

การทดลองที่ 5

ปริมาตรโมแลลบางส่วน

วัตถุประสงค์

คำนวณหาปริมาตรโมแลลบางส่วนของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่เป็นฟังก์ชันของความเข้มข้นซึ่งได้จากความหนาแน่นของสารละลายที่วัดด้วยขวดวัดความหนาแน่น อุณหภูมิและความดันห้อง

ทฤษฎี

พิจารณาฟังก์ชันเอกพันธ์ดีกรี n ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติดังสมการข้างล่าง

$$f(kN_1, \dots, kN_i, \dots) = k^n f(N_1, \dots, N_i, \dots) \quad \dots\dots\dots(5.1)$$

โดย N_i แทนจำนวนโมลขององค์ประกอบ i ในวัฏภาคหนึ่ง ถ้าฟังก์ชันในสมการ (5.1) มีค่า $n = 1$ จะได้ฟังก์ชันที่ใช้แทน *คุณสมบัติเอกเทศ* (*extensive property*) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เป็นปฏิภาคกับจำนวนของวัฏภาค ได้แก่ ฟังก์ชันเทอร์โมไดนามิกส์ V, E, H, S, A, G , ถ้า $n = 0$ จะได้ฟังก์ชันที่ใช้แทน *คุณสมบัติอินเทนซีฟ* (*intensive property*) ได้แก่ คุณสมบัติอื่น ๆ ที่ไม่ขึ้นกับจำนวนของวัฏภาคซึ่งรวมทั้งความดัน (P) และอุณหภูมิ (T) ด้วย

ปริมาตรโมแลลบางส่วน (partial molal quantities ใช้สัญลักษณ์ \bar{Q}_i) จัดว่าเป็นคุณสมบัติอินเทนซีฟอย่างหนึ่งซึ่งนิยามไว้ดังนี้

$$\bar{Q}_i = \left(\frac{\partial Q}{\partial N_i} \right)_{P, T, N_j \neq i} \quad \dots\dots\dots(5.2)$$

โดย Q แทนปริมาณเอกเทศตามที่กล่าวแล้ว สำหรับวัฏภาคที่ประกอบด้วยองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว ปริมาตรโมแลลบางส่วนจะเปลี่ยนมาเป็น *ปริมาตรโมแลล* (\bar{Q}) ซึ่งนิยามไว้ว่า

$$\bar{Q} = \frac{Q}{N} \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

สำหรับสารละลายก๊าซอุดมคติหรือสารละลายของเหลวอุดมคติ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \bar{V}_i &= \bar{V} & , & \bar{E}_i = \bar{E} & , & \bar{H}_i = \bar{H} \\ \bar{S}_i &\neq \bar{S} & , & \bar{A}_i \neq \bar{A} & , & \bar{G}_i \neq \bar{G} \end{aligned}$$

ส่วนสารละลายจริง โดยทั่วไปแล้ว ปริมาตรโมแลลบางส่วนทุกชนิดจะไม่เท่ากับปริมาตรโมแลลคุณสมบัติที่สำคัญยิ่งอันหนึ่งของปริมาตรโมแลลบางส่วนสามารถหาได้จากการใช้ทฤษฎีของยูเลอร์ที่ว่าด้วยฟังก์ชันเอกพันธ์ซึ่งกล่าวไว้ว่า ถ้า $f(N_1, \dots, N_i, \dots)$ เป็นฟังก์ชันเอกพันธ์ดีกรี n จะเขียนได้ว่า

การทดลองที่ 5

$$N_1 \frac{\partial f}{\partial N_1} + N_2 \frac{\partial f}{\partial N_2} + \dots + N_i \frac{\partial f}{\partial N_i} + \dots = mf \quad \dots \dots \dots (5.4)$$

ในที่นี้ ให้ f แทนปริมาณแอกซเทนซีฟในทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Q) ดังนั้น

$$N_1 \bar{Q}_1 + N_2 \bar{Q}_2 + \dots + N_i \bar{Q}_i + \dots = Q \quad \dots \dots \dots (5.5)$$

ดิฟเฟอเรนเชียลทั้งกั้น Q ในสมการ (5.5) แล้วจัดสมการใหม่ได้

$$dQ = \bar{Q}_1 dN_1 + \dots + \bar{Q}_i dN_i + \dots + N_1 d\bar{Q}_1 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots \quad \dots \dots (5.6)$$

เนื่องจาก $Q = Q(N_1, \dots, N_i, \dots, P, T)$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } dQ &= \frac{\partial Q}{\partial N_1} dN_1 + \dots + \frac{\partial Q}{\partial N_i} dN_i + \dots + \frac{\partial Q}{\partial P} dP + \frac{\partial Q}{\partial T} dT \\ \text{หรือ } dQ &= \bar{Q}_1 dN_1 + \dots + \bar{Q}_i dN_i + \dots + \frac{\partial Q}{\partial P} dP + \frac{\partial Q}{\partial T} dT \quad \dots \dots \dots (5.7) \end{aligned}$$

นำสมการ (5.7) ลบออกจากสมการ (5.6)

$$N_1 d\bar{Q}_1 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots - \left(\frac{\partial Q}{\partial N_1} dN_1 + \dots + \frac{\partial Q}{\partial N_i} dN_i + \dots \right) dP - \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right) dT = 0 \quad \dots \dots \dots (5.8)$$

กรณีที่อยู่ณหภูมิตั้งแต่ความดันคงที่ สมการ (5.8) จะกลายเป็น

$$N_1 d\bar{Q}_1 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots = 0 \quad (P \text{ และ } T \text{ คงที่}) \quad \dots \dots \dots (5.9)$$

สำหรับสารละลายที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิด เราสามารถเขียนได้ว่า

$$\frac{dQ_2}{dQ_1} = -\frac{X_1}{X_2} \quad \dots \dots \dots (5.10)$$

ซึ่ง X_i คือ สัดส่วนโมล = $N_i / \Sigma N_i$

ถ้า Q ถูกแทนด้วยพลังงานอิสระ (G) สมการ (5.10) เราเรียกว่า *สมการกิบส์-ดูเฮม*

โมเลกุลบางส่วนตั้งที่กล่าวแล้วข้างต้น ถ้าพิจารณาสารละลายที่ได้จากการละลายตัวถูกละลายตัวหนึ่งปริมาณ m โมลในน้ำ 1,000 กรัม (55.51 โมล) จากการใช้สมการ (5.5) จะเขียนปริมาตรรวมของสารละลาย (V) ได้ว่า

$$V = N_1 \bar{V}_1 + N_2 \bar{V}_2 = 55.51 \bar{V}_1 + m \bar{V}_2 \quad \dots \dots \dots (5.11)$$

โดย N_1 เป็นจำนวนโมลของตัวทำละลาย (น้ำ) = 55.51

N_2 เป็นจำนวนโมลของตัวถูกละลาย = m

\bar{V}_1 และ \bar{V}_2 เป็นปริมาตรโมเลกุลบางส่วนของน้ำและตัวถูกละลายตามลำดับ

ถ้าให้ \bar{V}_1^0 เป็นปริมาตรโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.016/0.99707 = 18.069 ลบ.ซม

การทดลองที่ 5

ที่อุณหภูมิ 25°C. เราจะกำหนดค่าปริมาตรโมแลลของตัวถูกละลาย (ใช้สัญลักษณ์ ϕ สามารถหาค่าได้จากสูตรทดลอง) โดยอาศัยสมการ (5.11) ดังนี้

$$V = N_1 \tilde{V}_1^\circ + N_2 \phi = 55.51 \tilde{V}_1^\circ + m\phi \quad \dots\dots\dots(5.12)$$

ซึ่งจัดรูปสมการเสียใหม่ได้เป็น

$$\phi = \frac{1}{N_2} (V - N_1 \tilde{V}_1^\circ) = \frac{1}{m} (v - 55.51 \tilde{V}_1^\circ) \quad \dots\dots\dots(5.13)$$

แต่ $V = \frac{1000 + mM_2}{d}$

และ $N_1 \tilde{V}_1^\circ = \frac{1000}{d_0}$

ซึ่ง M_2 คือ น้ำหนักโมแลกุลของตัวถูกละลาย

d คือ ความหนาแน่นของสารละลาย

d_0 คือ ความหนาแน่นของตัวทำละลายบริสุทธิ์

แทนค่า V และ $N_1 \tilde{V}_1^\circ$ ลงในสมการ (5.13)

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{1}{m} \left(\frac{1000 + mM_2}{d} - \frac{1000}{d_0} \right) \\ &= \frac{1}{m} \left(\frac{mM_2}{d} + \frac{1000}{d} - \frac{1000}{d_0} \right) \\ &= \frac{1}{d} \left[M_2 - \frac{1000}{m} \left(\frac{d-d_0}{d_0} \right) \right] \quad \dots\dots\dots(5.14) \end{aligned}$$

หรือ $\phi = \frac{1}{d} \left[M_2 - \frac{1000}{m} \left(\frac{W}{W_0} - \frac{W_0}{W_e} \right) \right] \quad \dots\dots\dots(5.15)$

โดย W_e = น้ำหนักของขวดวัดความหนาแน่นเปล่า ๆ

W_0 = น้ำหนักของขวดวัดความหนาแน่นเมื่อบรรจุน้ำบริสุทธิ์จนเต็มถึงขีด

W = น้ำหนักของขวดวัดความหนาแน่นเมื่อบรรจุสารละลายจนเต็มถึงขีด

ทั้ง W_e , W_0 และ W เป็นค่าที่ซึ่งหาได้โดยตรงจากการทดลอง

ตามคำนิยามของปริมาณโมแลลบางส่วนในสมการ (5.2) เราจะเขียน \bar{V}_2 และ

\bar{V}_1 ได้ว่า

$$\bar{V}_2 = \left(\frac{\partial V}{\partial N_2} \right)_{N_1, T, P} \quad \text{และ} \quad \bar{V}_1 = \left(\frac{\partial V}{\partial N_1} \right)_{N_2, T, P}$$

หา \bar{V}_2

$$\bar{V}_2 = \left(\frac{\partial V}{\partial N_2} \right)_{N_1, T, P}$$

การทดลองที่ 5

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\partial}{\partial N_2} (N_1 \bar{V}_1 + N_2 \bar{V}_2) \\
 &= \frac{\partial}{\partial N_2} (N_1 \bar{V}_1^\circ + N_2 \phi) \\
 &= \phi + N_2 \frac{\partial \phi}{\partial N_2} \\
 &= \phi + m \frac{d\phi}{dm} \dots\dots\dots(5.16)
 \end{aligned}$$

หา \bar{V}_1

จากสมการ (5.11) และสมการ (5.12)

$$\begin{aligned}
 \bar{V}_1 &= \frac{1}{N_1} (V - N_2 \bar{V}_2) \\
 &= \frac{1}{N_1} (N_1 \bar{V}_1^\circ + N_2 \phi - N_2 \bar{V}_2)
 \end{aligned}$$

แทนค่า \bar{V}_2 จากสมการ (5.16)

$$\begin{aligned}
 \bar{V}_1 &= \frac{1}{N_1} \left[N_1 \bar{V}_1^\circ + N_2 \phi - N_2 \left(\phi + m \frac{d\phi}{dm} \right) \right] \\
 &= \frac{1}{N_1} \left[N_1 \bar{V}_1^\circ - m^2 \frac{d\phi}{dm} \right] \\
 &= \bar{V}_1^\circ - \frac{m^2}{55.51} \frac{d\phi}{dm} \dots\dots\dots(5.17)
 \end{aligned}$$

การหาค่า $\frac{d\phi}{dm}$ ทำได้โดยพลอตกราฟระหว่าง ϕ กับ m ซึ่งจะได้กราฟเส้นโค้ง ค่า $\frac{d\phi}{dm}$ คือค่าความชันของเส้นตรงที่ลากสัมผัสเส้นโค้งตรงจุดที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนัก ค่า ϕ แปรผันตรงกับ \sqrt{m} ดังสมการ

$$\phi = \phi^\circ + \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \cdot \sqrt{m} \dots\dots\dots(5.18)$$

เมื่อ ϕ° คือปริมาณโมแลลที่ความเข้มข้นเป็นศูนย์ กราฟที่พลอตระหว่าง ϕ กับ \sqrt{m} ก็จะได้เป็นเส้นตรงซึ่งการหาค่าความชัน ($\frac{d\phi}{d\sqrt{m}}$) ทำได้ง่ายกว่ากราฟที่เป็นเส้นโค้ง ในที่นี้เราจึงต้องการเปลี่ยนรูปแบบของสมการ (5.16) และ (5.17) เสียใหม่ โดยจะเปลี่ยนจาก $\frac{d\phi}{dm}$ ให้อยู่ในรูปของ $\frac{d\phi}{d\sqrt{m}}$ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \frac{d\phi}{dm} &= \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \frac{d\sqrt{m}}{dm} \\
 &= \frac{1}{2\sqrt{m}} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \dots\dots\dots(5.19)
 \end{aligned}$$

นำสมการ (5.19) แทนลงในสมการ (5.16)

$$\begin{aligned}
 \bar{V}_2 &= \phi + \frac{m}{2\sqrt{m}} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \\
 &= \phi + \frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}}
 \end{aligned}$$

การทดลองที่ 5

แทนค่า θ จากสมการ (5.18)

$$\begin{aligned}\bar{V}_2 &= \theta^{\circ} + \frac{d\theta}{d\sqrt{m}} \cdot \sqrt{m} + \frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\theta}{d\sqrt{m}} \\ &= \theta^{\circ} + \frac{3\sqrt{m}}{2} \frac{d\theta}{d\sqrt{m}} \dots\dots\dots (5.20)\end{aligned}$$

นำสมการ (5.19) แทนลงในสมการ (5.17)

$$\begin{aligned}\bar{V}_1 &= \bar{V}_1^{\circ} - \frac{m^2}{55.51} \frac{1}{2\sqrt{m}} \frac{d\theta}{d\sqrt{m}} \\ &= \bar{V}_1^{\circ} - \frac{m}{55.51} \left(\frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\theta}{d\sqrt{m}} \right) \dots\dots\dots (5.21)\end{aligned}$$

ถ้าพลอตกราฟระหว่าง θ กับ \sqrt{m} แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้นให้ได้เส้นตรงที่ดีที่สุด เราจะหาค่า $\frac{d\theta}{d\sqrt{m}}$ ได้จากความชันของกราฟและค่า θ° ได้จากจุดตัดบนแกน y หลังจากนั้นนำไปแทนค่าลงในสมการ (5.20) และ (5.21) เพื่อคำนวณหา \bar{V}_2 และ \bar{V}_1 ได้

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์หลัก		สารเคมี
ขวดวัดความหนาแน่น	1 ใบ	โซเดียมคลอไรด์
ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม	5 ใบ	
เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	1 เครื่อง	
บีเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม	1 ใบ	
บีเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม	4 ใบ	
ปิเปตขนาด 25 ลบ.ซม	1 อัน	
ลูกยางสำหรับสวมปิเปต	1 ลูก	
แท่งแก้วคน	1 อัน	
ขวดน้ำกลั่น	1 ใบ	

วิธีทดลอง

5.1 เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้นแน่นอน ประมาณ 3.0 โมลาร์ จำนวน 100 ลบ.ซม โดยชั่งโซเดียมคลอไรด์ในบีเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 17.53 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม ปรับระดับน้ำให้ถึงขีด

5.2 เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในบีเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม ที่แห้ง

การทดลองที่ 5

5.3 เตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็น $1/2$, $1/4$, $1/8$ และ $1/16$ ของความเข้มข้นเริ่มต้นโดยทำการเจือจางอย่างต่อเนื่อง ในการเจือจางแต่ละครั้งให้เปิดสารละลายจำนวน 50 ลบ.ซม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ลบ.ซม แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีด

5.4 ทำความสะอาดขวดวัดความหนาแน่นด้วยน้ำกลั่นแล้วทำให้แห้งสนิทก่อนใช้ (อาจรินสีด้วยอะซีโตนเล็กน้อย เพื่อให้แห้งไวขึ้น)

5.5 ปรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิคงที่ที่ 25.0°C .

5.6 จุ่มขวดวัดความหนาแน่นลงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ตัวขวดอยู่ใต้ผิวน้ำ และคอขวดอยู่ที่ระดับผิวน้ำพอดี

5.7 ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าอุณหภูมิของขวดคงที่

5.8 ยกขวดวัดความหนาแน่นขึ้นมา แล้วรีบเช็ดภายนอกให้แห้งอย่างรวดเร็วด้วยผ้าขนหนูที่สะอาด หลังจากนั้นรีบนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนัก W_e

5.9 เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดความหนาแน่นให้ล้นเล็กน้อย ปิดจุกโดยระวังอย่าให้มีฟองอากาศอยู่ในขวด

5.10 จุ่มลงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิอย่างน้อย 15 นาที ยกขึ้นมาเช็ดให้แห้งแล้วรีบชั่งหาน้ำหนัก W_0

5.11 ชั่งหาน้ำหนักของขวดวัดความหนาแน่นที่บรรจุสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ ตามที่เตรียมไว้ในทำนองเดียวกัน ก็จะได้น้ำหนัก W ทั้งหมด 5 ค่า

การวิเคราะห์ผล

5.1 เนื่องจากค่าความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้อยู่ในหน่วยโมลาร์ (M) จึงต้องคำนวณให้อยู่ในหน่วยโมลล (m) เสียก่อน โดยใช้สูตร

$$m = \frac{l}{\frac{d}{M} - \frac{M_2}{1000}} \dots\dots\dots(5.22)$$

ซึ่ง M_2 คือ น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์ = 58.45

d คือ ความหนาแน่นของสารละลายจากการทดลอง

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{น้ำหนักของสารละลาย } (W_{\text{Sol n}})}{\text{ปริมาตรของขวดวัดความหนาแน่น } (V_p)} \\ &= \frac{W - W_e}{V_p} \end{aligned}$$

การทดลองที่ 5

ปริมาตรของขวดวัดความหนาแน่น (V_p) คำนวณได้จากสูตร

$$V_p = \frac{\text{น้ำหนักน้ำ}}{d_{\text{น้ำที่ } 25^{\circ}\text{ซ.}}} \\ = \frac{W_0 - W_e}{0.99707}$$

5.2 คำนวณหาปริมาตรโมแลล (ρ) ของสารละลายโซเดียมคลอไรด์แต่ละขวด โดยใช้สมการ (5.15)

5.3 พล็อตกราฟระหว่าง ρ กับ \sqrt{m} จะได้เป็นเส้นตรง แล้วหาค่า $d\rho/d\sqrt{m}$ จากความชันของเส้นกราฟและหาค่า ρ° จากจุดตัดบนแกน y ซึ่งมีค่า $m = 0$

5.4 คำนวณ \bar{V}_2 (ใช้สมการ 5.20) และ \bar{V}_1 (ใช้สมการ 5.21) เมื่อ m มีค่าเท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ตามลำดับ

5.5 พล็อตกราฟระหว่าง \bar{V}_2 กับ m และ \bar{V}_1 กับ m ซึ่งจะได้กราฟเป็นเส้นโค้ง หมายเหตุ ในรายงานสำหรับการทดลองเรื่องนี้ ให้นักศึกษารวบรวมปริมาณต่าง ๆ ที่คำนวณได้สำหรับแต่ละสารละลายไว้เป็นตาราง จัดไว้ในหัวข้อ ข้อมูลและการคำนวณ ปริมาณดังกล่าวมีดังต่อไปนี้ :

$$d, M, m, (1000/m)(W - W_0)/(W_0 - W_e) \text{ และ } \rho$$

คำถาม

5.1 จงยกตัวอย่างคุณสมบัติอินเทนซีฟมาสัก 3 ชนิด ยกเว้นอุณหภูมิและความดัน

5.2 ปริมาตรโมแลล (\bar{V}) กับปริมาตรโมแลลบางส่วน (\bar{V}_i) ต่างกันอย่างไร

5.3 เส้นโค้งที่ได้จากการพล็อตระหว่าง \bar{V}_2 กับ m และ \bar{V}_1 กับ m สอดคล้องกับสมการ

(5.10) หรือไม่ จงอธิบาย

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 5
เรื่อง ปริมาตรโมเลกุลบางส่วน

ชื่อนักศึกษา 1 รหัสประจำตัว.....
 2. รหัสประจำตัว.....
 3. รหัสประจำตัว

กรัฟ..... .. ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิวปรอท

น้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลาย (.....) =

น้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นเปล่า ๆ (W_e) = กรัม

น้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นเมื่อบรรจุน้ำเต็ม (W_0) = กรัม

I ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25°ซ. = กรัมต่อลบ.ซม

∴ ปริมาตรของขวดวัดความหนาแน่น (V_p) = ลบ.ซม

ตารางหาความหนาแน่นของสารละลาย (d)

ขวดที่	ความเข้มข้นของ สารละลาย (โมลาร์)	W (กรัม)	W- W_e (กรัม)	d (กรัมต่อลบ.ซม)
1				
2				
3				
4				
5				

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 5
เรื่อง ปริมาตรโมเลกุลบางส่วน

ชื่อนักศึกษา รหัสประจำตัว.....
 ชื่อผู้ร่วมงาน 1.รหัสประจำตัว.....
 2. รหัสประจำตัว.....
 กรู๊ป..... ตอนที่.....*.....
 วันที่ทำการทดลอง.....
 อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิ้วปรอท

น้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลาย (.....) =
 น้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นเปล่า ๆ (W_e) = กรัม
 น้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นเมื่อบรรจุน้ำเต็ม (W_D) = กรัม
 ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25°ซ. = กรัมต่อลบ.ซม
 ∴ ปริมาตรของขวดวัดความหนาแน่น (V_p) = ลบ.ซม

ตารางหาความหนาแน่นของสารละลาย (d)

ขวดที่	ความเข้มข้นของ สารละลาย (โมลาร์)	W (กรัม)	W- W_e (กรัม)	d (กรัมต่อลบ.ซม)
1				
2				
3				
4				
5				