

การทดลองที่ 8

สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย

วัตถุประสงค์

- 8.1 ศึกษาสมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย เมื่อมีฟีนอลเป็นตัวทำละลายและอะเซทานิลลิดเป็นตัวถูกละลาย
- 8.2 ศึกษาเส้นโค้งของการเย็นลงของฟีนอลและสารละลายที่อุณหภูมิและความดันห้อง
- 8.3 หาน้ำหนักโมเลกุลของอะเซทานิลลิดโดยวิธีเบคมันน์ คริโอสโคปิก (Beckmann's Cryoscopic method) เมื่อมีฟีนอลเป็นตัวทำละลาย
- 8.4 หาค่าคงที่ของการลดจุดเยือกแข็ง

ทฤษฎี

สารละลาย (solution) หมายถึง ของผสมที่ประกอบด้วยสารตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่าสองชนิดมาผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous mixture) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง หมายถึง วัฏภาคใด ๆ ที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบมากกว่าหนึ่งขึ้นไป ส่วนประกอบที่มีปริมาณมากกว่าเรียกว่าตัวทำละลาย (solvent) ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้อยกว่าเรียกว่า ตัวถูกละลาย (solute)

ถ้าเติมตัวถูกละลายลงในตัวทำละลายบริสุทธิ์จะได้สารละลาย ซึ่งพบว่าสมบัติหลายประการของตัวทำละลายในสารละลายเปลี่ยนไป อาทิ ความดันไอลดลง จุดเดือดเพิ่มขึ้น จุดเยือกแข็งลดลงและเกิดความดันออสโมติก สมบัติของตัวทำละลายที่เปลี่ยนไปนี้เรียกว่า สมบัติคอลลิเกทีฟ (colligative properties) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนอนุภาคของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย ไม่ขึ้นกับชนิดของสารรวมทั้งโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของสารด้วย สารละลายที่จัดว่ามีสมบัติคอลลิเกทีฟอย่างแท้จริงนั้น คือสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) ซึ่งตัวถูกละลายจะต้องไม่แตกตัวให้อิออนหรือไม่เกิดการรวมตัวกันในสารละลาย นอกจากนี้ตัวถูกละลายจะต้องเป็นสารที่ไม่ระเหย (non-volatile substance)

สมบัติที่เปลี่ยนไปของตัวทำละลายเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์เคมี (chemical potential) กล่าวคือศักย์เคมีของตัวทำละลายในสารละลายจะลดลงจากเมื่อเป็นสารบริสุทธิ์ โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\mu_{i, \text{solution}} = \mu_i^* + RT \ln x_i \dots\dots\dots(8.1)$$

$$\text{หรือ } \mu(T, P, x) = \mu^*(T, P) + RT \ln x \dots\dots\dots(8.2)$$

การทดลองที่ 8

เมื่อ $\mu_{i, \text{solution}}$ หรือ $\mu(T, P, x)$ คือ ศักย์เคมีของสารละลาย

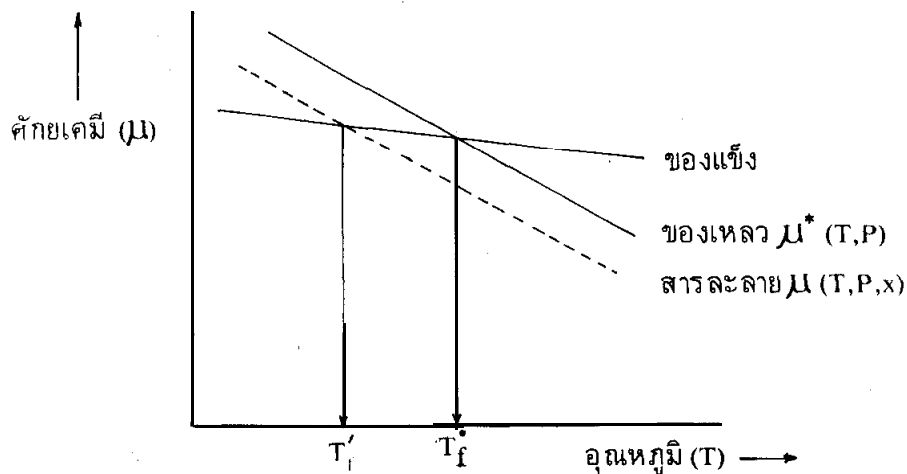
μ_i^* หรือ $\mu^*(T, P)$ คือ ศักย์เคมีของสารบริสุทธิ์

x_i หรือ x คือ เศษส่วนโมลของตัวทำละลาย

จากสมการ (8.1) พบว่าในสารละลาย จะได้ค่า $x_i \leq 1$ ทำให้เทอมขวามือของสมการคือเทอม $RT \ln x_i$ มีค่าติดลบ ทำให้ศักย์เคมีของตัวทำละลายในสารละลายน้อยกว่าศักย์เคมีของตัวทำละลายบริสุทธิ์อยู่เท่ากับ $RT \ln x_i$

$$\therefore \mu_{i, \text{solution}} \leq \mu_i^* \dots\dots\dots(8.3)$$

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มที่ตัวทำละลายจะหนีออกจากสารละลายไปสู่สถานะที่เป็นไอลดน้อยลง เป็นผลให้สารละลายมีจุดเยือกแข็งลดลงเมื่อเทียบกับตัวทำละลายบริสุทธิ์ ดังแผนภาพรูป (8.1)



รูปที่ 8.1 แผนภาพแสดงการลดลงของศักย์เคมีของตัวทำละลายบริสุทธิ์จาก $\mu^*(T, P)$ ไปเป็น $\mu(T, P, x)$ ทำให้จุดเยือกแข็งเลื่อนจาก T_f (สารบริสุทธิ์) ไปเป็น T'_f (สารละลาย)

การลดลงของจุดเยือกแข็ง (Freezing point depression)

ถ้าสารละลายประกอบด้วยตัวทำละลายเป็นสารระเหยได้และตัวถูกละลายเป็นสารที่ไม่ระเหยแล้ว จุดเยือกแข็งของสารละลายนี้จะมีค่าต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์ดังรูป (8.1) ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของจุดเยือกแข็งที่ลดลงได้ โดยพิจารณาจากสภาวะสมดุลจะได้

$$\mu_s = \mu(T, P, x) \dots\dots\dots(8.4)$$

การทดลองที่ 8

แทนสมการ (8.2) ลงในสมการ (8.4) จะได้สมการใหม่คือ

$$\mu_s = \mu_1^* + RT \ln x_1 \quad \dots\dots\dots(8.5)$$

เมื่อ μ_s คือ ศักย์เคมีของของแข็ง

μ_1^* คือ ศักย์เคมีของสารบริสุทธิ์ที่อยู่ในสถานะของเหลว

x_1 คือ เศษส่วนโมลของตัวทำละลาย

จัดเรียงสมการ (8.5) ใหม่

$$\begin{aligned} \mu_s - \mu_1^* &= RT \ln x_1 \\ \frac{\mu_s - \mu_1^*}{T} &= R \ln x_1 \quad \dots\dots\dots(8.6) \end{aligned}$$

ดิฟเฟอเรนทิเอตสมการ (8.6) เทียบกับอุณหภูมิ (T) เมื่อความดันคงที่จะได้

$$\frac{\partial(\mu_s/T)}{\partial T} - \frac{\partial(\mu_1^*/T)}{\partial T} = \frac{R \partial \ln x_1}{\partial T} \quad \dots\dots\dots(8.7)$$

เมื่อแทนค่าความสัมพันธ์ $\frac{\partial(\mu_i/T)}{\partial T} = -\bar{H}_i/T^2$ ในสมการ (8.7) จะได้ผลลัพธ์คือ

$$\begin{aligned} -\frac{\bar{H}_s - \bar{H}_1^*}{T^2} &= \frac{R \partial \ln x_1}{\partial T} \\ \frac{\bar{H}_1^* - \bar{H}_s}{T^2} &= \frac{R \partial \ln x_1}{\partial T} \quad \dots\dots\dots(8.8) \end{aligned}$$

เมื่อ \bar{H}_1^* คือ โมลาร์เอนทาลปีของของเหลวบริสุทธิ์

\bar{H}_s คือ โมลาร์เอนทาลปีของของแข็งบริสุทธิ์

$$\text{เนื่องจาก } -\bar{H}_1 - \bar{H}_s = \Delta H_{\text{fus}} \quad \dots\dots\dots(8.9)$$

= ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวต่อโมลของตัวทำละลายบริสุทธิ์

แทนสมการ (8.9) ลงในสมการ (8.8) จะได้สมการใหม่คือ

$$\frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T^2} = \frac{R \partial \ln x_1}{\partial T}$$

$$\text{หรือ } d \ln x_1 = \frac{\Delta H_{\text{fus}} dT}{RT^2} \quad \dots\dots\dots(8.10)$$

เมื่ออินทิเกรตสมการ (8.10) ตามเศษส่วนโมลของตัวทำละลาย (x_1) จาก 1 ถึง x_1 และจาก T_f' ไปเป็น T_f' เมื่อ T_f' และ T_f' คือจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสารละลายตามลำดับ

การทดลองที่ 8

$$\int_1^{x_1} d \ln x_1 = \int_{T_f^{\circ}}^{T_f'} \frac{\Delta H_{fus}}{RT^2} dT$$

$$\ln x_1 = - \frac{\Delta H_{fus}}{R} \left(\frac{1}{T_f'} - \frac{1}{T_f^{\circ}} \right) \dots \dots \dots (8.11)$$

เอา (-1) คูณตลอดและแทนค่า x_1 ด้วย $1-x_2$ เมื่อ x_2 คือเศษส่วนโมลของตัวถูกละลาย

$$-\ln(1-x_2) = \frac{\Delta H_{fus}}{R} \left(\frac{T_f' - T_f^{\circ}}{T_f^{\circ} T_f'} \right) \dots \dots \dots (8.12)$$

เนื่องจากเป็นสารละลายเจือจางมาก $x_2 \ll 1$ เราจึงขยายเทอม $\ln(-x_2)$ ได้ดังนี้

$$-\ln(1-x_2) = x_2 + \frac{1}{2}x_2^2 + \dots \dots \dots$$

เราจะใช้เทอมอันดับที่หนึ่งเท่านั้นคือ x_2 และเนื่องจาก $T_f^{\circ} \sim T_f'$

$$\dots T_f^{\circ} T_f' \approx (T_f^{\circ})^2$$

จากสมการ (8.12) จะได้

$$x_2 = - \left(\frac{\Delta H_{fus}}{R(T_f^{\circ})^2} \right) \Delta T_f \dots \dots \dots (8.13)$$

$$\text{เมื่อ } \Delta T_f = T_f' - T_f^{\circ}$$

= อุณหภูมิที่ลดลงจากจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์

จัดเรียงสมการ (8.13) ใหม่จะได้

$$\Delta T_f = - \left(\frac{R(T_f^{\circ})^2}{\Delta H_{fus}} \right) x_2 \dots \dots \dots (8.14)$$

$$= - \left(\frac{R(T_f^{\circ})^2}{\Delta H_{fus}} \right) \left(\frac{m_2 M_1}{1000} \right) \dots \dots \dots (8.15)$$

$$= - \left(\frac{R(T_f^{\circ})^2 M_1}{1000 \Delta H_{fus}} \right) m_2 \dots \dots \dots (8.16)$$

$$\dots \Delta T_f = -K_f m_2 \dots \dots \dots (8.17)$$

$$\text{เมื่อ } K_f = \frac{RT_f^{\circ 2} M_1}{1000 \Delta H_{fus}} \dots \dots \dots (8.18)$$

= ค่าคงที่ของการลดจุดเยือกแข็ง (freezing point

lowering constant) และมีค่าขึ้นกับสมบัติของตัวทำละลายเท่านั้น

$$M_1 = \text{น้ำหนักโมเลกุลของตัวทำละลาย}$$

การทดลองที่ 8

$$m_2 = \text{ความเข้มข้นในหน่วยโมแลลของตัวถูกละลาย}$$

$$= \frac{1000w_2}{M_2w_1} \dots \dots \dots (8.19)$$

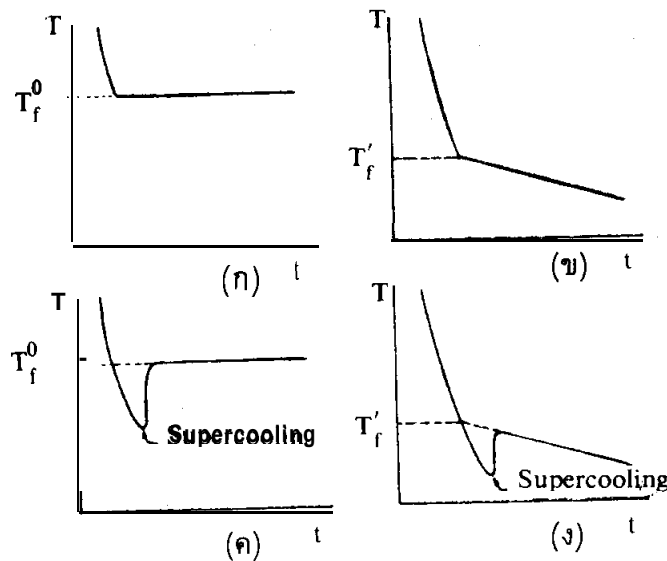
โดย w_1 คือ น้ำหนักของตัวทำละลายในหน่วยกรัม

w_2 คือ น้ำหนักของตัวถูกละลายในหน่วยกรัม

M_2 คือ น้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลาย

หลักการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารโดยอาศัยการลดลงของจุดเยือกแข็ง

ในขั้นแรกต้องหาตัวทำละลายที่เป็นสารระเหยได้และสามารถละลายสารที่ต้องการหาน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งเป็นตัวถูกละลายที่ไม่ระเหย ในการทดลองนี้ใช้ฟีนอลเป็นตัวทำละลาย และใช้อะเซทานิลลิดเป็นตัวถูกละลายที่ไม่ระเหย จากนั้นหาผลต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของฟีนอลเมื่อบริสุทธิ์กับเมื่อเป็นสารละลาย โดยทราบน้ำหนักแน่นอนของตัวทำละลายและตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย สำหรับวิธีหาจุดเยือกแข็งของสารบริสุทธิ์และสารละลายนั้นทำได้โดยให้ความร้อนกับสารจนกลายเป็นของเหลวทั้งหมด แล้วปล่อยให้สารเย็นลงจนเป็นของแข็ง ขณะที่สารเย็นลงนั้นทำการวัดอุณหภูมิของสารที่เวลาต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลมาสร้างกราฟระหว่างอุณหภูมิเทียบกับเวลา กราฟที่ได้เรียกว่า เส้นโค้งของการเย็นลง (cooling curve) ดังรูป (8.2)



รูปที่ 8.2 แสดงเส้นโค้งของการเย็นลง

(ก) และ ค. แสดงเส้นโค้งของการเย็นลงของสารบริสุทธิ์

(ข) และ (ง) แสดงเส้นโค้งของการเย็นลงของสารละลาย

การทดลองที่ 8

ตารางที่ 8.1 ค่าคงที่ของการลดจุดเยือกแข็งสำหรับตัวทำละลายต่างๆ

Solvent	Freezing point (°C)	K_f (degree.kg.mol ⁻¹)
Acetic acid	16.7	3.9
Benzene	5.5	5.12
Bromoform	7.8	14.4
Camphor	178.4	31.1
Cyclohexane	6 . 5	20.0
1,4-Dioxane	10.5	4.9
Napthalene	80.2	6.9
Phenol	42	1.21
Tribromophenol	96	20.4
Triphenylphosphate	49.9	11.76
Water	0.00	1.86

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์หลัก

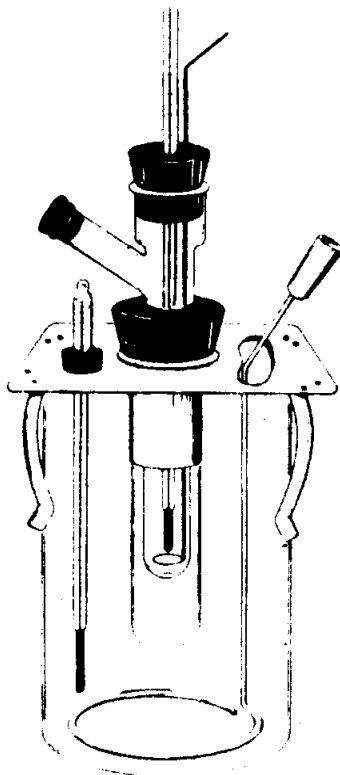
- 8.1 เครื่องมือเบคมันน์ ครีโอลโคปิก 1 ชุด
- 8.2 นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
- 8.3 บีเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม 4 ใบ
- 8.4 บีเกอร์ขนาด 500 ลบ.ซม 1 ใบ
- 8.5 กรวยแก้วก้านสั้น 1 อัน
- 8.6 เต้าไฟฟ้า 1 เต้า

สารเคมี ฟีนอล (เกรดวิเคราะห์), อะเซทานิลลิด

การทดลองที่ 8

วิธีทดลอง

8.1 จัดตั้งอุปกรณ์การทดลองดังรูป (8.3)



รูปที่ 8.3 เครื่องมือเบคมันน์ คริสโคโคปิก

- 8.2 นำบีเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม. ที่สะอาดและแห้งมาล้างด้วยเครื่องล้างละเอียด แล้วเติมเกล็ดฟีนอล (เกรตวิเคราะห์) ประมาณ 20 ก.ม ลงไปในบีเกอร์ จากนั้นนำไปล้างอีกครั้ง
- 8.3 เทฟีนอลใส่ลงในหลอดตัวใน (inner tube) ที่แห้งและสะอาด ปิดจุกเสียบเทอร์โมมิเตอร์พร้อมที่คน
- 8.4 นำบีเกอร์ที่มีฟีนอลติดอยู่ไปล้างอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอนของฟีนอลที่ใช้ในการทดลอง
- 8.5 นำหลอดตัวในที่ปิดจุกแล้วไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-60°ซ. พร้อมทั้งคนให้ฟีนอลหลอมหมดที่อุณหภูมิประมาณ 45°ซ.
- 8.6 เช็ดภายนอกของหลอดตัวในให้แห้ง แล้วนำมาสวมเข้ากับหลอดตัวนอก (outer tube) ที่อยู่ในภาชนะที่มีน้ำบรรจุประมาณ 4/5 ของภาชนะ

การทดลองที่ 8

- 8.7 คนพินอลและน้ำในภาชนะอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิของพินอลทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งพินอลเริ่มตกผลึก ให้บันทึกค่าอุณหภูมิต่อไปอีก 8 นาที
- 8.8 ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยนำพินอลที่ตกผลึกในครั้งแรกมาหลอมใหม่ เพื่อหาค่าจุดเยือกแข็งของพินอลอีกครั้ง
- 8.9 นำพินอลที่ตกผลึกในครั้งที่สองมาเติมอะเซทานิลลิตที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.1 ถึง 0.13 กรัม แล้วนำไปอุ่นจนหลอมเป็นสารละลายเนื้อเดียวกันที่มีอุณหภูมิ 45°C จากนั้นหาจุดเยือกแข็งของสารละลายตามข้อ (8.6) และข้อ (8.7)
- 8.10 นำสารละลายที่แข็งตัวในข้อ (8.9) มาเติมอะเซทานิลลิตที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (ประมาณ 0.1 ถึง 0.13 กรัม) อีก 2 ครั้ง โดยบันทึกน้ำหนักรวมของอะเซทานิลลิตในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง
- 8.11 นำสารละลายทั้งสองมาหาจุดเยือกแข็งของสารละลายตามลำดับ
- 8.12 บันทึกอุณหภูมิและความดันห้อง

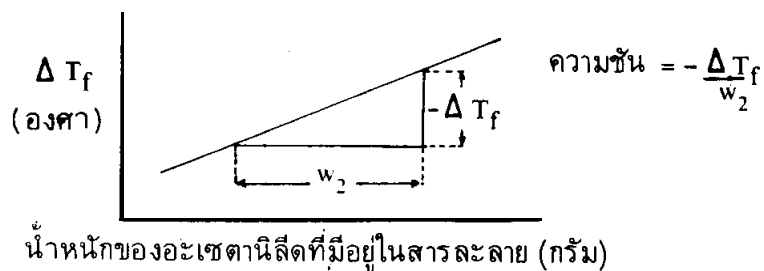
การวิเคราะห์ผล

ตอน ก. หาจุดเยือกแข็งของพินอลและสารละลายที่ประกอบด้วยพินอลและอะเซทานิลลิต

- 8.1 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างกราฟระหว่างอุณหภูมิของสารกับเวลา จะได้เส้นโค้งของการเย็นลง ซึ่งสามารถนำมาหาจุดเยือกแข็งของพินอลบริสุทธิ์และสารละลายได้ โดยการลากเส้นต่อจากเส้นกราฟในช่วงที่ของเหลวแข็งตัวไปตัดกับเส้นกราฟช่วงที่ของเหลวกำลังเย็นลงตรงจุดใด อุณหภูมิ ณ จุดนั้นคือจุดเยือกแข็ง ให้ดูจากรูป (8.2) ประกอบในการหาจุดเยือกแข็งของพินอลและสารละลาย

ตอน ข. คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของอะเซทานิลลิต

- 8.2 นำข้อมูลที่ได้จากตอน (ก) มาสร้างกราฟระหว่างผลต่างของจุดเยือกแข็ง ($-\Delta T_f = T_f - T_f'$) กับน้ำหนักของอะเซทานิลลิตที่มีอยู่ในสารละลายแต่ละครั้ง จะได้กราฟเส้นตรง ซึ่งมีความชัน (slope) เท่ากับ $(-\Delta T_f/w_2)$ ดังรูป (8.4)



รูปที่ 8.4 กราฟระหว่างผลต่างของจุดเยือกแข็งกับน้ำหนักของอะเซทานิลลิตในสารละลาย

การทดลองที่ 8

เมื่อได้ค่าความชันจากกราฟแล้วให้นำมาแทนค่าในสูตร

$$M_2 = \frac{1000K_f}{w_1} \left(\frac{1}{\text{slope}} \right) \dots\dots\dots(8.20)$$

เมื่อ $K_f = 7.27 \text{ degree.kg.mol}^{-1}$

$w_1 =$ น้ำหนักของฟีนอลในหน่วยกรัม (ได้จากการชั่ง)

จากการแทนค่าเทอมต่าง ๆ ในสมการ (8.20) จะได้ค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของอะเซทานิลลิด

ตอน ค หาค่าคงที่ของการลดจุดเยือกแข็ง (K_f) เมื่อมีฟีนอลเป็นตัวทำละลาย

8.3 คำนวณค่า K_f ได้จากสมการ (8.20) คือ

$$K_f = \frac{w_1 M_2 (\text{slope})}{1000}$$

แทนค่า $M_2 =$ น้ำหนักโมเลกุลของอะเซทานิลลิด

คำถาม

- 8.1 สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์แตกต่างจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์อย่างไรบ้าง
- 8.2 จงอธิบายหลักการหาจุดเยือกแข็งของสารใด ๆ ได้อย่างไรบ้าง
- 8.3 ค่าคงที่ของการลดจุดเยือกแข็งเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลายมีค่าเท่ากับ 1.86 หมายความว่าอย่างไร

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 8

เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย

- ชื่อนักศึกษา 1.รหัสประจำตัว.....รหัสประจำตัว.....
 2.รหัสประจำตัว.....รหัสประจำตัว.....
 3.รหัสประจำตัว.....รหัสประจำตัว.....
 กรุ๊ป.. ..ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง.....องศาเซลเซียส ความดันห้อง.....น้ำปรอท

หาเส้นโค้งของการเย็นลงของฟีนอลกับสารละลายที่มีฟีนอลเป็นตัวทำละลายและอะเซทานิลลิต

เป็นตัวถูกละลาย

น้ำหนักของฟีนอล.....กรัม ที่มีค่า T_f^๐ซ.น้ำหนักของอะเซทานิลลิต.....กรัม ได้สารละลาย 1 มีค่า $-\Delta T_f =$ ^๐ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 1)

น้ำหนักรวมของอะเซทานิลลิต.....กรัม ได้สารละลาย 2 มีค่า $-\Delta T_f =$ ^๐ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 2)

น้ำหนักรวมของอะเซทานิลลิต.....กรัม ได้สารละลาย 3 มีค่า $-\Delta T_f =$ ^๐ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 3)

ฟีนอล (ครั้งที่ 1)			ฟีนอล (ครั้งที่ 2)		
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (๐ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (๐ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (๐ซ.)
0	45.0	0	45.0		

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 8
เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว.....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1.รหัสประจำตัว

2. รหัสประจำตัว

กรุ๊ป ตอนที่

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง องศาเซลเซียส ความดันห้อง นิ้วปรอท

หาเส้นโค้งของการเย็นลงของฟีนอลกับสารละลายที่มีฟีนอลเป็นตัวทำละลายและอะเซทานิลลิดเป็นตัวถูกละลาย

น้ำหนักของฟีนอล..... กรัม ที่มีค่า T_f °ซ.

น้ำหนักของอะเซทานิลลิด..... กรัม ได้สารละลาย 1 มีค่า $-A T_f =$ °ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 1)

น้ำหนักรวมของอะเซทานิลลิด..... กรัม ได้สารละลาย 2 มีค่า $-A T_f =$ °ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 2)

น้ำหนักรวมของอะเซทานิลลิด..... กรัม ได้สารละลาย 3 มีค่า $-A T_f =$ °ซ.

(ในหลอดตัวในครั้งที่ 3)

ฟีนอล(ครั้งที่ 1)				ฟีนอล(ครั้งที่ 2)			
เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°ซ.)	เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°ซ.)	เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°ซ.)	เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°ซ.)
0	45.0			0	45.0		

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 8 (ต่อ)
เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย

กรุป.....

ตอนที่.....

สารละลาย 1		สารละลาย 2		สารละลาย 3	
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)
0	45.0	0	45.0	0	45.0

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 8 (ต่อ)

เรื่อง สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย

กรัฟ.....

ตอนที่.....

สารละลาย 1		สารละลาย 2		สารละลาย 3	
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (ซ.)
0	45.0	0	45.0	0	45.0