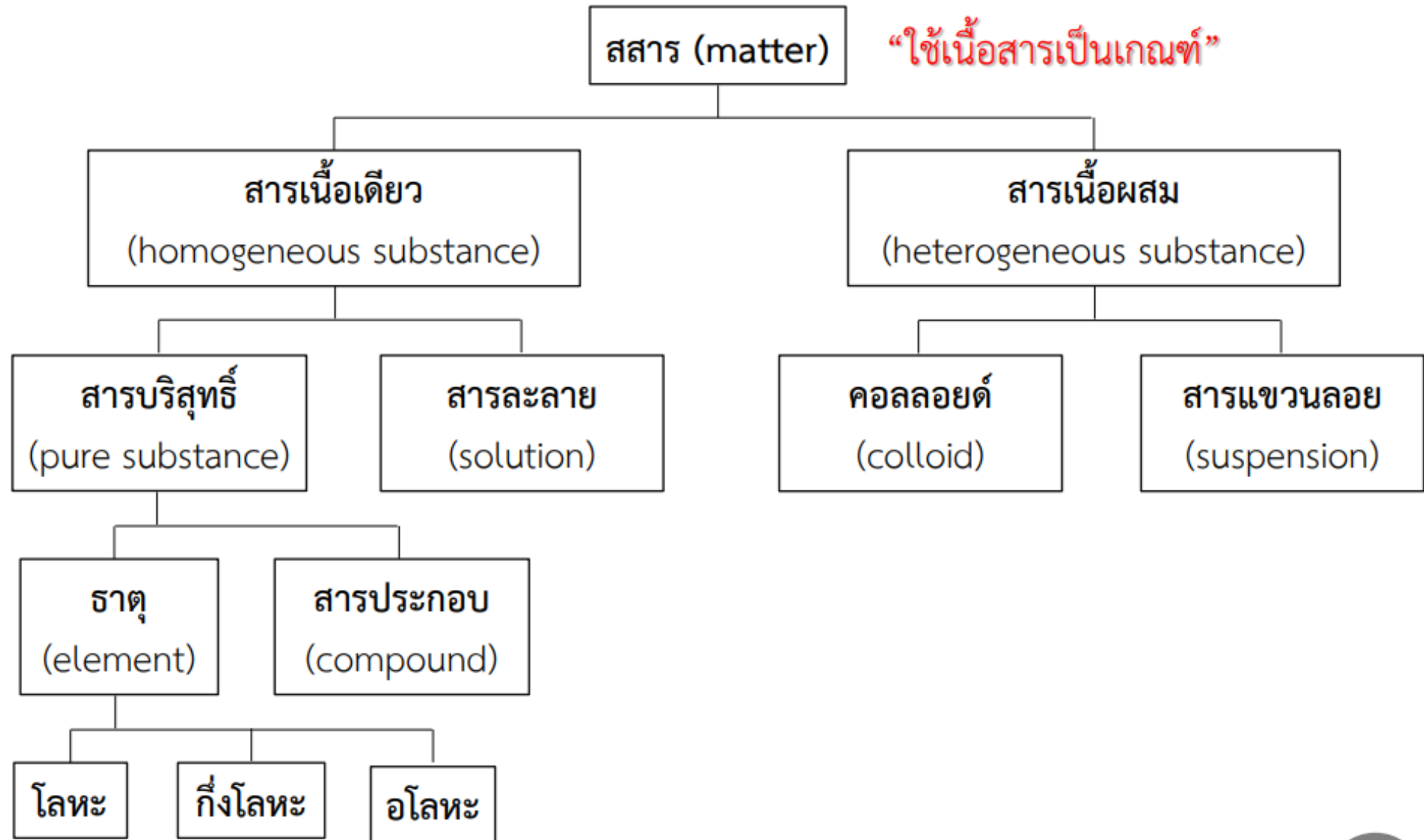
1.2 สมบัติของสาร

“ลักษณะเฉพาะตัว หรือ ลักษณะประจำตัวของสาร”

สมบัติต่างๆ ของสาร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- ❑ สมบัติทางกายภาพ (physical properties) หมายถึง สมบัติของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากรูปร่างลักษณะภายนอก เช่น สถานะ สี กลิ่น รส การนำไฟฟ้า การนำความร้อน ความหนาแน่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว เป็นต้น
- ❑ สมบัติทางเคมี (chemical properties) สมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสาร และการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การเผาไหม้ การเกิดสนิม การระเบิด การติดไฟ เป็นต้น

1.3 การจำแนกสาร



❑ สารเนื้อเดียว (Homogeneous substance)

สารที่มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน มีองค์ประกอบภายในเหมือนกันตลอดทั้งมวลของสาร เช่น น้ำดื่ม น้ำอัดลม น้ำเกลือ น้ำตาลทราย ทองคำ เป็นต้น

❑ สารเนื้อผสม (Heterogeneous substance)

สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน โดยมีลักษณะเนื้อสารและสมบัติไม่เหมือนกันตลอดทั้งมวลของสาร เช่น พริกเกลือ คอนกรีต น้ำคลอง เป็นต้น

❑ ของผสม (Mixture)

สารที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกันโดยไม่จำกัดส่วนผสม ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน หรือเนื้อผสมก็ได้



สารเนื้อเดียว (Homogeneous substance)

❑ สารบริสุทธิ์ (pure substance)

สารที่ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว มีคุณสมบัติและส่วนประกอบเหมือนกันทุกประการ เช่น น้ำ ทองแดง น้ำตาล เป็นต้น

❑ สารละลาย (solution)

สารเนื้อเดียวที่เกิดจากสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และมีสัดส่วนขององค์ประกอบเหมือนกัน เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม น้ำโซดา เป็นต้น

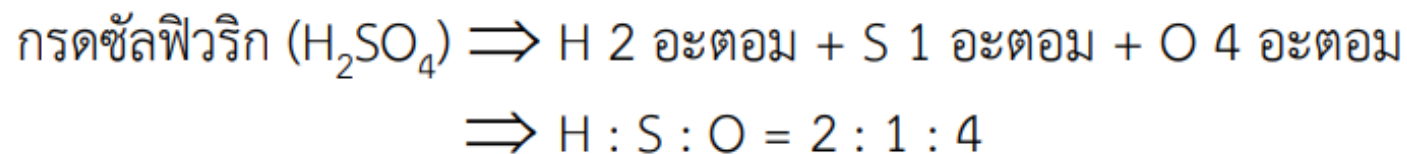
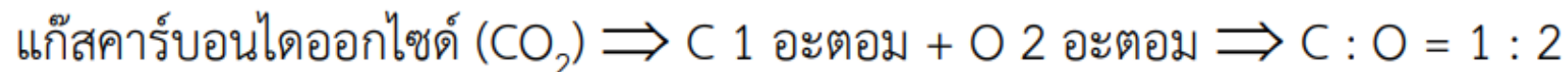
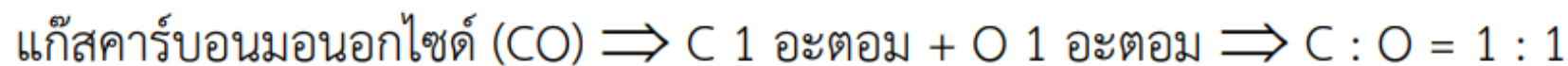
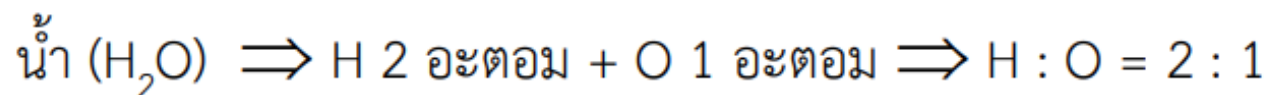
สารบริสุทธิ์ (Pure substance)

❑ ธาตุ (element)

สารที่ประกอบด้วยอะตอมเพียง 1 ชนิด ไม่สามารถแยกออกเป็นสารอื่นๆ ได้อีกด้วย
วิธีทางเคมี เช่น เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แก๊สออกซิเจน (O_2) เป็นต้น

❑ สารประกอบ (compound)

สารที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ในอัตราส่วนคงที่
เช่น



สารละลาย (Solution)

“สารละลาย = ตัวทำละลาย (solvent) + ตัวถูกละลาย (solute)”

เกณฑ์ในการกำหนดตัวทำละลายและตัวถูกละลาย

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะต่างกัันดังนั้นสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจะเป็นตัวทำละลาย

เช่น น้ำเชื่อม อยู่ในสถานะของเหลว

ดังนั้น น้ำ = ตัวทำละลาย และ น้ำตาลทราย = ตัวถูกละลาย

- ถ้าสารที่มารวมกันมีสถานะเดียวกันสารที่มีปริมาณมากกว่าจะเป็นตัวทำละลาย

เช่น แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ มีเอทานอล 70% และ น้ำ 30%

ดังนั้น เอทานอล = ตัวทำละลาย และ น้ำ = ตัวถูกละลาย

ตัวอย่างสารละลาย

สถานะของสารละลาย	ตัวอย่างสารละลาย	ตัวทำละลาย	ตัวถูกละลาย
ของแข็ง	ทองเหลือง	ทองแดง (s)	สังกะสี (s)
	นาก	ทองคำ (s)	ทองแดง (s)
	เงินอะมัลกัม	เงิน (s)	ปรอท (l)
ของเหลว	น้ำเกลือ	น้ำ (l)	เกลือ (s)
	โซดา	น้ำ (l)	CO ₂ (g)
แก๊ส	แก๊สหุงต้ม	โพรเพน+บิวเทน	
	ไอน้ำในอากาศ	น้ำ + อากาศ	
	อากาศ	แก๊สผสมต่างๆ เช่น	
		ก๊าซไนโตรเจน 78%	
		ก๊าซออกซิเจน 21%	
		ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03%	
		ก๊าซเฉื่อย รวมทั้งสารพิษในอากาศ	

คอลลอยด์ (Colloid)

- ❖ มีขนาดอนุภาค $10^{-7} - 10^{-4}$ เซนติเมตร ซึ่งจะไม่มีการตกตะกอน
- ❖ สามารถผ่านกระดาษกรอง แต่ผ่านกระดาษเซลโลเฟนไม่ได้
- ❖ สามารถกระเจิงแสงได้ เรียกว่า "ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)"



- ❖ องค์ประกอบของคอลลอยด์ จะรวมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะแยกชั้นออกจากกัน ดังนั้นจึงต้องมี **ตัวประสาน (Emulsifier)** เช่น

น้ำสลัด = น้ำมันพืช + น้ำส้มสายชู $\Rightarrow$ ไข่แดง เป็นอิมัลซิฟายเออร์

นํ้านม = ไขมันสัตว์ + น้ำ $\Rightarrow$ เคซีน เป็นอิมัลซิฟายเออร์

น้ำ + น้ำมัน $\Rightarrow$ สบู่ เป็นอิมัลซิฟายเออร์

ชนิดของคอลลอยด์ “แบ่งตามสถานะของอนุภาคที่กระจายอยู่ในตัวกลาง และ สถานะของตัวกลาง”

ชนิดของคอลลอยด์	สถานะของอนุภาค	สถานะของตัวกลาง	ตัวอย่าง
ซอล (Sol)	ของแข็ง	ของเหลว	เลือด (เซลล์ในพลาสมา)
แอโรซอล (Aerosol)	ของเหลว	ก๊าซ	หมอก (น้ำในอากาศ) เมฆ สเปรย์
	ของแข็ง	ก๊าซ	ควัน (ฝุ่นละอองในอากาศ)
อิมัลชัน (Emulsion)	ของเหลว	ของเหลว	น้ำสลัด (น้ำมันพืชใน น้ำส้มสายชู) นม น้ำกะทิ
เจล (Gel)	ของแข็ง	ของเหลว	เยลลี่ (น้ำในเจลาติน) วุ้น ยาสีฟัน
โฟม (Foam)	แก๊ส	ของเหลว	วิปครีม (อากาศในครีม) ฟองสบู่ ครีมโกนหนวด
	แก๊ส	ของแข็ง	เม็ดโฟม

สารแขวนลอย (Suspension)

- ❖ เป็นสารเนื้อผสมที่มีขนาดอนุภาคมากกว่า 10^{-4} เซนติเมตร
 - ❖ เมื่อตั้งทิ้งไว้อนุภาคจะตกตะกอน
 - ❖ ไม่สามารถผ่านกระดาษกรอง และกระดาษเซลโลเฟนได้
- ตัวอย่าง น้ำโคลน น้ำแป้ง เป็นต้น



การเปรียบเทียบ: สารละลาย คอลลอยด์ สารแขวนลอย

การเปรียบเทียบ	สารละลาย	คอลลอยด์	สารแขวนลอย
ลักษณะเนื้อสาร	เนื้อเดียว	เนื้อเดียว	เนื้อผสม
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค	$< 10^{-7}$ cm	$10^{-7} - 10^{-4}$ cm	$> 10^{-4}$ cm
การตกตะกอน	ไม่ตกตะกอน	ไม่ตกตะกอน	ตกตะกอน
การลอดผ่านกระดาษกรอง	ได้	ได้	ไม่ได้
การลอดผ่านถุงเซลโลเฟน	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
ปรากฏการณ์ทินดอลล์	ไม่เกิด	เกิด	ไม่เกิด

การทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร

❑ ระเหยแห้งในถ้วยกระเบื้อง

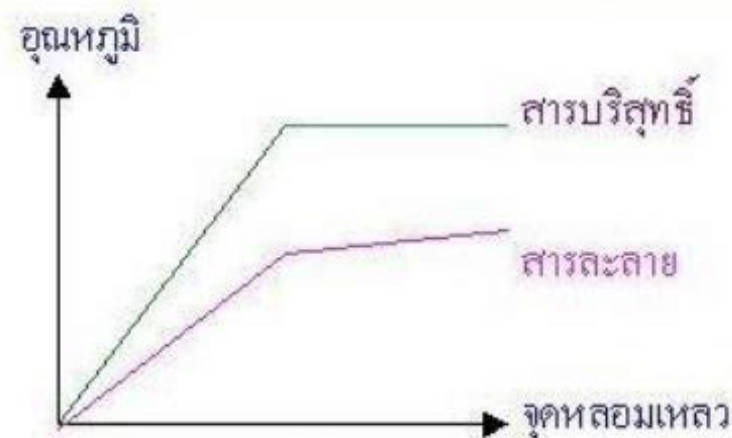
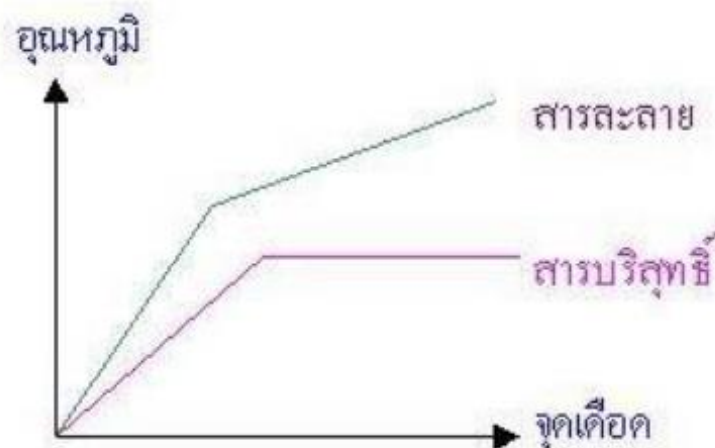
ระเหยแล้วเหลือของแข็งอยู่ $\Rightarrow$ สารละลาย

ระเหยแล้วไม่เหลือของอะไร $\Rightarrow$ สรूपไม่ได้

❑ การหาจุดเดือด (Boiling point) / จุดหลอมเหลว (Melting point)

สารบริสุทธิ์ $\Rightarrow$ จุดเดือด จุดหลอมเหลว คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวแคบ)

สารละลาย $\Rightarrow$ จุดเดือด จุดหลอมเหลว ไม่คงที่ (มีช่วงการหลอมเหลวกว้าง)



* สารละลายจะมีจุดเดือดสูงกว่าสารบริสุทธิ์ แต่มีจุดหลอมเหลวน้อยกว่าสารบริสุทธิ์

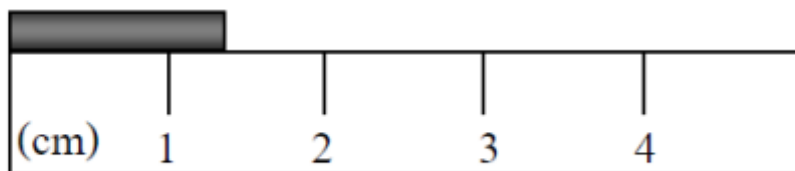
1.4 การวัด และเลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (Significant Figure)

“จำนวนหลักของตัวเลขที่แสดงความเที่ยงตรงของปริมาณที่วัดหรือคำนวณได้”

การอ่านขีดสเกล

“อ่านค่าละเอียดที่สุดที่เครื่องวัดสามารถอ่านค่าได้ แล้วประมาณค่าอีก 1 ตำแหน่งถัดไป”

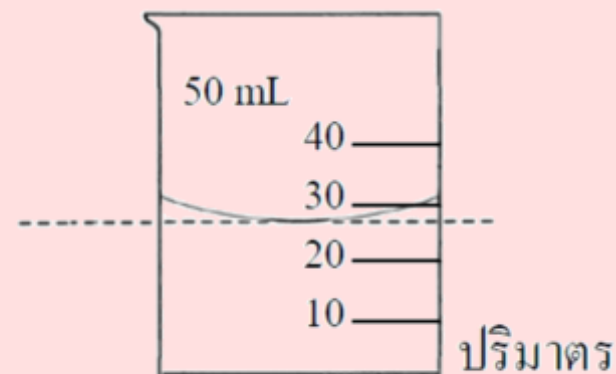
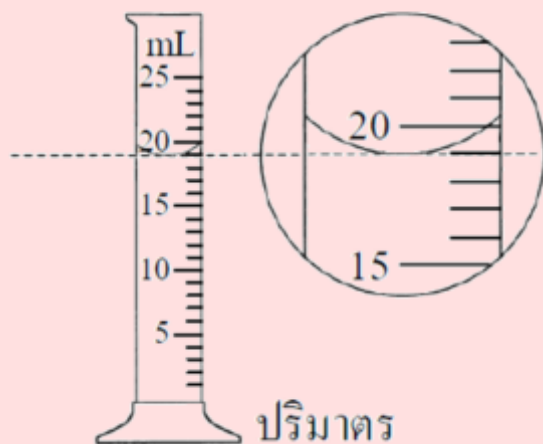


1.X $\Rightarrow$ 1.2 หรือ 1.3



1.3X $\Rightarrow$ 1.35 หรือ 1.36 หรือ 1.37

???



การนับเลขนัยสำคัญ

- ❑ ตัวเลขที่ไม่ใช่เลขศูนย์ เป็นเลขนัยสำคัญ

845 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

1.2345 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

- ❑ เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ

409 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

50,802 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

- ❑ เลขศูนย์ที่อยู่ทางซ้ายของตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์ ไม่ถือเป็นเลขนัยสำคัญ

จุดมุ่งหมายก็เพื่อแสดงตำแหน่งของจุดทศนิยมเท่านั้น

0.08 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

0.003049 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

□ เมื่อตัวเลขมีค่ามากกว่า 1 เลขศูนย์ที่เขียนทางขวามือถือเป็นเลขนัยสำคัญ

2.0 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

57.074 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

6.080 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

แต่ถ้าตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 1 เลขศูนย์ที่อยู่ท้ายตัวเลข และอยู่ระหว่างตัวเลขถือเป็นเลขนัยสำคัญ

0.090 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

0.3005 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว

0.0040206 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

□ ตัวเลขที่ไม่มีจุดทศนิยม เลขศูนย์สุดท้ายอาจจะเป็นหรือไม่เป็นเลขนัยสำคัญก็ได้

400 อาจจะมีเลขนัยสำคัญ 1 2 หรือ 3 ตัว

อาจหลีกเลี่ยงความสับสนโดยใช้สัญกรณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Notation)

4×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว

4.0×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

4.00×10^2 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

* นับเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลข
ไม่นับเลขยกกำลังฐาน 10

การคำนวณเกี่ยวกับเลขนัยสำคัญ

❑ การปัดเลข

- ตัวเลขถัดไปถ้ามากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น
- ตัวเลขถัดไปถ้าน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง
- ตัวเลขถัดไปถ้าเท่ากับ 5 ให้ดูตัวเลขที่อยู่ก่อนหน้าเลข 5
 - หากเป็นเลขคี่ ให้ปัดขึ้น
 - หากเป็นเลขคู่ รวมทั้งเลขศูนย์ ให้ปัดทิ้ง

54.67487 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 4 ตำแหน่ง $\Rightarrow$ 54.674 $\Rightarrow$ 54.67

0.8765 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง $\Rightarrow$ 0.876 $\Rightarrow$ 0.88

5.875 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง $\Rightarrow$ 5.875 $\Rightarrow$ 5.88

3.825 ทำให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง $\Rightarrow$ 3.825 $\Rightarrow$ 3.82

❑ การบวกและการลบ

ผลลัพธ์ต้องมีจำนวนเลขนัยนิยม เท่ากับข้อมูลที่มีเลขทศนิยมน้อยที่สุด

$$53.27 \text{ cm}^3 + 16.8 \text{ cm}^3 = 70.07 \text{ cm}^3 \Rightarrow 70.1 \text{ cm}^3$$

$$26.5862 \text{ L} + 10.00 \text{ L} + 11 \text{ L} = 47.5862 \Rightarrow 48 \text{ L}$$

❑ การคูณและการหาร

ผลลัพธ์ต้องมีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับข้อมูลที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

$$0.9387 \text{ cm} \times 1.542 \text{ cm} \times 1.32 \text{ cm} = 2.7656 \text{ cm}^3 \Rightarrow 2.76 \text{ cm}^3$$

$$4.65 \text{ g} / (24.5 \text{ cm}^3 - 19.93 \text{ cm}^3) = 4.65 \text{ g} / 4.57 \text{ cm}^3$$

$$= 4.65 \text{ g} / 4.6 \text{ cm}^3$$

$$= 1.01 \text{ g/cm}^3 \Rightarrow 1.0 \text{ g/cm}^3$$

- ❑ จำนวนที่แน่นอนที่ได้มาจากนิยาม ไม่ต้องนำมาพิจารณาเลขนัยสำคัญ

เช่น $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$

ดังนั้น $25.0^{\circ}C = 25.0 + 273.15 K = 298.15 K \Rightarrow 298.2 K$

- ❑ การคำนวณเกี่ยวกับสัญกรณ์วิทยาศาสตร์

ไฮโดรเจน 1 กรัม ประกอบด้วย $H = 602,200,000,000,000,000,000,000$ อะตอม

แต่ละอะตอมของ H มีมวล = $0.000000000000000000000000166$ g

สัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (Scientific Notation) $\Rightarrow N \times 10^n$;

โดย N มีค่าตั้งแต่ 1 - 10 และ n เป็นจำนวนเต็ม (บวกหรือลบก็ได้)

ไฮโดรเจน 1 กรัม ประกอบด้วย $H = 6.022 \times 10^{23}$ อะตอม

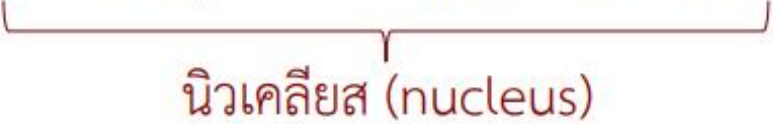
แต่ละอะตอมของ H มีมวล = 1.66×10^{-24} g

ตัวอย่าง

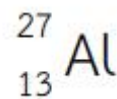
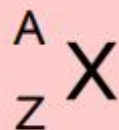
- $(7.4 \times 10^3) + (2.1 \times 10^3) = 9.5 \times 10^3$
- $(2.22 \times 10^{-2}) - (4.10 \times 10^{-3}) = (2.22 \times 10^{-2}) - (0.41 \times 10^{-2})$
 $= 1.81 \times 10^{-2}$
- $(8.0 \times 10^4) - (5.0 \times 10^2) = (8.0 \times 5.0) (10^{4+2})$
 $= 40 \times 10^6$
 $= 4.0 \times 10^7$
- $(6.9 \times 10^7) / (3.0 \times 10^{-5}) = (6.9 / 3.0) (10^{7-(-5)})$
 $= 2.3 \times 10^{12}$
- $(8.5 \times 10^4) / (5.0 \times 10^9) = (8.5 / 5.0) (10^{4-9})$
 $= 1.7 \times 10^{-5}$

2.1 อะตอม โมเลกุล ไอออน และสูตรเคมี

อะตอม (Atom) : อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่สามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้

- อะตอม ประกอบด้วย โปรตอน (proton) นิวตรอน (neutron) และ อิเล็กตรอน (electron)

นิวเคลียส (nucleus)
- จำนวนโปรตอนภายในนิวเคลียส เรียกว่า เลขอะตอม (atomic number) : Z
- ผลบวกของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน เรียกว่า เลขมวล (mass number): $A = Z + N$
- อะตอมที่เป็นกลาง จำนวนโปรตอนจะเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน

สัญลักษณ์ของอะตอม



โปรตอน = 13

นิวตรอน = $27 - 13 = 14$

อิเล็กตรอน = 13

โมเลกุล (Molecule) : หน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุดของธาตุหรือสารประกอบที่สามารถอยู่ได้โดยอิสระ และยังคงมีสมบัติของธาตุหรือสารประกอบนั้นๆ โดยสมบูรณ์

- ❑ โมเลกุลอะตอมเดี่ยว (Monoatomic molecule): 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 1 อะตอม เช่น แก๊สมีตระกูลหรือแก๊สเฉื่อย (noble or inert gas) ได้แก่ He, Ne, Kr, Xe และ Rn
- ❑ โมเลกุลอะตอมคู่ (Diatomic molecule): 1 โมเลกุล ประกอบด้วย 2 อะตอม
 - Homonuclear molecule เช่น H_2 , N_2 , O_2 , F_2
 - Heteronuclear molecule เช่น HCl, CO, HF
- ❑ โมเลกุลหลายอะตอม (Polyatomic molecule): โมเลกุลที่มีมากกว่า 2 อะตอม ขึ้นไป
 - Homonuclear molecule เช่น S_8 , P_4
 - Heteronuclear molecule เช่น H_2O , CH_4 , $C_6H_{12}O_6$

ไอออน (Ion) : อะตอมหรือกลุ่มของอะตอมที่มีประจุ

- ❑ ไอออนลบ (negative ion หรือ anion): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เป็นกลางรับอิเล็กตรอนมาเพิ่ม ทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอน (ประจุลบ) มากกว่าจำนวนโปรตอน (ประจุบวก)

เช่น F^- Cl^- O^{2-} SO_4^{2-} PO_4^{3-}

$_{17}Cl$

อะตอม Cl	ไอออน Cl^-
17 โปรตอน	17 โปรตอน
17 อิเล็กตรอน	18 อิเล็กตรอน

- ❑ ไอออนบวก (positive ion หรือ cation): อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เป็นกลางเสียอิเล็กตรอนไป ทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโปรตอน

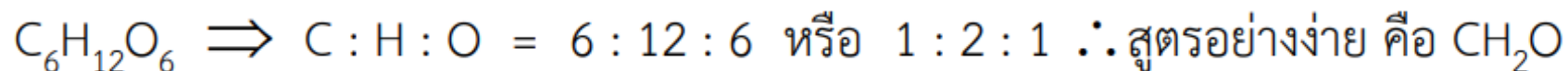
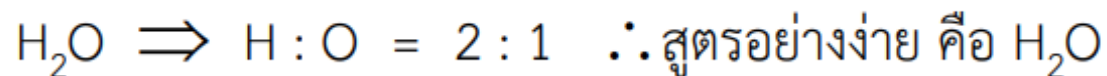
เช่น Na^+ Ca^{2+} NH_4^+

$_{11}Na$

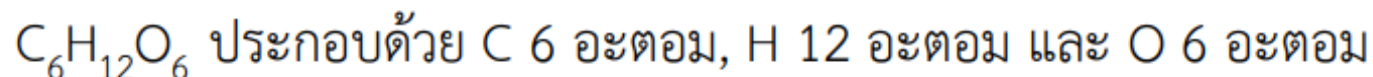
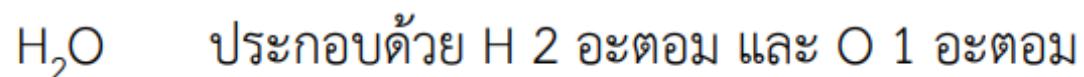
อะตอม Na	ไอออน Na^+
11 โปรตอน	11 โปรตอน
11 อิเล็กตรอน	10 อิเล็กตรอน

สูตรเคมี (Chemical formular) : กลุ่มสัญลักษณ์ของธาตุหรือสารประกอบ

- **สูตรอย่างง่าย หรือ สูตรเอมพิริคัล (Empirical formula):** กลุ่มสัญลักษณ์ที่เขียนแทนอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นสารประกอบนั้น เช่น

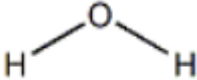
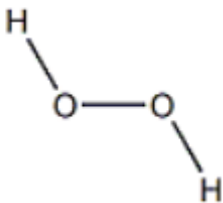
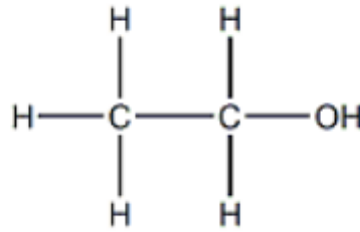
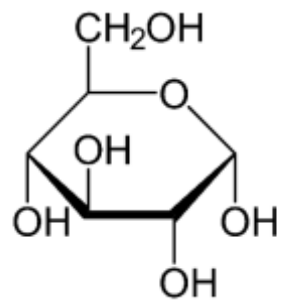


- **สูตรโมเลกุล (Molecular formula):** กลุ่มสัญลักษณ์ที่เขียนแทนธาตุหรือสารประกอบเพื่อแสดงว่าธาตุหรือสารประกอบนั้น 1 โมเลกุล ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละกี่อะตอม เช่น



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

- **สูตรโครงสร้าง (Structural formula):** สูตรโมเลกุลที่เขียนแสดงการเชื่อมต่อ (การเกิดพันธะ) ของอะตอมในโมเลกุลนั้น

สารประกอบ	สูตรเอมพิริคัล	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง
น้ำ	H_2O	H_2O	
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	HO	H_2O_2	
เอทานอล	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	
กลูโคส	CH_2O	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	

2.2 น้ำหนักอะตอม น้ำหนักโมเลกุล

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122											5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.088]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.078]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(2)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson



57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

น้ำหนักอะตอม (Atomic weight)

atomic number
Symbol
name
conventional atomic weight
standard atomic weight

เลขอะตอม

มวลอะตอม (amu)

1
H
hydrogen
1.008
[1.0078, 1.0082]

11
Na
sodium
22.990

6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998
14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]

น้ำหนักโมเลกุลหรือมวลโมเลกุล (Molecular mass/Molecular weight: MW)

“ผลบวกของน้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุที่อยู่ในโมเลกุล”

ตัวอย่าง

- H_2O

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

- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

$$\begin{aligned}\text{มวลโมเลกุลของ } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= 6(\text{มวลอะตอม C}) + 12(\text{มวลอะตอม H}) + 6(\text{มวลอะตอม O}) \\ &= 6(12.01 \text{ amu}) + 12(1.008 \text{ amu}) + 6(16.00 \text{ amu}) \\ &= 180.16 \text{ amu}\end{aligned}$$

2.3 การคำนวณสูตรเอมพิริคัล และสูตรโมเลกุล

- ต้องทราบว่าสารประกอบนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง ร้อยละโดยน้ำหนักของแต่ละธาตุว่ามีอยู่เท่าใด และน้ำหนักอะตอมของแต่ละธาตุด้วย
- เมื่อได้สูตรเอมพิริคัลแล้ว จะสามารถคำนวณหาสูตรโมเลกุลได้เมื่อทราบน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนั้นๆ

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

ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์สารประกอบชนิดหนึ่ง พบว่าประกอบด้วยกำมะถันและออกซิเจนมีร้อยละโดยน้ำหนักของกำมะถันเป็น 50.05 และออกซิเจน 49.95 ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนี้เท่ากับ 64 จงคำนวณหาสูตรเอมพิริคัล และสูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้ (น้ำหนักอะตอมของ S = 32 และ O = 16)

วิธีทำ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ S : O = 50.05 : 49.95

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนโดยโมลของอะตอม S : O} &= \frac{50.05}{32} : \frac{49.95}{16} \\ (\text{หารด้วยน้ำหนักอะตอม}) & \\ &= 1.56 : 3.12\end{aligned}$$

ทำให้เป็นอัตราส่วนที่เป็นเลขน้อยๆ โดยการหารตลอดด้วยเลขที่น้อยที่สุด คือ 1.56

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

$$\text{S : O} = 1 : 2$$

∴ สูตรอย่างง่าย คือ SO_2

วิธีทำ (ต่อ)

จากสูตรเอมพิริกัล คือ SO_2

สูตรโมเลกุล เป็น $(\text{SO}_2)_n$

$$\text{จะได้ว่า} \quad (\text{SO}_2)_n = 64$$

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

$$(64)_n = 64$$

$$n = 1$$

$\therefore$ สูตรโมเลกุล คือ SO_2

ตัวอย่าง สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วย C 40.1%, H 6.6% และ O 53.3% ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนี้มีค่าเท่ากับ 180 จงคำนวณหาสูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุล (น้ำหนักอะตอมของ C = 12.01, H = 1.008 และ O = 16.00)

2.4 โมล (Mole)

“โมล (mole หรือ mol) เป็นหน่วยที่ใช้ในการบอกปริมาณสาร”

- ❖ 1 โมล มีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค (อะตอม/ไอออน/โมเลกุล)
 $6.0221367 \times 10^{23} =$ เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number: N_A)
- ❖ 1 โมลของธาตุ (โมเลกุล) ใดๆ จะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักอะตอม (น้ำหนักโมเลกุล) ของธาตุ (โมเลกุล) นั้นๆ ในหน่วยเป็นกรัม

เช่น กำหนดน้ำหนักอะตอมของ H = 1, C = 12, O = 16

C 1 โมล $\Rightarrow$ C 6.02×10^{23} อะตอม $\Rightarrow$ C 12 กรัม

H₂O 1 โมล $\Rightarrow$ H₂O 6.02×10^{23} โมเลกุล $\Rightarrow$ H₂O 18 กรัม

H₂O 1 โมล $\Rightarrow$ H 6.02×10^{23} อะตอม

$\Rightarrow$ O $2(6.02 \times 10^{23})$ อะตอม = 1.20×10^{24} อะตอม

ตัวอย่าง กำหนดน้ำหนักอะตอมของ He = 4, Ca = 40, Cl = 35.5

He 0.5 โมล $\Rightarrow$ He 3.01×10^{23} อะตอม $\Rightarrow$ He 2 กรัม

CaCl_2 2 โมล $\Rightarrow \text{CaCl}_2$ $2(6.02) \times 10^{23} = 1.20 \times 10^{24}$ โมเลกุล

$\Rightarrow \text{Ca}^{2+}$ 6.02×10^{23} ไอออน

$\Rightarrow \text{Cl}^-$ $2(6.02) \times 10^{23} = 1.20 \times 10^{24}$ ไอออน

$\Rightarrow \text{CaCl}_2$ $2(111) = 222$ กรัม

$$n = \frac{N_A}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{g}{MW}$$

โดย	n	=	จำนวนโมล
	N_A	=	จำนวนอนุภาค (อะตอม/ไอออน/โมเลกุล)
	g	=	น้ำหนักของสาร หน่วยเป็นกรัม
	MW	=	น้ำหนักอะตอมหรือน้ำหนักโมเลกุล

ตัวอย่าง ถ้ามีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หนัก 9.24 g จงคำนวณหา

ก. จำนวนโมลของ CO_2

ข. จำนวนโมเลกุลของ CO_2

ค. จำนวนโมลของแต่ละธาตุในคาร์บอนไดออกไซด์

ง. จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุ

กำหนดน้ำหนักอะตอมของ C = 12.0 และ O = 16.0

2.5 สมการเคมี

ปฏิกิริยาเคมี (Chemical reaction) เป็นกระบวนการที่สารหนึ่ง (หรือสารหลายชนิด) มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสารชนิดใหม่หรือเป็นสารใหม่ได้มากกว่าหนึ่งชนิด

สมการเคมี (Chemical equation) เป็นสิ่งที่เขียนแทนปฏิกิริยาเคมี ซึ่งบอกให้ทราบถึงชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน และชนิดของสารที่เป็นผลผลิตของปฏิกิริยา

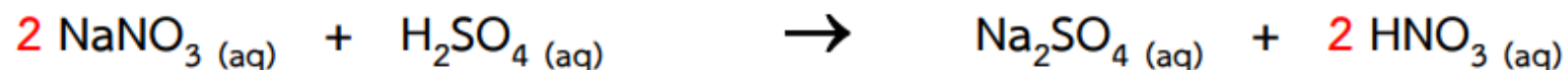
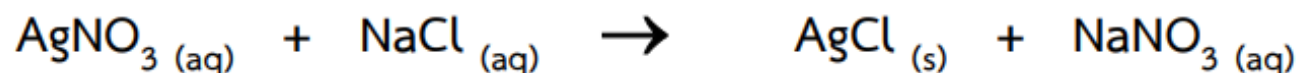
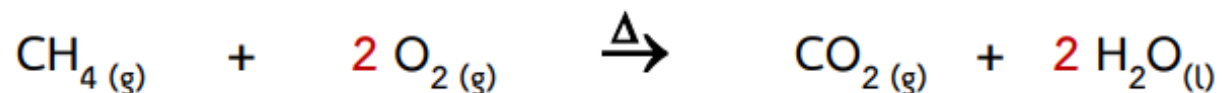
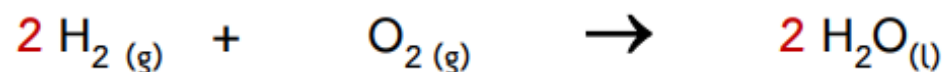
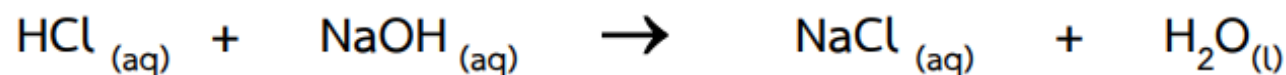
สารที่เข้าทำปฏิกิริยา	⇒	สารตั้งต้น (Reactant)	เขียนไว้ทาง “ซ้าย”
สารที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยา	⇒	สารผลิตภัณฑ์ (Product)	เขียนไว้ทาง “ขวา”
“ → ”	⇒	ทิศทางของปฏิกิริยา	
“ + ”	⇒	ทำปฏิกิริยากับ	
(s), (l), (g)	⇒	สถานะของสาร	เขียนต่อท้ายสารแต่ละตัว
(aq)	⇒	สารละลายในน้ำ (aqueous)	



สมการเคมี

สมการที่สมบูรณ์ ต้องมีจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุทั้งสองข้างของลูกศรเท่ากัน

“ดุลสมการ”



2.6 การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับสมการเคมี

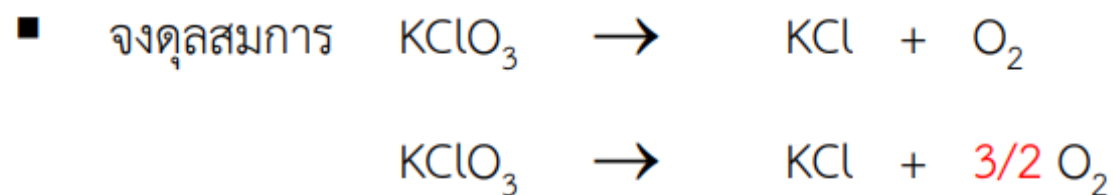
“สมการเคมีที่จะใช้สำหรับการคำนวณต้องเป็นสมการที่ดุลแล้ว”

วิธีการดุลสมการเคมีทั่วไป

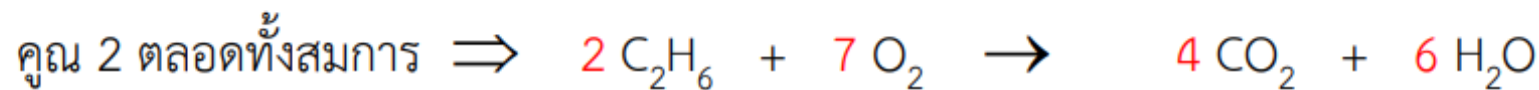
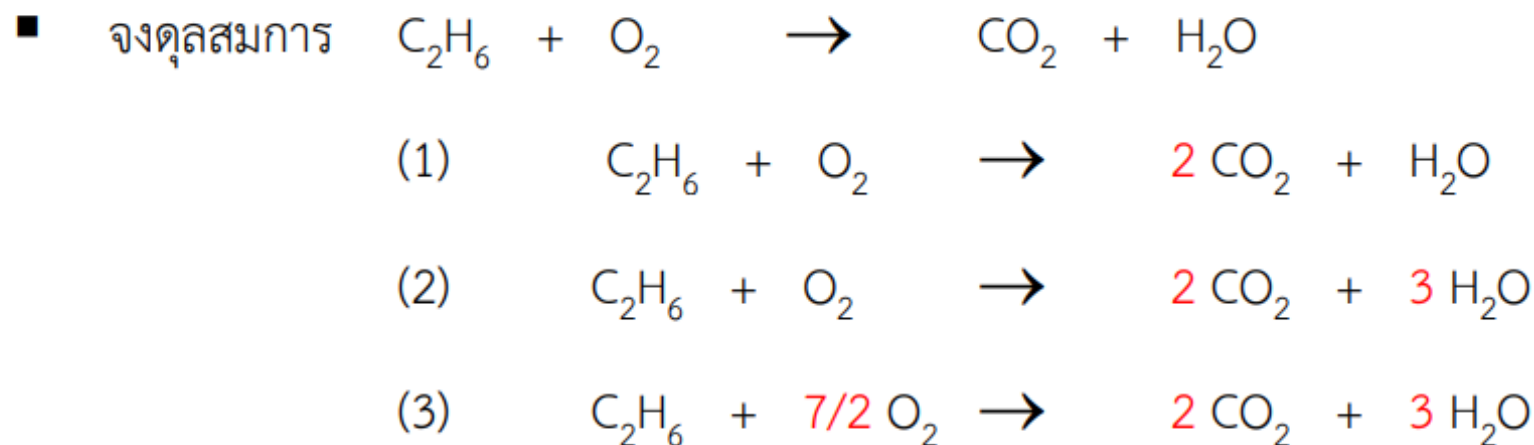
- ระบุว่าสารใดเป็นสารตั้งต้น และสารใดเป็นสารผลิตภัณฑ์
- เขียนสูตรเคมีที่ถูกต้องของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งสูตรเคมีนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ดุลสมการโดยหาตัวเลขสัมประสิทธิ์มาเติมข้างหน้าสูตรเคมี เพื่อให้อะตอมชนิดเดียวกัน ทั้งซ้ายและขวาของสมการมีจำนวนเท่ากัน
- ให้คิดไอออนที่เป็นกลุ่มอะตอมเปรียบเสมือนหนึ่งหน่วย ถ้าไอออนนั้นไม่แตกกลุ่มออกมาในปฏิกิริยา
- ตรวจสอบอีกครั้งว่าถูกต้องโดยมีจำนวนอะตอมชนิดเดียวกันเท่ากันทั้งสองข้าง

“สมการเคมีที่ดุลแล้ว จะบอกให้ทราบถึงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ (โมล) ของสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา และสามารถคำนวณปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานั้น”

ตัวอย่างการดุลสมการ

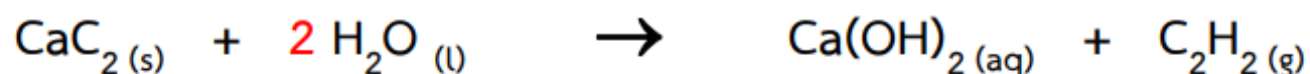


คูณ 2 ตลอดทั้งสมการเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของเลขจำนวนเต็ม



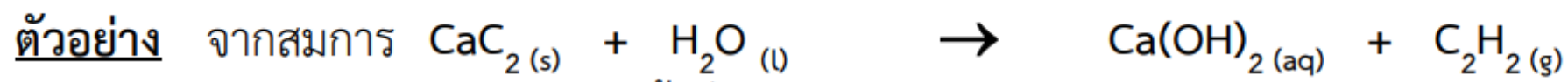
การคำนวณปริมาณของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

$$n = \frac{N_A}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{g}{MW} = \frac{V}{22.4} \quad \begin{array}{l} \text{ปริมาตรแก๊ส (L) ที่ STP} \\ (0^\circ\text{C}, 1 \text{ atm}) \end{array}$$



1	2	1	1	โมล
6.02×10^{23}	$2(6.02 \times 10^{23})$	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	โมเลกุล
64.0	$2(18) = 36.0$	74.0	26.0	กรัม
-	-	-	22.4	ลิตร ที่ STP

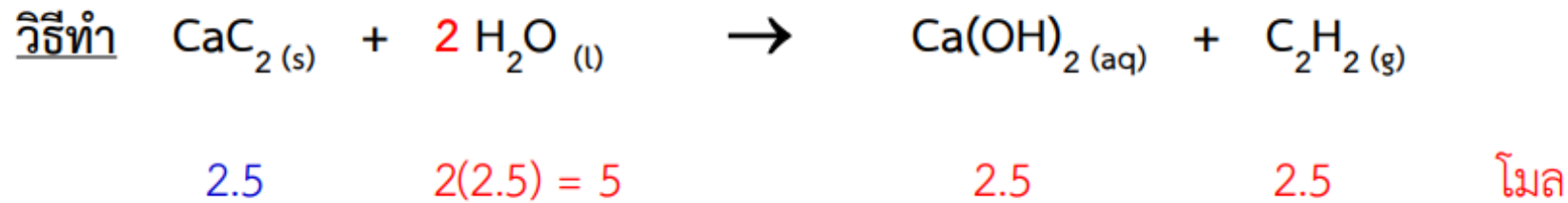
(กำหนดมวลอะตอม: H=1.0, C = 12.0, O = 16.0, Ca = 40.0)



ถ้าใช้ CaC_2 2.5 mol ทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีปริมาณมากเกินไป

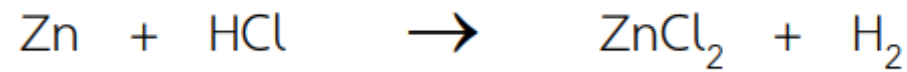
- ก. จะได้ C_2H_2 กี่โมล
- ข. จะได้ C_2H_2 กี่กรัม
- ค. ได้ C_2H_2 กี่ลิตร ที่ STP
- ง. น้ำทำปฏิกิริยาไปกี่โมลและกี่กรัม

(กำหนดมวลอะตอม: H=1.0, C = 12.0, O = 16.0, Ca = 40.0)



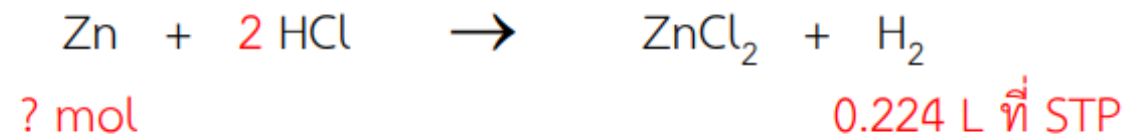
$$\begin{aligned}
 \therefore \text{จะได้ } \text{C}_2\text{H}_2 &= 2.5 \text{ โมล} \\
 &= 2.5 \times 26 = 65 \text{ กรัม} \\
 &= 2.5 \times 22.4 = 56 \text{ ลิตร ที่ STP} \\
 \text{น้ำทำปฏิกิริยา} &= 2 \times 2.5 = 5 \text{ โมล} \\
 &= 5 \times 18 = 90 \text{ กรัม}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคำนวณว่าจะต้องใช้สังกะสีกี่โมลและกี่กรัมทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ จึงจะให้แก๊สไฮโดรเจน 0.224 ลิตร ที่ STP ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



(กำหนดมวลอะตอม: H=1.0, Cl = 35.5, Zn = 65.4)

วิธีทำ



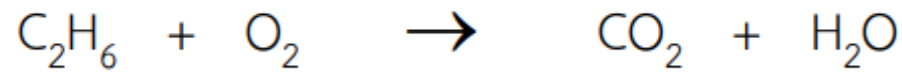
หา mol H₂ จาก $n = \frac{V}{22.4} = \frac{0.224}{22.4} = 0.0100 \text{ mol}$

จากสมการ H₂ 1 mol ผลิตจาก Zn 1 mol
 $\therefore$ H₂ 0.0100 mol ผลิตจาก Zn 0.0100 mol

เปลี่ยนเป็นกรัม Zn 1 mol หนักเท่ากับ 65.4 g
 $\therefore$ Zn 0.0100 mol หนักเท่ากับ $\frac{65.4 \times 0.0100}{1} = \underline{0.654 \text{ g}}$

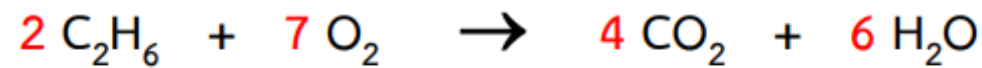
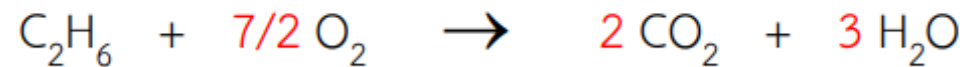
$$\text{จาก } n = \frac{g}{\text{MW}} \Rightarrow g = n \times \text{MW} = 0.0100 \times 65.4 = 0.654 \text{ g}$$

ตัวอย่าง จงคำนวณว่าจะต้องใช้แก๊สออกซิเจนกี่ลิตร จึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สอีเทน 25.0 ลิตร ที่ STP ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



(กำหนดมวลอะตอมของ H=1.0, C = 12.0, O = 16.0)

วิธีทำ



25.0 L ? L

หา mol C₂H₆ จาก $n = \frac{V}{22.4} = \frac{25.0}{22.4} = 1.12 \text{ mol}$

จากสมการ C₂H₆ 2 mol จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O₂ 7 mol

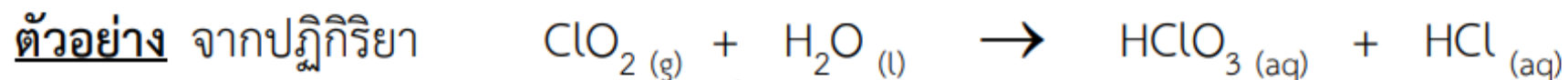
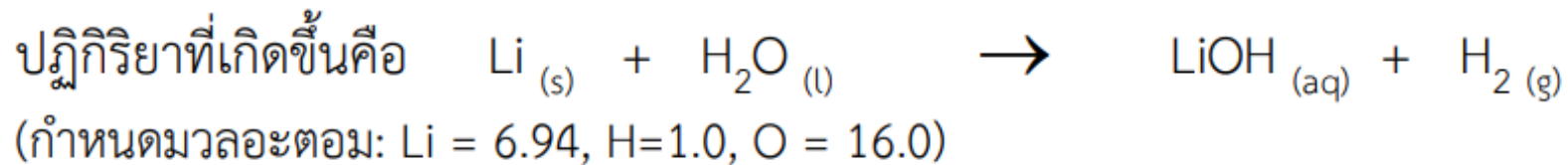
∴ C₂H₆ 1.12 mol จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O₂ $\frac{7 \times 1.12}{2} = 3.92 \text{ mol}$

เปลี่ยนเป็นลิตร O₂ 1 mol มีปริมาตรเท่ากับ 22.4 L

∴ O₂ 3.92 mol มีปริมาตรเท่ากับ $\frac{22.4 \times 3.92}{1} = 87.8 \text{ L}$

จาก $n = \frac{V}{22.4} \Rightarrow V = n \times 22.4 = 3.92 \times 22.4 = 87.8 \text{ L}$

ตัวอย่าง จงคำนวณว่าจะต้องใช้ลิเทียมกี่กรัม เพื่อผลิตแก๊สไฮโดรเจน 9.89 กรัม



ก. ถ้าใช้ ClO_2 14.3 g จะได้ HClO_3 เกิดขึ้นกี่โมล

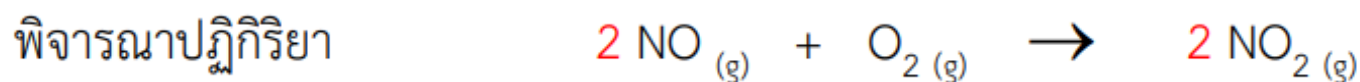
ข. ถ้าต้องการ HClO_3 5.74 g จะต้องใช้ H_2O กี่กรัม

ค. ถ้าผสม ClO_2 4.25 g กับ H_2O 0.85 g เข้าด้วยกัน จะได้ HClO_3 กี่กรัม

(กำหนดมวลอะตอม: Cl = 35.45, H=1.0, O = 16.0)

2.7 สารกำหนดปริมาณ (Limiting agent)

“เนื่องจากสารเข้าทำปฏิกิริยาเคมีกันในอัตราส่วนโมลต่อโมลที่แน่นอน
สารที่มีปริมาณน้อยกว่าจึงเป็นตัวกำหนดว่าปฏิกิริยาสามารถเกิดผลผลิตได้อย่างมากที่สุดเท่าใด
เรียกสารที่มีปริมาณน้อยกว่านี้ว่าสารกำหนดปริมาณ (Limiting reactant)”



หากมี NO 8 โมล และ O₂ 7 โมล สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ

จากสมการ	NO 2 mol	จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O ₂ 1 mol
∴	NO 8 mol	ต้องทำปฏิกิริยาพอดีกับ O ₂ 4 mol

หรือ

จากสมการ	O ₂ 1 mol	จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ NO 2 mol
∴	O ₂ 7 mol	ต้องทำปฏิกิริยาพอดีกับ NO 14 mol

NO ถูกใช้หมด
O₂ เหลือ

ดังนั้น NO จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ

นั่นคือ เมื่อ NO ถูกใช้ไปหมด จะไม่มีสารผลิตภัณฑ์ NO₂ เกิดขึ้นอีกเลย

ตัวอย่าง จงคำนวณว่าจะเตรียมลิเทียมออกไซด์ได้กี่โมล จากลิเทียม 1.0 g และออกซิเจน 1.5 g สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือ และเหลือกี่กรัม

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $4 \text{ Li} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ Li}_2\text{O}$ (กำหนดมวลอะตอม: Li = 6.9, O = 16.0)

$$\text{หา mol Li} \quad \text{จาก} \quad n = \frac{g}{\text{MW}} = \frac{1.0 \text{ g}}{6.9 \text{ g/mol}} = 0.14 \text{ mol}$$

$$\text{หา mol O}_2 \quad \text{จาก} \quad n = \frac{g}{\text{MW}} = \frac{1.5 \text{ g}}{32.0 \text{ g/mol}} = 0.047 \text{ mol}$$

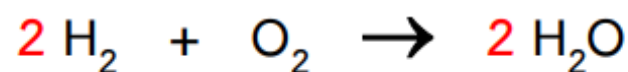
พิจารณาจากสมการ Li 4 mol จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O₂ 1 mol

$$\therefore \text{Li } 0.14 \text{ mol} \quad \text{จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O}_2 \frac{0.14 \times 1}{4} = 0.035 \text{ mol}$$

ดังนั้น Li จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ เหลือเท่ากับ } 0.047 - 0.035 &= 0.012 \text{ mol} = 0.012 \text{ mol} \times 32.0 \text{ g/mol} \\ &= 0.38 \text{ g} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคำนวณว่าเกิด H_2O กี่กรัม จากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจน 11.2 L และออกซิเจน 11.2 L ที่ STP (กำหนดมวลอะตอมของ $\text{H} = 1.0$, $\text{O} = 16.0$)



$$\text{หา mol H}_2 \quad \text{จาก} \quad n = \frac{V}{22.4} = \frac{11.2}{22.4} = 0.500 \text{ mol}$$

$$\text{หา mol O}_2 \quad \text{จาก} \quad n = \frac{V}{22.4} = \frac{11.2}{22.4} = 0.500 \text{ mol}$$

พิจารณาจากสมการ H_2 2 mol จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 1 mol

$$\therefore \text{H}_2 \text{ 0.500 mol} \quad \text{จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ } \text{O}_2 \frac{0.500 \times 1}{2} = 0.250 \text{ mol}$$

ดังนั้น H_2 จึงเป็นสารกำหนดปริมาณ

จากสมการ H_2 2 mol จะทำให้เกิด H_2O เท่ากับ 2 mol

$\therefore \text{H}_2$ 0.500 mol จะทำให้เกิด H_2O เท่ากับ 0.500 mol

$$= 0.500 \text{ mol} \times 18.0 \text{ g/mol}$$

$$= \underline{9.00 \text{ g}}$$

ตัวอย่าง จากปฏิกิริยา $2 \text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$

ในกระบวนการเชื่อมโลหะ หากใช้ Al 124 g ทำปฏิกิริยากับ Fe_2O_3 601 g

จงคำนวณ ก. น้ำหนักของ Al_2O_3 ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

ข. น้ำหนักของสารที่เหลือหลังสิ้นสุดปฏิกิริยา ($\text{Al} = 27.0, \text{Fe} = 55.8, \text{O} = 16.0$)

2.8 ผลผลิตตามทฤษฎี ผลผลิตจริง และผลผลิตร้อยละ

❑ ผลผลิตตามทฤษฎี (Theoretical yield)

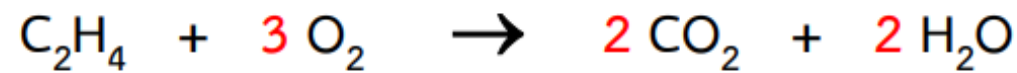
ปริมาณของผลผลิตที่อาจเกิดขึ้นได้มากที่สุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว

❑ ผลผลิตแท้จริง (Actual yield)

ปริมาณของผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งวัดหรือชั่งได้จากการทดลอง

$$\text{ผลผลิตร้อยละ (\% yield)} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

ตัวอย่าง เมื่อนำ C_2H_4 1.93 กรัม มาเผาไหม้กับออกซิเจนที่มากเกินไป พบว่าเกิด CO_2 เกิดขึ้น 3.44 กรัม จงคำนวณผลผลิตร้อยละของ CO_2 นี้ (C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0)



$$\text{หา mol } C_2H_4 \quad \text{จาก} \quad n = \frac{g}{MW} = \frac{1.93}{28.0} = 0.0689 \text{ mol}$$

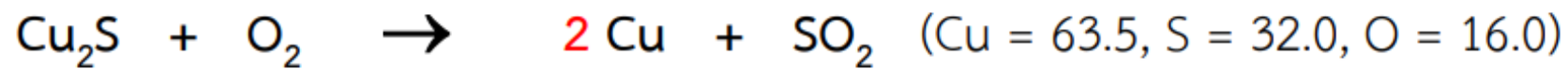
พิจารณาจากสมการ C_2H_4 1 mol จะทำให้เกิด CO_2 เท่ากับ 2 mol

$$\therefore C_2H_4 \text{ } 0.0689 \text{ mol จะทำให้เกิด } CO_2 \text{ เท่ากับ } 0.0689 \times 2 = 0.138 \text{ mol}$$

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักของ } CO_2 \text{ เท่ากับ } 0.138 \text{ mol} \times 44.0 \text{ g/mol} = 6.07 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลผลิตร้อยละ (\% yield)} &= \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100 \\ &= \frac{3.44}{6.07} \times 100 \\ &= \underline{56.7 \%} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงหาปริมาณผลผลิตตามทฤษฎี (กรัม) ของทองแดงที่ได้จากการแยกคอปเปอร์ (I) ซัลไฟด์ (Cu_2S) 1590 กรัม ปฏิกริยาที่เกิดขึ้น คือ



ถ้าในการทดลองได้ทองแดง 1200 กรัม จงคำนวณผลผลิตร้อยละของทองแดงนี้ (1270g, 94.5%)

แบบฝึกหัดทบทวนท้ายบท

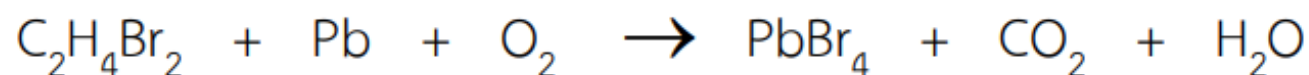
1. สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนชนิดหนึ่ง มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 30.4% จงหาสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสารนี้ หากมวลโมเลกุลของสารนี้มีค่าเท่ากับ 92.04
2. กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 0.05 โมล ($\text{H} = 1.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{P} = 31.0$)
 - ประกอบด้วยกรดฟอสฟอริกกี่โมเลกุล
 - ประกอบด้วย H, P และ O อย่างละกี่อะตอม
 - มีน้ำหนักกี่กรัม
3. ไดไนโตรเจนเพนตะออกไซด์ (N_2O_5) 25.0 g มีอะตอมไนโตรเจนกี่โมล กี่อะตอม และกี่กรัม
4. จงดุลสมการต่อไปนี้
 - $\text{ZnS} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$
 - $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{ZnS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2$

5. การใช้ยีสต์ผลิตเอทานอล (C_2H_5OH) จากน้ำตาล เป็นไปตามสมการ



ถ้าใช้น้ำตาล 500 g จะได้เอทานอลกี่กรัม และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กี่ลิตร ที่ STP

6. เอทิลีนโบรไมด์ ($C_2H_4Br_2$) ทำปฏิกิริยาเผาไหม้กับตะกั่ว (Pb) ดังสมการ



ถ้าใช้ $C_2H_4Br_2$ 0.80 mol ทำปฏิกิริยากับ Pb 145.0 g และมีออกซิเจนมากเกินไป

- สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ
- มีสารใดเหลือและเหลือกี่กรัม
- O_2 ถูกใช้ไปกี่โมล
- มี CO_2 เกิดขึ้นกี่ลิตร STP
- ถ้า $PbBr_4$ ที่รวบรวมได้จากการทดลองมีเพียง 190.0 g จงหาผลผลิตร้อยละของสารนี้
($C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0, Pb = 207.0, Br = 79.9$)