

บทที่ 3

การออกแบบสร้างและดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

ชุดสาริตการเปลี่ยนเฟสของน้ำที่ทำการศึกษานี้สร้างขึ้นเพื่อประกอบการเรียนการสอน และให้เห็นถึงขบวนการเปลี่ยนเฟสของน้ำในเวลาอันสั้นโดยวิธีการลดความดันของระบบลงอย่างรวดเร็ว การออกแบบชุดสาริตนี้เน้นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาถูก อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วย

- ภาชนะสุญญากาศ
- ป้อนสุญญากาศ
- เครื่องมือวัดความดัน
- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องชั่ง
- นาฬิกาจับเวลา

3.1.1 การออกแบบสร้างภาชนะสุญญากาศ

ภาชนะสุญญากาศเป็นส่วนประกอบที่ต้องออกแบบและสร้างขึ้น มีแนวทางการออกแบบดัง

- มีปริมาตรน้อยๆเพื่อที่จะสามารถใช้ปั๊มสุญญากาศขนาดเล็กดูดอากาศออกได้ในเวลาอันสั้นๆ
- ใช้งานความดันต่ำถึงระดับ 1 torr

ภาชนะสุญญากาศที่ได้สร้างขึ้นในการวิจัยนี้เป็นครอบแก้วใสทรงกระบอกปิดหัวท้ายด้วยแผ่นพลาสติกใสหนาที่ยึดติดกับครอบสแตนเลส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบครอบแก้วที่จะทำเป็นระบบสุญญากาศสำหรับการทดลองนี้ใช้ท่อแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 cm และหนา 3 cm ตัดให้ยาว 10 cm ขัดปลายท่อแก้วให้เรียบด้วยกากเพชรผสมน้ำมันก๊าด วางบนแผ่นกระจกราบเมื่อขัดปลายท่อแก้วได้ฉากแล้วก็มาขัดด้วยกระดาษทรายน้ำอีกรอบเพื่อลบคมของแก้ว การออกแบบนี้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายลดต้นทุนในการสร้างและความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเฟสของสารด้วยถ้าครอบแก้วใหญ่เกินไปก็จะเสียเวลาในการทดลองมากเกินไปดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงรูปลักษณะของครอบแก้วและฝาปิดครอบแก้ว

กรอบยึดฝาพลาสติกใสทำจากสแตนเลสที่มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกตัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm สูง 5 cm นำมาติดตั้งเป็นรูปทรงกระบอกลดขนาดของปลายอีกด้านหนึ่ง จาก 15 cm เหลือเพียง 13 cm และปลายอีกด้านหนึ่งเหลือเพียง 10 cm และเจาะรูตรงกลางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm จากนั้นนำสแตนเลสครอบปลายทั้งสองของหลอดแก้วคั้นสแตนเลสและท่อแก้วด้วย O-ring ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงรูปลักษณะของการติดตั้งชุดทดลอง

3.1.2 ป้อนสุญญากาศ

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพอุณหภูมิและความดัน(P-T diagram)แล้วจะเห็นว่า การเปลี่ยนเฟสจากน้ำไปเป็นน้ำแข็งสามารถเกิดขึ้นได้ที่ความดันต่างๆ จนถึงค่าสุดที่ 4.58 torr ณ จุดร่วมสาม (triple point) ดังนั้นป้อนสุญญากาศที่สามารถลดความดันได้ต่ำสุดถึงระดับ 1 torr ก็สามารถใช้ในการวิจัยนี้ได้แล้ว ความดันระดับนี้จัดว่าเป็นสภาวะสุญญากาศระดับหยาบหรือระดับต้น จึงทำให้สามารถหาป้อนสุญญากาศได้ง่ายและมักมีราคาต่ำ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเลือกป้อนสุญญากาศนั้น ควรคำนึงถึงอัตราเร็วของการป้อนด้วย กล่าวคือถ้าใช้ป้อนสุญญากาศที่มีอัตราเร็วของการป้อนสูงๆ ก็จะใช้เวลาในการป้อนน้อย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ประกอบกับการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างชุดสาธิตที่สร้างได้ง่าย ต้นทุนต่ำ จึงได้เลือกใช้อุปกรณ์เท่าที่จะหาได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงทดลองใช้ป้อนสุญญากาศขนาดเล็กสามารถลดความดันได้ต่ำสุดถึงระดับ 1 torr โดยใช้เครื่องป้อนสุญญากาศ ยี่ห้อ WEGNER รุ่น Ser.No 13726 ของ The WELCH Scientific Co. Chicago U.S.A สำหรับอัตราเร็วของการป้อนตามที่ระบุในแคตตาล็อกนั้นเท่ากับ 21 ลิตรต่ออนาที

3.1.3 เครื่องวัดความดัน

เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษาที่ความดันไม่ต่ำมากนัก ประกอบกับลักษณะของชุดสาธิตที่ควรใช้อุปกรณ์ที่ทำความเข้าใจได้ง่าย ดังนั้นการวัดความดันในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ manometer ซึ่งเป็นปรอทบรรจุในหลอดแก้วรูปตัว U ที่ปลายข้างหนึ่งเปิด สามารถอ่านค่าความดันได้ละเอียดถึง 0.5 torr สำหรับค่าความดันบรรยากาศขณะทำการทดลองนั้น วัดด้วย barometer ชนิดปรอทบรรจุในหลอดแก้ว อ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.5 torr

3.1.4 การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้จะต้องมีปลายที่ใช้วัดอุณหภูมิเล็กที่สุดเท่าที่จะเล็กได้ และปลายนี้ต้องสัมผัสกับหยดน้ำที่อยู่ภายในภาชนะสุญญากาศซึ่งมีขนาดเล็ก ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลซึ่งมีปลายวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm เสียบผ่านฝาพลาสติกของภาชนะสุญญากาศเข้าไปส่วนปลายอีกข้างหนึ่งที่อยู่ด้านนอกจะต่อเข้ากับ Digital multimeter เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิ แม้ว่าเทอร์โมคัปเปิลนี้จะมีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมกับงานนี้แต่มีความละเอียดระดับ 1°C เท่านั้นและมีช่วงการวัด -270°C ถึง $1,372^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้มั่นใจว่าเทอร์โมคัปเปิลจะวัดอุณหภูมิได้อย่างน่าเชื่อถือได้จึงได้ทำการทดลองสอบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวอีกสามอันที่ต่างกัน ในการเปรียบเทียบ นำเอาเทอร์โมมิเตอร์ สามอันประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท สองอัน และ แอลกอฮอล์ อีกหนึ่งอัน วัดเทียบกับเทอร์โมคัปเปิล K-type โดยการวัดอุณหภูมิของน้ำ เริ่มต้นจากอุณหภูมิห้องแล้วลดอุณหภูมิตงโดยการเติมน้ำแข็งและเกลือให้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง แล้วนำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบกันดังกราฟรูปที่ 4.1 และผลการสอบเทียบแสดงในตาราง 4.1 จากกราฟพบว่า การอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิล จะใกล้เคียงกับการอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามชนิด ดังนั้นในการทดลองจะอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิลตลอดการทดลอง

3.2 การทดลอง

นำอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ในข้างต้นนำมาประกอบเป็นระบบสุญญากาศตาม รูปที่ 3.2 เริ่มการทดลองโดยทำการชั่งน้ำที่จะใส่ลงไปภายในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน เริ่มที่มวล M กรัม จากนั้น นำน้ำใส่ลงไปภายในภาชนะดังกล่าวแล้วปิดฝาครอบแก้วให้มิดชิดดีแล้วตรวจสอบว่าเทอร์โมคัปเปิลแช่ตรงหยดน้ำ ระบบสุญญากาศประกอบมีฝาครอบวงแหวนยาง (O-ring) ที่ทำด้วยสารกันรั่ว (Grease) ทาบางๆ เพื่อป้องกันไม่ให้สารกันรั่วระเหยเป็นแก๊ส เมื่อปิดฝาครอบแก้วเสร็จแล้ว ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับเครื่อง Digital multimeter และต่อสายยางเข้ากับเครื่องปั๊มสุญญากาศ และเครื่องมือวัดความดัน และขันด้วยปอกรัศให้แน่นเพื่อหลีกเลี่ยงการรั่ว แล้วทดสอบการทำงานของระบบ เริ่มเดินเครื่องปั๊มอากาศ พร้อมจับเวลา t (min) และบันทึกความดัน P (mmHg) ของอากาศในภาชนะ และ อุณหภูมิ T ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำ ไปพร้อมๆ กันจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงจากของ

เหลวเป็นของแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนปริมาณของน้ำให้มีมวลต่างๆ กันออกไปแล้วบันทึกผลการทดลองอยู่ในบทที่ 4



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของน้ำแข็งที่เกาะติดกับเทอร์โมคัปเปิล