

# Solution

## สารละลาย

09-210- 121

Dr. Karan BOBUATONG

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology,  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

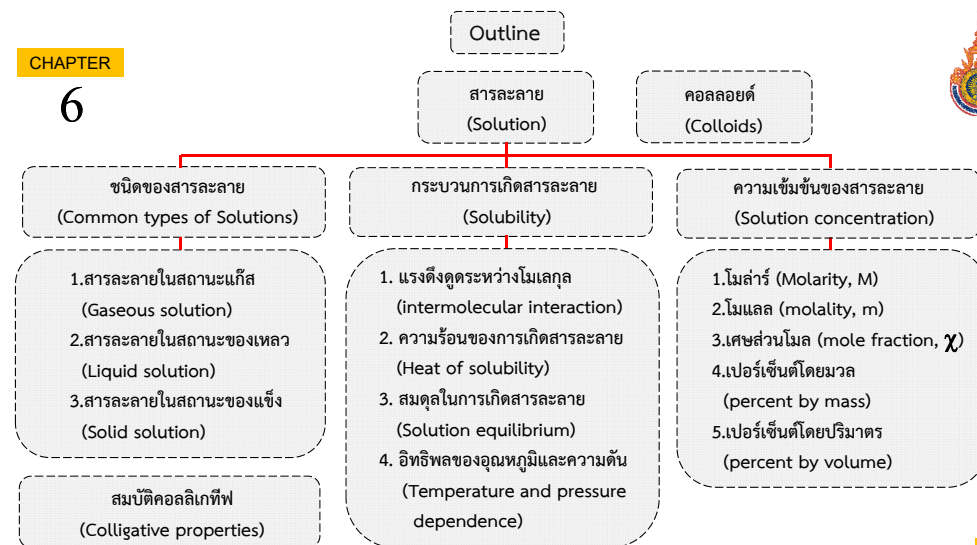


CHAPTER

6

CHAPTER

6



2

CHAPTER

6

### ชนิดของสารละลาย (Common types of Solutions)

สารละลาย คือสารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเป็นองค์ประกอบ

❖ ตัวถูกละลาย (Solute) คือสารที่มีปริมาณน้อยกว่า ❖ ตัวทำละลาย (Solvent) คือสารที่มีปริมาณมากกว่า

สถานะของสารละลาย	สถานะของตัวถูกละลาย	สถานะของตัวทำละลาย	ตัวอย่าง
แก๊ส	แก๊ส	แก๊ส	อากาศ
ของเหลว	แก๊ส	ของเหลว	น้ำโซดา
	ของเหลว	ของเหลว	วอดก้า
	ของแข็ง	ของเหลว	น้ำทะเล
ของแข็ง	ของแข็ง	ของแข็ง	ทองเหลือง (Cu + Zn)

สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย เรียกว่า aqueous solution (aq) เช่น NaCl (aq)

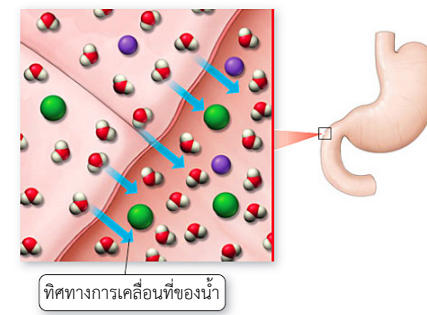
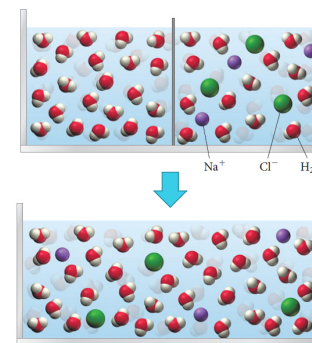
3

CHAPTER

6

### กระบวนการเกิดสารละลาย

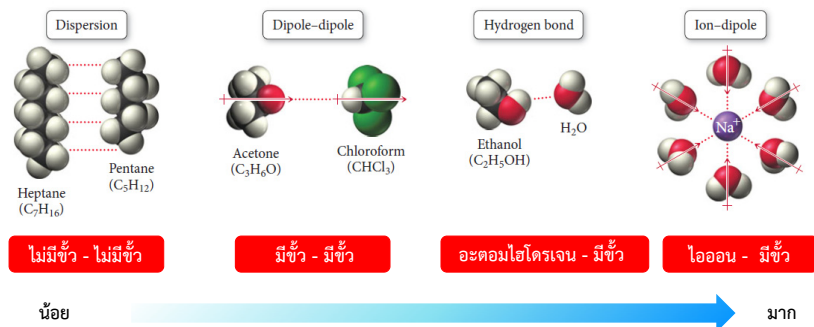
การเกิดสารละลายเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้เอง (spontaneous process) เช่นการแพร่ของสารชนิดหนึ่งไปยังสารอีกชนิดหนึ่งจนเกิดเป็นของผสมเนื้อเดียวหรือสารละลาย



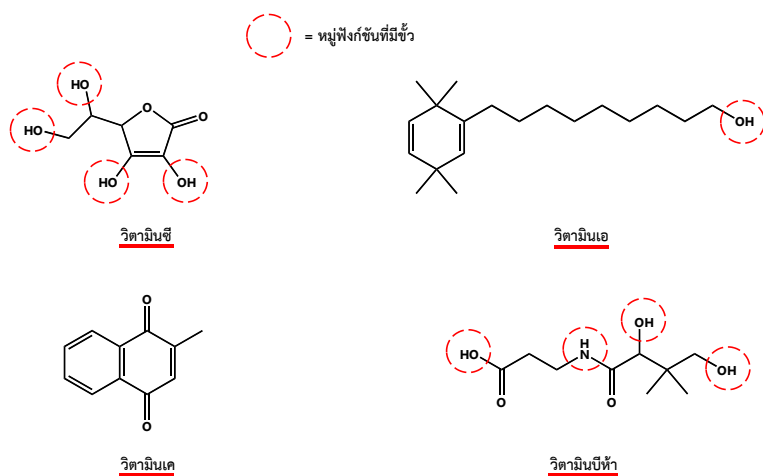
4

## 1. แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (intermolecular interaction)

การละลายเป็นไปตามหลัก *"like dissolved like"* ตัวถูกละลายไม่มีขั้ว ละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว  
ตัวถูกละลายมีขั้ว ละลายในตัวทำละลายมีขั้ว



		การละลายน้ำ (mol แอลกอฮอล์ในน้ำ 100g)	การละลายในเฮกเซน (mol แอลกอฮอล์ในเฮกเซน 100g)
Methanol, $CH_3OH$		✓	0.12
Ethanol, $CH_3CH_2OH$		✓	✓
Propanol, $CH_3CH_2CH_2OH$		✓	✓
Butanol, $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$		0.11	✓
Pentanol, $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$		0.030	✓

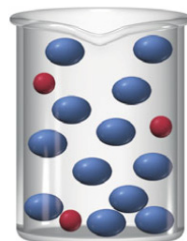


ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและการเกิดสารละลาย

แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวทำละลาย	>	แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย-ตัวทำละลาย	เกิดสารละลาย
แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวทำละลาย	=	แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย-ตัวทำละลาย	เกิดสารละลาย
แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวทำละลาย	<	แรงดึงดูดระหว่าง ตัวถูกละลาย-ตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย-ตัวทำละลาย	ไม่เกิดสารละลาย

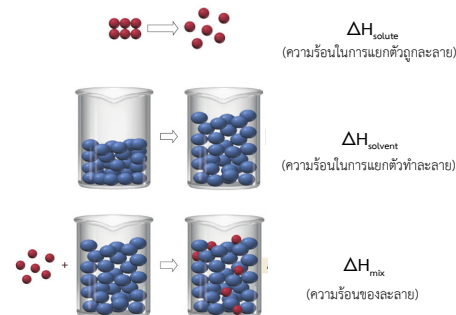
ตัวทำละลาย ตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย ตัวถูกละลาย ตัวถูกละลาย



## 2. ความร้อนของการละลาย (Heat of solution)

การเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการละลาย เรียกว่า ความร้อนของการละลาย



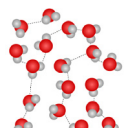
$$\Delta H_{\text{solution}} = \Delta H_{\text{mix}} - \Delta H_{\text{solvent}} - \Delta H_{\text{solute}}$$

 $\Delta H_{\text{solution}}$  มีค่าเป็นลบ แสดงว่า มีการคายความร้อนในการละลาย $\Delta H_{\text{solution}}$  มีค่าเป็นบวก แสดงว่า มีการดูดความร้อนในการละลาย

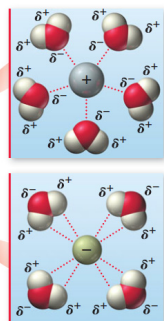
สารละลาย KF



ผลึก KF



น้ำ



$$\Delta H_{\text{solution}} = \Delta H_{\text{mix}} - \Delta H_{\text{solvent}} - \Delta H_{\text{solute}}$$

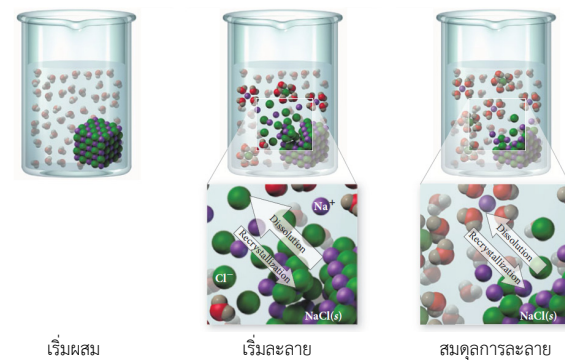
$$\Delta H_{\text{solution}} = (-819 + 400 + 421) \text{ kJ mol}^{-1} = 2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

กระบวนการที่ไม่เกี่ยวข้องของตัวทำละลายล้อมรอบและเกิดปฏิกิริยากับไอออน หรือโมเลกุลของตัวถูกละลาย เรียกว่า โซลเวชัน (Solvation) แต่ถ้าตัวทำละลายคือ น้ำ เรียกว่า ไฮเดรชัน (Hydration)



## 3. สมดุลในการเกิดสารละลาย (Solution equilibrium)

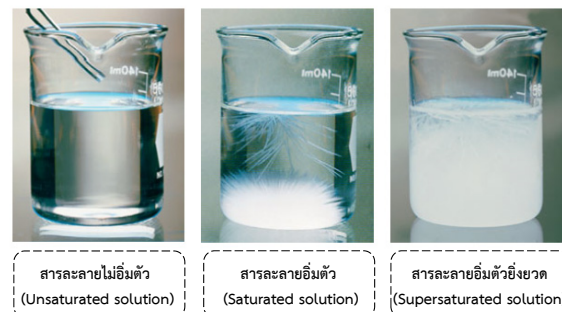
สมดุลในการเกิดสารละลายเกิดขึ้นเมื่ออัตราการละลายเท่ากับอัตราการตกผลึกของตัวถูกละลาย



## ชนิดของสารละลาย

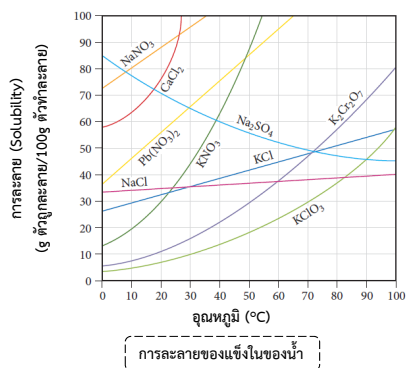
การจำแนกชนิดสารละลายโดยยึดการละลายของตัวถูกละลายเป็นเกณฑ์

1. สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated solution) หมายถึง สารละลายที่ตัวถูกละลายสามารถละลายในตัวทำละลายได้อีก ณ อุณหภูมิหนึ่ง
2. สารละลายอิ่มตัว (Saturated solution) หมายถึง สารละลายที่ตัวถูกละลาย ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายได้อีก ณ อุณหภูมิหนึ่ง
3. สารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturated solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงกว่าในสารละลายอิ่มตัว เตรียมโดยนำสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ โดยไม่มีการคนจึงถึงอุณหภูมิที่ตัวถูกละลายละลายได้น้อย



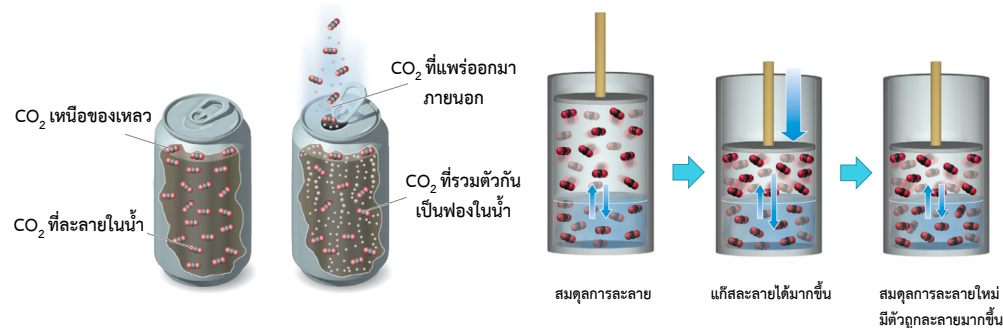
## 4. อิทธิพลของอุณหภูมิ (Temperature dependence of solubility)

การละลายของตัวถูกละลายจะมากขึ้นเมื่อความร้อนในการละลายมีค่าเป็นบวก หรือดูดความร้อนเพื่อการละลาย การละลายของตัวถูกละลายจะน้อยลงเมื่อความร้อนในการละลายมีค่าเป็นลบ หรือคายความร้อนเพื่อการละลาย



## 4. อิทธิพลของความดัน (Pressure dependence of solubility)

เมื่อความดันของตัวถูกละลายมากขึ้นการละลายของตัวถูกละลายจะมากขึ้น



### ความเข้มข้นของสารละลาย (Solution concentration)



ความเข้มข้นของสารละลายเป็นค่าบ่งชี้สัดส่วนระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลาย ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารละลายนั้นๆ เช่น สารละลายความเข้มข้นสูงจะนำไฟฟ้าได้ดี มีความหนืดสูง การดูดกลืนคลื่นแสงมาก อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้น ทิศทางของการแพร่ของตัวถูกละลาย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย



### หน่วยของสารละลาย



ชนิดของความเข้มข้น	ความหมาย	หน่วย
ร้อยละโดยน้ำหนัก (%weight by weight)	$\frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{น้ำหนักตัวทำละลาย}} \times 100\%$	%w/w
ร้อยละโดยปริมาตร (%volume by volume)	$\frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรตัวทำละลาย}} \times 100\%$	%v/v
ร้อยละมวลต่อปริมาตร (%weight by volume)	$\frac{\text{มวลตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรตัวทำละลาย}} \times 100\%$	%w/v
ส่วนในล้านส่วน (ppm)	$\frac{\text{จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรตัวทำละลายหนึ่งลิตร หรือหนึ่งกิโลกรัม}}$	ppm
ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)	$\frac{\text{จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรตัวทำละลายหนึ่งพันลิตร หรือหนึ่งพันกิโลกรัม}}$	ppb

### หน่วยของสารละลาย



ชนิดของความเข้มข้น	ความหมาย	หน่วย
โมลาร์ (Molarity, M)	$\frac{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลาย}}{\text{สารละลายปริมาตรหนึ่งลิตร}}$	mol/L หรือ mol/dm³
โมลาล (Molality, m)	$\frac{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลาย}}{\text{ตัวทำละลายหนึ่งกิโลกรัม}}$	mol/kg
นอร์มัล (Normality, N)	$\frac{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของสารนั้น}}{\text{น้ำหนักสมมูล}}$	N
เศษส่วนโมล (Mole fraction, X)	$\frac{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลาย}}{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลายทั้งหมด + จำนวนโมลตัวทำละลาย}}$	ไม่มี
เปอร์เซ็นต์โมล (Mole percent, mol%)	$\frac{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลาย} \times 100\%}{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลายทั้งหมด + จำนวนโมลตัวทำละลาย}}$	%

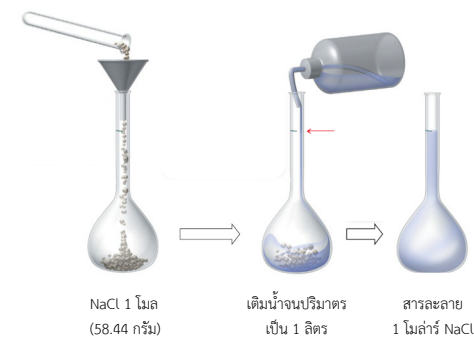
### 1. โมลาร์ (Molarity, M)

ความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ หมายถึงจำนวนโมลตัวถูกละลายในสารละลายปริมาตรหนึ่งลิตร

$\frac{\text{จำนวนโมลตัวถูกละลาย}}{\text{สารละลายปริมาตรหนึ่งลิตร}}$

$$\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (g)}}{\text{มวลโมเลกุลตัวถูกละลาย (g mol⁻¹)}}$$

$$\frac{\text{ตัวถูกละลายเป็นของแข็ง}}{\text{เจือจางสารละลาย}} \quad \frac{g}{\text{M.W.}} = \frac{CV}{1,000} \quad C_1V_1 = C_2V_2$$



## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 1

ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย  $\text{NiCl}_2$  ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ต้องชั่งสาร  $\text{NiCl}_2$  มากี่กรัม (Ni=58.7 และ Cl=35.5)

$$\frac{g}{M.W.} = \frac{CV}{1,000} \quad \text{มวลโมเลกุลของ } \text{NiCl}_2 = (\text{มวลอะตอมของ Ni}) + (2 \times \text{มวลอะตอมของ Cl})$$

$$= (58.7 + (2 \times 35.5)) \text{ กรัมต่อโมล}$$

$$= 128.7 \text{ กรัมต่อโมล}$$

$$g = \frac{CV}{1,000} \times M.W.$$

$$= \frac{(0.05 \text{ โมลาร์} \times 250 \text{ มิลลิลิตร} \times 128.7 \text{ กรัมต่อโมล})}{1,000}$$

$$= 1.61 \text{ กรัม}$$

ชั่ง  $\text{NiCl}_2$  1.61 กรัม ละลายในน้ำจนมีปริมาตรของสารละลาย 250 มิลลิลิตร



21

## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 2

ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย  $\text{NaOH}$  ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ต้องชั่งสาร  $\text{NaOH}$  มากี่กรัม (Na=23, O=16 และ H=1)



22

## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 3

สาร  $\text{NaOH}$  60 กรัม ละลายน้ำจนได้สารละลาย 600 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์



23

## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 4

สาร  $\text{KOH}$  0.65 กรัม ละลายน้ำจนได้สารละลาย 250 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์ (K=39.0, O=16 และ H=1)



24

## ตัวอย่างการคำนวณ 5

ดวง KOH ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ 10 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร KOH ที่เตรียมได้ใหม่นี้มีความเข้มข้นเท่าใด



## 2. โมลาล (Molality, m)

ความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ หมายถึงจำนวนโมลตัวถูกละลายในตัวทำละลายหนึ่งกิโลกรัม

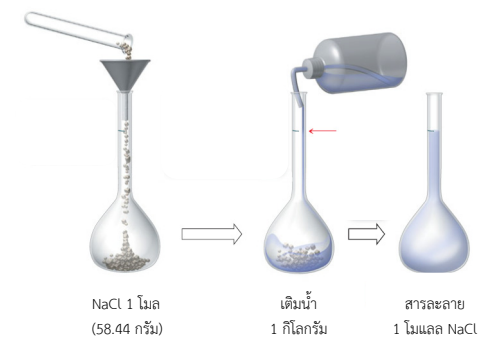
จำนวนโมลตัวถูกละลาย  
ตัวทำละลายหนึ่งกิโลกรัม

$$\text{mol/kg} = \frac{w_1 \times 1000}{w_2 \times \text{M.W.}}$$

$w_1$  = มวลของตัวถูกละลาย (กรัม)

$w_2$  = มวลของตัวทำละลาย (กรัม)

M.W. = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย (กรัมต่อโมล)



## ตัวอย่างการคำนวณ 6

น้ำตาลซึ่งมีสูตร  $C_{12}H_{22}O_{11}$ หนัก 10 g ละลายน้ำ 125 g จะมีความเข้มข้นกี่โมลาล (C=12, H=1 และ O=16)

$$\begin{aligned} \text{โมลาล} &= \frac{w_1 \times 1,000}{w_2 \times \text{M.W.}} \\ &= \frac{10 \text{ กรัม} \times 1,000}{125 \text{ กรัม} \times 342.0 \text{ กรัมต่อโมล}} \\ &= 0.23 \text{ โมลาล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{มวลโมเลกุลของ } C_{12}H_{22}O_{11} &= (12 \times \text{มวลอะตอมของ C}) + (22 \times \text{มวลอะตอมของ H}) \\ &\quad + (11 \times \text{มวลอะตอมของ O}) \\ &= (12 \times 12.0) + (22 \times 1.0) + (11 \times 16.0) \text{ กรัมต่อโมล} \\ &= 342.0 \text{ กรัมต่อโมล} \end{aligned}$$



## ตัวอย่างการคำนวณ 7

ถ้าต้องการสารละลายน้ำตาล ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 0.1 โมลาล ละลายในน้ำปริมาณ 500 กรัม จะต้องชั่งน้ำตาลมากี่กรัม (C=12, H=1 และ O=16)



## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 8

จงหาความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมจากน้ำตาล  $C_6H_{12}O_6$  10 กรัมกับน้ำ 135 กรัมในหน่วยโมลแลล (C=12, H=1 และ O=16)



29

## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 9

จงหาความเข้มข้นเป็นโมลลิตของสารละลาย NaCl ซึ่งประกอบด้วย NaCl 5.0 กรัม ในน้ำ 200 กรัม (Na=23 และ Cl=35.5)



30

## CHAPTER

6

## 3. นอร์มัล (Normality, N)

ความเข้มข้นในหน่วยนอร์มัลหมายถึงจำนวนกรัมสมมูลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ซึ่งจะต้องหาปริมาณของสารในรูปสมมูลในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร

$$\text{จำนวนสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูล (g)}}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูล} \quad \text{น้ำหนักสมมูลของ HCl} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของกรด (g mol}^{-1}\text{)}}{\text{จำนวนโมลของ H}^+ \text{ ที่เข้าทำปฏิกิริยา (mol)}}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของเบส} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของเบส (g mol}^{-1}\text{)}}{\text{จำนวนโมลของ OH}^- \text{ ที่เข้าทำปฏิกิริยา (mol)}}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของเกลือ} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของเกลือ (g mol}^{-1}\text{)}}{\text{จำนวนโมลไอออนบวกหรือลบ (mol)}}$$



31

## CHAPTER

6

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ HCl} = \frac{(1.0 + 35.5) \text{ g mol}^{-1}}{1 \text{ mol}} = 36.5 \text{ g} \quad \text{HCl (aq)} \rightarrow \text{H}^+ \text{ (aq)} + \text{Cl}^- \text{ (aq)}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ H}_2\text{SO}_4 = \frac{((2 \times 1.0) + 32 + (4 \times 16.0)) \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ mol}} = 49.0 \text{ g} \quad \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow 2\text{H}^+ \text{ (aq)} + \text{SO}_4^{2-} \text{ (aq)}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ CH}_3\text{COOH} = \frac{(12.0 + (4 \times 1.0) + (2 \times 16.0)) \text{ g mol}^{-1}}{1 \text{ mol}} = 60.0 \text{ g} \quad \text{CH}_3\text{COOH (aq)} \rightarrow \text{H}^+ \text{ (aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ NaOH} = \frac{(23.0 + 16.0 + 1.0) \text{ g mol}^{-1}}{1 \text{ mol}} = 40.0 \text{ g} \quad \text{NaOH (aq)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ Ca(OH)}_2 = \frac{(40.0 + 2 \times (12.0 + 1.0)) \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ mol}} = 37.0 \text{ g} \quad \text{Ca(OH)}_2 \text{ (aq)} \rightarrow \text{Ca}^{+2} \text{ (aq)} + 2\text{OH}^- \text{ (aq)}$$



32

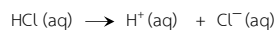


## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 10

HCl หนัก 73.0 กรัม ในน้ำ 1 ลิตรคิดเป็นความเข้มข้นนอร์มัล (H=1.0, Cl=35.5)



$$\text{น้ำหนักสมมูลของ HCl} = \frac{(1.0 + 35.5) \text{ g mol}^{-1}}{1 \text{ mol}} = 36.5 \text{ g}$$

$$\text{จำนวนสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูล (g)}} = \frac{73.0 \text{ g}}{36.5 \text{ g}} = 2.0$$

$$\text{นอร์มัล} = \frac{\text{จำนวนสมมูลของสาร}}{\text{ตัวทำละลายปริมาตร 1 ลิตร}} = \frac{2.0}{1 \text{ L}} = 2.0 \text{ N}$$

น้ำหนักสมมูลของสาร  
↓  
จำนวนสมมูลของสาร  
↓  
นอร์มัล

33

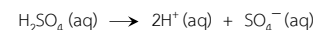


## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 11

ละลายกรดซัลฟริก 49 กรัมในน้ำจนได้สารละลาย 500 ลบ.ซม. สารละลายนี้เข้มข้นนอร์มัล (H=1.0, S=32, O=16.0)



$$\text{น้ำหนักสมมูลของ H}_2\text{SO}_4 = \frac{((2 \times 1.0) + 32 + (4 \times 16.0)) \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ mol}} = 49.0 \text{ g}$$

$$\text{จำนวนสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูล (g)}} = \frac{49.0 \text{ g}}{49.0 \text{ g}} = 1.0$$

$$\text{นอร์มัล} = \frac{\text{จำนวนสมมูลของสาร}}{\text{ตัวทำละลายปริมาตร 1 ลิตร}} = \frac{1.0}{0.5 \text{ L}} = 2.0 \text{ N}$$

น้ำหนักสมมูลของสาร  
↓  
จำนวนสมมูลของสาร  
↓  
นอร์มัล

34



## CHAPTER

6

## ตัวอย่างการคำนวณ 12

Ca(OH)<sub>2</sub> 5.0 g ในสารละลาย 250 มิลลิลิตรคิดเป็นความเข้มข้นนอร์มัล (Ca = 40.0, H=1.0, O=16.0)

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ Ca(OH)}_2 = \frac{(40.0 + 2 \times (16.0 + 1.0)) \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ mol}} = 37.0 \text{ g}$$

$$\text{จำนวนสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูล (g)}} = \frac{5.0 \text{ g}}{37.0 \text{ g}} = 0.14$$

$$\text{นอร์มัล} = \frac{\text{จำนวนสมมูลของสาร}}{\text{ตัวทำละลายปริมาตร 1 ลิตร}} = \frac{0.14}{0.25 \text{ L}} = 0.56 \text{ N}$$

น้ำหนักสมมูลของสาร  
↓  
จำนวนสมมูลของสาร  
↓  
นอร์มัล

35



## CHAPTER

6

4. เศษส่วนโมล (Mole fraction,  $X$ )

จำนวนโมลของส่วนประกอบใดส่วนประกอบหนึ่งในสารละลาย หาคด้วยจำนวนโมลของสารทั้งหมดในของผสม

$$X_A = \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C + \dots}$$

$$X_A = \text{เศษส่วนโมล}$$

$$N_A + N_B + N_C = \text{จำนวนโมลของสาร A B และ C ตามลำดับ}$$

36



## ตัวอย่างการคำนวณ 13

สารละลายประกอบด้วยน้ำ 36 กรัมและเอทานอล 23 กรัม จงคำนวณหาเศษส่วนโมลของน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) และเอทานอล ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ( $\text{H}=1.0$ ,  $\text{C}=12.0$ ,  $\text{O}=16.0$ )

$$\text{จำนวนโมลของน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำ}}{(2 \times \text{มวลอะตอมของ H}) + (\text{มวลอะตอมของ O})} = \frac{36 \text{ กรัม}}{(2+16) \text{ กรัมต่อโมล}} = 2.0 \text{ โมล}$$

$$\text{จำนวนโมลของเอทานอล} = \frac{\text{น้ำหนักของเอทานอล}}{(2 \times \text{มวลอะตอมของ C}) + (5 \times \text{มวลอะตอมของ H}) + (\text{มวลอะตอมของ O})} = \frac{23 \text{ กรัม}}{46 \text{ กรัมต่อโมล}} = 0.5 \text{ โมล}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของน้ำ} = \frac{2.0 \text{ โมล}}{(2.0 + 0.5) \text{ โมล}} = 0.8$$

$$\text{เศษส่วนโมลของเอทานอล} = \frac{0.5 \text{ โมล}}{(2.0 + 0.5) \text{ โมล}} = 0.2$$



## 5. ร้อยละ (Part by mass and volume)

5.1 ร้อยละโดยน้ำหนัก (%w/w) เช่น สารละลาย NaCl 2%w/w หมายถึง  
ในสารละลาย 100 กรัม มี NaCl 2 กรัม ผสมกับน้ำ 98 กรัม นิยมใช้ในกรณีตัวถูกละลายเป็นของแข็ง

$$\%w/w = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{น้ำหนักสารละลาย}} \times 100\%$$

5.2 ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) เช่น สารละลายแอลกอฮอล์ 10%v/v หมายถึง  
มีแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร ในสารละลาย 100 มิลลิลิตร

$$\%v/v = \frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\%$$

5.3 ร้อยละมวลต่อปริมาตร (%w/v) เช่น สารละลาย KCl 10%w/v หมายถึง  
ในสารละลาย 100 มิลลิลิตร มี KCl 10 กรัม

$$\%w/v = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\%$$



## ตัวอย่างการคำนวณ 14

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 20 กรัม ในน้ำ 68 กรัม จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก

$$\%w/w = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{น้ำหนักสารละลาย}} \times 100\% = \frac{20 \text{ กรัม}}{(20 + 68) \text{ กรัม}} \times 100\% = 22.7 \%w/w$$

## ตัวอย่างการคำนวณ 15

สารละลายแอลกอฮอล์ 7 มิลลิลิตร ในน้ำ 93 มิลลิลิตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร

$$\%v/v = \frac{\text{ปริมาตรตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\% = \frac{7 \text{ มิลลิลิตร}}{(7 + 93) \text{ มิลลิลิตร}} \times 100\% = 7 \%v/v$$

## ตัวอย่างการคำนวณ 16

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 17 กรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

$$\%w/v = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\% = \frac{17 \text{ กรัม}}{300 \text{ มิลลิลิตร}} \times 100\% = 5.67 \%w/v$$



## ตัวอย่างการคำนวณ 17

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

## ตัวอย่างการคำนวณ 18

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 9 กรัม ในน้ำ 12 กรัม จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก

## ตัวอย่างการคำนวณ 19

สารละลายแอลกอฮอล์ 30 มิลลิลิตร ในน้ำ 770 มิลลิลิตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร



## 6. ส่วนในล้านส่วน(part per million, ppm)

- ปริมาณตัวถูกละลาย 1 ส่วนในสารละลาย 1 ล้านส่วน
- จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลายในสารละลาย 1 ลิตร (ppm = mg/L)
- จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลายในสารละลาย 1 กิโลกรัม (ppm = mg/kg)

## ตัวอย่างการคำนวณ 20

น้ำที่มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน 40 ppm แสดงว่าในน้ำ 1 ลิตรมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่เท่าใด

น้ำ 1 ลิตรมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ 40 มิลลิกรัม (mg)



## ตัวอย่างการคำนวณ 21

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายต่างทับทิม ( $\text{KMnO}_4$ ) ความเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จะต้องชั่ง  $\text{KMnO}_4$  มากี่กรัม

สารละลายต่างทับทิม ( $\text{KMnO}_4$ ) ความเข้มข้น 500 ppm หมายความว่า

สารละลาย  $\text{KMnO}_4$  1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตรมี  $\text{KMnO}_4$  ปริมาณ 500 มิลลิกรัม

$$\text{สารละลาย } \text{KMnO}_4 \quad 250 \text{ มิลลิลิตรมี } \text{KMnO}_4 \text{ ปริมาณ } \frac{250 \text{ มิลลิลิตร} \times 500 \text{ มิลลิกรัม}}{1,000 \text{ มิลลิลิตร}} = 125 \text{ มิลลิกรัม}$$

## ตัวอย่างการคำนวณ 22

ละลาย KI หนัก 0.0050 g ด้วยน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 2,000 mL สารละลาย KI เข้มข้นกี่ ppm

KI หนัก 0.0050 g คือ 5 mg

สารละลายมีปริมาตร 2,000 mL มี KI ปริมาณ 5 mg

$$\text{สารละลายมีปริมาตร } 1,000 \text{ mL มี KI ปริมาณ } \frac{5 \text{ mg} \times 1,000 \text{ mL}}{2,000 \text{ มิลลิลิตร}} = 2.5 \text{ ppm}$$



## ตัวอย่างการคำนวณ 23

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ให้มีความเข้มข้น 360 ppm จำนวน  $250 \text{ cm}^3$  จะมีวิธีการเตรียมเช่นไร

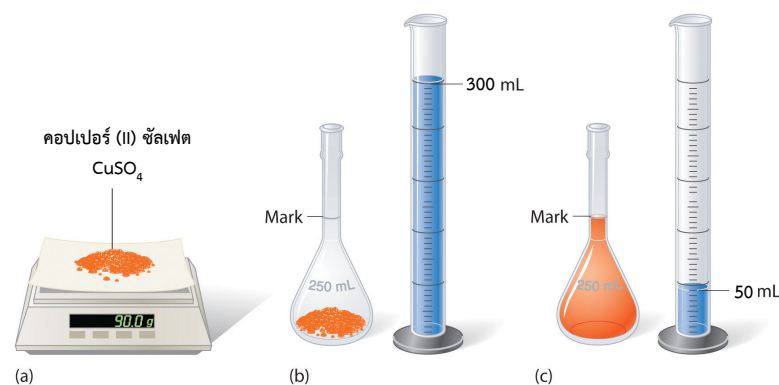
สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ความเข้มข้น 360 ppm หมายความว่า

สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 1 ลิตร หรือ  $1,000 \text{ cm}^3$  มี คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ปริมาณ 360 mg

$$\begin{aligned} \text{สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต} \quad 250 \text{ cm}^3 \text{ มี คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ปริมาณ } & \frac{250 \text{ mg} \times 360 \text{ mg}}{1,000 \text{ cm}^3} \\ & = 100 \text{ mg} \end{aligned}$$

วิธีการเตรียม

ชั่ง คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) 90 mg เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร  $250 \text{ cm}^3$



## ตัวอย่างการคำนวณ 24

สารละลาย NaCl เข้มข้น 2.0 M ปริมาตร 250 cm<sup>3</sup> ผสมกับสารละลาย NaCl ที่เข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 100 cm<sup>3</sup> กำหนดให้ (Na=23, Cl=35.5)

ก. สารละลายผสมมีความเข้มข้นกี่โมลาร์

$$C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3 + \dots$$

$$C_{\text{รวม}} = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_{\text{รวม}}}$$

$$= \frac{(2.0 \text{ M})(250 \text{ cm}^3) + (0.5 \text{ M})(100 \text{ cm}^3)}{(250+100) \text{ cm}^3}$$

$$= 1.57 \text{ M}$$

ข. สารละลายผสมมี NaCl อยู่กี่กรัม

$$\frac{g}{\text{M.W.}} = \frac{CV}{1,000}$$

$$g = \frac{CV}{1,000} \times \text{M.W.}$$

$$= \frac{1.57 \text{ M} \times 350 \text{ cm}^3 \times (23+35.5) \text{ g mol}^{-1}}{1,000}$$

$$= 32.15 \text{ g}$$



ค. สารละลายผสม NaCl มีความเข้มข้นกี่ %w/v

$$\%w/v = \frac{\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย}} \times 100\%$$

$$\%w/v = \frac{32.15 \text{ g}}{350 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$= 9.20 \%w/v$$



ง. สารละลายผสม NaCl มีความเข้มข้นกี่ ppm

ppm คือ ปริมาณตัวถูกละลาย 1 ส่วนในสารละลาย 1 ล้านส่วน

จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลายในสารละลาย 1 ลิตร (ppm = mg/L)

จำนวนมิลลิกรัมของตัวถูกละลายในสารละลาย 1 กิโลกรัม (ppm = mg/kg)

สารละลายผสมปริมาตร 350 cm<sup>3</sup> มี NaCl ปริมาณ 0.03215 mg

สารละลายผสมปริมาตร 1,000 cm<sup>3</sup> มี NaCl ปริมาณ  $\frac{0.03215 \text{ mg} \times 1,000 \text{ cm}^3}{350 \text{ cm}^3} = 0.092 \text{ ppm}$

↓

1,000 mL หรือ 1 L



## ตัวอย่างการคำนวณ 25

จงคำนวณหาความเข้มข้นโมลาร์ของสารละลาย HCl ที่ได้จากการผสม HCl ที่ความเข้มข้นและปริมาตร ดังต่อไปนี้  
1.0 M HCl ปริมาตร 100 ml, 2.0 M HCl ปริมาตร 50 ml และ 5.0 M HCl ปริมาตร 200 ml กำหนดให้ (H=1, Cl=35.5)

ข. สารละลายผสมมี HCl อยู่กี่กรัม



ค. สารละลายผสม HCl มีความเข้มข้นที่ %w/v



ง. สารละลายผสม HCl มีความเข้มข้นที่ ppm

