บทที่ 2
จุดหลอมเหลว

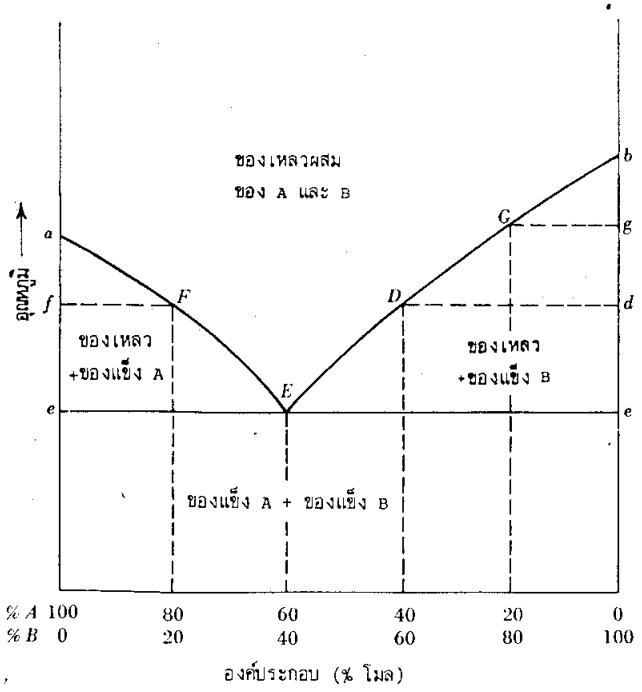
2.1 ความหมาย

จุดหลอมเหลว (melting point) คืออุณหภูมิที่สถานะของแข็ง (solid phase) และสถานะของเหลว (liquid phase) ของสารประกอบชนิดหนึ่งอยู่ร่วมกันอย่างสมดุลได้โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง หมายความว่า ถ้าให้ความร้อนแก่สารในขณะที่อยู่ในสถานะของแข็งปนของเหลว อุณหภูมิของสารนั้นจะไม่สูงขึ้นจนกว่าของแข็งจะหลอมเหลวหมด หรือถ้าทำให้สารขณะที่อยู่ในสถานะของแข็งปนของเหลวเย็นลง อุณหภูมิของสารนั้นจะไม่ลดลงจนกว่าของเหลวจะแข็งตัวหมด ดังนั้นจุดหลอมเหลวและจุดแข็งตัวของสารจะเป็นค่าเดียวกัน

2.2 จุดหลอมเหลวของของผสม

สารบริสุทธิ์จะมีจุดหลอมเหลวที่คงที่และมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว (melting range) ที่แคบมาก ประมาณ 0.5-1.0 °ซ ถ้ามีสิ่งเจือปน (impurity) ผสมอยู่ด้วย จุดหลอมเหลวจะต่ำลงและมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกว้างขึ้น ซึ่งจะอธิบายได้ด้วยแผนภาพ 2.1 ซึ่งมี a เป็นจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ A b เป็นจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ B จุด F คืออุณหภูมิ f ที่สารบริสุทธิ์ A อยู่ร่วมกันอย่างสมดุลกับของเหลวที่มีส่วนผสมของ 80% A และ 20% B ถ้ามีของผสมที่ประกอบด้วย 80% ของสาร A และ 20% ของสาร B เมื่อทำให้ของผสมนี้หลอมเหลวหมด แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิ f จะมีแต่ผลึกของสาร A เกิดขึ้น เมื่อปล่อยให้เย็นลงต่อไป จะมีแต่ผลึกของสาร A เกิดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันปริมาณของสาร A ในของเหลวผสมจะน้อยลง จนในที่สุดเมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุด e ของเหลวผสมซึ่งมีสัดส่วนคงที่ที่ E คือมี 60% ของสาร A และ 40% ของสาร B จะเริ่มแข็งตัว กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า ที่อุณหภูมิ e จะไม่เกิดผลึกของสาร A แต่อย่างเดียวอีกต่อไป แต่จะมี

ของแข็งของสาร A และสาร B เกิดขึ้นพร้อมกันในอัตราส่วน 60% A และ 40% B ซึ่งเรียกว่า สารผสมยูเทกติก (eutectic mixture) จุด E มีชื่อว่าจุดยูเทกติก (eutectic point) ซึ่งเป็นจุดที่มีอัตราส่วนของของผสมซึ่งสามารถหลอมเหลวหรือแข็งตัวพร้อมกันได้ และเป็นอุณหภูมิที่ของผสมที่มีอัตราส่วนดังกล่าวเกิดการหลอมเหลวหรือแข็งตัวด้วย อุณหภูมิ e มีชื่อว่า อุณหภูมิยูเทกติก (eutectic temperature)



แผนภาพ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและองค์ประกอบของของผสม

เมื่อพิจารณาในวิธีการที่กลับกัน กล่าวคือ ถ้ามีของผสมที่ประกอบด้วย 80% ของสาร A และ 20% ของสาร B และค่อย ๆ ให้ความร้อนแก่ของผสมดังกล่าว เมื่อถึงอุณหภูมิ e สาร A และสาร B จะหลอมเหลวพร้อมกันในอัตราส่วนที่คงที่คือ 60% A และ 40% B จนหมดสาร B เหลือแต่สาร A ซึ่งยังเป็นของแข็งอยู่ เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีก สาร A จะหลอมเหลวเพิ่มขึ้น ส่วนผสมของของเหลวผสมจะเป็นไปตามเส้นโค้ง EF เมื่ออุณหภูมิถึงจุด f สาร A จะหลอมเหลวหมดพอดี ดังนั้นจะเห็นว่า สาร A ซึ่งมีสาร B เป็นสิ่งเจือปนจะมีจุดหลอมเหลว

ต่ำลง (คือมีจุดหลอมเหลว e แทนที่จะเป็น a) และมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกว้างขึ้น คือช่วง e-f

ถ้าสารผสมมีส่วนผสมอยู่ทางด้านขวาของจุด E แสดงว่าสาร B มีสาร A เป็นสิ่งเจือปน การหลอมเหลวจะเป็นไปตามเส้นโค้ง ED หรือ EG และช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวก็คือ e-d หรือ e-g

จากแผนภาพ 2.1 จะเห็นได้ว่า ระยะ e-g กว้างกว่าระยะ e-d หมายความว่า สารบริสุทธิ์ที่มีสิ่งเจือปนผสมอยู่ 20% มีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกว้างกว่าสารบริสุทธิ์ที่มีสิ่งเจือปนผสมอยู่ 40% ตามความเป็นจริงแล้ว ถ้ามีสิ่งเจือปนผสมอยู่จำนวนน้อยมาก ทำให้ยากต่อการสังเกตจุดเริ่มต้นของการหลอมเหลว แต่อุณหภูมิที่การหลอมเหลวสิ้นสุดลงจะสังเกตได้ชัดเจน ดังนั้น ในทางปฏิบัติสารที่มีสิ่งเจือปนน้อย จะมีอุณหภูมิที่สารหลอมเหลวหมดสูงกว่า และมีช่วงการหลอมเหลวแคบกว่าสารที่มีสิ่งเจือปนมาก

ถ้าสารที่ต้องการหาจุดหลอมเหลวมีสิ่งเจือปนที่มีส่วนผสมเป็นของผสมยูเทกติกพอดี จะมีการหลอมเหลวรวดเร็วมาก คือมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวแคบมาก จนทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นสารบริสุทธิ์ ในกรณีนี้ จะพิสูจน์ความบริสุทธิ์ได้โดยผสมสารบริสุทธิ์ชนิดใดชนิดหนึ่งของของผสมลงไป แล้วสังเกตช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวอีกครั้งหนึ่ง

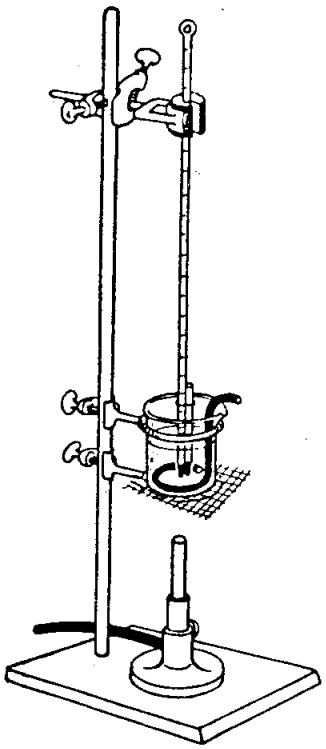
เนื่องจากจุดหลอมเหลวเป็นสมบัติกายภาพเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด สารที่มีสิ่งเจือปนจะมีจุดหลอมเหลวลดลง จุดหลอมเหลวจึงมีประโยชน์ในการใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ (identification) และทดสอบความบริสุทธิ์ (purity) ของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น สารตัวอย่าง (unknown) ชนิดหนึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ 133 °ซ และสงสัยว่าจะเป็น urea หรือ *trans*-cinnamic acid ซึ่งต่างก็มีจุดหลอมเหลวที่ 133 °ซ เช่นกัน เราสามารถพิสูจน์เอกลักษณ์หรือทดสอบว่าสารตัวอย่างจะเป็น urea หรือ *trans*-cinnamic acid ได้โดยการหาจุดหลอมเหลวของของผสม (mixture-melting point determination) ซึ่งทำได้โดยการผสมสารตัวอย่างและ urea อย่างละจำนวนเล็กน้อยเข้าด้วยกัน แล้วนำไปหาจุดหลอมเหลวของของผสม (mixture melting point) ถ้าจุดหลอมเหลวไม่เปลี่ยนแปลง คือมีค่า 133 °ซ เท่าเดิม สารตัวอย่างนั้นก็คือ urea แต่ถ้าจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 133 °ซ สารตัวอย่างนั้นก็ไม่ใช่ urea ในกรณีหลังนี้ urea ทำหน้าที่เป็นสิ่งเจือปนของสารตัวอย่าง หรือสารตัวอย่างทำหน้าที่เป็นสิ่งเจือปนของ urea

โดยทั่วไปแล้ว ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวที่กว้างแสดงว่าสารนั้นไม่บริสุทธิ์

แต่บางครั้งช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวที่กว้างอาจมีสาเหตุมาจากการสลายตัว (decomposition) ไปบ้างของสารบริสุทธิ์เมื่อได้รับความร้อนก่อนที่จะถึงจุดหลอมเหลว จึงทำให้กลายเป็นสารไม่บริสุทธิ์ไป หรืออาจเป็นเพราะสารบางชนิดอ่อนตัวและยุบลงที่อุณหภูมิก่อนถึงจุดหลอมเหลว จึงทำให้เข้าใจผิดว่าสารเริ่มหลอมเหลวแล้ว นอกจากนี้สารบางชนิดเมื่อเกิดการสลายตัวแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำมากจนไม่สามารถมองเห็นการหลอมเหลวได้ชัดเจน

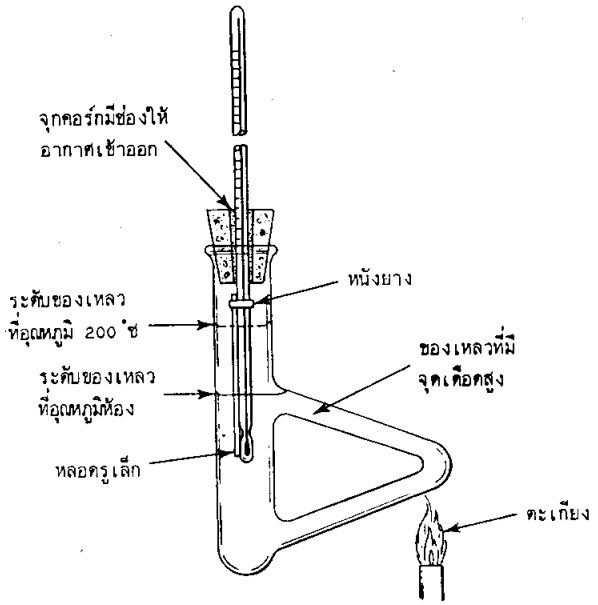
2.3 เครื่องมือสำหรับหาจุดหลอมเหลว

เครื่องมือสำหรับหาจุดหลอมเหลวมีหลายแบบซึ่งมีทั้งชนิดอังด้วยน้ำมันและอังด้วยโลหะ เครื่องมือดังภาพ 2.1 เป็นเครื่องมือชนิดอังด้วยน้ำมันที่เป็นแบบที่ง่ายที่สุดที่สามารถทำใช้ในห้องทดลองได้ ประกอบด้วยบีกเกอร์บรรจุน้ำมันและเครื่องกวนให้อุณหภูมิของเครื่องอังสม่ำเสมอ



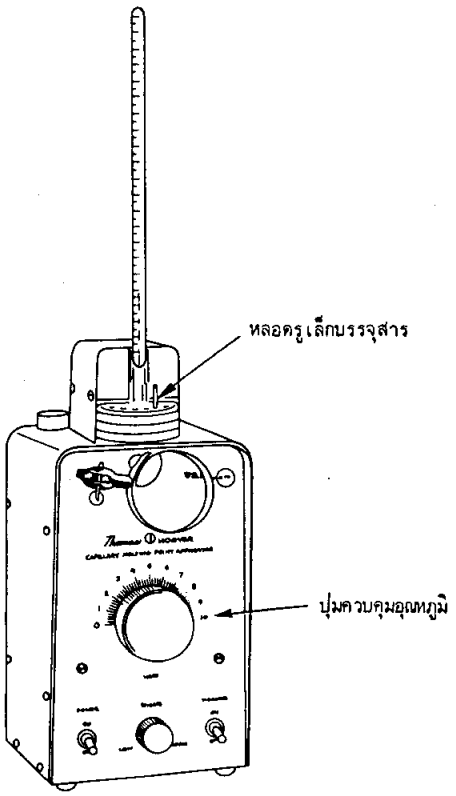
ภาพ 2.1 เครื่องมือหาจุดหลอมเหลวที่ใช้บีกเกอร์

เครื่องมือดังภาพ 2.2 คือเครื่องมือแบบทีล (Thiele apparatus) เป็นเครื่องมือชนิดอังด้วยน้ำมัน ซึ่งใช้ภาชนะบรรจุน้ำมันที่มีลักษณะพิเศษเรียกว่า หลอดแก้วทีล (Thiele tube) หลอดแก้วชนิดนี้ออกแบบให้น้ำมันที่ถูกไฟลนจนร้อนเกิดการไหลวนเวียนเองโดยไม่ต้องใช้เครื่องกวนแต่อย่างใด



ภาพ 2.2 เครื่องมือแบบทีล

เครื่องมือดังภาพ 2.3 ก็เป็นชนิดอังด้วยน้ำมันเช่นเดียวกัน แต่ภาชนะที่บรรจุน้ำมันอยู่ภายในเครื่องมือ เครื่องมือนี้มีชื่อว่า เครื่องมือหาจุดหลอมเหลวแบบโทมัสฮูเวอร์ (Thomas-Hoover melting-point apparatus) เครื่องมือชนิดนี้ให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยไฟฟ้าและมีเครื่องกวนน้ำมันที่บังคับความเร็วได้ด้วย เครื่องมือชนิดนี้ใช้สะดวก ควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่าและให้ความร้อนสม่ำเสมอด้วย



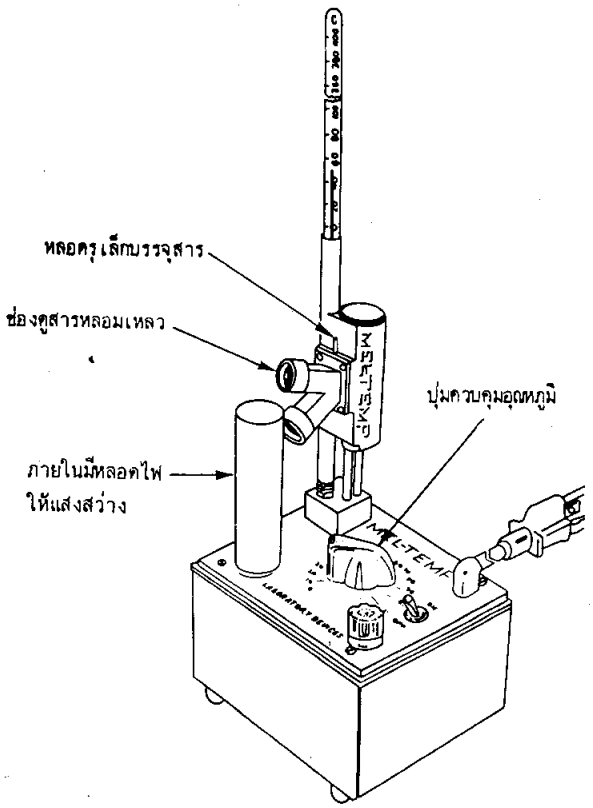
ภาพ 2.3 เครื่องมือหาจุดหลอมเหลวแบบโทมัสฮูเวอร์

อุณหภูมิของเครื่องอังน้ำมันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ใช้ ตาราง 2.1 แสดงอุณหภูมิการใช้งานของน้ำมันชนิดต่าง ๆ พร้อมทั้งข้อดีและข้อเสีย

ตาราง 2.1 อุณหภูมิการใช้งานของน้ำมันในเครื่องอัง

ของเหลว	อุณหภูมิสูงสุดที่ควรใช้, °ซ	ข้อดีและข้อเสีย
polyethylene glycol	180	ละลายน้ำ สะดวกต่อการทำความสะอาดภาชนะ
paraffin oil	200	ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดควันทำให้ติดไฟง่าย ถ้ามีน้ำปนจะประทุอย่างรุนแรง
mineral oil	200	ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดควันทำให้ติดไฟง่าย ถ้ามีน้ำปนจะประทุอย่างรุนแรง ใช้นานจะสลายตัวมีลักษณะข้นสีคล้ำ
silicone oil	200	ที่อุณหภูมิสูงไม่ติดไฟไม่สลายตัว ราคาแพง

เครื่องมือในภาพ 2.4 เป็นเครื่องมือชนิดที่อังด้วยโลหะ แท่งโลหะจะถูกทำให้ร้อนด้วยไฟฟ้า ความร้อนจากแท่งโลหะจะถูกส่งต่อไปยังหลอดรูเล็กที่บรรจุสาร เครื่องมือนี้มีชื่อว่า เครื่องมือหาจุดหลอมเหลวแบบเมลท์เทมพ์ (Melt-Temp melting point apparatus)



ภาพ 2.4 เครื่องมือหาจุดหลอมเหลวแบบเมลท์เทมพ์

2.4 เทคนิคและขั้นตอนในการหาจุดหลอมเหลว

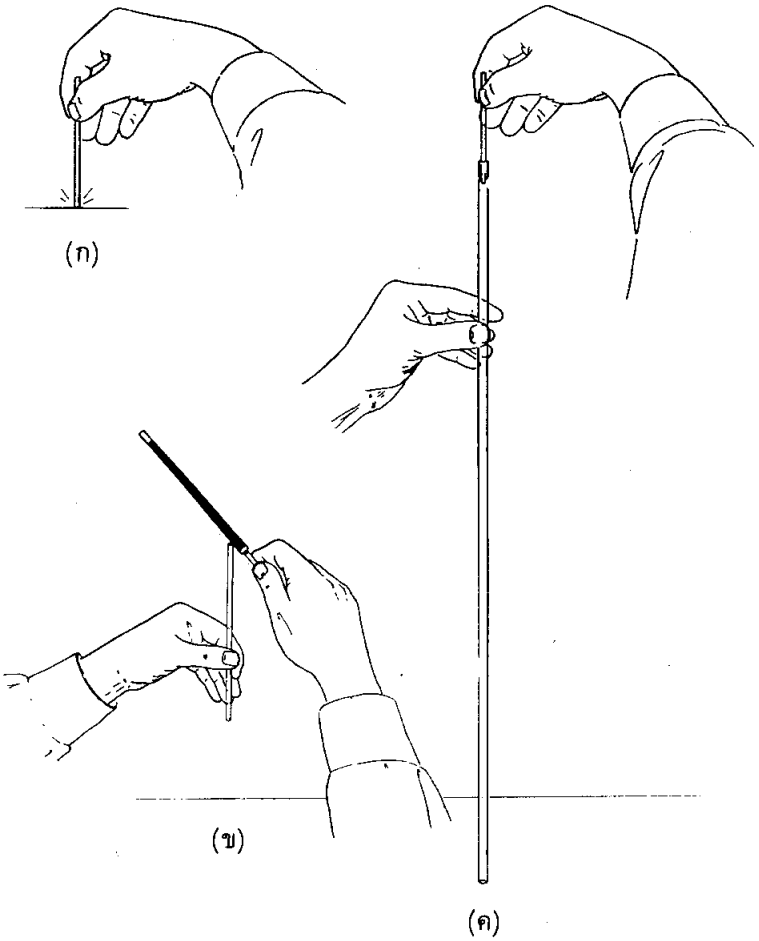
2.4.1 การบรรจุสารลงในหลอดรูเล็ก การบรรจุสารลงในหลอดรูเล็กมีขั้นตอนดังนี้

1. นำสารที่ต้องการหาจุดหลอมเหลวซึ่งแห้งสนิทแล้ว มาบดให้ละเอียดโดยใช้ปลายของช้อนตักสาร (spatula) กดกับกระจกนาฬิกา (watch glass) การบดสารให้ละเอียดนี้เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของสารเพื่อให้ได้รับความร้อนได้เต็มที่และสม่ำเสมอกัน

2. ใช้หลอดรูเล็ก (capillary tube) ซึ่งมีความยาวประมาณ 7-10 ซม. มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 มม. และมีปลายข้างหนึ่งปิด ถ้าเป็นชนิดปลายเปิดทั้งสองข้าง ให้เชื่อมข้างหนึ่งให้ปิดโดยใช้ตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner)

3. ใช้ปลายเปิดของหลอดรูเล็กกดลงไปบนกองสาร หรือใช้ปลายช้อนตักสารดันสารเข้าไปในหลอดรูเล็กก็ได้ แล้วหงายหลอดรูเล็กขึ้น

4. เคาะก้นหลอดรูเล็กกับโต๊ะเบา ๆ หลาย ๆ ครั้งเพื่อให้สารไปรวมกันที่ก้นหลอดรูเล็กดังภาพ 2.5 (ก) ถ้าสารยังค้างอยู่ไม่รวมกันที่ก้นหลอด ให้สั่นหลอดรูเล็กโดยใช้ตะไบถูเบา ๆ ที่ปากหลอดรูเล็กดังภาพ 2.5 (ข) แล้วเคาะหลอดรูเล็กกับโต๊ะอีก ถ้าสารยังไม่รวมกันที่ก้นหลอดหมดให้ปล่อยหลอดรูเล็กลงไปในหลอดแก้วยาวประมาณ 3 ฟุต ดังภาพ 2.5 (ค) หรือใช้กรวยแก้วแทน โดยหงายกรวยแก้วขึ้นให้กรวยแก้วตั้งบนโต๊ะ แล้วปล่อยหลอดรูเล็กตกลงไปตามก้านกรวยโดยให้ปลายปิดตกลงกระทบพื้นโต๊ะ ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้งจนสารในหลอดรูเล็กอัดกันแน่นไม่มีช่องว่าง ทั้งนี้เพื่อให้สารได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

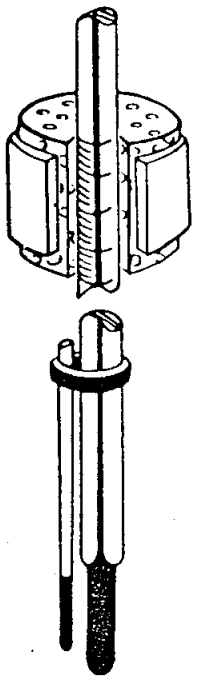


ภาพ 2.5 การทำให้สารรวมกันและอัดแน่นในหลอดรูเล็ก

5. ไม่ควรบรรจุสารในหลอดรูเล็กปริมาณมากเกินไป เพราะอาจจะทำให้ได้รับความร้อนไม่ทั่วถึง ซึ่งจะทำให้ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกว้างเกินไป ควรบรรจุสารให้สูงประมาณ 4 มม.

2.4.2 การเตรียมเครื่องมือ ในกรณีที่เครื่องอังน้ำมันเป็นแบบที่ใช้บีกเกอร์หรือใช้หลอดแก้วทีล ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ผูกหลอดรูเล็กที่บรรจุสารไว้ให้ติดกับเทอร์มอมิเตอร์ ดังภาพ 2.6 โดยให้ระดับของสารอยู่ตรงกับระดับของกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ เพื่อว่าอุณหภูมิที่อ่านได้จะได้เป็นอุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิของสาร



ภาพ 2.6 เทอร์มอมิเตอร์ที่ผูกติดกับหลอดรูเล็กและหุ้มด้วยจุกยาง

2. ใช้จุกยางที่ผ่าข้างหุ้มเทอร์มอมิเตอร์บริเวณต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารที่ต้องการหาจุดหลอมเหลว เพื่อว่าจุกยางจะได้ไม่บังอุณหภูมิที่ต้องการอ่าน

3. จุ่มเทอร์มอมิเตอร์ที่มีหลอดรูเล็กผูกติดอยู่ลงในเครื่องอังน้ำมันซึ่งบรรจุน้ำมันที่มีจุดเดือดสูง โดยให้กระเปาะเทอร์มอมิเตอร์และสารอยู่ใต้ระดับของน้ำมัน และให้ปลายเปิดของหลอดรูเล็กอยู่เหนือระดับของน้ำมันมากพอที่จะไม่ให้น้ำมันที่ขยายตัวเมื่อร้อนไหลเข้าไปในหลอดรูเล็กได้

4. อย่าให้เทอร์มอมิเตอร์หรือหลอดรูเล็กแตะก้นภาชนะที่บรรจุน้ำมัน

5. เมื่อจัดตำแหน่งของเทอร์มอมิเตอร์และหลอดรูเล็กไว้ดีแล้ว ใช้ตัวหนีบยึดหนีบจุกยางที่หุ้มเทอร์มอมิเตอร์ไว้ จุกยางจะช่วยไม่ให้เทอร์มอมิเตอร์ถูกหนีบมากเกินไปจนแตก

สำหรับเครื่องมือสำเร็จอื่น ๆ เช่น แบบโทมัสฮูเวอร์ แบบเมลท์เทมพ์ เป็นต้น เมื่อบรรจุสารลงในหลอดรูเล็กเรียบร้อยแล้ว ก็เสียบหลอดรูเล็กลงในช่องสำหรับเสียบหลอดรูเล็กได้เลยโดยไม่ต้องผูกหลอดรูเล็กติดกับเทอร์มอมิเตอร์

2.4.3 การให้ความร้อนและการบันทึกจุดหลอมเหลว มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ในอัตราเร็วประมาณ 2 °ซ ต่อหนึ่งนาที

2. ถ้าเป็นเครื่องอังน้ำมัน ขณะที่ให้ความร้อนควรคนน้ำมันด้วย เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. บันทึกจุดหลอมเหลวโดยจดอุณหภูมิที่สารเริ่มหลอมเหลวและอุณหภูมิที่สารหลอมเหลวหมดพอดี ในการบันทึกจุดหลอมเหลวนั้นควรบันทึกผลไว้อย่างละเอียดถึงลักษณะของสารในขณะที่หลอมเหลวและการหลอมเหลวด้วย เช่น

ก. ถ้าหลอมเหลวพร้อมทั้งมีการสลายตัวที่ช่วงอุณหภูมิ 131-133 °ซ ให้บันทึกว่า จุดหลอมเหลว131-133 °ซ (สลายตัว)

ข. ถ้าเริ่มเปลี่ยนสีที่ 65 °ซ และหลอมเหลวอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิ 67-69 °ซ.ให้บันทึกว่า เริ่มเปลี่ยนสีที่อุณหภูมิ 65 °ซ หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 67-69 °ซ อย่างช้า ๆ

เนื่องจากว่านักศึกษาอาจต้องเสียเวลามากในการคอยให้อุณหภูมิของเครื่องอังน้ำมันถึงจุดหลอมเหลว วิธีที่จะประหยัดเวลาก็คือ ให้เตรียมบรรจุสารในหลอดรูเล็กไว้สองหลอด หลอดแรกนำไปหาจุดหลอมเหลวอย่างคร่าว ๆ โดยให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว เมื่อเสร็จจากหลอดแรกแล้ว ก็ปล่อยให้น้ำมันเย็นลงจนถึงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวประมาณ10-15 °ซ แล้วจึงนำหลอดที่สองซึ่งผูกติดกับเทอร์มอมิเตอร์ไว้แล้วจุ่มลงในน้ำมันเพื่อหาจุดหลอมเหลวที่แน่นอนอีกครั้งหนึ่งตามขั้นตอนข้างต้น

ข้อควรระวัง

1. เมื่อใช้ตะเกียงบุนเสน ต้องแน่ใจก่อนว่าไม่มีสารไวไฟ เช่น ตัวทำละลายสารอินทรีย์ (organic solvent) วางอยู่ใกล้ ๆ ถ้าไว้ผมยาว ควรรวบผมไว้ข้างหลังให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันไม่ให้ผมถูกไฟไหม้ และควรดับตะเกียงเมื่อยังไม่ต้องการใช้

2. ถ้ามีน้ำปนอยู่ในน้ำมัน อาจไม่ปลอดภัยที่จะใช้ เพราะเมื่อร้อนเกิน 100 °ซ น้ำมันอาจจะกระเด็น ถ้ากระเด็นไปถูกเปลวไฟอาจลุกเป็นไฟได้ ก่อนใช้จึงควรสังเกตว่ามีหยดน้ำจมอยู่ที่กันภาชนะหรือไม่ ถ้าพบก็ควรจัดการเปลี่ยนน้ำมันเสียก่อน

3. ไม่ควรให้ความร้อนแก่ mineral oil เกินอุณหภูมิ 200 °ซ เพราะอาจลุกเป็นไฟได้ แต่ถ้าเป็น silicone oil อาจให้ความร้อนได้ถึง 300 °ซ

2.5 จุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองในบทนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. หาจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์
2. หาจุดยูเทกติกของของผสม
3. พิสูจน์เอกลักษณ์ของสารตัวอย่างโดยวิธีหาจุดหลอมเหลวของของผสม

2.6 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การหาจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์

นักศึกษาจะได้รับแจกสารตัวอย่างกลุ่มละหนึ่งชนิด ให้นักศึกษาหาจุดหลอมเหลวของสารตัวอย่างที่แจกให้ตามวิธีในหัวข้อ 2.4 แล้วบันทึกช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวลงในแบบรายงานการทดลอง พร้อมทั้งเขียนตัวเลขลำดับที่ของสารตัวอย่างที่ได้รับแจกด้วยเพื่อสะดวกในการตรวจสอบภายหลัง สารที่เหลือจากการทดลองนี้ให้เก็บไว้ใช้ในการทดลองที่ 3 ของบทนี้ และการทดลองที่ 1 ของบทที่ 3 ด้วย

การทดลองที่ 2 การหาจุดยูเทกติกของของผสม

ของผสมที่เตรียมให้นักศึกษาประกอบด้วย urea และ *trans*-cinnamic acid ตามอัตราส่วนต่อไปนี้

% urea	% *trans*-cinnamic acid
0	100
20	80
40	60
50	50
60	40
80	20
100	0

บันทึกอุณหภูมิสุดท้ายที่ของผสมหลอมเหลวหมดพอดี นำผลจากการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิของการหลอมเหลวที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ โดยไม่ต้องหาค่าเฉลี่ยไปจุดบนแผ่นตาราง แล้วเขียนกราฟเพื่อหาค่าจุดยูเทกติก

การทดลองที่ 3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารตัวอย่าง

ให้เปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของสารตัวอย่างในการทดลองที่ 1 ของบทนี้กับจุดหลอมเหลวของสารต่าง ๆ ในตาราง 2.2 ถ้าสงสัยว่าเป็นสารตัวใด ก็ให้นำสารตัวอย่างและสารที่สงสัยอย่างละเท่ากันจำนวนเล็กน้อยมาบดผสมกัน แล้วนำไปหาจุดหลอมเหลว ถ้าสารที่นำมาผสมกันนั้นไม่ใช่สารตัวเดียวกันจะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารที่นำมาผสมและมีช่วงการหลอมเหลวกว้าง ให้นักศึกษาเปลี่ยนสารที่สงสัยเป็นตัวอื่น และหาจุดหลอมเหลวของสารผสมชุดใหม่ต่อไป จนกว่าจะได้จุดหลอมเหลวที่คงที่ บันทึกผลการทดลองว่าสารตัวอย่างคืออะไร

ตาราง 2.2 รายชื่อสารประกอบพร้อมทั้งช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว

สารประกอบ	ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว, °ซ
m-Toluic acid	109 – 111
Acetanilide	113 – 114
Benzoic acid	121 – 122
β-Naphthol	121 – 122
trans-Cinnamic acid	132 – 133
Urea	132 – 133
Benzoin	132 – 133
Salicylic acid	156 – 158
Benzanilide	160 – 161

คำถามบทที่ 2

2.1 จงบอกประโยชน์ที่สำคัญของการหาจุดหลอมเหลวมา 2 อย่าง

2.2 ท่านจะทราบได้อย่างไรว่าสารที่กำลังหาจุดหลอมเหลวเกิดการสลายตัวหรือไม่ ?

2.3 สารอินทรีย์สองชนิดมีจุดหลอมเหลวเท่ากัน ท่านจะทราบได้อย่างไรว่าสารทั้งสองเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ ?

2.4 ท่านจะมีวิธีสังเกตจากจุดหลอมเหลวได้อย่างไรว่าสารที่กำลังหาจุดหลอมเหลวนั้นบริสุทธิ์หรือไม่ ?

2.5 สมมติว่านักศึกษาผู้หนึ่งไม่ทันเห็นสารหลอมเหลวในขณะที่หาจุดหลอมเหลว นักศึกษาผู้นั้นควรจะ

ก. ปล่อยให้สารเย็นลงแล้วหาจุดหลอมเหสวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้สารเดิม

หรือ ข. ตั้งต้นใหม่โดยใช้สารบริสุทธิ์

จงเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งพร้อมทั้งแสดงเหตุผล

2.6 จงอธิบายคำต่อไปนี้

2.6.1 จุดหลอมเหลว

2.6.2 อุณหภูมิยูเทกติก

2.6.3 องค์ประกอบยูเทกติก

2.6.4 จุดยูเทกติก

2.7 สารอินทรีย์ ก. ข. และ ค. ต่างก็มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 179-180 °ซ ถ้าเอาสารอินทรีย์ ก. และ ข. มาผสมกันอย่างละเท่า ๆ กันจะมีจุดหลอมเหลว 158-160 °ซ และถ้าเอาสารอินทรีย์ ก. และ ค. มาผสมกันอย่างละเท่า ๆ กันจะมีจุดหลอมเหลว 179-180 °ซ อยากทราบว่าถ้าเอาสารอินทรีย์ ข. ผสมกับสารอินทรีย์ ค. จะมีจุดหลอมเหลวเท่าใด ?

แบบรายงานการทดลองบทที่ 2

จุดหลอมเหลว

ผู้เขียนรายงาน..... รหัส.....

ผู้ร่วมงาน..... รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง..... กลุ่มที่.....

การทดลองที่ 1 การหาจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์

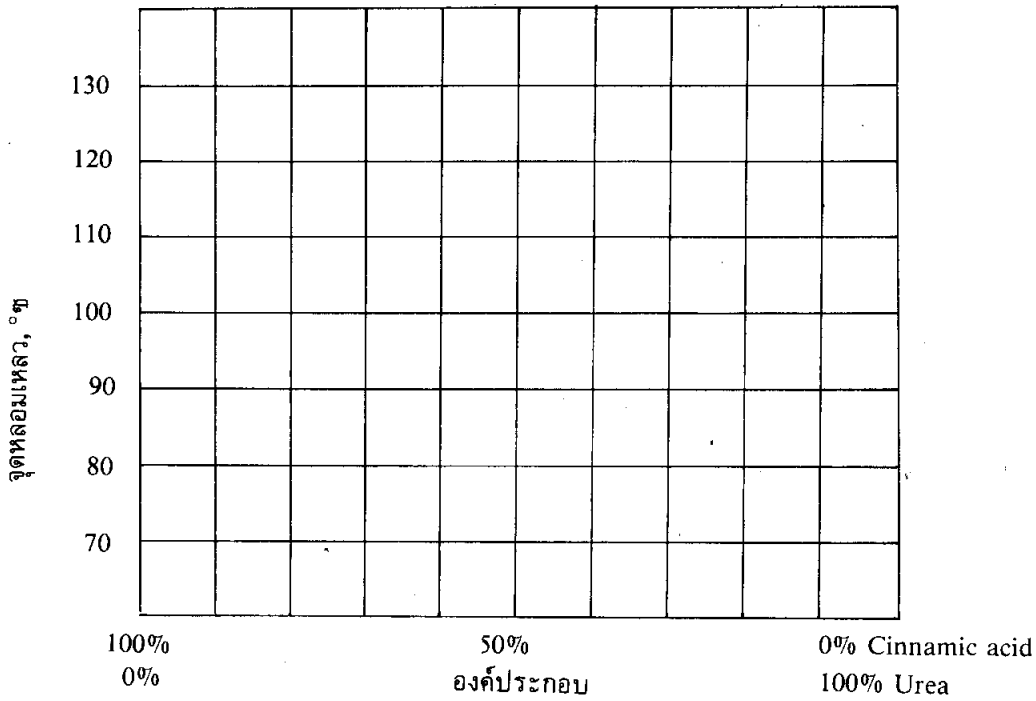
หมายเลขสารตัวอย่างที่ได้รับแจก.....

ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว = ... °ซ

การทดลองที่ 2 การหาจุดยูเทกติกของของผสม

อัตราส่วนผสม		อุณหภูมิสุดท้าย ที่หลอมเหลวหมด, °ซ
% urea	% *trans*-cinnamic acid	
0	100	.....
20	80	.....
40	60	.....
50	50	.....
60	40	.....
80	20	.....
100	0	.....

ใช้**อุณหภูมิสุดท้ายที่หลอมเหลวหมด**ทุกค่าโดยไม่ต้องหาค่าเฉลี่ย จุดบนแผ่นตาราง แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและองค์ประกอบ



อุณหภูมิยูเทกติก = ... °ซ

องค์ประกอบ = ... % urea และ

..... % *trans*-cinnamic acid

การทดลองที่ 3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารตัวอย่าง

หมายเลขของสารตัวอย่าง.....

สาร	ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว, °ซ
สารตัวอย่าง + ...	.....
สารตัวอย่าง + ...	.....
สารตัวอย่าง + ...	.....

สารตัวอย่างคือ.....

เพราะ.....

.....

ตอบคำถาม

.....

.....

.....