

การทดลองที่ 3

เรื่อง สมบัติ, การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของสาร
(Properties, Physical and Chemical Changes)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร
2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี
3. การจำแนกประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสาร
4. ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี
5. เทคนิคในการหาจุดหลอมเหลวของสาร

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.1 M (0.1 M NH_4Cl)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M (0.1 M NaOH)
3. เอธิลแอลกอฮอล์ (Ethylalcohol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
4. ผลึกคอปเปอร์ไนเตรท ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)
5. อะเซตามีด (Acetamide, $\text{C}_2\text{H}_5\text{ON}$)
6. สารตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. หลอดทดสอบ
2. หลอดหยดสารละลาย
3. แท่งแก้วสำหรับคน
4. หลอดแก้ว
5. ตะเกียงเบนเสน
6. ตะไบเหล็ก
7. กรวยแก้ว
8. บีคเกอร์
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. แผ่นตะแกรงลวด
11. ฐานและที่ตั้ง, คิวบิต

บทนำ

สมบัติของสารบริสุทธิ์ (property of pure substance)

เป็นลักษณะเฉพาะตัวของสาร ซึ่งทำให้สารชนิดหนึ่งแตกต่างไปจากสารชนิดอื่น ๆ

สมบัติของสารโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นสมบัติทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ (Physical Property) และสมบัติทางเคมี (Chemical Property)

สมบัติทางกายภาพ เป็นสมบัติของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ โดยจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสาร สมบัติเหล่านี้ ได้แก่ สี, กลิ่น, รส การละลาย, ความหนาแน่น, ความถ่วงจำเพาะ, จุดหลอมเหลว, จุดเดือด เป็นต้น

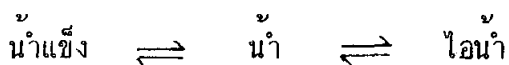
สมบัติทางเคมี เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสาร เช่น การเกิดสนิมของเหล็ก การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า หรือการเผาไหม้ของ ถ่านหินหรือน้ำมันเชื้อเพลิงในอากาศ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของสารได้สารใหม่

ตัวอย่างตารางแสดงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำ และเหล็ก

สาร	สมบัติทางกายภาพ			สมบัติทางเคมี	
	สี	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม., 20°C)	จุดหลอมเหลว °C		จุดเดือด °C
น้ำ	ไม่มีสี	0.998	0	100	- ทำอเล็กโตรไลซิสได้ไฮโดรเจนกับออกซิเจน
เหล็ก	สีเทา	7.874	1535	3000	- การเกิดสนิมของเหล็กโดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

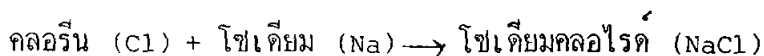
การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก็จะแบ่งออกเป็น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical change) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical change)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะลักษณะภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในของสารเป็นการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว พลังงานภายในไม่เพิ่มหรือลดลง มวลของสารจะคงเดิม เช่น การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ จากน้ำแข็งกลายเป็นน้ำ และกลายเป็นไอ



ความแตกต่างระหว่าง "สมบัติ" และ "การเปลี่ยนแปลง" สมบัติเป็นตัวกำหนดหรือสิ่งที่บ่งบอกลักษณะของสารหนึ่งที่แตกต่างไปจากสารอื่น ส่วนการเปลี่ยนแปลงจะเป็นการเปลี่ยนรูป (form) หนึ่งไปเป็นรูปอื่น

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของสาร จะได้สารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม ในการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อาจจะมีแก๊สเกิดขึ้น มีการให้ความร้อนออกมา อาจมีการเปลี่ยนสีของสารละลาย หรือเกิดสารประกอบที่ไม่ละลาย เช่น การทำอิเล็กโทรไลซิส น้ำจะได้แก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจน แก๊สคลอรีนทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมจะได้สารประกอบโซเดียมคลอไรด์



ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

การเปลี่ยนแปลง	ชนิดของการเปลี่ยนแปลง
การเดือดของน้ำ	กายภาพ
การแข็งตัวของน้ำ	กายภาพ
อิเล็กโทรลิซิสของน้ำ	เคมี
ปฏิกิริยาของคลอรีนกับโซเดียม	เคมี
การหลอมเหลวของเหล็ก	กายภาพ
การขึ้นสนิมของเหล็ก	เคมี
การเผาไหม้ของไม้	เคมี
การย่อยอาหาร	เคมี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี อาจเกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ หลักฐานการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น สถานะ สี กลิ่น แฉะ การตกตะกอน การให้ความร้อนและแสงสว่าง ช่วยให้เราสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ แต่ตรงกันข้าม หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้วยเสมอไป

ในการทดลองนี้ เราจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี บางประการและทดลองทำสมบัติทางกายภาพในที่นี้คือ จุดหลอมเหลว (melting point) ซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่ช่วยในการวิเคราะห์บอกชนิดของสารได้ โดยเลือกศึกษาสารที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 100°C ทั้งของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

การทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

1.1 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดแก๊ส

นำหลอดทดสอบที่สะอาดและแห้งมา 2 หลอด หลอดที่ 1 เติมสารละลาย NH_4Cl 2 ลบ.ซม. และหลอดที่ 2 เติมสารละลาย NaOH 2 ลบ.ซม. เติมสารละลายหลอดที่ 1 ลงในหลอดที่ 2 นำสารละลายที่ได้ไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน

จงสังเกตว่ามีแก๊สเกิดขึ้นหรือไม่ บอกวิธีพร้อมกับทดสอบแก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

1.2 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดตะกอน

นำหลอดทดสอบที่สะอาดและแห้งมา 1 หลอด เติมสารละลาย $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 2 ลบ.ซม. ค่อย ๆ หยดสารละลาย NH_4OH ลงไปที่ละหยด เข้าให้สารละลายผสมกัน เมื่อเกิดตะกอนขึ้นให้ทำการหยดสารละลาย NH_4OH ต่อไปเรื่อย ๆ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งหนึ่ง

เขียนสมการเคมี และอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทุกขั้นตอน

1.3 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่น

นำหลอดทดสอบที่สะอาดและแห้งมา 2 หลอด หลอดที่ 1 เติมสารละลาย $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 3 ลบ.ซม. หลอดที่ 2 เติมสารละลาย CH_3COOH 3 ลบ.ซม. เติสารละลายหลอดที่ 1 ลงในหลอดที่ 2 เข้าให้สารละลายผสมกัน

- คมกลืนของสารที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับกลืนของสารตั้งต้น
- แสดงสมการเคมี และบอกชนิดของสารใหม่ที่เกิดขึ้น

1.4 ความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

นำหลอดทดสอบมา 3 หลอด แต่ละหลอดใส่ผลึก $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
หลอดละประมาณ 1 มิลลิกรัม

หลอดที่ 1 นำไปเผาไฟด้วยตะเกียงบนเสนจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

หลอดที่ 2 นำไปเผาไฟ สังเกตว่าสีของสารเปลี่ยนไป ก็ให้หยุดเผา

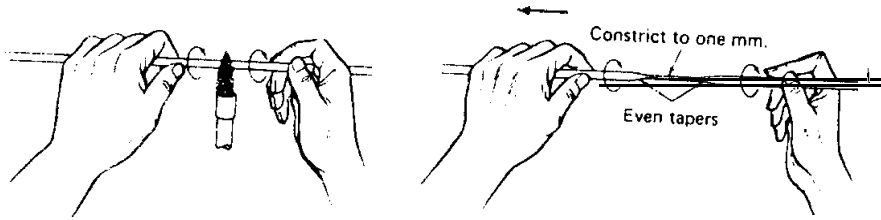
หลอดที่ 3 ไม่ต้องทำการทดลองใด ๆ

เมื่อทุกหลอดเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำหลอดทั้งสามมาเติมน้ำกลั่นหลอดละ
3 ลบ.ซม. ใช้แท่งแก้วคนสารในหลอดทั้ง 3

- บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจากการเผา
- เปรียบเทียบการละลายของสารในหลอดทดสอบทั้ง 3

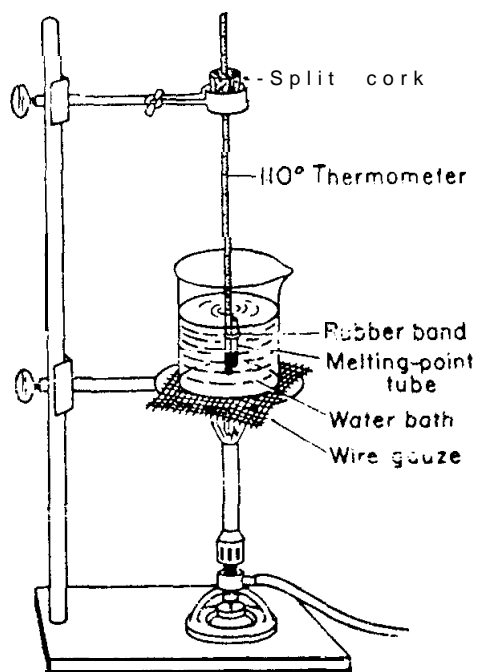
2. การหาจุดหลอมเหลว (melting point) ของสาร

- ก. ให้นักศึกษารับหลอดแก้วและทำการยัดหลอดแก้ว (ดังที่ได้ฝึกฝนมาในตอนที่ 1)
โดยนำหลอดแก้วนำมาเผาโดยใช้ตะเกียง หมุนหลอดแก้วตลอดเวลาด้าน
เนื้อแก้วอ่อนตัว นำออกจากเปลวไฟและดึงปลายทั้งสองออกจากกัน ดังรูป



ตัดตรงคอคอดด้วยตะไบเหล็ก จะได้หลอดแก้วขนาดเล็ก เรียกหลอดคาบิลลารี ตัดให้มีความยาวแห้งละ 2 นิ้ว ลนด้วยไฟให้ปลายด้านหนึ่งปิด จะได้หลอดคาบิลลารีสำหรับบรรจุสารที่ต้องการหาจุดหลอมเหลว (ทำไว้สำหรับทดลองประมาณ 10 หลอด)

- ข. รับประทานอะเซตามิโด (Acetamide) ที่บดละเอียดและแห้งใส่บนกระจกนาฬิกา ทำการกรอกสารลงในหลอดคาบิลลารีที่เตรียมไว้ 2-3 หลอด ให้กระแทกสารในแต่ละหลอดให้แน่นโดยการผ่านไปตามก้านของกรวยแก้ว บรรจุสารให้มีความสูงประมาณ $\frac{1}{3}$ ของหลอด
- ค. เตรียมเครื่องมือดังรูป



ใส่น้ำลงในบีกเกอร์ประมาณ $\frac{2}{3}$ ให้หลอดคาปิลลารีที่บรรจุสาร
 เข้ากับเทอร์โมมิเตอร์ โดยให้ปลายกลางของหลอดคาปิลลารีตรงกับ
 กระจาปะของเทอร์โมมิเตอร์ ด้วยค้ายหรือขี้ตัง ทั้งนี้ปลายเปิดของ
 หลอดคาปิลลารีต้องอยู่เหนือระดับของน้ำในบีกเกอร์

- ง. ให้ความร้อนกับน้ำในบีกเกอร์พร้อมทั้งคนตลอดเวลา สังเกตอุณหภูมิอย่าง
 ประมาณที่ของเหลวเริ่มหลอมเหลวจนกระทั่งหลอมเหลวหมดให้ลดอุณหภูมิ
 ของน้ำในบีกเกอร์ให้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวที่ได้ประมาณ 10°C นำหลอด
 คาปิลลารีบรรจุสารหลอมใหม่ทดลองซ้ำอีก โดยค่อย ๆ ให้ความร้อน
 อย่างช้า ๆ ให้สังเกตจุดที่เริ่มเกิดของเหลวครั้งแรก ในหลอดคาปิลลารี
 บันทึกอุณหภูมิที่แน่นอนที่จุดนี้ ซึ่งก็คือจุดหลอมเหลวของสาร ทำซ้ำอีกครั้ง
 โดยเปลี่ยนหลอดใส่สารใหม่ อุณหภูมิที่ได้ควรจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน
- จ. รับสารตัวอย่างจากอาจารย์ผู้ควบคุม กลุ่มละ 2 ตัวอย่าง นำไปทดลอง
 หาจุดหลอมเหลว โดยวิธีเดียวกันกับวิธีการทดลองหาจุดหลอมเหลวของ
 อะเซตามีน ก่อนทำการทดลอง ต้องทำการอบสารให้แห้งสนิทและทำการ
 บดให้ละเอียด (ทดลองตัวอย่างละ 2 ครั้ง) นำค่าจุดหลอมเหลวที่ได้
 ไปเปรียบเทียบกับตารางแสดงค่าจุดหลอมเหลวของสารชนิดต่าง ๆ เพื่อ
 หาชนิดของสารตัวอย่าง กำหนดให้ตารางแสดงค่าจุดหลอมเหลวของของ
 แข็งที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ

Melting Points of Low-Melting Solids

Formula	Compound	Melting Point °C
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	sodium sulfate	32
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Zinc nitrate	36
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	calcium nitrate	43
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	sodium thiosulfate	48
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	iron (III) nitrate	50
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	nickel nitrate	57
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	cadmium nitrate	59
$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	potassium aluminum alu	92
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	ammonium alum	94
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	magnesium nitrate	95
$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$	thymol	51-52
$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	p-dichlorobenzene	53
$\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_3$	p-nitrophenetole	60
$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}$	scetyl m-toluidine	65
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2$	diphenyl	69-70
$\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{NO}_2$	acetyl-o-phenetine	79
C_{10}H_8	naphthalene	80
$\text{C}_2\text{H}_3\text{ONH}_3$	acetamide	81
$\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{NO}_2$	acetoacetanilide	85
$\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$	m-dinitrobenzene	90
$\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$	o-nitroacetanilide	92
$\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_5$	2,4-dinitroanisole	95
$\text{C}_8\text{H}_7\text{NO}_4$	methyl-p-nitro benzoate	96

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติกร เคมี เรือง วันที่ทำการทดลอง

ชื่อผู้ทำการทดลอง รหัส เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง รหัส เลขที่

กลุ่มปฏิบัติการ Section

อาจารย์ผู้ควบคุม 1
2.
3.

การสังเกตและผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

1.1 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดแก๊ส

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

แก๊สที่เกิดขึ้นคือ

วิธีทดสอบ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือ

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ

1.2 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดตะกอน

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือ

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ.....

1.3 ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่น

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น.....

สารใหม่ที่เกิดขึ้น.....

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ.....

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....

1.4 ความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่อทำการเผา

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดที่ 1 คือ.....

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดที่ 2 คือ.....

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ.....

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....

เมื่อนำมาละลาย

เปรียบเทียบการละลายของสารในหลอดทั้ง 3 :

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ.....

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....

2. การหาจุดหลอมเหลวของสาร

1. จุดหลอมเหลวของอะเซตามีน

จากการทดลองครั้งที่ 1 จุดหลอมเหลว = _____ °C

จากการทดลองครั้งที่ 2 จุดหลอมเหลว = _____ °C

2. จุดหลอมเหลวของสารตัวอย่าง

2.1 สารตัวอย่างเบอร์.....

จากการทดลองครั้งที่ 1 จุดหลอมเหลว = _____ °C

จากการทดลองครั้งที่ 2 จุดหลอมเหลว = _____ °C

เทียบจากร่าง สารตัวอย่างคือ

2.2 สารตัวอย่างเบอร์.....

จากการทดลองครั้งที่ 1 จุดหลอมเหลว = _____ °C

จากการทดลองครั้งที่ 1 จุดหลอมเหลว = _____ °C

เทียบจากร่าง สารตัวอย่างคือ.....

คำถาม

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือไม่ เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

2. ในการทดลองนี้ มีการทดลองใดบ้างที่มีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพียง
อย่างเดียว

.....
.....
.....

3. เหตุใดในทางทดลองที่ 1.2 เมื่อเติมสารละลาย NH_4OH มาก ขึ้นตะกอน
จึงหายไป

.....
.....
.....
.....

4. เหตุใดในการทดลองที่ 1.4 การละลายของสารในหลอดทั้ง 3 จึงแตกต่างกัน

.....
.....
.....
.....

การทดลองที่ 4

เรื่อง การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Analysis)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. การใช้สมบัติของสารทั้งทางกายภาพและทางเคมีในการแยกสาร
2. เทคนิคในการใช้เครื่องชั่งได้อย่างถูกต้อง
3. เทคนิคในการแยกสารได้อย่างถูกต้อง เช่น การกรอง, การระเหย
4. การกำหนดขั้นตอนในการแยกสาร ไม่ว่าจะเป็นสารประกอบหรือของผสม
5. การแยกตัวทำละลายที่เป็นสารเคมีไวไฟ

สารเคมี

1. ของผสมของสเตรียริก แอซิด ($C_{18}H_{36}O_2$) เกลือ (NaCl)
และทราย (SiO_2)
2. เฮกเซน (C_6H_{14})
3. ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$)
4. น้ำกลั่น

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ชามกระเบื้อง
3. กระจกตวง
4. แท่งแก้วสำหรับคนสาร
5. ตะเกียงเบนสัน
6. แผ่นตะแกรงลวด
7. ส้อมขา
8. หลอดทดสอบ
9. หลอดหยดสารละลาย
10. ฐานและที่ตั้ง

เทคนิคที่เกี่ยวข้องของการทดลอง

1. ก่อนใช้เครื่องชั่งน้ำหนักทุกครั้ง ควรจะปรับสมดุลของเครื่องชั่งก่อน
2. อุปกรณ์ที่จะนำมาชั่ง ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
3. ในการวัดปริมาตรตัวทำละลาย ควรใช้กระบอกตวง ไม่จำเป็น ต้องใช้ปิเปต
4. การใช้ตัวทำละลายที่ละน้อย แต่บางครั้งจะทำให้ละลาย ตัวถูกละลายได้มากกว่าใช้ทีละมาก ๆ แต่น้อยครั้ง
5. กรณีสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มีระเหยง่าย และไอมักเป็นพิษ ไม่ควรสูดดมและควรทำในตู้ดูดควัน
6. ตัวทำละลายอินทรีย์มักติดไฟได้ง่าย ไม่ควรวางไว้ใกล้เปลวไฟ

บทนำ

ในขบวนการวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical Analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับแยกองค์ประกอบของสาร ซึ่งอาจจะเป็นสารประกอบ หรือของผสมก็ได้ จำแนกวิธีการวิเคราะห์ออกเป็น 2 แบบ คือ

1. คุณภาพวิเคราะห์ (Qualitative analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาชนิดขององค์ประกอบในสารที่เราสนใจ ว่าประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง หรือเป็นสารชนิดใด

2. ปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาว่า องค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสารที่เราสนใจมีปริมาณมากน้อยเพียงใด อาจจะเป็นการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis) หรือการวิเคราะห์โดยการวัดปริมาตร (Volumetric analysis)

จากสารตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ อาจจะเป็นสารบริสุทธิ์หรือของผสมก็ได้ ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ โดยทั่วไปถ้าเป็นของผสม จำเป็นจะต้องทำการแยก (separation) องค์ประกอบต่าง ๆ ออกจากกันเสียก่อน ซึ่งในการแยกนั้น เราจำเป็นต้องทราบว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพื่อจะได้ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ และทำการเลือกวิธีที่เหมาะสมกับสารตัวอย่างชุดนั้นมาทำการแยกสมบัติที่เลือกมาใช้แยกนั้น อาจใช้สมบัติทางกายภาพก็ได้ เช่น ถ้าเป็นของผสมที่เป็นของเหลวมีจุดเดือดต่างกัน เราอาจใช้วิธีการกลั่น ถ้าเป็นของแข็งที่มีสมบัติในการละลายต่างกัน ก็อาจใช้วิธีการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมมาทำการแยก ถ้าเป็นของแข็งผสมอยู่กับของเหลวอาจใช้วิธีการกรอง ถ้าเป็นของเหลวที่มี polarity ต่างกันก็

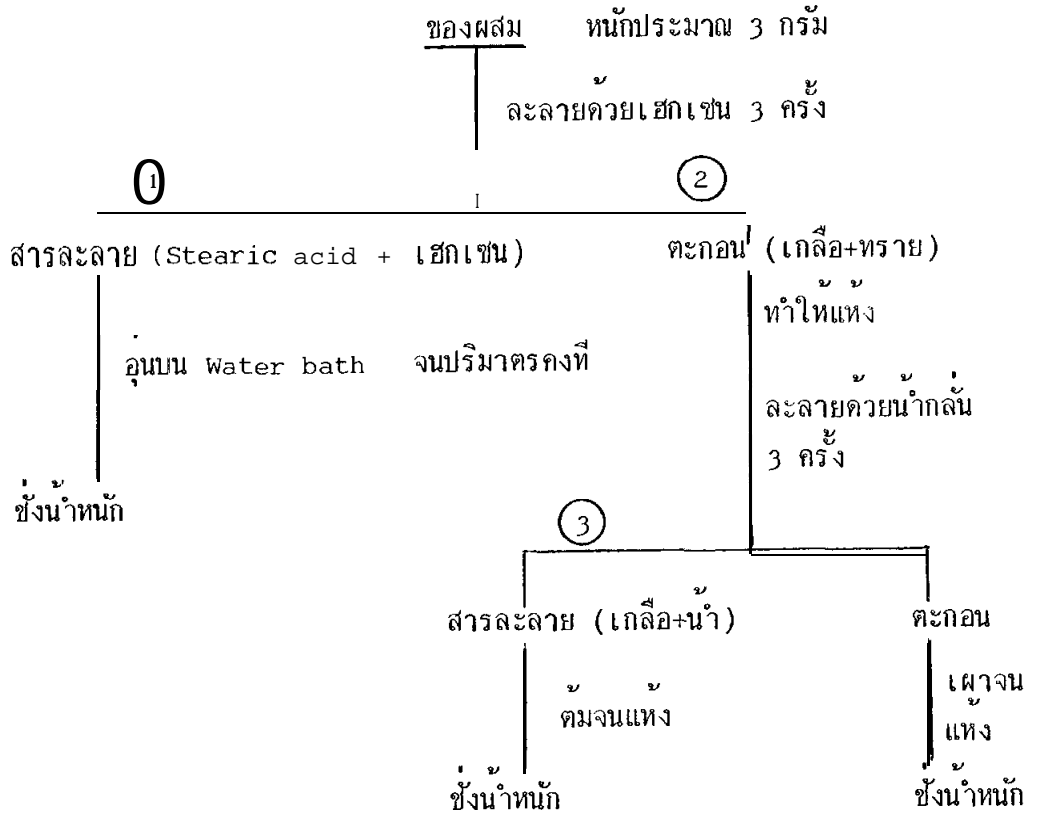
อาจใช้วิธีโครมาโทกราฟี หรือใช้สมบัติทางเคมี เช่น ในการแยก ไอออนของโลหะ ที่รวมกันอยู่ในสารละลาย อาจเลือกใช้ตัวตกตะกอนที่เหมาะสมเติมลงไป เกิด เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายแยกตัวออกมาจากสารอื่น ๆ

ในการทดลองนี้ จะเป็นการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก จากสารตัวอย่างที่เป็นของผสมระหว่าง สารอินทรีย์ คือ กรดสเตียริก (Stearic acid, $C_{18}H_{36}O_2$) และสารอนินทรีย์ คือ เกลือแกง (Sodium Chloride, NaCl) และทราย (Sand, SiO_2) จะทำแยกโดยอาศัยสมบัติในการละลายในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน stearic acid ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ จะละลายได้ในเฮกเซน (Hexane, C_6H_{14}) ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ ส่วนเกลือและทราย จะไม่ละลายในเฮกเซน เกลือ (NaCl) จะละลายได้ในน้ำ ซึ่งทรายและ stearic acid จะไม่ละลาย ส่วนที่เหลือจากการละลายโดยตัวทำละลายทั้งสองก็คือทราย ในกรณีนี้เราจะเรียก ทรายว่า สารเฉื่อย (inert material) เมื่อทำการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ออกจากกันแล้ว ทำการชั่งน้ำหนัก โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ แล้วคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารแต่ละตัวในของผสม

การทดลอง

ในการชั่งน้ำหนักทุกอย่างตongให้ไตคาถูกตong 0.01 กรัม
บันทึกขอมูลทุกอย่างในตารางรายงานผลการทดลอง

พิจารณาแผนผังแสดงการแยกองค์ประกอบของของผสมตามลำดับ



รายละเอียดของวิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การแยก Stearic acid ออกจากของผสม

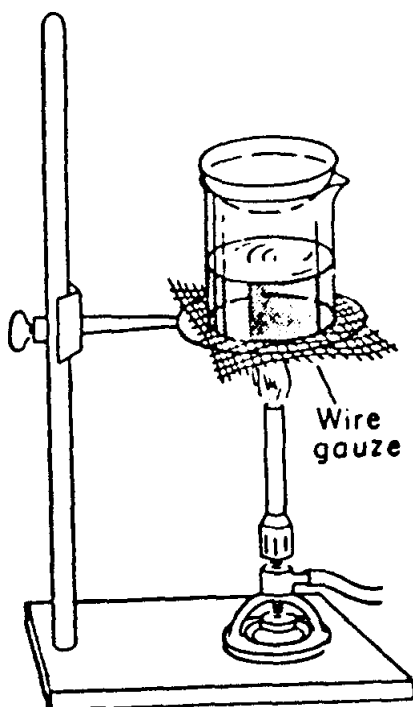
1. ชั่งบีกเกอร์ขนาด 150 ลบ.ซม. ที่สะอาดและแห้ง ใส่ของผสมหนักประมาณ 3 กรัม ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของของผสม เติมเฮกเซน 20 ลบ.ซม. โดยใช้กระบอกตวงลงในบีกเกอร์ที่บรรจุของผสม ใช้แท่งแก้วคนสารละลายทำในตู้ดูดควัน (Hood) ใช้เวลาประมาณ 5 นาที วางบีกเกอร์รอให้ตะกอนตกลงไปที่ก้นภาชนะ
2. ชั่งชามกระเบื้อง ที่สะอาดและแห้ง คอย ๆ รินเฉพาะสารละลายจากข้อ 1 ลงในชามกระเบื้อง อย่าให้ตะกอนไหลตามออกมา
3. เติมเฮกเซนอีก 10 ลบ.ซม. คนสารละลายประมาณ 5 นาที หวังให้ตะกอนตกลงที่ก้นภาชนะ
4. คอย ๆ รินเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายลงไปรวมในชามกระเบื้องในข้อ 2
5. ทำซ้ำกับข้อ 3

ในขั้นตอนนี้ ทำการทดสอบว่ามี stearic acid เหลือตกค้างในตะกอนหรือไม่

ให้หยดสารละลายเฮกเซนจากข้อ (5) 2 หยดลงบนกระจกนาฬิกาที่สะอาด หวังให้เฮกเซนระเหยไป ถ้าไม่มีเกล็ดของแข็งสีขาวเหลือค้างอยู่บนกระจกนาฬิกาเลย แสดงว่าได้ทำการแยกเอา stearic acid ออกไปหมดแล้ว แต่ถ้ายังมีเกล็ดสีขาวตกค้างอยู่ แสดงว่ายังแยกออกไม่หมด ในกรณีนี้ก็ให้คอย ๆ รินสารละลายลงไปรวมในชามกระเบื้องในข้อ 2 แล้วทำการทดลอง

ข้อ (5) จะได้สารละลายที่มี Stearic acid กับเฮกเซนอยู่ในชาม
กระเบื้อง ส่วนในบีกเกอร์จะมีเกลือและทรายที่ยังเปียกชื้นด้วยเฮกเซน

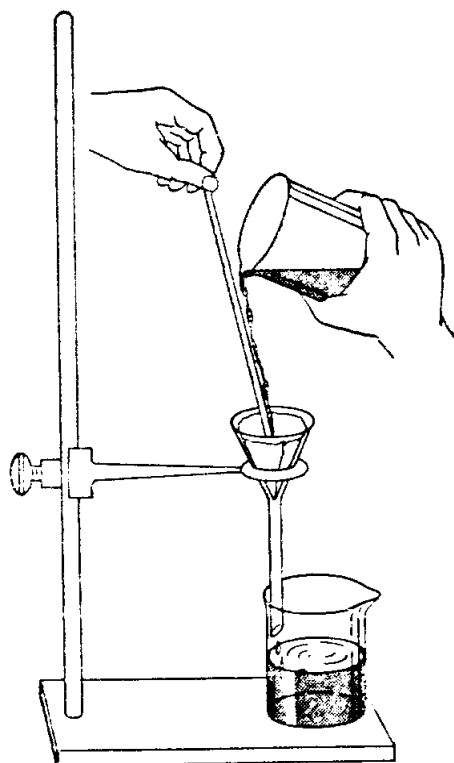
- นำสารละลายที่อยู่ในชามกระเบื้องไปทำการระเหยเอาเฮกเซนออกโดยการ
อุบบนอ่างน้ำร้อน (water bath) ดังรูป ทำในตู้ดูดควัน (เนื่องจากเฮกเซน
เป็นสารไวไฟ จึงไม่สามารถต้มไล่โดยใช้ไฟจากตะเกียงโดยตรงได้



ต้มจนกระทั่ง เหลือสารละลายในชามกระเบื้องประมาณ 1 ลบ.ซม. นำลงจาก
อ่างน้ำร้อน ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง สารละลายจะค่อย ๆ แข็งตัว
(เนื่องจาก Stearic acid มีจุดหลอมเหลวที่ 69°C) นำไปชั่งน้ำหนัก
แล้วนำกลับมาวางบนอ่างน้ำร้อนอีก 15 นาที ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้ว
นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่ ใช้กระดาษห่อสารที่ได้บันทึก
น้ำหนักส่ง

ขั้นตอนที่ 2 การแยกเกลือออกจากทราย

1. นำบีกเกอร์ที่มีเกลือและทรายจากขั้นตอนที่ 1 ข้อ 5 ไปอังไฟ เพื่อไล่เฮกเซน
ที่ตกค้างอยู่ออกไปจนของผสมแห้งสนิท ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เดิมน้ำกลั่น
(ก่อนใช้น้ำกลั่น ให้ทดสอบว่าน้ำกลั่นที่ใช้มี Cl^- ไอออนหรือไม่ โดยใส่น้ำกลั่น
1 ลบ.ซม. ลงในหลอดทดสอบแล้วหยดสารละลาย AgNO_3 ลงไป 2-3 หยด
ถ้าไม่มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น แสดงว่าไม่มี Cl^- ไอออน สามารถนำไปใช้ในการ
ทดลองได้) ลงไป 20 ลบ.ซม. โดยใช้กระบอกรีดวง ใช้แท่งแก้วคนสารละลาย
ประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ในตะกอนตกลงที่ก้นภาชนะ
2. ชั่งบีกเกอร์ขนาด 250 ลบ.ซม. ที่สะอาดแห้ง แล้วจัดเตรียมเครื่องมือในการ
กรองสารละลาย ดังรูป



3. คอย ๆ รินเฉพาะสารละลายใส่ลงบนกระดาษกรอง ระวังอย่าให้ตะกอนไหลลงไป เพราะจะไปอุดรูกระดาษกรอง ทำให้การกรองช้า
4. เติมน้ำกลั่นลงไปในปีเกอร์อีก 10 ลบ.ซม. คนสารละลายประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนกัน
5. ทำซ้ำข้อ 3

6. ทำซ้ำข้อ 4

การทดลองว่ามีเกลือเหลือตกค้างอยู่ในทรายหรือไม่

นำสารละลายใส่จากข้อ 4 มา 1 ลบ.ซม. ใส่ลงในหลอดทดสอบ แล้วหยดสารละลาย AgNO_3 ลงไป 2-3 หยด ถ้าละลายแยกเกลือออกไปหมดแล้ว จะไม่เกิดตะกอนสีขาว ถ้าเกิดตะกอนขาว แสดงว่ายังมีเกลือเหลืออยู่ ทำซ้ำข้อ 4, 5, 6

7. นำบีกเกอร์ที่มีสารละลายเกลือ ไปต้มโดยใช้ตะเกียงให้ความร้อนโดยตรงจนแห้งสนิท ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก ใช้กระดาษห่อสารประกอบที่ได้ส่ง

8. ภายทรายที่อาจตกค้างบนกระดาษกรองร่วมกับทรายในบีกเกอร์ นำไปอังไฟจนแห้ง ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก ใช้กระดาษห่อสารประกอบที่ได้ส่ง

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการเคมีเรื่อง.....วันที่ทำการทดลอง.....

ชื่อผู้ทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง.....รหัส.....เลขที่.....

กลุ่มปฏิบัติการ.....Section.....

อาจารย์ผู้ควบคุม 1.I.....

2.

3.

บันทึกผลการทดลอง (บันทึกน้ำหนักจากเครื่องชั่งอย่างทหายว อานคาละเอียด
0.01 กรัม)

รายการทดลอง	น้ำหนัก (กรัม)
1. น้ำหนักของบีกเกอร์ + ของผสม
2. น้ำหนักของบีกเกอร์
3. น้ำหนักของของผสม (1-2)
4. น้ำหนักของชามกระเบื้อง + stearic acid
5. น้ำหนักของชามกระเบื้อง
6. น้ำหนักของ stearic acid (4-5)
7. น้ำหนักของบีกเกอร์ + เกลือ

รายการทดลอง	น้ำหนัก (กรัม)
8. น้ำหนักของบีกเกอร์
9. น้ำหนักของ เกลือ (7-8)
10. น้ำหนักของบีกเกอร์+ทราย
11. น้ำหนักของบีกเกอร์
12. น้ำหนักของทราย (10-1 1)
13. รวมน้ำหนัก stearic acid + เกลือ + ทราย ที่แยกได้ (6+9+12)
14. เบอรูเซนต์ที่ได้จากการทดลอง
15. เบอรูเซนต์ของ stearic acid
16. เบอรูเซนต์ของเกลือ
17. เบอรูเซนต์ของทราย

คำถาม

- ในการทดลองนี้ เราจะทำการแยกเอาเกลือออกเป็นอันดับแรก ได้หรือไม่
ใช้เหตุผลอธิบายประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ในการทดสอบน้ำล้างตะกอนของเกลือและทราย เหตุใดจึงใช้สารละลาย

AgNO_3 ในการทดสอบ

.....
.....

และถ้าผลการทดสอบเกิดตะกอนสีขาว หมายความว่าอย่างไร

.....
.....

3. ถ้าในสารละลายตัวอย่างมี Na^+ ไอออน, Al^{3+} ไอออน, Pb^{2+} ไอออน ถ้าต้องการ
ทำการแยกเอาไอออนเหล่านี้ออกจากกัน จะทำได้อย่างไร

.....
.....

4. ของผสมที่ขึ้นด้วยไออน้ำ มีเกลือ สารประกอบ A (ละลายใน Benzene และละลาย
ตัวที่ 130°C) และ inert material B (ไม่ละลาย) จึงตอบคำถาม
ต่อไปนี้

(ก) ในของผสมนี้มีองค์ประกอบ.....ชนิด

(ข) องค์ประกอบแรกที่ต้องทำการแยกออกก่อนคือ.....

(ค) จงเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนในการแยกองค์ประกอบแต่ละตัว

.....
.....
.....
.....
.....

การทดลองที่ 5

เรื่อง การหาน้ำหนักโมเลกุลโดยการลดลงของจุดเยือกแข็ง

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1. จุดเยือกแข็งจุดเดือดและความดันไอของสารบริสุทธิ์และสารละลาย
2. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ลดลงกับปริมาณของตัวถูกละลาย
3. การหาน้ำหนักโมเลกุลของสาร โดยการลดลงของจุดเยือกแข็ง

สารเคมี

1. แนพทาลีน (Naphthalene, $C_{10}H_{18}$)
2. สารตัวอย่าง

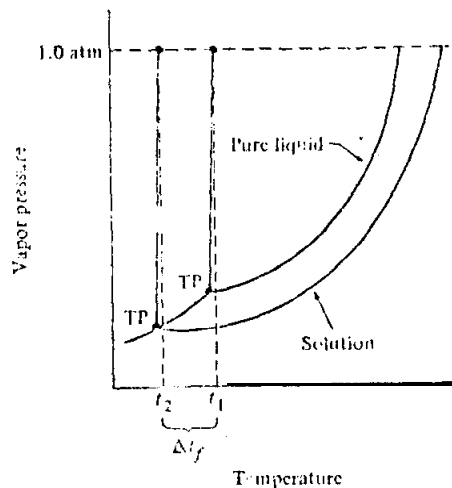
อุปกรณ์

1. หลอดทดสอบขนาดใหญ่
2. บีเกอร์
3. จุกคอร์ก
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. ฐาน, ที่ตั้ง, ห่วงวงแหวน
6. ตะแกรงลวด
7. ลวดสำหรับคนสาร

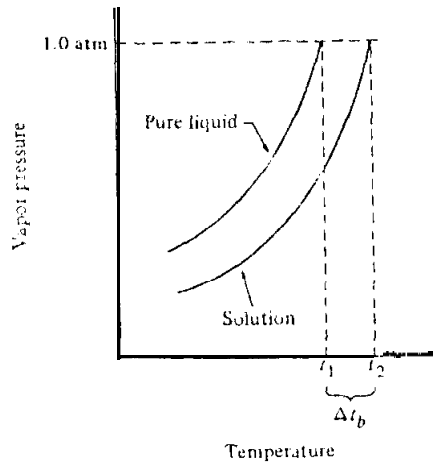
บทนำ

สารละลาย (solution) จัดเป็นสารเนื้อเดียวแต่ไม่ใช่สารบริสุทธิ์ เพราะในสารละลายมีเนื้อสารมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งประกอบด้วย ตัวถูกละลาย (solute) และตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งอาจมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สก็ได้ โดยที่สารที่มีจำนวนมากในสารละลายเรียกว่า ตัวทำละลาย และสารที่มีจำนวนน้อย เรียกว่า ตัวถูกละลาย ในกรณีที่ เป็นของแข็งหรือของเหลว ซึ่งมีตัวถูกละลายระเหยยาก จะมีสมบัติทางฟิสิกส์บางประการดังนี้

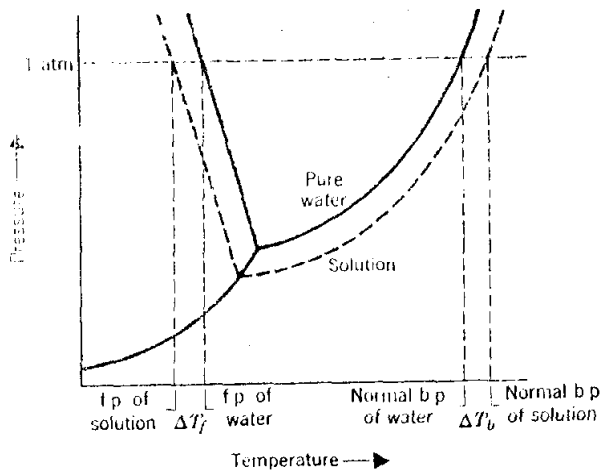
1. จุดเยือกแข็ง (Freezing Point) หรือจุดหลอมเหลว (Melting Point) ของสารละลาย จะต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หรือจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์

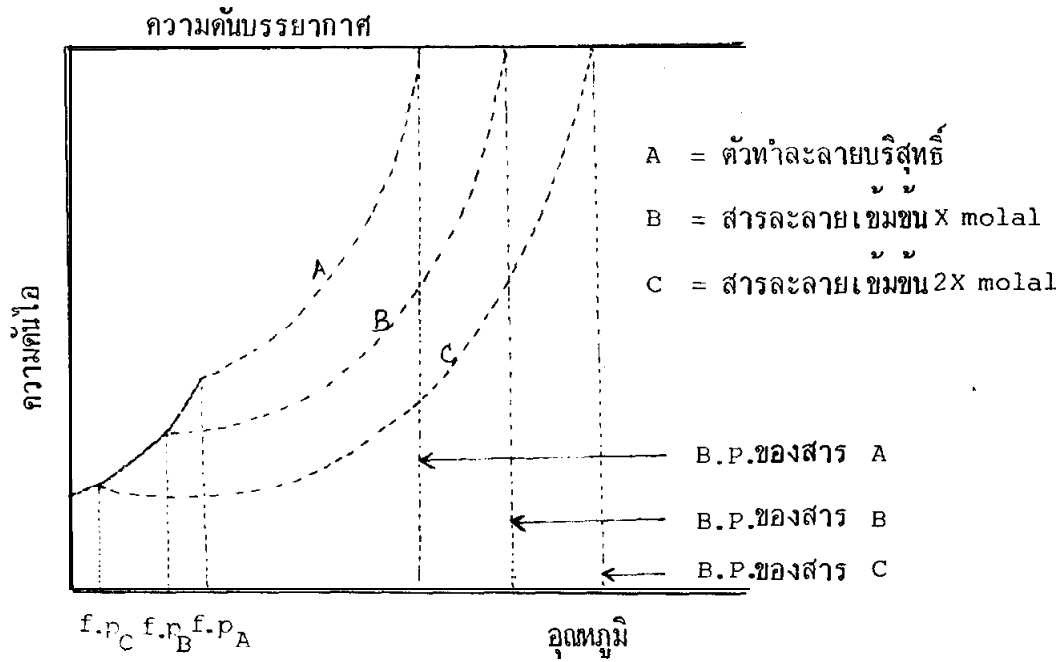


2. จุดเดือด (Boiling Point) ของสารละลาย จะสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์



3. ความดันไอ (Vapour Pressure) ของสารละลายจะต่ำกว่าความดันไอของตัวทำละลายบริสุทธิ์





กราฟแสดง ความดันไอของตัวทำละลายบริสุทธิ์เปรียบเทียบกับสารละลายซึ่งมีความเข้มข้น X และ 2X molal.

ซึ่งปริมาณการเปลี่ยนแปลงของจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลว จุดเดือด และความดันไอของสารละลายขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย (หน่วยโมลตอกิโลกรัม) และชนิดของตัวทำละลาย

จากกฎของ Raoult กล่าวว่า "ไม่ว่าตัวถูกละลายจะเป็นสารใดก็ตาม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นเท่ากันและตัวทำละลายเป็นสารเดียวกัน จุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวจะลดลงเท่ากัน"

สารละลายยูเรีย 1 โมลในน้ำ 1 กิโลกรัม แข็งตัวที่ -1.86°C

สารละลายกลีเซอริน 1 โมลในน้ำ 1 กิโลกรัม แข็งตัวที่ -1.86°C

การทดลองของจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวของตัวทำละลาย เมื่อนำตัวถูกละลาย 1 โมลละลายในตัวทำละลาย 1000 กรัม เรียกว่า Molal freezing point depression constant หรือ Molal freezing point lowering constant (K_f)

ตัวอย่างค่า K_f ของสารละลายบางชนิด

ตัวทำละลาย	f.p. ($^{\circ}\text{C}$)	K_f
Acetic acid	16.7	3.9
Benzene	5.5	5.12
Camphor	178.4	37.7
cyclohexane	6.5	20.0
Naphthalene	80.6	6.8
		1.86

ในกรณีจุดเดือด ถ้ามีตัวถูกละลายอยู่ 1 โมลในตัวทำละลาย 100 กรัม จุดเดือดของตัวสารละลายจะสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ เรียกว่า Molal boiling-point elevation constant (K_b)

ตัวอย่างค่า Kb ของสารละลายบางชนิด

ตัวทำละลาย	b.p (°C)	Kb
Acetone	56.5	1.72
Acetic acid	118.3	3.07
Benzene	80.1	2.57
Cyclohexane	81.4	2.79
Water	100	0.51

เราสามารถใส่ค่าจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลว และค่าจุดเดือดที่สูงขึ้น คำนวณหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายได้ โดยมีเงื่อนไขว่า ตัวถูกละลายจะต้องไม่แตกตัวเป็นไอออนหรือรวมตัวกันในสารละลาย

การหามวลโมเลกุลของสารโดยการลดลงของจุดเยือกแข็ง

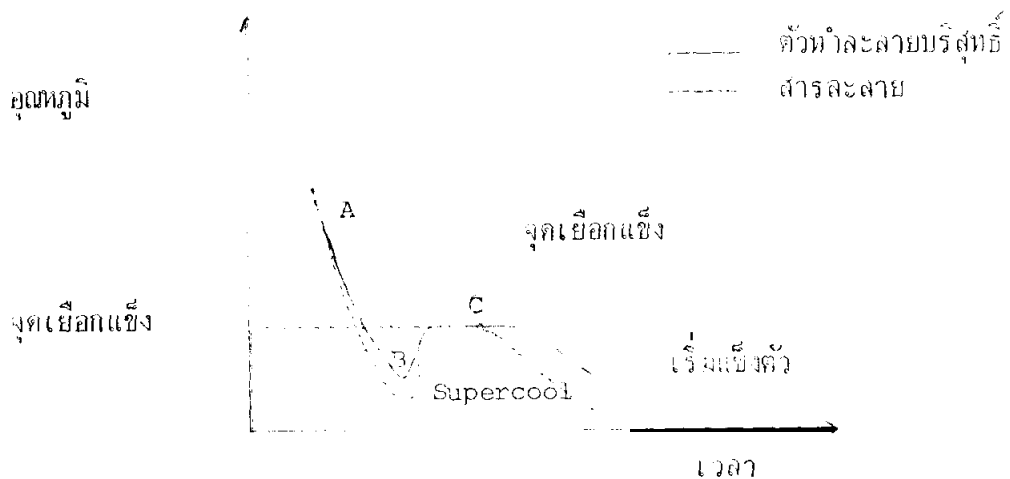
จากความสัมพันธ์ของการลดลงของจุดเยือกแข็งกับความเข้มข้น (Molal) ของสารละลาย

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f \cdot m \\ m &= \frac{g_2/M_2}{g_1/100} = M_2 \cdot \frac{1000 g_1}{g_1} \end{aligned}$$

$$M_2 = \frac{1000 \cdot g_2 \cdot K_f}{g_1 \cdot \Delta T_f}$$

- เมื่อ M_2 = มวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย
 m = ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย Molal
 g_1, g_2 = มวลของตัวทำละลายและตัวถูกละลายในสารละลายตามลำดับ
 ΔT_f = ผลต่างระหว่างจุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวของตัวทำละลายบริสุทธิ์กับจุดหลอมเหลวของสารละลาย (จุดหลอมเหลวที่ลดต่ำลง)
 K_f = Molal freezing point depression constant

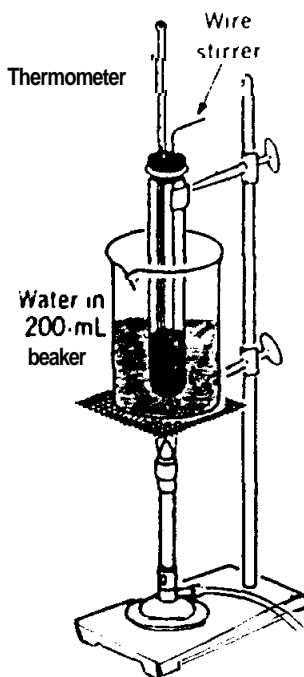
ในการทดลองนี้ เราจะหามวลโมเลกุลของสารตัวอย่างที่ละลายในแนพทาลีน โดยในการหาจุดเยือกแข็งของของเหลวและสารละลายจะศึกษาจาก Cooling Curve ซึ่งได้จากการทดลอง ด้วยการทำให้สารหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงพร้อมกับการคนตลอดเวลา ทำการวัดอุณหภูมิเป็นระยะ ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ เมื่อทำการเขียนกราฟระหว่างอุณหภูมิที่ลดต่ำลงกับเวลา ดังรูป



การทดลอง

1. การหาจุดเยือกแข็งของแอมพทาลีนบริสุทธิ์

- ก. ซึ่งหลอดทดสอบขนาดใหญ่ที่สะอาดและแห้งโดยใช้เครื่องซึ่งชนิดหยาด
บันทึกน้ำหนัก ใส่แอมพทาลีนลงไปประมาณ 10 กรัม ซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน
- ข. จัดเครื่องมือดังรูป



- ค. ต้มน้ำในบีกเกอร์ให้เดือดจนกระทั่งแอมพทาลีนหลอมเหลวหมดน้ำตะเกียง
burner ออก ปล่อยให้สารละลายเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ใช้หลอดสำหรับ
คน คนขึ้น-ลงอย่างสม่ำเสมอ (ตลอดเวลาที่ทำการทดลอง กระจาย

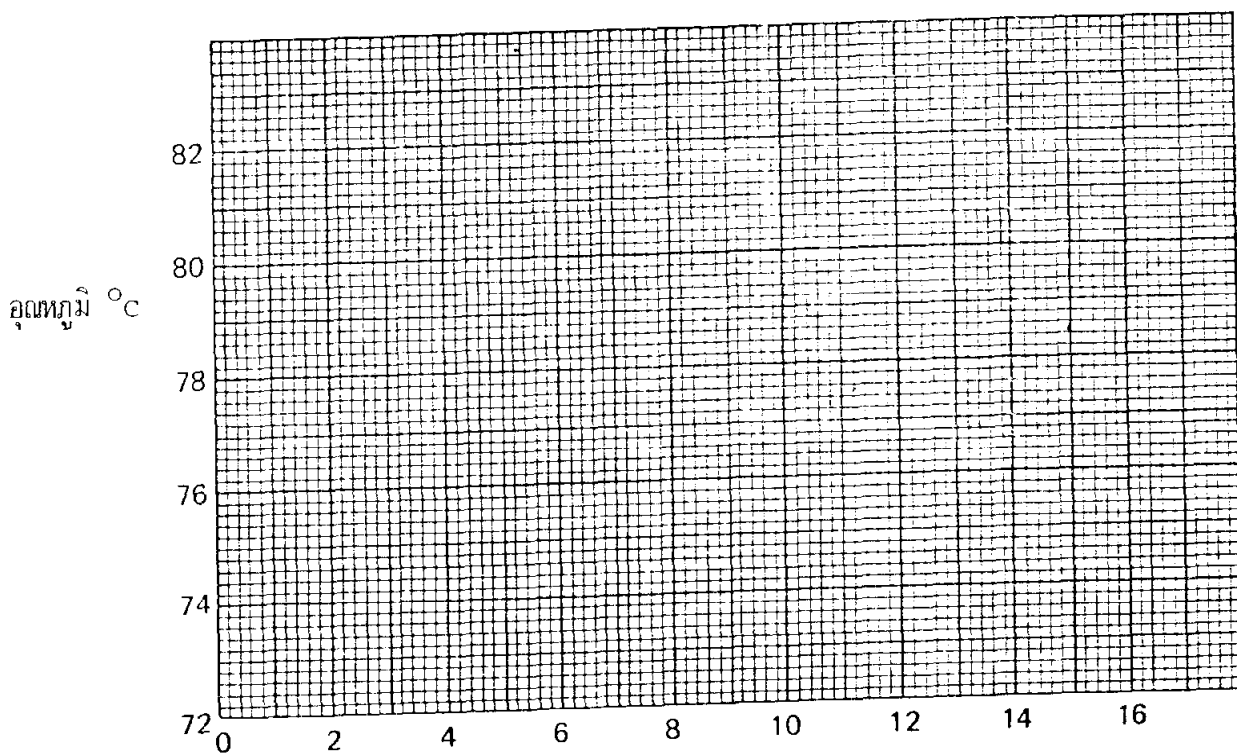
ของเทอร์โมมิเตอร์ต้องจุ่มอยู่ในสารละลาย) จนอุณหภูมิลดลงถึง 82°C เริ่มบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 15 วินาที ให้คนตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิจึงจุดเยือกแข็ง อุณหภูมิจะคงที่ บันทึกผลการทดลองในตาราง เก็บสารไว้สำหรับการทดลองตอนที่ 2

2. การหามวลโมเลกุลของสารตัวอย่างในแนพทาซีนหลอมเหลว

- ก. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 1.0 กรัม ในปิเปตที่แห้งและสะอาด
- ข. นำแนพทาซีนจากการทดลองตอนที่ 1 มาหลอมเหลว
- ค. เติมสารตัวอย่างจากข้อ ก. ลงในแนพทาซีนที่หลอมเหลวจนสารละลายให้เข้ากัน นำไปทำให้หลอมเหลวอีกครั้งหนึ่ง (เช่นเดียวกับตอนที่ 1) คอย ๆ ปลอยให้เย็นตัวลงพร้อมกับบันทึกอุณหภูมิของสารละลายที่ลดลงทุก ๆ 15 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิจึงที่

หมายเหตุ เมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำหลอดทดสอบที่บรรจุสารไปหลอมเหลวอีกครั้งหนึ่ง แล้วเทลงในกระดาษห่อไปทิ้งในถังขยะ ห้ามเทลงในอ่างน้ำ

เวลา(วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา(วินาที)	อุณหภูมิ (°C)
15		120	
30		135	
45		150	
60		165	
75		180	
90		195	
105		210	



2. การหามวลโมเลกุลของสารตัวอย่าง

น้ำหนักของหลอดทดสอบกรัม
 น้ำหนักของหลอดทดสอบ+ແພຫາລິນกรัม
 น้ำหนักหลอดทดสอบ+ແພຫາລິນ+สารตัวอย่าง.....กรัม
 น้ำหนักແພຫາລິນกรัม
 น้ำหนักสารตัวอย่าง

เวลา(วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา(วินาที)	อุณหภูมิ (°C)
15		120	
30		135	
45		150	
60		165	
75		180	
90		195	
105		210	

การคำนวณ

1. มวลของแนพทาไลน์ที่ใช้ กรัม
2. มวลของสารตัวอย่าง กรัม
3. จำนวนกรัมของสารตัวอย่าง 1000 กรัมของแนพทาไลน์
.....
.....
.....
.....
.....
.....
4. จุดเยือกแข็งของแนพทาไลน์ กรัม
5. จุดเยือกแข็งของสารละลาย °C
6. จุดเยือกแข็งที่ลดลง °C
7. Freezing-point depression constant °C
ของแนพทาไลน์
8. แสดงการคำนวณหาจำนวนโมลของสารตัวอย่าง
ในสารละลายต่อ 1000 กรัมของแนพทาไลน์
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

9. มวลโมเลกุลของสารตัวอย่างในแนพทาซีน

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

10. สูตรอย่างง่ายของสารตัวอย่าง

11. สูตรโมเลกุลของสารตัวอย่างในสารละลาย