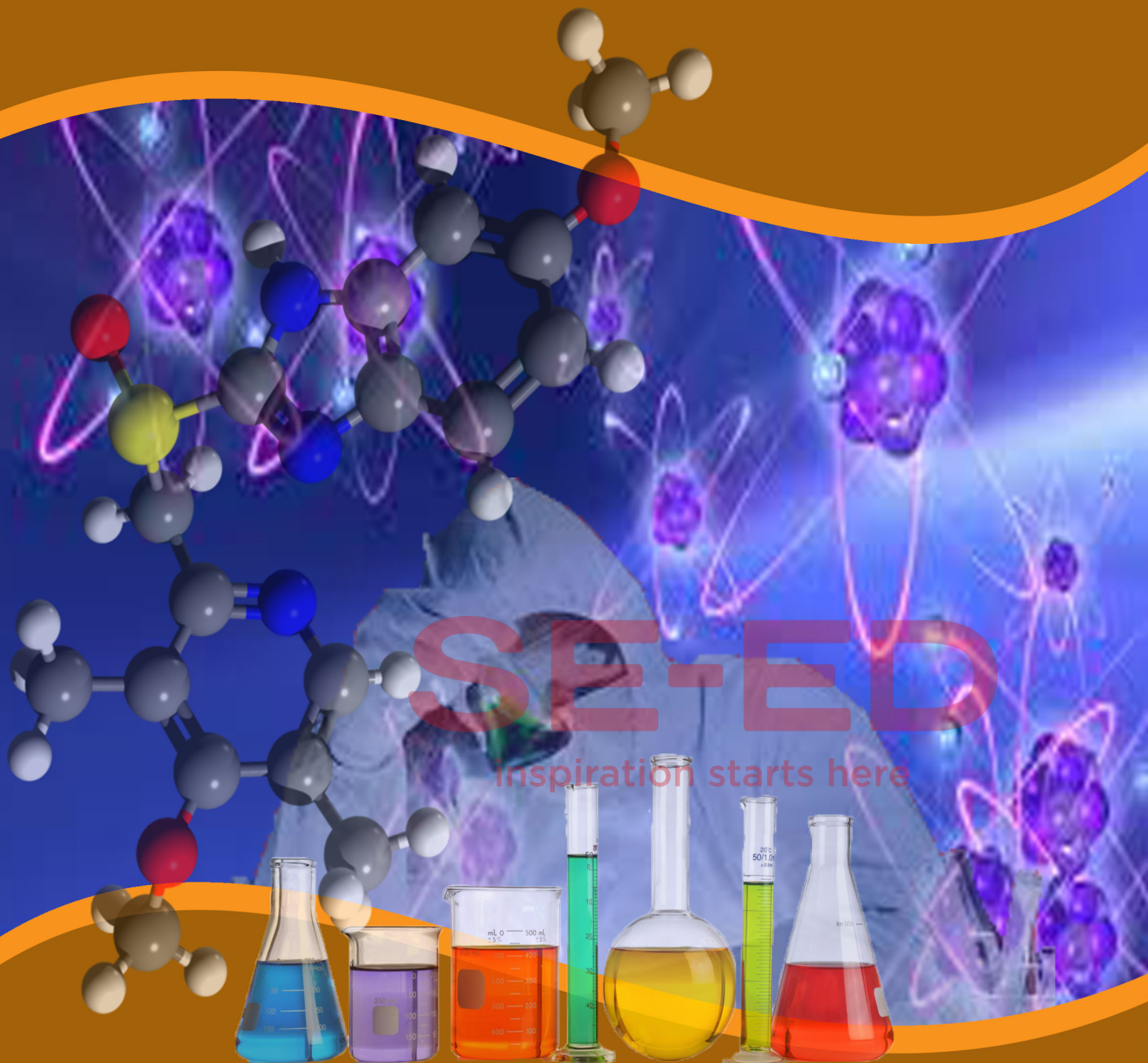


ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์

PHYSICAL CHEMISTRY LABORATORY



ผศ.ดร. ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร
ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์

ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์

โดย ผศ. ดร. ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร
ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พิมพ์ครั้งที่ 1

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ/

National Library of Thailand Cataloging in Publication data

ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร.

ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์.-- กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2566.

246 หน้า.

1. เคมีฟิสิกส์. I. ชื่อเรื่อง.

541.3

ISBN 978-616-598-142-2

SE-ED

inspiration starts here

จัดพิมพ์โดย : ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร

ราคา 50 บาท

คำนำ

หนังสือปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์เล่มนี้ถูกจัดทำขึ้น เนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาใช้ประกอบการศึกษาของรายวิชาบังคับที่ลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ โดยมีการเรียบเรียงจากหนังสือ เอกสาร และวารสารภาษาอังกฤษที่ได้อ้างอิงไว้ในบรรณานุกรม เพื่อให้นักศึกษามีหนังสือปฏิบัติการฉบับภาษาไทย ที่มีเนื้อหาของหลักสูตรสอดคล้องและเหมาะสมกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษาไว้ใช้ในการทำปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ และใช้อ่านประกอบควบคู่ไปกับตำราปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ภาษาอังกฤษ

หนังสือปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์เล่มนี้มีทั้งหมด 16 การทดลอง ในเล่มมีการปรับเพิ่มคำถามก่อนการทดลองและปรับปรุงคำถามท้ายการทดลองให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา การจัดทำหนังสือเล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือจากหลายๆท่าน ทั้งจากอาจารย์ผู้สอนปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ของทางภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งคำติชมและข้อเสนอแนะดี ๆ จากนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกที่เป็นอาจารย์ผู้ช่วยสอนและจากนักศึกษาที่ใช้หนังสือนี้ประกอบการทำปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ ในโอกาสนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ช่วยให้การจัดทำหนังสือเล่มนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ เนื่องจากการจัดพิมพ์หนังสือปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์เล่มนี้ เป็นการจัดพิมพ์และเผยแพร่ครั้งแรกในรูปแบบหนังสือ ซึ่งเนื้อหาบางส่วนอาจจะยังไม่สมบูรณ์หรืออาจจะมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง ทั้งนี้ผู้เขียนยินดีจะรับคำแนะนำจากผู้อ่าน และจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้หนังสือปฏิบัติการเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

SEED
inspiration starts here

ผศ. ดร. ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร

1 มกราคม 2566

สารบัญ

การทดลองที่ 1 ปริมาตรพาร์เซียลโมลาร์	1
การทดลองที่ 2 การหาน้ำหนักโมเลกุลของสารละลายพอลิเมอร์โดยการวัดความหนืด	20
การทดลองที่ 3 ความแรงของพันธะไฮโดรเจนในสารละลาย	32
การทดลองที่ 4 แผนภาพวัฏภาคของระบบที่ประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบ	44
การทดลองที่ 5 จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กับโปแตสเซียมไอโอไดด์	58
การทดลองที่ 6 แรงดึงดูดของของเหลว	76
การทดลองที่ 7 การหาค่าการหักเหโมเลกุลและการหักเหอะตอม	91
การทดลองที่ 8 อัตราของปฏิกิริยาอินเวอร์ชันของซูโครส	103
การทดลองที่ 9 การวัดความร้อนจากการสันดาปโดยบอมบ์แคลอริมิเตอร์	114
การทดลองที่ 10 การหามวลโมเลกุลโดยการลดต่ำลงของจุดเยือกแข็ง	130
การทดลองที่ 11 เอนทัลปีของการกลายเป็นไอของน้ำจากการวัดความดัน	153
การทดลองที่ 12 การหาค่าคงที่ของแก๊ส	165
การทดลองที่ 13 การแจกแจงความเร็วของแก๊สโดยสมการแมกซ์เวลล์และโบลต์ซมาน	180
การทดลองที่ 14 ระเบียบวิธีการคำนวณ โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ในเคมีเชิงฟิสิกส์	199
การทดลองที่ 15 การหาค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนจากค่าการนำไฟฟ้าของ สารละลายอิเล็กโทรไลต์	212
การทดลองที่ 16 การหาค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อนโดยการวัดค่าพีเอช	219
บรรณานุกรม	226

ตัวอย่าง รายงานผลการทดลองที่.....

ชื่อผู้ทำการทดลอง 1.....รหัสนักศึกษา.....

ผู้ร่วมทำการทดลอง 2..... รหัสนักศึกษา.....

ผู้ร่วมทำการทดลอง 3..... รหัสนักศึกษา.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อาจารย์ผู้สอน.....

เรื่อง.....

วัตถุประสงค์.....

ตารางบันทึกข้อมูล

ตัวอย่างตารางที่ 1 ส่วนผสมสารเคมีสำหรับการหาอันดับปฏิกิริยา

ขวด	เวลา (s)	[H ₂ O ₂] mol/L	[KI] mol/L	อัตราเร็ว (Rate) M/s
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

- แสดงวิธีคำนวณอย่างละเอียด หากมีการทดลองซ้ำหลายครั้ง ให้แสดงการคำนวณของค่าดังกล่าวเพียงหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นกรอกผลที่คำนวณได้ลงในตาราง

- หากมีกราฟให้สร้างกราฟด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีการระบุแกน x และ y พร้อมหน่วย และสมการของกราฟ และค่า R²

- วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล

- ตอบคำถามท้ายการทดลอง

ระเบียบวิชาปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์

1. คะแนนปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- | | |
|---------------------------|-----|
| 1.1 คะแนนรายงานปฏิบัติการ | 60% |
| 1.2 คะแนนสอบปลายภาค | 40% |

2. ระเบียบวิชาปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์

- 2.1 เซ็นชื่อเข้าและออกห้องปฏิบัติการทุกครั้ง มาสายเกิน 30 นาที จะไม่อนุญาตเข้าห้องปฏิบัติการ
- 2.2 ห้ามเซ็นชื่อเข้าและออกแทนกัน ถ้ามีการตรวจพบจะทำการหักคะแนนคนที่ทำคนละ 10 คะแนน
- 2.3 ต้องสวมชุดนักศึกษาที่ถูกระเบียบ และ สวมเสื้อกาวน์ทุกครั้งที่ทำทดลอง
- 2.4 โดยห้ามใส่เสื้อยืด และ/หรือ เสื้อซอร์บ รวมทั้งกางเกงยีนส์ เข้าห้องปฏิบัติการ
- 2.6 มีป้ายชื่อติดที่เสื้อกาวน์
- 2.7 ให้เตรียมตารางบันทึกผลการทดลองในบทนั้น ๆ มาล่วงหน้า เพื่อใช้สำหรับบันทึกผลการทดลองที่ทำและเพื่อให้อาจารย์เซ็นชื่อกำกับผลการทดลองเมื่อแล้วเสร็จ ก่อนออกจากห้องเรียน
- 2.8 เมื่อทำการทดลองเสร็จ ให้ทำความสะอาดอุปกรณ์รวมทั้งโต๊ะปฏิบัติการให้สะอาด
- 2.9 ส่งรายงานผลการทดลองในอาทิตย์ถัดไปก่อนทำการทดลอง รายงานที่ไม่มีลายเซ็นอาจารย์ กำกับ จะไม่ได้รับการตรวจ
- 2.10 นักศึกษาที่ขาดการเข้าทำปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์เกิน 1 ครั้ง จะไม่อนุญาตให้เข้าสอบ
- 2.11 กรณีที่มีเหตุจำเป็น เช่น ป่วย หรือ มีกิจธุระจำเป็นใดๆ ที่ไม่สามารถเข้าทำปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ ให้แจ้งต่ออาจารย์ทราบอย่างช้าภายใน 1 วัน

inspiration starts here

การทดลองที่ 1

ปริมาตรพาร์เชียลโมลาร์

Partial Molar Volume

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติพาร์เชียลโมลาร์ของสารละลายระหว่างเอทานอลกับน้ำโดยวิธีการวัดความหนาแน่น
2. เพื่อคำนวณหาปริมาตรพาร์เชียลโมลาร์ของ เอทานอล และของน้ำในสารละลาย

ทฤษฎี

ตัวแปรในทางเคมีเชิงฟิสิกส์แบ่งได้เป็นสองประเภทคือ ตัวแปรเอ็กเทนซีฟ (Extensive variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของระบบ เช่น มวล (Mass) ปริมาตร (Volume) พลังงาน (Energy) พลังงานภายใน (Internal energy) เอนทัลปี (Enthalpy) เอนโทรปี (Entropy) พลังงานอิสระของกิบส์ (Gibbs Free energy) เป็นต้น ส่วนตัวแปรอีกประเภทหนึ่งคือตัวแปรอินเทนซีฟ (Intensive variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของระบบเช่น ความดัน (Pressure) อุณหภูมิ (Temperature) ปริมาตรโมลาร์ (Molar volume) เอนทัลปีโมลาร์ (Molar enthalpy) เป็นต้น ในการทดลองนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาตรพาร์เชียลโมลาร์ของสารละลายซึ่งเป็นตัวแปร อินเทนซีฟ หรือเป็นตัวแปรที่ไม่ขึ้นกับปริมาณ และในทางเคมีเชิงฟิสิกส์ สารละลายแบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือ สารละลายอุดมคติ (Ideal solution) และสารละลายที่ไม่เป็นอุดมคติ หรือสารละลายจริง (Real or Nonideal solution) ความแตกต่างของสารละลายทั้งสองอธิบายได้จากปริมาตรของสารละลาย ตัวอย่างเช่น ถ้านำสารละลายที่เป็นสารอุดมคติสองชนิดมาผสมกัน ปริมาตรรวมที่ได้จะเท่ากับปริมาตรของสารละลายชนิดที่หนึ่งบวกกับปริมาตรของสารละลายชนิดที่สอง แต่สำหรับสารละลายที่ไม่เป็นอุดมคติ เช่น ที่อุณหภูมิ 25 °C ถ้านำน้ำ (A) จำนวน 1 mol ซึ่งมีปริมาตร 18.1 mL มาผสมกับเอทานอล (B) จำนวน 1 mol ซึ่งมีปริมาตร 58.4 mL เมื่อผสมกันแล้วจะได้ปริมาตรรวม 76.5 mL แต่ปริมาตรของสารละลายผสมจะมีค่าเท่ากับ 74.2 mL สาเหตุเนื่องจากแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของอนุภาคต่างชนิดกัน เช่นในโมเลกุลที่มีขั้วเช่น น้ำ และ เอทานอล จะมีแรงกระทำของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำและ เอทานอล และพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลน้ำบริสุทธิ์ หรือ เอทานอลบริสุทธิ์ด้วย ส่งผลให้โมเลกุลจะอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น ส่งผลต่อปริมาตรสุดท้ายน้อยกว่าปริมาตรรวมที่นำสารมาผสมกัน

เมื่อพิจารณาสารละลายของ A จำนวน n_A โมลและ B จำนวน n_B โมล ในปริมาตร V ซึ่งมีปริมาตรมาก ๆ เมื่อเพิ่ม A หรือ B ลงไปจำนวน 1 โมลแล้วไม่ทำให้ความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปมาก ปริมาตรของสารละลาย

ที่เปลี่ยนไปเมื่อเพิ่ม A เข้าไป 1 โมลภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว จะเรียกว่าปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของ A ($\bar{V}_A$) ภายใต้เงื่อนไข ความดันและอุณหภูมิคงที่ดังแสดงในสมการ (1)

$$\bar{V}_A = \left(\frac{\partial V}{\partial n_A} \right)_{T,P,n_B} \quad (1)$$

และเนื่องจาก $V = V(T, P, n_A, n_B)$ แต่ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันคงที่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาตรรวมของของผสม (V_{tot}) เป็นฟังก์ชันรวมของผลคูณระหว่างจำนวนโมลของสาร A กับปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของสาร A และจำนวนโมลของสาร B กับปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของสาร B ซึ่งสามารถเขียนแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$dV_{tot} = \left(\frac{\partial V}{\partial n_A} \right)_{n_B} dn_A + \left(\frac{\partial V}{\partial n_B} \right)_{n_A} dn_B \quad (2)$$

แทนค่าสมการ (1) ลงในสมการ (2) จะได้

$$dV_{tot} = \bar{V}_A dn_A + \bar{V}_B dn_B \quad (3)$$

อินทิเกรตสมการ (3) จะได้

$$V_{tot} = n_A \bar{V}_A + n_B \bar{V}_B \quad (4)$$

หาอนุพันธ์ของสมการ (4) ภายใต้เงื่อนไขเดิมคือความดันและอุณหภูมิคงที่จะได้

$$dV_{tot} = \bar{V}_A dn_A + \bar{V}_B dn_B + n_A d\bar{V}_A + n_B d\bar{V}_B \quad (5)$$

เปรียบเทียบสมการ (5) กับสมการ (3) สรุปได้ว่า

$$n_A d\bar{V}_A + n_B d\bar{V}_B = 0 \quad (6)$$

สมการนี้อยู่ในรูปสมการเดียวกับสมการความสัมพันธ์

$$\sum_i n_i d\bar{Z}_i = 0 \quad (7)$$

เมื่อ $d\bar{Z}_i$ เป็นสมบัติพาร์เซิลโมลาร์ สมการที่ (7) ก็คือสมการกิบส์-ดูแฮม (Gibbs – Duhem equation)

สำหรับปริมาตรโมลาร์รวมของสารละลาย (M_{tot}) ซึ่งเป็นฟังก์ชันรวมของผลคูณระหว่างเศษส่วนโมลของสาร A กับปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของสาร A และเศษส่วนโมลของสาร B กับปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของสาร B ซึ่งสามารถเขียนแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$M_{tot} = X_A \bar{V}_A + X_B \bar{V}_B \quad (8)$$

และเมื่อทำการหาอนุพันธ์ของสมการที่ (8) จะได้ว่า

$$dM_{tot} = X_A d\bar{V}_A + \bar{V}_A dX_A + X_B d\bar{V}_B + \bar{V}_B dX_B \quad (9)$$

และจากความสัมพันธ์ตามสมการกิบส์-ดูแฮม (Gibbs – Duhem equation) ซึ่งพบว่า

$$X_A d\bar{V}_A + X_B d\bar{V}_B = 0$$

ทำให้สมการ (9) เปลี่ยนเป็น

$$dM_{tot} = \bar{V}_A dX_A + \bar{V}_B dX_B \quad (10)$$

โดย

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad , \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad (11)$$

เมื่อ X_A, X_B คือ เศษส่วนโมลขององค์ประกอบ A และ B ตามลำดับ

และ n_A, n_B คือ จำนวนโมลขององค์ประกอบ A และ B ตามลำดับ

โดยผลรวมของ $X_A + X_B = 1$ และผลรวมของอนุพันธ์ของ $dX_A + dX_B = 0$ หรือ $dX_A = -dX_B$

เมื่อแทนค่า $dX_A = -dX_B$ ในสมการ (9) จะได้เป็นความสัมพันธ์ดังนี้

$$dM_{tot} = \bar{V}_A dX_A - \bar{V}_B dX_A \quad (12)$$

ทำการหารสมการที่ (12) ด้วย dX_A จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{dM_{tot}}{dX_A} = \bar{V}_A - \bar{V}_B \quad (13)$$

จากสมการ (8) จัดรูปสมการใหม่ โดยให้ $\bar{V}_B$ อยู่ทางซ้ายของสมการจะได้เป็น

$$\bar{V}_B = \frac{M_{tot} - \bar{V}_A X_A}{X_B} \quad (14)$$

ทำการแทน $\bar{V}_B$ ที่ได้จากสมการ (14) ลงในสมการ (13)

$$\frac{dM_{tot}}{dX_A} = \bar{V}_A - \frac{M_{tot} - \bar{V}_A X_A}{X_B} \quad (15)$$

คูณสมการที่ (15) ด้วย X_B ได้เป็นสมการ

$$X_B \frac{dM_{tot}}{dX_A} = X_B \bar{V}_A - M_{tot} + \bar{V}_A X_A \quad (16)$$

จากนั้นทำการจัดรูปสมการใหม่จะได้เป็น

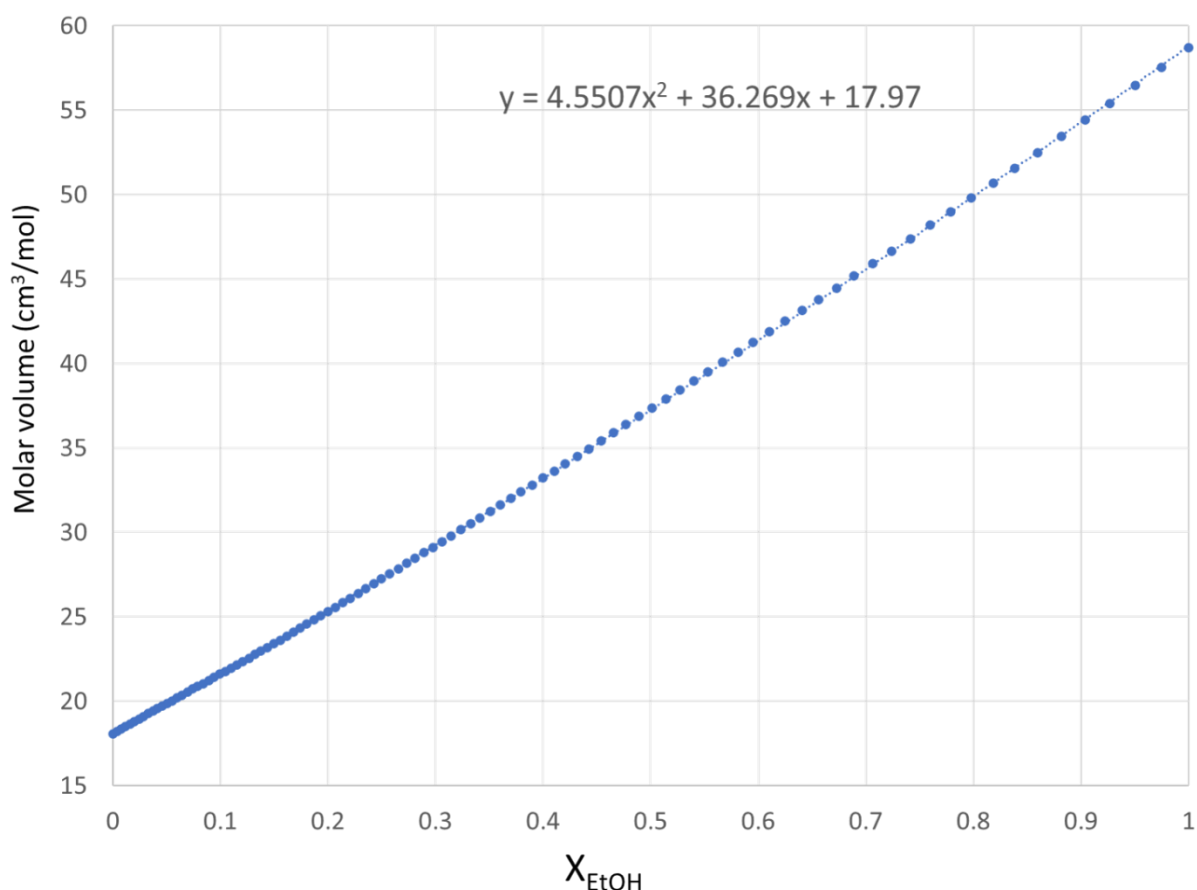
$$X_B \frac{dM_{tot}}{dX_A} + M_{tot} = X_B \bar{V}_A + \bar{V}_A X_A = \bar{V}_A (X_B + X_A) = \bar{V}_A \quad (17)$$

(ตามความสัมพันธ์ $X_A + X_B = 1$)

จากสมการ (17) จึงทำให้สามารถหาค่าปริมาตรพาร์เชียลโมลาร์ของสาร A ได้จากสมการนี้ หากสมมุติให้สาร A คือเอทานอล ดังนั้น

$$\bar{V}_{EtOH} = X_{H_2O} \frac{dM_{tot}}{dX_{EtOH}} + M_{tot} = (1 - X_{EtOH}) \cdot f(X_{EtOH}) + M_{tot} \quad (18)$$

เมื่อทำการสร้างกราฟระหว่างปริมาตรโมลาร์รวมของสารละลาย (M_{tot}) กับ เศษส่วนโมลขององค์ประกอบ A หรือ เอทานอล จะได้กราฟดังแสดงด้านล่าง



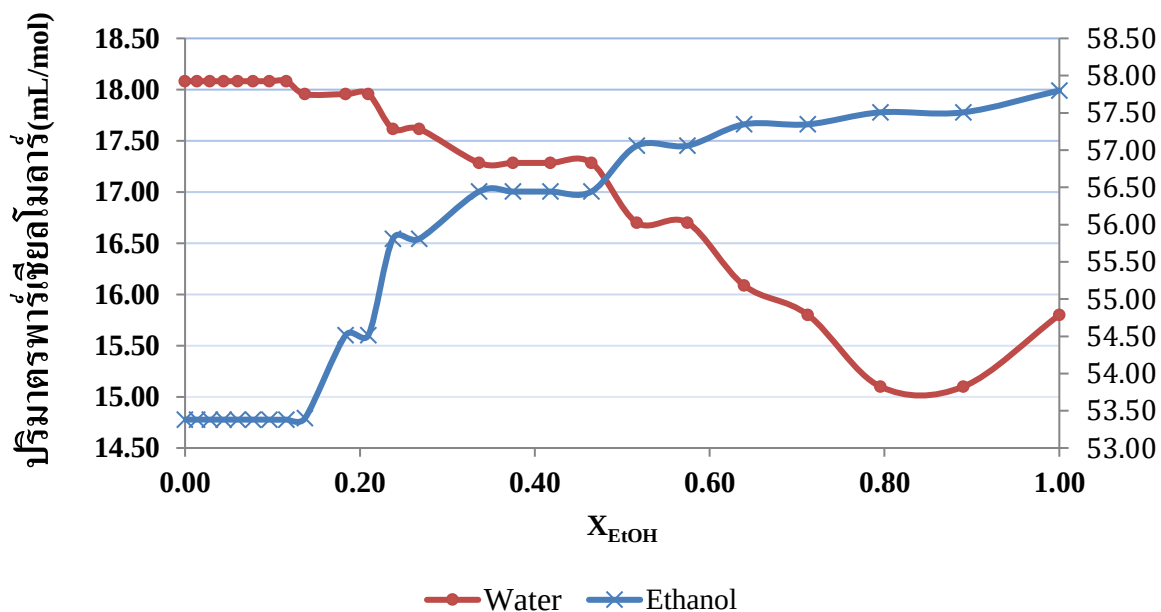
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรโมลาร์รวมของสารละลาย (M_{tot}) กับ เศษส่วนโมลของเอทานอล

จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตร โมลาร์รวมของสารละลาย (M_{tot}) กับเศษส่วนโมลของเอทานอลจะมีค่าเท่ากับ $f(x)$ ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{dM_{tot}}{dX_{EtOH}} = f(x)$$

เพื่อจะหา $f(x)$ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเลือกเพิ่มเส้นแนวโน้มและสร้างสมการด้วยการทำ curve fitting แบบ polynomial จากโปรแกรม Excel ทำให้ได้สมการดังแสดงตัวอย่างในกราฟรูปที่ 1 เป็นสมการต่อไปนี้ $f(x) = y = 4.5507x^2 + 36.269x + 17.97$ และเมื่อนำสมการของ $f(x)$ แทนในสมการ (18) จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของเอทานอล และ น้ำ ได้ตามลำดับ จากนั้นเมื่อนำปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ขององค์ประกอบระหว่างเอทานอล และ น้ำ มาสร้างกราฟกับเศษส่วนโมลของเอทานอล จะได้กราฟดังรูปที่ 2

ปริมาตรพาร์เซียมโมลาร์ของน้ำและเอทานอล



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรพาร์เซียมโมลาร์ของน้ำและเอทานอล

ในกรณีที่ปริมาณของสารแสดงในหน่วยของปริมาตรต่อน้ำหนัก เรียกว่า ปริมาตรจำเพาะของสารละลาย (Specific volume) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความหนาแน่นของสารละลาย และสามารถหาค่าปริมาตรพาร์เซียมจำเพาะ (Partial specific volume) ได้โดยอาศัยหลักการเดียวกับวิธีข้างต้น

การทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|--|-------|
| 1. พิกนอมิเตอร์ (Pycnometer) | 1 ขวด |
| 2. เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer) 0-100 °C | 1 อัน |
| 3. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 mL | 2 อัน |
| 4. ขาตั้งพร้อมที่จับ (Stand with clamp) | 1 ชุด |
| 5. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 mL | 9 ใบ |

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 3 ขวดฟิกลนอมิเตอร์

สารเคมี

1. เอทานอล (C_2H_5OH)
2. น้ำกลั่น (distilled water)

วิธีการทดลอง

1. นำเอทานอลใส่ลงในบิวเรตขนาด 50 mL ให้ลงในขวดวัดปริมาตรหมายเลข 2 – 10 ตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1
2. นำน้ำกลั่น ใส่ลงในบิวเรตขนาด 50 mL ให้ลงไปผสมในขวดวัดปริมาตรหมายเลข 2 – 10 ที่มีเอทานอลจากข้อ 1. ตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1 บันทึกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง

ข้อระวัง เนื่องจากแอลกอฮอล์ระเหยได้ง่าย ดังนั้นควรทำการทดลองอย่างรวดเร็ว และสารละลายที่เตรียมไว้ควรปิดมิดชิด

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมระหว่าง เอทานอลและน้ำ

ขวดหมายเลข	เอทานอล (mL)	น้ำ (mL)
1	25	0
2	23	2
3	20	5
4	17	8
5	15	10
6	12	13
7	10	15
8	8	17
9	5	20
10	2	23
11	0	25

3. หาปริมาตรของขวดพิกนอมิเตอร์ (รูปที่ 3) ตามวิธีทำในท้ายการทดลอง
4. นำเอทานอลบริสุทธิ์ และสารละลายระหว่างน้ำและ เอทานอลในแต่ละขวด ไปชั่งหาน้ำหนักด้วยพิกนอมิเตอร์ โดยการเทสารละลายจำนวนเล็กน้อย ลงไปกล้วขวดพิกนอมิเตอร์ แล้วเททิ้งโดยทำประมาณ 2 ครั้ง จากนั้นเทสารละลายที่ต้องการจะนำไปชั่งหาน้ำหนักลงให้เต็มขวดพิกนอมิเตอร์ และปิดฝาให้สารละลายล้นออกมาเล็กน้อย เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง จึงนำไปชั่งหาน้ำหนัก
5. บันทึกข้อมูล และผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลอง

วิธีการหาปริมาตรที่แน่นอนของพิกนอมิเตอร์ ใช้เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1. นำขวดพิกนอมิเตอร์พร้อมฝา มาล้างให้สะอาดโดยเฉพาะเศษกระดาษหรือสิ่งปนเปื้อนควรล้างออกให้หมดแล้วจึงกล้วด้วยน้ำกลั่นและแอซิโตน ก่อนจะนำขวดและฝา ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 110°C
2. วางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปิดฝาขวด และนำไปชั่งหาน้ำหนัก
3. นำขวดพิกนอมิเตอร์ไปเติมน้ำกลั่นจนเต็ม และปิดฝาให้น้ำกลั่นล้นออกมา และเช็ดภายนอกขวดให้แห้ง จึงนำไปชั่งหาน้ำหนัก
4. คำนวณปริมาตรที่ละเอียดของขวดพิกนอมิเตอร์ จากความสัมพันธ์

$$V_{pycno} = \frac{m_{water} - m_{pycno}}{D_{water}}$$

โดย V_{pycno} = ปริมาตรโดยละเอียดของขวดพิกนอมิเตอร์ (mL)

m_{water} = น้ำหนักขวดพิกนอมิเตอร์ร่วมกับน้ำหนักน้ำกลั่น (g)

m_{pycno} = น้ำหนักขวดพิกนอมิเตอร์เปล่า (g)

D_{water} = ความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิทำการทดลอง หาได้จากกราฟที่ได้จากการสร้าง

ข้อมูลระหว่างอุณหภูมิและความหนาแน่น ดังต่อไปนี้

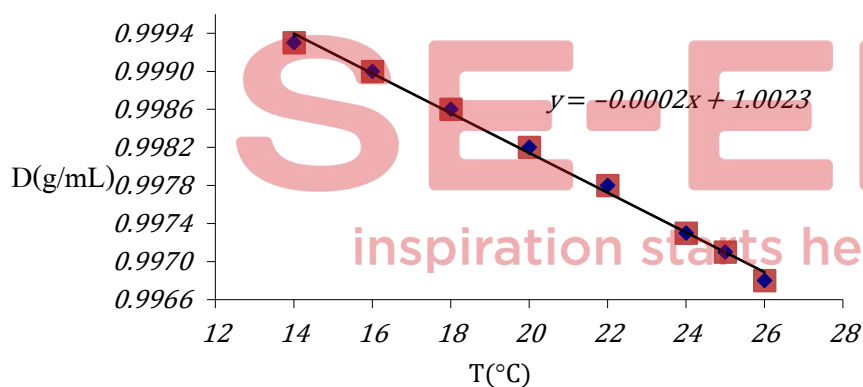
ตารางที่ 3 ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่น (g/mL)	อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่น (g/mL)
14	0.9993	22	0.9978
16	0.9990	24	0.9973
18	0.9986	25	0.9971
20	0.9982	26	0.9968

5. นำข้อมูลความหนาแน่นของน้ำกลั่นจากตารางที่ 3 มาเขียนกราฟระหว่างความหนาแน่น D และอุณหภูมิ T ตามรูปที่ 4 จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ที่มีความสัมพันธ์ ดังนี้ $D = -0.0002T + 1.0023$ เมื่อแทน T ด้วยอุณหภูมิห้อง ก็จะสามารถคำนวณความหนาแน่นของน้ำ D_{water} ณ อุณหภูมิที่ทำการทดลองได้

6. ความหนาแน่นของสารละลายคำนวณได้จาก

$$D_{soln} = \frac{m_{soln}}{V_{soln}}$$



รูปที่ 4. กราฟระหว่างความหนาแน่น D และอุณหภูมิ T ของน้ำกลั่น

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างผลการทดลอง และแสดงผลการคำนวณ (สมมติให้ฟิกลนอมิเตอร์มีปริมาตร 9.8951 mL , ความหนาแน่นของเอทานอล = 0.8597 g mL^{-1} และความหนาแน่นของน้ำ = 0.9957 g mL^{-1})

น้ำ (mL)	เอทานอล (mL)	น้ำหนักสารละลาย (g)
50	0	9.8526
48	2	9.7973
⋮	⋮	⋮
2	48	8.0353
0	50	7.9073

1. คำนวณหาความหนาแน่นของสารละลายที่อุณหภูมิห้องจากมวลของสารที่ชั่งได้จากการทดลองและปริมาตรของสารซึ่งเท่ากับปริมาตรของพิคนอมิเตอร์ที่คำนวณได้โดยอาศัยความความหนาแน่นของน้ำกลั่น

$$D_{soln} = \frac{m_{soln}}{V_{pycno}}$$

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากขวดที่หนึ่ง $D_{soln} = \frac{9.8526}{9.8951} = 0.995704945 \text{ g mL}^{-1}$

2. คำนวณมวลของ เอทานอล และมวลของน้ำในสารละลาย

$$m_{water} = D_{water} \times V_{water} ; m_{EtOH} = D_{EtOH} \times V_{EtOH}$$

$$m_{water} = 0.9957 \text{ g mL}^{-1} \times 50 \text{ mL} = 49.785 \text{ g} ; m_{EtOH} = 0.8597 \times 0 = 0 \text{ g}$$

3. คำนวณจำนวน โมลของ เอทานอล และจำนวน โมลของน้ำในสารละลาย

$$n_{water} = \frac{m_{water}}{M_{water}} ; n_{EtOH} = \frac{m_{EtOH}}{M_{EtOH}}$$

$$n_{water} = \frac{49.785 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 2.765833 \text{ mol} ; n_{EtOH} = \frac{0 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 0 \text{ mol}$$

4. คำนวณมวลรวมและจำนวนโมลรวม

$$m_{total} = m_{water} + m_{EtOH} ; n_{total} = n_{water} + n_{EtOH}$$

$$m_{total} = 49.785 + 0 = 49.785 \text{ g} ; n_{total} = 2.765833 + 0 = 2.765833 \text{ mol}$$

5. คำนวณปริมาตรจริงที่ได้จากการทดลองของสารละลาย

$$V_{real} = \frac{m_{total}}{D_{soln}}$$

$$V_{real} = \frac{49.785 \text{ g}}{0.995704945 \text{ g mL}^{-1}} = 49.999752 \text{ mL}$$

6. คำนวณปริมาตรโมลารวมของสารละลาย

$$M_{tot} = \frac{V_{real}}{n_{total}}$$

$$M_{tot} = \frac{49.999752 \text{ mL}}{2.765833 \text{ mol}} = 18.07764 \text{ mL mol}^{-1}$$

7. คำนวณเศษส่วนโมลของ เอทานอลและเศษส่วนโมลของน้ำ

$$X_{EtOH} = \frac{n_{EtOH}}{n_{total}}, X_{water} = \frac{n_{water}}{n_{total}}$$

$$X_{EtOH} = \frac{0}{2.765833} = 0, \quad X_{water} = \frac{2.765833}{2.765833} = 1$$

8. นำข้อมูลที่คำนวณได้ระหว่างปริมาตรโมลาร์รวมของสารละลาย (ข้อ 6) และเศษส่วนโมลของเอทานอล (ข้อ 7) มาสร้างกราฟระหว่างปริมาตรโมลาร์รวมของสารละลาย (M_{tot}) กับ เศษส่วนโมลของเอทานอล
9. ทำการสร้างสมการด้วยการทำ curve fitting แบบ polynomial จากโปรแกรม Excel ทำให้ได้สมการ $f(x)$ ดังแสดงตัวอย่างในกราฟรูปที่ 1 (ดูคำอธิบายเพิ่มเติมใน <https://www.youtube.com/watch?v=90b5DS6ARzE>)
10. นำสมการของ $f(x)$ แทนในสมการ (18) จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของเอทานอลได้ตามสมการ $\bar{V}_{EtOH} = (1 - X_{EtOH}) \cdot f(X_{EtOH}) + M_{tot}$
11. ทำการหาค่าปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของน้ำจากสมการ $\bar{V}_{H_2O} = \left(\frac{M_{tot} - X_{EtOH} \bar{V}_{EtOH}}{X_{H_2O}} \right)$
12. นำข้อมูลปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของน้ำและเอทานอลมาสร้างกราฟกับเศษส่วนโมลของเอทานอลโดยสร้างบนกราฟเดียวกัน ดังรูปที่ 2

SE-ED
inspiration starts here

คำถามก่อนการทดลอง (Prelab test)

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลองที่ 1 เรื่องปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์คือ

1. แอซีโตน และ คลอโรฟอร์ม
2. แอซีติก และ คลอโรฟอร์ม
3. น้ำ และ แอซีติก
4. น้ำ และ เอทานอล
5. เอทานอล และ แอซีโตน

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความหนาแน่นเรียกว่า

- | | | |
|----------------|------------------|----------------|
| 1. Viscometer | 2. Refractometer | |
| 3. Polarimeter | 4. Pycnometer | 5. Calorimeter |

3. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแปร อินเทนซิฟ

- | | | |
|------------|------------------|-----------------------|
| 1. ปริมาตร | 2. ปริมาตรโมลาร์ | |
| 3. มวล | 4. ความหนาแน่น | 5. ถูกทั้งข้อ 2 และ 4 |

4. วิธีการหาปริมาตรของขวดที่ใช้สำหรับหาความหนาแน่นทำได้โดย

1. คำนวณจากความหนาแน่นของสารตัวอย่าง
2. อ่านปริมาตรโดยตรงจากภาชนะ
3. ชั่งน้ำหนักน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำ
4. วัดอุณหภูมิของสารละลาย
5. ถูกทั้งข้อ 2 และ 4

5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นค่ากล่าวที่ถูกต้อง

1. สารละลายที่ใช้แล้วสามารถทิ้งลงอ่าง
2. สารละลายที่ใช้ต้องทิ้งในถังใส่สารของเสีย
3. ผลการทดลองที่บันทึกในตารางที่ 1 คือ น้ำหนักสารละลาย
4. การทดลองนี้ต้องทำในตู้ดูดควันเท่านั้น
5. ถูกทั้งข้อ 1 และ 3

SE-ED
Inspiration starts here

รายงานผลการทดลองที่ 1

ปริมาตรพาร์เชียลโมลาร์

(Partial Molar Volume)

ชื่อผู้ทำการทดลอง.....กลุ่มที่.....รหัสนักศึกษา.....
 ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง 1.....รหัสนักศึกษา.....
 ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง 2.....รหัสนักศึกษา.....
 ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง 3.....รหัสนักศึกษา.....
 สาขา.....ภาควิชา.....คณะ.....วันที่ทำการทดลอง.....
 อาจารย์ผู้สอน.....

บันทึกผลการทดลอง

น้ำหนักโมเลกุลของเอทานอล =.....g/mol

น้ำหนักโมเลกุลของน้ำ =.....g/mol

อุณหภูมิห้อง =.....°C

อุณหภูมิน้ำ =.....°C

ความดันบรรยากาศ =.....atm

น้ำหนักขวดฟิกนอมิเตอร์พร้อมฝาปิด =.....g

น้ำหนักขวดฟิกนอมิเตอร์บรรจุน้ำพร้อมฝาปิด =.....g

ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิห้อง =.....g/mL

ปริมาตรของขวดฟิกนอมิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณ =.....mL

SE-ED
 inspiration starts here

ตารางที่ 1 บันทึกน้ำหนักของสารละลายที่ผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

ขวดที่	เอทานอล (mL)	น้ำ (mL)	น้ำหนักขวด+ฝา+สารละลาย (g)	น้ำหนักสารละลาย (g)
1	25.00	0.00		
2	23.00	2.00		
3	20.00	5.00		
4	17.00	8.00		
5	15.00	10.00		
6	12.00	13.00		
7	10.00	15.00		
8	8.00	17.00		
9	5.00	20.00		
10	2.00	23.00		
11	0.00	25.00		

วิธีการคำนวณ

คำนวณความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิห้อง จากสมการความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง

$y = -0.0002x + 1.0023$ เมื่อ x คืออุณหภูมิห้อง

inspiration starts here

คำนวณปริมาตรของพิกนอมิเตอร์จากความหนาแน่นของน้ำกลั่น

$$V_{pycno} = \frac{m_{water} - m_{pycno}}{D_{water}}$$

วิธีการคำนวณ (ต่อ)

1. คำนวณความหนาแน่นของสารละลาย ($D_{solution}$) ที่อุณหภูมิห้องจากมวลของสารที่ชั่งได้จากการทดลอง และปริมาตรของสารซึ่งเท่ากับปริมาตรของพิคนอมิเตอร์ที่คำนวณได้ โดยอาศัยความหนาแน่นของน้ำกลั่น

$$D_{soln} = \frac{m_{soln}}{V_{pycno}}$$

.....

.....

.....

.....

2. คำนวณมวลของเอทานอล ($m_{ethanol}$) และมวลของน้ำ (m_{water}) ในสารละลาย

.....

.....

.....

.....

3. คำนวณจำนวนโมลของเอทานอล ($n_{ethanol}$) และจำนวนโมลของน้ำ (n_{water}) ในสารละลาย

.....

.....

.....

.....

4. คำนวณมวลรวม ($m_{solution}$) และจำนวนโมลรวม (n_{total})

.....

.....

.....

.....

5. คำนวณปริมาตรจริง (V_{real}) ที่ได้จากการทดลองของสารละลาย

.....

.....

.....

.....

SE-ED
inspiration starts here

10. นำข้อมูลปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์ของน้ำและเอทานอลมาพล็อตกับเศษส่วนโมลของเอทานอล โดยการสร้างกราฟดังตัวอย่างในรูปที่ 2

พื้นที่แสดงกราฟ

SE-ED

inspiration starts here

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

SE-ED

inspiration starts here

คำถามท้ายการทดลอง

จากผลการทดลองและผลการคำนวณต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3

$$\bar{V}_{ideal}(H_2O) = 18.073 \text{ mL mol}^{-1} \quad D_{H_2O} = 0.9957 \text{ g mL}^{-1}$$

$$\bar{V}_{ideal}(EtOH) = 58.277 \text{ mL mol}^{-1} \quad D_{EtOH} = 0.8597 \text{ g mL}^{-1}$$

$$MW(H_2O) = 18.01 \text{ g mol}^{-1} \quad MW(EtOH) = 46.07 \text{ g mol}^{-1}$$

No.	V_{H_2O} (mL)	V_{EtOH} (mL)	m_{soln} (g)	n_{soln}	n_{H_2O}	n_{EtOH}
1	25	0	9.8670	2.7658	2.7658	0
2	20	5	9.5878	2.3996	2.2127	0.1869
3	10	15	9.3079	2.0333	1.6595	0.3738
4	0	25	7.9073	0.93443	0	0.9344

1. คำนวณปริมาตรที่ละเอียดของขวด pycnometer ที่ใช้ซึ่งสารละลาย

.....

.....

.....

2. คำนวณปริมาตรจริง (V_{real}) ของสารละลายหมายเลข 3

.....

.....

.....

3. คำนวณปริมาตรโมลาร์จริงของสารละลายหมายเลข 3

.....

.....

.....

4. อธิบายความแตกต่างระหว่างสารละลายอุดมคติและสารละลายไม่อุดมคติ

.....

.....

.....

5. จงอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ (หรือเขียนในรูปแบบสมการ)

ปริมาตรพาร์เซิลโมลาร์, ปริมาตรโมลาร์, ตัวแปรเอ็กเทนซิฟและตัวแปรอินเทนซิฟ

.....

.....

.....

.....

KMITL

SE-ED

inspiration starts here

...ชีวิตที่ไม่รู้ สิ้นงาน...

ISBN 978-616-598-142-2



9 786165 981422

50 บาท

ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์