

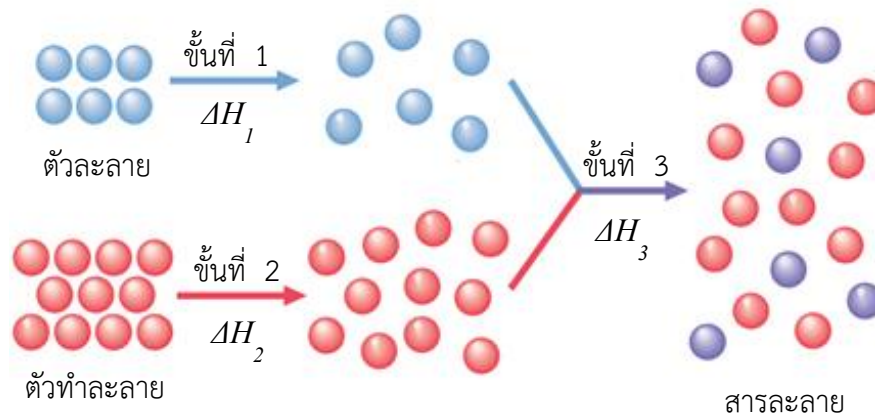
บทที่ 7

สารละลายและคอลลอยด์

สารละลายเป็นสารเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยตัวละลายและตัวทำละลาย ตัวละลายมีทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เช่นเดียวกับตัวทำละลาย จึงทำให้สารละลายมีทั้ง 3 สถานะ เช่นเดียวกัน เช่น ทองเหลืองเป็นสารละลายสถานะของแข็ง น้ำเชื่อมเป็นสารละลายในสถานะของเหลว และอากาศเป็นสารละลายในสถานะแก๊ส ถ้าสารละลายเกิดจากการผสมของสารที่มีสถานะเดียวกันให้ถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่หากเกิดจากการผสมของสารต่างสถานะกันให้ถือว่าสารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลายเป็นตัวทำละลาย นอกจากนี้สารละลายยังมีอีกหลายหน่วยความเข้มข้นขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของตัวละลายและตัวทำละลาย แต่ส่วนใหญ่ในห้องปฏิบัติการจะมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ดังนั้น หากสารละลายที่ไม่ระบุชนิดของตัวทำละลายให้ทราบโดยทั่วกันว่าน้ำเป็นตัวทำละลาย ในการใช้งานต้องทราบความเข้มข้นและวิธีการเตรียมเพื่อนำไปใช้งานได้ถูกต้อง ในบทนี้จะอธิบายถึงชนิดของสารละลาย หน่วยความเข้มข้น การเตรียมสารละลาย ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย สมบัติคอลลิเกทิฟและคอลลอยด์

ชนิดของสารละลาย (Types of solutions)

สารละลาย (Solution) เกิดจากการผสมของตัวละลาย (Solute) ในตัวทำละลาย (Solvent) อาจมี 2 ชนิดหรือมากกว่าได้เป็นสารเนื้อเดียวกัน ซึ่งถ้าสารละลายมีน้ำเป็นตัวทำละลายเรียกว่า สารละลายในน้ำ (Aqueous solution) (รานี สุวรรณพฤษ, 2560 : 8) แสดงดังภาพประกอบที่ 7.1 โมเลกุลของตัวละลาย (ขั้นที่ 1) และโมเลกุลของตัวทำละลาย (ขั้นที่ 2) จะแยกออกจากกัน จากนั้นเกิดการผสมกันเป็นสารละลาย (ขั้นที่ 3)



ภาพประกอบที่ 7.1 โมเลกุลของตัวละลายและตัวทำละลายจะแยกออกจากกัน จากนั้นเกิดการผสมกันเป็นสารละลาย

ที่มา : ดัดแปลงจาก Zumdahl, S.S. and Zumdahl, S.A. (2007 : 490)

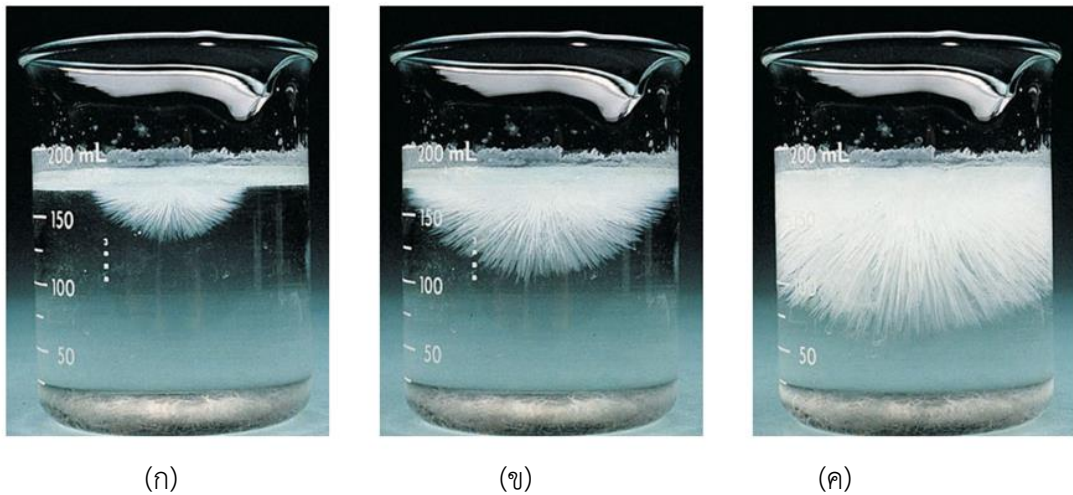
โดยทั่วไปสารละลายแบ่งตามสถานะได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายแก๊ส สารละลายของเหลว และสารละลายของแข็ง ดังตารางที่ 7.1 แสดงชนิดของสารละลายในแต่ละสถานะ โดยสถานะของสารละลายคือ สถานะของตัวทำละลาย ส่วนตัวละลายเป็นได้ทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส (รานี สุวรรณพฤษ์, 2560 : 8)

ตารางที่ 7.1 ชนิดของสารละลาย

สารละลายในสถานะต่าง ๆ	ชนิดของสารละลายในแต่ละสถานะ	ตัวอย่าง
สารละลายแก๊ส	แก๊สในแก๊ส ของเหลวในแก๊ส ของแข็งในแก๊ส	อากาศ น้ำในอากาศ ไอของแข็ง I_2 ในอากาศ
สารละลายของเหลว	แก๊สในของเหลว ของเหลวในของเหลว ของแข็งในของเหลว	น้ำโซดา (CO_2 ในน้ำ) แอลกอฮอล์ในน้ำ เกลือแกงในน้ำ
สารละลายของแข็ง	แก๊สในของแข็ง ของเหลวในของแข็ง ของแข็งในของแข็ง	H_2 ใน Pd Hg ใน Au Cu ใน Au

ที่มา : ดัดแปลงจาก รานี สุวรรณพฤษ์ (2560 : 8)

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกความสามารถในการละลายแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated solution) โดยตัวละลายมีความสามารถในการละลายได้น้อยกว่าปริมาณน้อยสุด หรือตัวละลายยังสามารถละลายได้อีก ส่วนสารละลายอิ่มตัว (Saturated solution) ตัวละลายละลายได้ปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่ง และสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturated solution) ตัวละลายละลายได้มากกว่าสารละลายอิ่มตัว แต่ไม่เสถียรเมื่อเวลาผ่านไป ตัวละลายบางส่วนจะแยกออกมาในรูปผลึก (ทริซัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 277 และพินิติ รัตนานุกูล และคณะ, 2559 : 31) ดังภาพประกอบที่ 7.2 แสดงการเกิดผลึกของสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (ก) เมื่อเติมผลึกขนาดเล็กของโซเดียมอะซิเตต (ข) และ (ค) เกิดผลึกขึ้นอย่างรวดเร็วจากเดิม



ภาพประกอบที่ 7.2 การเกิดผลึกของสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ebbing, D. D. and Gammon, S. D. (2007 : 482)

หน่วยความเข้มข้น (Concentration units)

ในการศึกษาเชิงปริมาณ เราจำเป็นต้องทราบความเข้มข้น (Concentration) ของสารละลาย ซึ่งต้องทราบปริมาณของตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย ในที่นี้จะพิจารณากัน 4 หน่วยคือ ร้อยละ โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

1. ร้อยละ (Percent)

เป็นหน่วยที่บอกปริมาณร้อยละของตัวละลายที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 ร้อยละโดยมวล (Percent by mass)

ร้อยละโดยมวล (ร้อยละโดยน้ำหนัก) หมายถึง น้ำหนักของตัวละลายที่ละลายอยู่ สารละลาย 100 หน่วยเดียวกัน (พินิติ ระตะนานุกุล และคณะ, 2559 : 33) เขียนหน่วยเป็น %w/w เช่น สารละลาย NaCl 20 %w/w หมายถึง ในสารละลาย 100 กรัม จะมี NaCl ละลายอยู่ 20 กรัม

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} \times 100$$

(มวลของตัวละลาย + มวลของตัวทำละลาย)

ตัวอย่างที่ 7.1 นำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 20 กรัม มาละลายในน้ำ 180 กรัม จงหาความเข้มข้นของ สารละลายกลูโคสในหน่วยร้อยละโดยมวล

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาร้อยละโดยมวล

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละโดยมวล} &= \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} \times 100 \\ &= \frac{20 \text{ g NaCl}}{20 \text{ g NaCl} + 80 \text{ g H}_2\text{O}} \times 100 \\ &= 2 \%w/w \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลายกลูโคสมีความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (Percent by volume)

ร้อยละโดยปริมาตร หมายถึง ปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่สารละลาย 100 หน่วยเดียวกัน เขียนหน่วยเป็น %v/v (รานี สุวรรณพุกษ์, 2560 : 19) เช่น สารละลาย C₂H₅OH 10 %v/v หมายถึง ในสารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมี C₂H₅OH ละลายอยู่ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm³)

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย (cm}^3\text{)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100$$

(ปริมาตรของตัวละลาย + ปริมาตรของตัวทำละลาย)

ตัวอย่างที่ 7.2 ต้องนำกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) มาที่ลูกบาศก์เซนติเมตร มาเติมในน้ำเพื่อให้ได้สารละลายปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยให้สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาปริมาตรของตัวละลาย

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย (cm}^3\text{)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100$$

$$2 \%v/v = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย H}_2\text{SO}_4}{250 \text{ cm}^3 \text{ สารละลาย}} \times 100$$

$$\text{ปริมาตรของตัวละลาย} = 5 \text{ cm}^3$$

ดังนั้น ต้องนำกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) มา 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.3 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (Percent by mass/volumn)

ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายอยู่สารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขียนหน่วยเป็น %w/v (รานี สุวรรณพฤษ, 2560 : 19) เช่น สารละลาย NaOH 5 %w/v หมายถึง ในสารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมี NaOH ละลายอยู่ 5 กรัม

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100$$

(ปริมาตรของตัวละลาย + ปริมาตรของตัวทำละลาย)

ตัวอย่างที่ 7.3 สารละลายน้ำตาลทราย ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) เข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร มีความหนาแน่น 1.09 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้ามีน้ำตาลทราย 4 กรัม จะมีตัวทำละลายอยู่กี่กรัม

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หามวลของตัวทำละลาย

$$\text{ร้อยละโดยมวลปริมาตร} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100$$

$$20 \%w/v = \frac{4 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

$$\text{ปริมาตรของสารละลาย} = 20 \text{ cm}^3$$

แต่โจทย์ถามหามวลของตัวทำละลาย จึงต้องเปลี่ยนหน่วยของสารละลายจาก cm^3 เป็น g

$$\text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{มวล (g)}}{\text{ปริมาตร (cm}^3\text{)}}$$

$$1.09 \text{ g/cm}^3 = \frac{\text{มวล (g)}}{\text{ปริมาตร } 20 \text{ cm}^3}$$

$$\text{มวลของสารละลาย} = 21.8 \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น มวลของตัวทำละลาย} &= \text{มวลของสารละลาย} - \text{มวลของตัวละลาย} \\ &= 21.8 - 4 = 17.8 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

2. โมลาริตี (Molarity)

โมลาริตี หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขียนหน่วยเป็น โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/dm^3) (พินิติรตชนานุกูล และคณะ, 2559 : 31) เช่น สารละลาย NaOH 2 mol/dm^3 หมายถึง ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมี NaOH ละลายอยู่ 2 โมล

$$\text{โมลาริตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3\text{)}}$$

ตัวอย่างที่ 7.4 นำโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จำนวน 14 กรัม มาละลายในน้ำจนมีปริมาตร 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นกี่โมลาร์

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาความเข้มข้น

1. เปลี่ยนหน่วยตัวละลายเป็น mol

$$\text{mol} = \frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล (Mw)}}$$

$$= \frac{14 \text{ g KOH}}{56 \text{ g/mol KOH}}$$

$$= 0.25 \text{ mol KOH}$$

2. เปลี่ยนหน่วยสารละลายเป็น dm^3

$$\text{ปริมาตรสารละลาย (dm}^3\text{)} = 2,000 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ dm}^3}{1,000 \text{ cm}^3}$$

$$= 2 \text{ dm}^3 \text{ สารละลาย}$$

3. หาความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์

$$\text{โมลาร์} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3\text{)}}$$

$$= \frac{0.25 \text{ mol KOH}}{2 \text{ dm}^3 \text{ สารละลาย}}$$

$$= 0.125 \text{ mol/dm}^3$$

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้น 0.125 mol/dm^3

3. โมแลลิตี (Molality)

โมแลลิตี หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัม เขียนหน่วยเป็น โมลต่อกิโลกรัม (mol/kg) (รานี สุวรรณพฤษ, 2560 : 19) เช่น สารละลาย NaOH 2 mol/kg หมายถึง ในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม จะมี NaOH ละลายอยู่ 2 โมล

$$\text{โมแลลิตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (kg)}}$$

ตัวอย่างที่ 7.5 เมื่อนำกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) จำนวน 18 กรัม มาละลายในน้ำ 250 กรัม จะได้สารละลาย กลูโคสมีความเข้มข้นกี่โมลต่อกิโลกรัม

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาความเข้มข้น

1. เปลี่ยนหน่วยตัวละลายเป็น mol

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล (Mw)}} \\ &= \frac{18 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{180 \text{ g/mol } C_6H_{12}O_6} \\ &= 0.1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \end{aligned}$$

2. เปลี่ยนหน่วยตัวทำละลายเป็น kg

$$\begin{aligned} \text{มวลของตัวทำละลาย (kg)} &= 250 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 0.25 \text{ kg } H_2O \end{aligned}$$

3. หาความเข้มข้นในหน่วยโมลแลล

$$\begin{aligned} \text{โมลแลล} &= \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (kg)}} \\ &= \frac{0.1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{0.25 \text{ kg } H_2O} \\ &= 0.4 \text{ mol/kg} \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลายกลูโคสมีความเข้มข้น 0.4 mol/kg

4. เศษส่วนโมล (Mole fraction)

เศษส่วนโมล หมายถึง จำนวนโมลขององค์ประกอบนั้นส่วนด้วยจำนวนโมลทั้งหมด เขียนหน่วยเป็น X (รานี สุวรรณพฤกษ์, 2560 : 20) เช่น สารละลายประกอบด้วย A และ B เป็นองค์ประกอบ ถ้าต้องการหาเศษส่วนโมล ของ A (X_A) หมายถึง จำนวนโมลของ A ส่วนด้วยจำนวนโมลทั้งหมด (จำนวน โมลของ A + จำนวนโมลของ B)

$$X_A = \frac{\text{จำนวนโมลของ A}}{\text{จำนวนโมลของ A} + \text{จำนวนโมลของ B}}$$

ตัวอย่างที่ 7.6 เมื่อนำสาร A 0.5 โมล มาผสมกับสาร B 4.5 โมล จงหาเศษส่วนโมลของสาร A
วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาเศษส่วนโมลของ A

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{\text{จำนวนโมลของ A}}{\text{จำนวนโมลของ A} + \text{จำนวนโมลของ B}} \\ &= \frac{0.5 \text{ mol A}}{0.5 \text{ mol A} + 4.5 \text{ mol B}} \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลาย A มีเศษส่วนโมลเท่ากับ 0.1

ตัวอย่างที่ 7.7 เมื่อนำโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 5 กรัม มาละลายในน้ำ 50 กรัม จงหาความหนาแน่นในหน่วยต่าง ๆ ดังนี้ (ความหนาแน่นของ NaOH = 2.1 g/cm³ และความหนาแน่นของน้ำ = 1 g/cm³)

- 1) ร้อยละโดยมวล
- 2) ร้อยละโดยปริมาตร
- 3) ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
- 4) โมลาร์
- 5) โมแลล

วิธีทำ 1) แนวคิด โจทย์ให้หาร้อยละโดยมวล

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} \times 100$$

$$= \frac{5 \text{ g NaOH}}{5 \text{ g NaCl} + 50 \text{ g H}_2\text{O}} \times 100$$

$$= 9.09 \%w/w$$

ดังนั้น สารละลาย NaOH มีความเข้มข้นร้อยละ 9.09 โดยมวล

2) แนวคิด โจทย์ให้หาร้อยละโดยปริมาตร

2.1) เปลี่ยนหน่วยของตัวละลายจาก g เป็น cm^3

$$\text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{มวล (g)}}{\text{ปริมาตร (cm}^3\text{)}}$$

$$2.01 \text{ g/cm}^3 = \frac{5 \text{ g NaOH}}{\text{ปริมาตร cm}^3}$$

$$\text{ปริมาตรของ NaOH} = 2.49 \text{ cm}^3$$

2.2) นำปริมาตรของตัวละลายมาแทนค่าในสูตร

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย (cm}^3\text{)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100$$

$$= \frac{2.49 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}{2.49 \text{ cm}^3 \text{ NaOH} + 50 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 100$$

$$= 4.74 \%v/v$$

ดังนั้น สารละลาย NaOH มีความเข้มข้นร้อยละ 4.74 โดยปริมาตร

3) แนวคิด โจทย์ให้หาร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละโดยมวลปริมาตร} &= \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (cm}^3\text{)}} \times 100 \\ &= \frac{5 \text{ g NaOH}}{2.49 \text{ cm}^3 \text{ NaOH} + 50 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 100 \\ &= 9.53 \%w/v \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลาย NaOH มีความเข้มข้นร้อยละ 9.53 โดยมวลต่อปริมาตร

4) แนวคิด โจทย์ให้หาความเข้มข้นโมลาร์

4.1) เปลี่ยนหน่วยตัวละลายเป็น mol

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล (Mw)}} \\ &= \frac{5 \text{ g NaOH}}{40 \text{ g/mol KOH}} \\ &= 0.125 \text{ mol NaOH} \end{aligned}$$

4.2) เปลี่ยนหน่วยสารละลายเป็น dm³

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรสารละลาย (dm}^3\text{)} &= 52.49 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ dm}^3}{1,000 \text{ cm}^3} \\ &= 0.05249 \text{ dm}^3 \text{ สารละลาย} \end{aligned}$$

4.3) หาความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์

$$\begin{aligned} \text{โมลาร์} &= \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3\text{)}} \\ &= \frac{0.125 \text{ mol NaOH}}{0.5249 \text{ dm}^3 \text{ สารละลาย}} \\ &= 2.38 \text{ mol/dm}^3 \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลาย NaOH มีความเข้มข้น 2.38 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5) แนวคิด โจทย์ให้หาความเข้มข้นโมล

5.1) เปลี่ยนหน่วยตัวละลายเป็น mol

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล (Mw)}} \\ &= \frac{5 \text{ g NaOH}}{40 \text{ g/mol KOH}} \\ &= 0.125 \text{ mol NaOH} \end{aligned}$$

5.2) เปลี่ยนหน่วยตัวทำละลายเป็น kg

$$\begin{aligned} \text{มวลของตัวทำละลาย (kg)} &= 50 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 0.05 \text{ kg H}_2\text{O} \end{aligned}$$

5.3) หาความเข้มข้นในหน่วยโมลแลล

$$\begin{aligned}
 \text{โมลแลล} &= \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (kg)}} \\
 &= \frac{0.125 \text{ mol NaOH}}{0.05 \text{ kg H}_2\text{O}} \\
 &= 2.5 \text{ mol/kg}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลาย NaOH มีความเข้มข้น 2.5 โมลต่อกิโลกรัม

การเตรียมสารละลาย (Preparing a solution)

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างมีสิ่งต่าง ๆ ที่สำคัญในการวิเคราะห์ตัวอย่างให้ได้ผลที่ดี ได้แก่ การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง เทคนิคการวิเคราะห์ และการเตรียมสารละลาย (แมน อมรสิทธิ์ และคณะ, 2558 : 25 และศุภชัย ไข่มวยมวงค์, 2555 : 3) ซึ่งในการเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์นั้น สามารถเตรียมได้จากของแข็งและการเตรียมได้จากของเหลวให้ได้สารละลายตามความเข้มข้นที่ต้องการ ซึ่งในแต่ละวิธีจะมีรายละเอียดในการคำนวณและการเตรียมในหัวข้อต่อไป

1. การเตรียมสารละลายจากของแข็ง (Preparing a solution from solid)

การเตรียมสารละลายจากของแข็งทำได้โดยการชั่งสารที่ต้องการเตรียมด้วยเครื่องชั่งละเอียด และละลายด้วยตัวทำละลายให้ได้ตามปริมาตรที่ต้องการด้วยการเติมตัวทำละลายให้ได้พอดีขีดวัดปริมาตร (พินิติ ระตะนานุกุล และคณะ, 2559 : 31-32) คำนวณได้จากสูตร

$$\frac{g}{Mw} = \frac{C \times V}{1,000}$$

โดย g = น้ำหนักของสาร (กรัม)
 Mw = มวลโมเลกุลของสาร
 C = ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการ (mol/dm^3)
 V = ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ (cm^3)

ตัวอย่างที่ 7.8 ถ้าต้องการเตรียมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ให้มีความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องชั่ง Na_2CO_3 จำนวนกี่กรัม

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาน้ำหนักของ Na_2CO_3

$$\frac{g}{Mw} = \frac{C \times V}{1,000}$$

$$\frac{\text{น้ำหนัก } g \text{ Na}_2\text{CO}_3}{106 \text{ g/mol Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0.01 \text{ mol/dm}^3 \times 100 \text{ cm}^3}{1,000 \text{ cm}^3/\text{dm}^3}$$

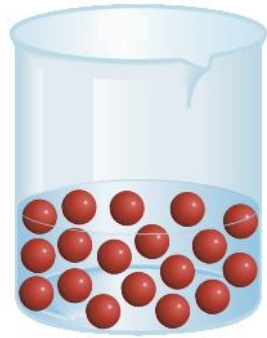
$$= 0.106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

ดังนั้น ต้องชั่งน้ำหนักของ Na_2CO_3 0.106 กรัม

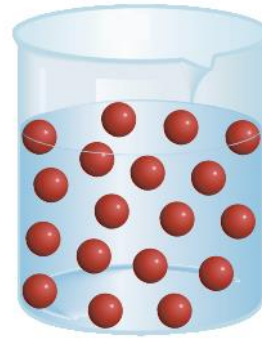
2. การเตรียมสารละลายจากของเหลว (Preparing a solution from liquid)

สารละลายสต็อก (Stock solution) เป็นสารละลายมาตรฐานที่เตรียมขึ้นให้มีความเข้มข้นสูง หากนำไปใช้ในงานต้องทำให้เจือจางให้มีความเข้มข้นต่ำตามที่ต้องการ เนื่องจากบางครั้งการเตรียมให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ ไม่สามารถทำได้โดยตรง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากใช้ปริมาณสารน้อย จึงต้องเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงก่อนแล้วค่อยทำการเจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการ (คิวพันจ์ ซูอินทร์, 2560 : 37) สารละลายที่เตรียมได้ต้องอยู่ในภาชนะปิดเนื่องจากตัวทำละลายอาจเกิดการระเหยได้ ทำให้ความเข้มข้นเกิดการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มข้นที่ต้องการ (พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์, 2560 : 4)

สารละลายเจือจาง (Diluted solution) คือ สารละลายที่มีตัวละลายน้อยกว่าสารละลายความเข้มข้นเดิม เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ โดยตัวทำละลายส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (สรารุทธิ สมนาม, 2557 : 25) จากภาพประกอบที่ 7.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเจือจางสารละลายมีเพียงปริมาตรของสารละลายเท่านั้นที่เพิ่มมากขึ้น แต่จำนวนอนุภาคของตัวละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคำนวณได้จากสูตร



(ก) สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า



(ข) สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า

ภาพประกอบที่ 7.3 การเจือจางของสารละลายที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคของตัวละลาย (จำนวน 18 อนุภาค)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Chang, R. (2010 : 150)

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

โดย C_1 = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น

V_1 = ปริมาตรของสารละลายเริ่มต้น

C_2 = ความเข้มข้นของสารละลายเจือจาง

V_2 = ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเจือจาง

ตัวอย่างที่ 7.9 ถ้าสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.2 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำลงไปอีก 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายนี้เมื่อเติมน้ำลงไป

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาความเข้มข้นของสารละลายเมื่อเติมน้ำลงไป

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$0.2 \text{ mol/dm}^3 \times 100 \text{ cm}^3 = C_2 \times 500 \text{ cm}^3$$

$$C_2 = 0.04 \text{ mol/dm}^3$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายนี้เมื่อเติมน้ำลงไปมีค่าเท่ากับ 0.04 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

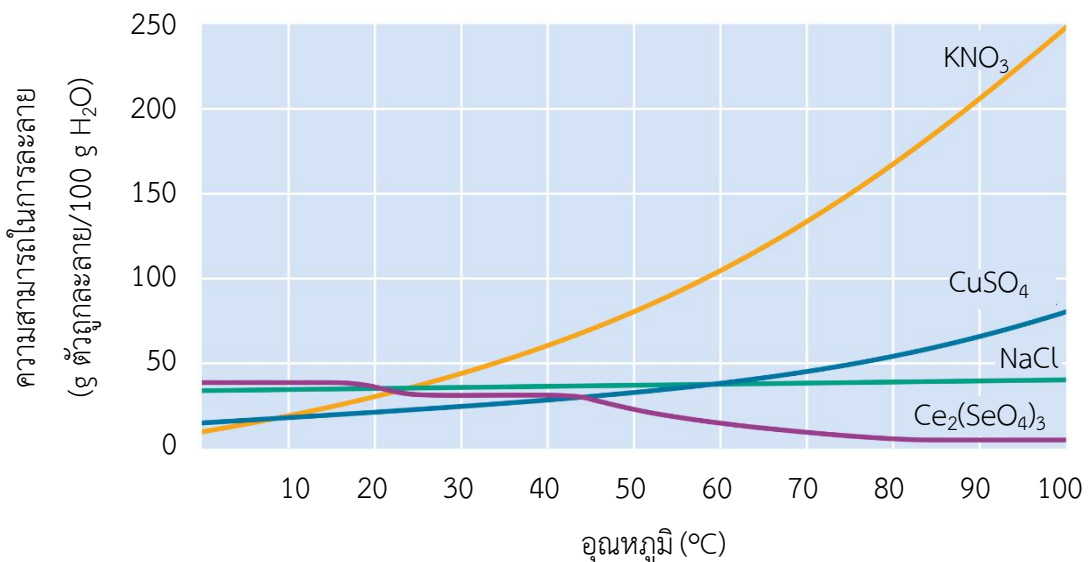
ในการเตรียมสารละลายต้องเตรียมในขวดวัดปริมาตร แต่สารที่เตรียมได้ควรใส่ภาชนะขวดสีชาหรือขวดแก้วใสแทนการเก็บในขวดวัดปริมาตร โดยสารละลายกรดควรเก็บในขวดแก้ว และสารละลายเบสควรเก็บในขวดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ส่วนสารละลายทั่วไปควรเก็บในขวดสีชา ซึ่งสารละลายที่เตรียมได้ควรบอกรายละเอียดผลของสารเคมี ความเข้มข้น วันเดือนปี เป็นต้น สารละลายบางชนิดอาจจำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็น เพราะความเข้มข้นและปริมาตรอาจเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ หากนำมาใช้งานให้นำมาตั้งที่อุณหภูมิห้องก่อนการใช้งาน (ศิวพันธ์ุ ซูอินทร์, 2560 : 38-39)

ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย (Effect on solubility)

สำหรับสารละลายแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย ได้แก่ อุณหภูมิและความดัน โดยมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

1. ผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการละลาย (The effect of temperature on solubility)

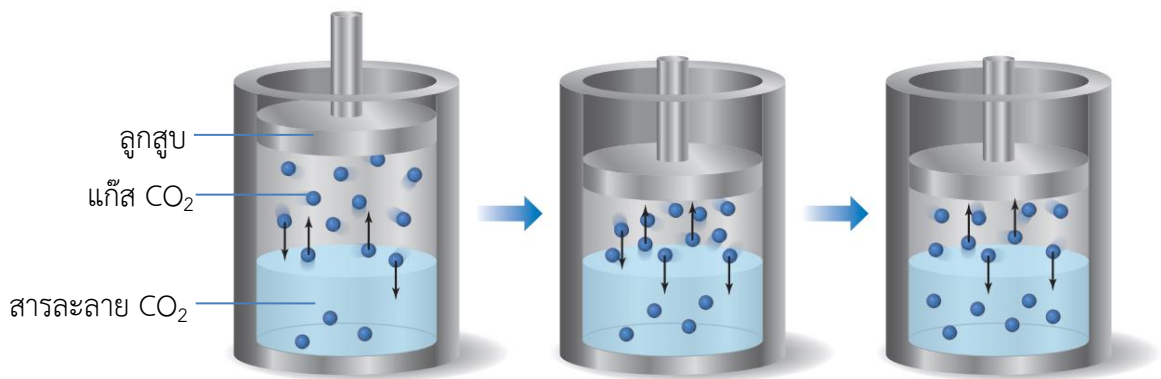
ภาพประกอบที่ 7.4 แสดงความสามารถในการละลายของเกลือที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน จะเห็นว่าเกลือ NaCl KNO₃ และ CuSO₄ มีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่เกลือ Ce₂(SeO₄)₃ มีความสามารถในการละลายลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (Ebbing, D. D. and Gammon, S. D, 2007 : 487) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมามีผลต่อความสามารถในการละลาย



ภาพประกอบที่ 7.4 ความสามารถในการละลายของสารประกอบไอออนิกบางชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Ebbing, D. D. and Gammon, S. D. (2007 : 487)

2. ผลของความดันต่อความสามารถในการละลาย (The effect of pressure on solubility)

ความดันจะมีผลต่อความสามารถในการละลายของแก๊สแต่ไม่มีผลต่อของแข็งและของเหลว โดยความสามารถในการละลายของแก๊สจะแปรผันตรงต่อความดันของแก๊สเหนือสารละลาย โดยถ้าความดันเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้จำนวนโมเลกุลที่วิ่งชนกับผิวของของเหลวมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งจะทำให้โมเลกุลละลายในสารละลายได้มากขึ้น (ทริซีย์ อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 288-289 และ Brown, T.L. et al., 2015 : 542) ดังภาพประกอบที่ 7.5 แสดงการกระจายตัวของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างวัฏภาคแก๊สและสารละลาย เมื่อกดลูกสูบลง (เพิ่มความดัน) จะทำให้แก๊ส CO_2 ละลายในสารละลายได้มากขึ้น



ภาพประกอบที่ 7.5 ผลของความดันที่มีต่อการละลายของแก๊ส

ที่มา : ดัดแปลงจาก Brown, T.L. et al. (2015 : 542)

สมบัติคอลลิเกทีฟ (Colligative properties)

สมบัติคอลลิเกทีฟ (Colligative properties) คือ สมบัติทางกายภาพที่ขึ้นอยู่กับจำนวนอนุภาคของตัวละลายในตัวทำละลายบริสุทธิ์ ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพบางอย่างของสารละลายเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวละลาย โดยถ้าสารละลายมีความเข้มข้นเท่ากันในตัวทำละลายชนิดเดียวกันจะส่งผลให้สมบัติคอลลิเกทีฟมีค่าเท่ากัน สำหรับสมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลายที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การลดลงของความดันไอ (Vapor pressure lowering) การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (Boiling point elevation) การลดลงของจุดเยือกแข็ง (Freezing point depression) และความดันออสโมติก (Osmotic pressure) (รานี สุวรรณพฤษ, 2560 : 62)

1. สารละลายที่ไม่ใช่ไอเล็กโตรไลต์ (Nonelectrolyte solutions)

ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะสารละลายที่ไม่ใช่ไอเล็กโตรไลต์ คือ ตัวละลายที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนในตัวทำละลาย

1.1 การลดลงของความดันไอ (Vapor pressure lowering)

สำหรับตัวละลายเป็นสารที่ระเหยยาก จึงทำให้ความดันไอลดลง ดังนั้น เมื่อมีอนุภาคของตัวละลายมาแทนที่อนุภาคของตัวทำละลาย จึงส่งผลให้ความดันไอของสารละลายต่ำกว่าความดันไอของตัวทำละลายบริสุทธิ์เสมอ จึงกล่าวได้ว่า ความดันไอของสารละลายเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของตัวละลายในสารละลาย ความสัมพันธ์นี้แสดงตามกฎของราอูล (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 292)

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

ในสารละลายที่มีตัวละลายเพียงชนิดเดียว $X_1 = 1 - X_2$ เมื่อ X_2 คือเศษส่วนโมลของตัวถูกละลาย เราจึงเขียนสมการได้ใหม่เป็น

$$P_1 = (1 - X_2) P_1^0$$

$$P_1^0 - P_1 = \Delta P = X_2 P_1^0$$

จะเห็นว่าปริมาณความดันที่ลดลง (ΔP) แปรผันโดยตรงกับความเข้มข้น (ในหน่วยเศษส่วนโมล) ของตัวถูกละลายที่มีอยู่

1.2 การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (Boiling point elevation)

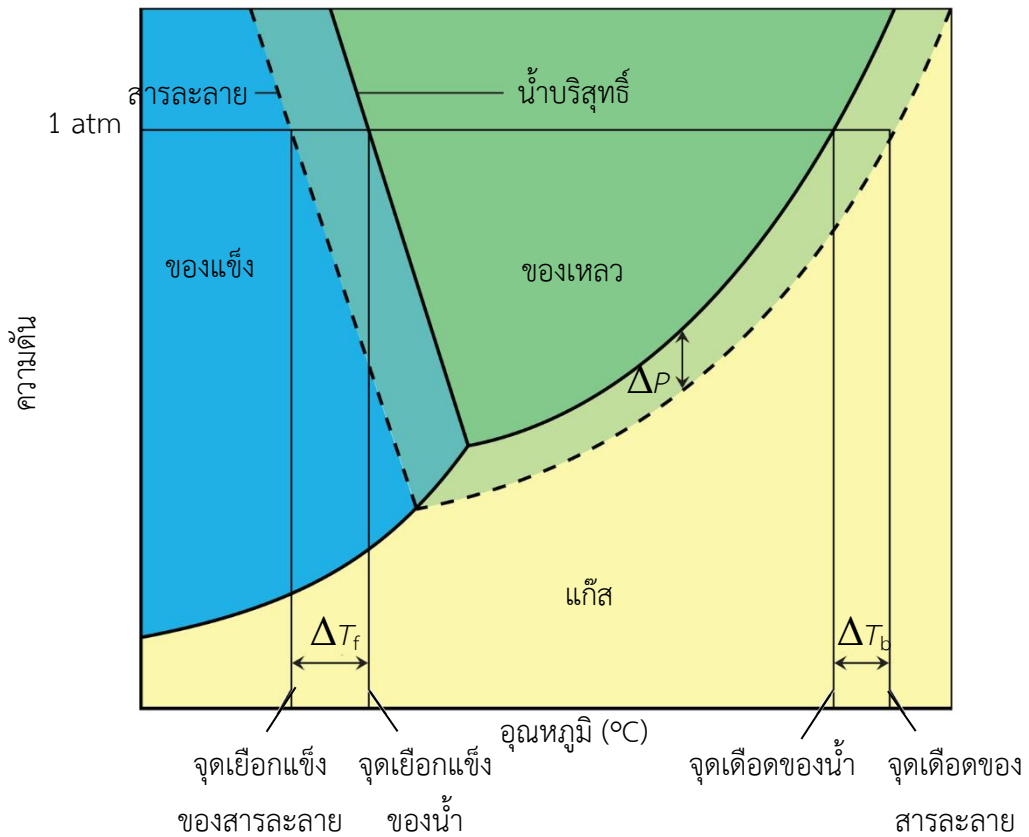
จุดเดือดปกติของเหลว คือ อุณหภูมิของของเหลวที่มีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศที่ 1 บรรยากาศ การที่ตัวละลายระเหยได้ยาก ทำให้ความดันไอลดต่ำลง ดังนั้น จึงส่งผลต่อจุดเดือดของสารละลายด้วย แสดงดังภาพประกอบที่ 7.6 แสดงวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงของตัวทำละลายน้ำ (เส้นทึบ) และสารละลาย (เส้นประ) จะเห็นว่า จุดเดือดของสารละลายมีค่ามากกว่าจุดเดือดของตัวทำละลาย (น้ำ) โดยการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (ΔT_b) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นในหน่วยโมลลของสารละลาย (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 297 และ Bauer, R.C. et al., 2013 : 447)

$$\Delta T_b = mK_b$$

โดย $\Delta T_b = T_b \text{ สารละลาย} - T_b \text{ ตัวทำละลาย} \text{ (}^\circ\text{C)}$

m = ความเข้มข้นโมลล (mol/kg)

K_b = ค่าคงที่การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด ($^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$)



ภาพประกอบที่ 7.6 แผนผังวัฏภาคของตัวทำละลายน้ำ (เส้นทึบ) และสารละลาย 1 mol/kg (เส้นประ)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Bauer, R.C. et al. (2013 : 447)

ตารางที่ 7.2 แสดงค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) และการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ที่ความดัน 1 atm

ตารางที่ 7.2 ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) และการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f)

ตัวทำละลาย	สูตร	จุดเดือด (°C)	K_b (°C/m)	จุดเยือกแข็ง (°C)	K_f (°C/m)
น้ำ	H ₂ O	100.0	0.51	0.00	1.86
เอทานอล	C ₂ H ₅ OH	78.2	1.07	-	-
เบนซีน	C ₆ H ₆	80.2	2.61	5.46	5.07
ไซโคลเฮกเซน	C ₆ H ₁₄	80.7	2.79	6.55	20.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ebbing, D.D. and Gammon, S.D. (2007 : 500)

1.3 การลดลงของจุดเยือกแข็ง (Freezing point depression)

จากภาพประกอบที่ 7.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อความดันไอลดต่ำลงจะทำให้กราฟขยับไปทางซ้าย ส่งผลต่อจุดเยือกแข็ง โดยจุดเยือกแข็งของสารละลายมีค่าต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของตัวทำละลาย (น้ำ) โดยการลดลงของจุดเยือกแข็ง (ΔT_f) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นในหน่วยโมลลของสารละลาย (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 298 และ Bauer, R.C. et al., 2013 : 447)

$$\Delta T_f = mK_f$$

โดย $\Delta T_f = T_{f \text{ ตัวทำละลาย}} - T_{f \text{ สารละลาย}} \text{ (°C)}$

$m = \text{ความเข้มข้นโมลล (mol/kg)}$

$K_f = \text{ค่าคงที่การลดลงของจุดเยือกแข็ง (°C.kg/mol)}$

ตัวอย่างที่ 7.10 จงหาจุดเยือกแข็งของสารละลายเมื่อละลายน้ำตาลทราย 68.4 กรัม ละลายในน้ำ 250 กรัม เมื่อค่า K_f ของน้ำเท่ากับ 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมแลล $C_{12}H_{22}O_{11}$

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาจุดเยือกแข็งของสารละลาย

1. หาคความเข้มข้นโมแลล

1.1) เปลี่ยนหน่วยตัวละลายเป็น mol

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{มวล (g)}}{\text{มวลโมเลกุล (Mw)}} \\ &= \frac{68.4 \text{ g } C_{12}H_{22}O_{11}}{342 \text{ g/mol } C_{12}H_{22}O_{11}} \\ &= 0.2 \text{ mol } C_{12}H_{22}O_{11} \end{aligned}$$

1.2) เปลี่ยนหน่วยตัวทำละลายเป็น kg

$$\begin{aligned} \text{มวลของตัวทำละลาย (kg)} &= 250 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 0.25 \text{ kg } H_2O \end{aligned}$$

1.3) หาคความเข้มข้นในหน่วยโมแลล

$$\begin{aligned} \text{โมแลล} &= \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (kg)}} \\ &= \frac{0.2 \text{ mol NaOH}}{0.25 \text{ kg } H_2O} \\ &= 0.8 \text{ mol/kg} \end{aligned}$$

2. นำค่าแทนในสูตร

$$\Delta T_f = mK_f$$

$$T_f \text{ ตัวทำละลาย} - T_f \text{ สารละลาย} = mK_f$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} - T_f \text{ สารละลาย} = 0.8 \text{ mol/kg} \times 1.86 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$$

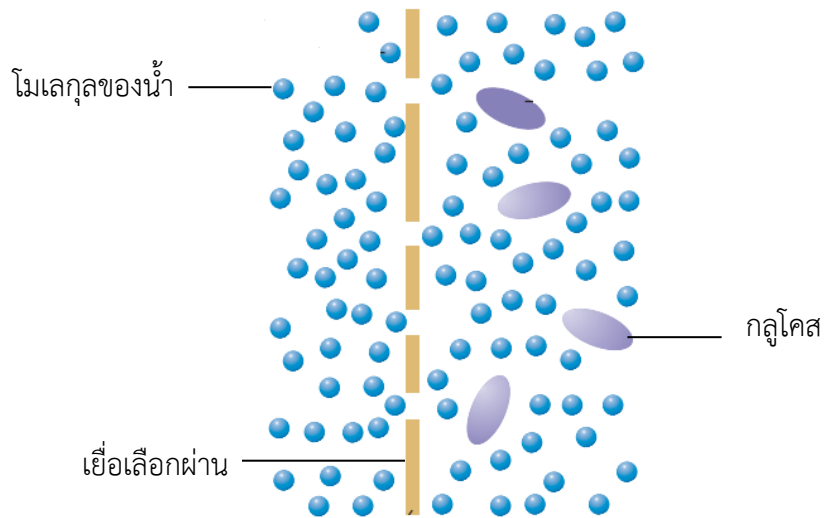
$$0 \text{ }^\circ\text{C} - T_f \text{ สารละลาย} = 1.49$$

$$T_f \text{ สารละลาย} = -1.49 \text{ }^\circ\text{C}$$

ดังนั้น จุดเยือกแข็งของสารละลายมีค่าเท่ากับ -1.49 องศาเซลเซียส

1.4 ความดันออสโมติก (Osmotic pressure)

กระบวนการออสโมติก เป็นกระบวนการที่ยอมให้เฉพาะโมเลกุลของตัวทำละลาย เคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนจากด้านที่สารละลายเจือจางไปยังด้านที่มีความเข้มข้นมากกว่า ดังภาพประกอบที่ 7.7 แสดงให้เห็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable membrane) ซึ่งจะยอมให้เฉพาะตัวทำละลายไหลผ่านเท่านั้น โดยตัวทำละลายบริสุทธิ์จะไหลผ่านจากตัวทำละลายบริสุทธิ์ไปยังสารละลาย จนถึงสมดุล ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป โดยความดันออสโมติก (π) ของสารละลายคือ ความดันที่ต้องใช้ในการหยุดกระบวนการออสโมติก วัดได้โดยตรงจากความแตกต่างของระดับของของเหลวสุดท้าย โดยความดันออสโมติกจะแปรผันตรงกับกับความเข้มข้นของสารละลาย (ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 300 และ Ebbing, D.D. and Gammon, S.D., 2007 : 504)



ภาพประกอบที่ 7.7 การแยกน้ำและสารละลายกลูโคสโดยใช้เยื่อเลือกผ่าน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Ebbing, D.D. and Gammon, S.D. (2007 : 504)

$$\pi = MRT$$

- โดย π = ความดันออสโมติก (atm)
 M = ความเข้มข้นของสารละลาย (mol/kg)
 R = ค่าคงที่ของแก๊ส (0.0821 dm³.atm/K.mol)
 T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

2. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution)

ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะสารละลายที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ คือ ตัวละลายที่แตกตัวเป็นไอออนในตัวทำละลาย ดังนั้น อิเล็กโทรไลต์ 1 หน่วย อาจแตกตัวออกเป็น 2 อนุภาค (ไอออนบวกและไอออนลบ) เช่น NaCl เมื่อละลายในตัวทำละลายจะแตกตัวเป็น Na⁺ และ Cl⁻ หรือมากกว่า เช่น Na₂SO₄ เมื่อละลายในตัวทำละลายจะแตกตัวเป็น Na⁺ 2 ไอออน และ SO₄²⁻ 1 ไอออน ซึ่งต่างจากสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ เช่น กลูโคสที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนได้ ดังนั้น สารละลายอิเล็กโทรไลต์จึงควรมีสสมบัติคอลลิเกทิฟมากกว่าสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 306) ดังนั้น จึงนิยามปริมาณหนึ่งว่า แฟกเตอร์แวนต์ฮอฟฟ์ (พินิติ รัตนานุกูล และคณะ, 2559 : 77)

$$i = \frac{\text{จำนวนอนุภาคที่แท้จริงในสารละลายหลังการละลาย}}{\text{จำนวนหน่วยสูตรที่นำมาละลายในสารละลาย}}$$

$$\Delta T_b = imK_b$$

$$\Delta T_f = imK_f$$

โดย i = จำนวนของไอออนตามสูตรเคมี

$$\Delta T_b = T_b \text{ สารละลาย} - T_b \text{ ตัวทำละลาย}$$

$$\Delta T_f = T_f \text{ ตัวทำละลาย} - T_f \text{ สารละลาย}$$

$$m = \text{ความเข้มข้นในหน่วย โมลต่อกิโลกรัม}$$

ตัวอย่างที่ 7.11 สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) เข้มข้น 0.010 โมลต่อกิโลกรัม จงคำนวณหาจุดเยือกแข็งของสารนี้ (K_f ของน้ำมีค่าเท่ากับ $1.86 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$)

วิธีทำ แนวคิด โจทย์ให้หาจุดเยือกแข็งของสารละลาย

1. หาค่า i จากสมการการแตกตัว



จากสมการ $i = 5$

2. นำค่าแทนในสูตร

$$\Delta T_f = imK_f$$

$$T_f \text{ ตัวทำละลาย} - T_f \text{ สารละลาย} = imK_f$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} - T_f \text{ สารละลาย} = 5 \times 0.010 \text{ mol/kg} \times 1.86 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} - T_f \text{ สารละลาย} = 0.093$$

$$T_f \text{ สารละลาย} = -0.093 \text{ }^\circ\text{C}$$

ดังนั้น จุดเยือกแข็งของสารละลายมีค่าเท่ากับ -0.093 องศาเซลเซียส

คอลลอยด์ (Colloids)

การที่สารสองสารผสมกันหรือมากกว่านี้เกิดการผสมกันแล้วเกิดการแยกชั้นกันเรียกว่า สารเนื้อผสม แต่หากรวมตัวกันไม่สามารถแบ่งแยกชั้นกันได้เรียกว่า สารเนื้อเดียว ตัวอย่างเช่น การผสมน้ำกับเกลือ จะได้สารละลายใส ไม่มีสี เนื่องจากเกลือเกิดการละลายได้ในน้ำ แต่ถ้านำแป้งมาละลายในน้ำเมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้นของแป้งที่ด้านล่างภาชนะและน้ำแยกชั้นอยู่ด้านบน แต่ก่อนที่จะเกิดการแยกชั้นจะเห็นว่าแป้งละลายในน้ำเป็นเวลานานโดยไม่ตกตะกอน เรียกว่า สารแขวนลอยคอลลอยด์ หรือ คอลลอยด์ (Colloids) (ทพวงมหาวิทยาลัย, 2541 : 214)

1. ชนิดของคอลลอยด์ (Types of colloids)

อนุภาคคอลลอยด์แบ่งได้ 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นการกระจายของอนุภาคหนึ่ง เรียกว่า ภูมิภาคกระจาย เกิดการกระจายอย่างสม่ำเสมอในอีกตัวกลางหนึ่ง ตัวอย่างของระบบคอลลอยด์ (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 310 และ Chang, R., 2010 : 543) แสดงดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ชนิดของระบบคอลลอยด์

ตัวกลาง	ภูมิภาคกระจาย	ชนิด	ตัวอย่าง
แก๊ส	ของเหลว	แอโรโซล	หมอก
แก๊ส	ของแข็ง	แอโรโซล	ควัน
ของเหลว	แก๊ส	โฟม	วิปครีม
ของเหลว	ของเหลว	อิมัลชัน	มายองเนส
ของเหลว	ของแข็ง	โซล	ยาเคลือบกระเพาะ
ของแข็ง	แก๊ส	โฟม	โฟมพลาสติก
ของแข็ง	ของเหลว	เจล	เยลลี่ เนย
ของแข็ง	ของแข็ง	โซลแข็ง	โลหะผสม (เหล็กกล้า)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Chang, R. (2010 : 543)

2. การเตรียมคอลลอยด์ (Preparing a colloid)

ในการเตรียมคอลลอยด์นั้นเป็นการทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่เกิดการแตกสลายได้ขนาดเทียบเคียงกับขนาดของคอลลอยด์ ตัวอย่างเช่น การนำอนุภาคขนาดใหญ่มาทำการบด มากวน หรือ มาตี ให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง หรือ อาจจะทำให้มีขนาดเล็กลงด้วยวิธีการทางเคมี โดยการเติมสารเคมีลงไปให้เกิดกระบวนการเปปไตเซชัน (Peptization) เช่น การเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เล็กน้อยลงในดินเหนียวที่ละลายในน้ำ ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอนุภาคคอลลอยด์ ภาพประกอบที่ 7.8 แสดงการเกิดคอลลอยด์ของเหล็กออกไซด์และการเกิดสารแขวนลอยขึ้น หรือ อาจใช้ความร้อนช่วยเร่งให้เกิดคอลลอยด์ ตัวอย่างเช่น นำแป้งมาละลายในน้ำจะเกิดแขวนลอยเป็นน้ำแป้งดิบ แต่เมื่อให้ความร้อนเป็นน้ำแป้งสุกหรือกาวแป้งเปียกจะเกิดเป็นคอลลอยด์ หรือการทำให้อนุภาคขนาดเล็กเกาะกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ เรียกว่า การควบแน่น ก่อตัวเป็นก้อนเมฆและหมอกเกิดขึ้น (ทบทวมหาวิทยาลัย, 2541 : 214)



(ก) คอลลอยด์

(ข) สารแขวนลอย

ภาพประกอบที่ 7.8 การเกิดคอลลอยด์ของเหล็กออกไซด์

ที่มา : ดัดแปลงจาก Petrucci, R.H. et al. (2011: 589)

3. ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)

สมบัติหนึ่งที่สามารถแยกสารละลายและคอลลอยด์ได้คือ การฉายแสงผ่าน หากฉายแสงผ่านคอลลอยด์จะเกิดการกระเจิงแสง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect) (Ebbing, D.D. and Gammon, S.D., 2007 : 420) ซึ่งเป็นสมบัติของคอลลอยด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 7.9 (ก) แต่การฉายแสงผ่านสารละลายจะทำให้แสงผ่านตลอด ไม่เกิดการกระเจิงแสง เนื่องจากโมเลกุลของสารละลายมีขนาดเล็กเกินกว่าจะเกิดอันตรกิริยากับแสงได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 7.9 (ข) ดังนั้นวิธีการนี้จึงใช้ในการจำแนกชนิดของสารละลายและคอลลอยด์ได้ (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ, 2560 : 309)



(ก) คอลลอยด์

(ข) สารละลาย

ภาพประกอบที่ 7.9 ปรากฏการณ์ทินดอลล์เมื่อฉายแสงผ่านตัวอย่าง
ที่มา : ดัดแปลงจาก Ebbing, D.D. and Gammon, S.D. (2007 : 420)

สรุปท้ายบท

สารละลายเกิดจากการผสมกันของตัวละลายและตัวทำละลาย แบ่งได้ 3 สถานะ ได้แก่ สถานะแก๊ส ของเหลวและของแข็ง หรืออาจแบ่งตามความสามารถในการละลายได้เป็นสารละลายไม่อิ่มตัว สารละลายอิ่มตัวและสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด สามารถบอกความเข้มข้นของสารละลายตามอัตราส่วนปริมาณของตัวละลายต่อสารละลาย ในที่นี้แบ่งออกเป็นร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร โมลาร์ โมลลัลและเศษส่วนโมล ในหน่วยความเข้มข้นทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้นเทียบปริมาณตัวละลายต่อสารละลาย ยกเว้นโมลลัลที่เทียบปริมาณตัวละลายต่อตัวทำละลาย ซึ่งสารละลายสามารถเตรียมได้จากของแข็งและของเหลว ส่วนความสามารถในการละลายของสารนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการละลาย จำนวนอนุภาคของตัวละลายในตัวทำละลายที่ไม่เท่ากันจะส่งผลต่อสมบัติคอลลิเกทิฟของสารละลายที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การลดลงของความดันไอ การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด การลดลงของจุดเยือกแข็ง และความดันออสโมติก

เมื่อนำสารสองสารหรือมากกว่าผสมกันและไม่เกิดการแยกชั้นเรียกว่า สารเนื้อเดียว ถ้าหากเกิดการแยกชั้นกันเรียกว่า สารเนื้อผสม ส่วนคอลลอยด์จะมีลักษณะขุ่นเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถแบ่งชนิดของคอลลอยด์ตามวิถุภาคการกระจายในตัวกลางได้เป็น 8 ชนิด ได้แก่ แอโรโซล (วิถุภาคของเหลวและของแข็ง) โฟม (ตัวกลางของเหลวและของแข็ง) โซล (ตัวกลางของเหลวและของแข็ง) อิมัลชันและเจล สมบัติหนึ่งที่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างสารละลายและคอลลอยด์ได้คือปรากฏการณ์ทินดอล ซึ่งเป็นการฉายแสงผ่านตัวอย่าง ทำให้เกิดการกระเจิงแสงเห็นเป็นลำแสงเฉพาะคอลลอยด์เท่านั้น

คำถามท้ายบทที่ 7

- จงยกตัวอย่างของสารละลายในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง พร้อมบอกชนิดของตัวละลาย และตัวทำละลาย
- ถ้านำกรดไฮโดรคลอริก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่น 1.18 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรมาเติมลงในน้ำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณความเข้มข้นในหน่วยต่อไปนี้
 - ร้อยละโดยมวล
 - ร้อยละโดยปริมาตร
 - ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร
- สารละลายกรดแอสติก (CH_3COOH) เข้มข้น 2 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร มีความหนาแน่น 1.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นร้อยละเท่าใดโดยมวล
- สารละลายเมทานอลละลายในน้ำมีค่าเศษส่วนโมลเท่ากับ 0.2 สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์ และกี่โมแลล
- ถ้าต้องการเตรียมโซเดียมไนเตรต (NaNO_3) เข้มข้น 0.15 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องชั่ง NaNO_3 มากี่กรัม
- ถ้าชั่ง $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ มา 5 กรัม มาละลายในน้ำจนมีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นของ Cr^{6+} เข้มข้นกี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- ถ้าสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 98% โดยมวลต่อปริมาตร จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาเติมลงในน้ำปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นเท่าใด
- จงคำนวณหาจุดเดือดของสารละลาย เมื่อนำกลูโคส 9 กรัม มาละลายในน้ำ พบว่าทำให้จุดเยือกแข็งลดลง -10°C โดย K_b ของน้ำเท่ากับ $0.51^\circ\text{C}/m$ และ K_f ของน้ำเท่ากับ $1.86^\circ\text{C}/m$
- สารละลาย X ละลายในแนฟทาลิน 75 กรัม ทำให้สารละลาย X มีจุดเยือกแข็งลดลงเป็น 74.55°C จงหาปริมาณของสาร X เมื่อมวลโมเลกุลของ X เท่ากับ 74
- จงบอกชนิดของคอลลอยด์ต่อไปนี้
 - น้ำนม
 - วุ้น
 - ฟองสบู่

เอกสารอ้างอิง

- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541). **เคมี 1**. (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญทัศน์.
- ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ. (2560). **เคมี 1 12/e**. กรุงเทพมหานคร : แมคกรอ-ฮิล.
- พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์. (2560). **เคมีปริมาณวิเคราะห์ : เทคนิคและการทดลอง**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พินิติ รตะนานุกูล และคณะ. (2559). **เคมี**. กรุงเทพมหานคร : มูลินนิธิ สอวน.
- แมน อมรสิทธิ์ และคณะ. (2558). **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร : ชวนพิมพ์ 50.
- รานี สุวรรณพฤกษ์. (2560). **เคมีทั่วไป เล่ม 2**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร : วิทย์พัฒนา.
- ศิวพันธ์์ ชูอินทร์. (2560). **เคมีวิเคราะห์สารมลพิษ**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. (2555). **เคมีวิเคราะห์**. (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สรารุณี สมนาม. (2557). **เคมีวิเคราะห์**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Bauer, R.C., et al. (2013). **Introduction to Chemistry: A Conceptual approach**. (3th Edition). United State of America : McGraw-Hill Higher Education.
- Brown, T.L., et al. (2015). **Chemistry The Central Science**. (13th Edition). United State of America : Pearson Education.
- Chang, R. (2010). **Chemistry**. (10th Edition). United State of America : McGraw-Hill Higher Education.
- Ebbing, D.D. and Gammon, S.D. (2007). **General Chemistry**. (9th Edition). United State of America : Houghton Mifflin Company.
- Petrucci, R.H., et al. (2011). **General Chemistry : Principles and Modern Applications**. (10th Edition). United State of America : MacMillian Publishing Company.
- Zumdahl, S.S. and Zumdahl, S.A. (2007). **Chemistry**. (7th Edition). United State of America : Houghton Mifflin Company.

