

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

การวิจัยการพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว หาค่าความหนืดของของเหลวตัวอย่างและตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง โดยมีรายละเอียดการอภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

อภิปรายผล

1. จากการพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ได้ชุดทดลองที่อาศัยหลักการของมาตรการความหนืดชนิดท่อวัดความหนืด เป็นการวัดความหนืดของของเหลวไหลผ่านท่อกลมแบบราบเรียบ โดยให้ของเหลวไหลผ่านท่อแล้วจับเวลาขณะของเหลวเคลื่อนที่และนำปริมาตรของของเหลวที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไหล เขียนกราฟระหว่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (Q) และระดับความสูงของของเหลว (h) นำค่าความชันของกราฟมาคำนวณหาค่าความหนืดโดยอาศัยหลักการพื้นฐานตามสมการของปัวเซย์ (Poiseuille's equation) ตามสมการ

$$\eta = \frac{\pi \rho g R^4}{8L(\text{slope})}$$

ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนของตัวชุดทดลองชุดทดลองมีถังสำหรับบรรจุของเหลว 2 ใบ ถังบรรจุของเหลวใหญ่ใช้เพื่อเติมของเหลวให้แก่ระบบตลอดเวลา ถังบรรจุของเหลวเล็กที่สามารถรักษาระดับของของเหลวให้คงที่ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 30 cm มีวาล์วเปิด-ปิด เพื่อระบายของเหลวให้ไหลสู่หลอดแก้วทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm เพื่อหาอัตราการไหลของของเหลว ในส่วนของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองได้แก่ นาฬิกาจับเวลา กระบอกตวง ไม้บรรทัด เทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องคิดเลขดิจิทัลแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคู่มือการใช้ชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวประกอบการใช้งาน

2. จากผลการทดสอบชุดทดลองโดยใช้น้ำกลั่นเป็นของเหลวในการทดสอบใช้หลอดแก้วที่มีขนาดความยาวต่าง ๆ กันคือ 25 50 และ 75 เซนติเมตรได้ค่าความหนืดเท่ากับ $2.071 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ $1.162 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และ $0.811 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

ค่ามาตรฐาน พบว่ามีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 158.51 45.11 และ 1.30 ตามลำดับ จากผลการทดลองใช้หลอดแก้วขนาดความยาว 25 เซนติเมตร พบว่าความหนืดมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากกระเซทางที่ของเหลวเคลื่อนที่เป็นระยะสั้น ๆ ขนาดความยาวของหลอดแก้วทดลองมีผลต่อความคลาดเคลื่อนจากการจับเวลาขณะที่ของของเหลวที่ไหลผ่านท่อ จึงเพิ่มความยาวของหลอดแก้วขนาดความยาวเป็น 50 เซนติเมตร พบว่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองน้อยลงและเมื่อเพิ่มความยาวเป็น 75 เซนติเมตรซึ่งเป็นขนาดความยาวของหลอดแก้วมากที่สุดที่มีอยู่โดยความคลาดเคลื่อนลดลงเหลือร้อยละ 1.30

3. ผลการทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ ของเหลวที่ทราบค่าความหนืดและของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนืด พบว่าของเหลวที่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $1.436 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.73 พบว่าชุดทดลองสามารถใช้ทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวได้ อย่างไรก็ตามค่าความหนืดที่ได้จากชุดทดลองนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้าง เมื่อนำชุดทดลองนี้ไปใช้ทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนืดได้แก่ น้ำหวานและนม โดยใช้ น้ำหวานตราเฮลซ์บอยส์แดงผสมน้ำอัตราส่วน 1: 3 โดยปริมาตรและนมสดรสหวานพาสเจอร์ไรซ์ตราเมจิเป็นของเหลวในการทดลอง ได้ค่าความหนืดเท่ากับ $0.865 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และ $1.102 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าผลต่างของความดันขึ้นอยู่กับระดับความสูงของของเหลวและอัตราการไหลซึ่งมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น กล่าวคือ เมื่อระดับความสูงของของเหลวมากขึ้นทำให้ผลต่างของความดันเพิ่มขึ้นอัตราการไหลของของเหลวนั้น ๆ ก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนคงที่เป็นไปตามสมการของปัวเซย์

4. การตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ผลการวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง 5 ท่าน มีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 0.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 ($\text{IOC} > 0.50$) ที่กำหนดไว้ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้นและได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคู่มือปฏิบัติการเพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้ของนักเรียนมากยิ่งขึ้น สำหรับผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่ามีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 4.60 พบว่านักเรียนมีความเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น ชุดทดลองดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้และมีความเหมาะสมตามทฤษฎีของนักเรียน

สรุปผลการทดลอง

1. ชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบหลักคือ ตัวชุดทดลอง และอุปกรณ์-สารเคมีที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง โดยให้ของเหลวไหลอย่างสม่ำเสมอผ่านหลอดแก้วทดลอง วัดอัตราการไหลของของเหลวที่ระดับความสูงต่าง ๆ โดยระดับความสูงของผิวหน้าของเหลวที่สูงจากระดับท่อและอัตราการไหลมีความสัมพันธ์เชิงเส้น เมื่อรู้รัศมีและความยาวของท่อคงที่ ให้แกนนอนคือระดับความสูงที่ต่าง ๆ แกนตั้งคืออัตราการไหล หาความชันของกราฟแล้วนำมาหาค่าความหนืดของของเหลวได้จากสมการ

$$\eta = \frac{\pi \rho g R^4}{8L(\text{slope})}$$

2. จากผลการทดสอบชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของเหลว โดยใช้หลอดแก้วทดลองความยาวต่างกัน 3 ขนาด พบว่าเมื่อความยาวของหลอดแก้วมากขึ้น ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนในการทดลองจะมีค่าลดลง เนื่องจากระยะทางในการไหลของของเหลวมากขึ้น ทำให้ความคลาดเคลื่อนของเวลาลดลง ดังนั้นหลอดแก้วทดลองขนาดความยาว 75 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความยาวมากที่สุดที่มีอยู่ ให้ค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุดโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.30 จึงเหมาะสมกับชุดทดลองนี้และนำไปใช้ทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวได้

3. การทดลองหาค่าความหนืดของของของเหลวตัวอย่างได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 25% โดยมวล ได้ค่าความหนืดเท่ากับ 1.436×10^{-3} Pa·s มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.73 สำหรับของเหลวที่ไม่ทราบค่าได้แก่ น้ำหวานและนม ได้ค่าความหนืดเท่ากับ 0.865×10^{-3} Pa·s และ 1.102×10^{-3} Pa·s ตามลำดับ โดยระดับความสูงของของเหลวและอัตราการไหลมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นเป็นไปตามหลักการพื้นฐานของปัวเซย์

4. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากการวิเคราะห์ค่า IOC จากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง 5 ท่าน มีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 0.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 ($IOC > 0.50$) ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น และผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า มีระดับค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 4.60 สรุปได้ว่านักเรียนมีความเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ของเหลวที่นำมาทดลองควรมีการเลือกโดยคำนึงถึงความปลอดภัยไม่ควรเลือกใช้ของเหลวที่มีอันตรายหรือมีฤทธิ์กัดกร่อนภาชนะหรือผิวหนังเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้เรียน
2. สามารถนำของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนืดมาใช้กับชุดทดลองเพื่อหาค่าความหนืดของของเหลวที่ต้องการทราบค่าได้ตามความสนใจ เช่น น้ำคลอง น้ำประปา เป็นต้น แต่ไม่ควรเลือกของเหลวที่มีความหนืดมาก ๆ
3. การหาอัตราการไหลของของเหลวควรทำหลาย ๆ ครั้งและผู้ที่จะจับเวลากับผู้เปิด-ปิดวาล์วควรเป็นคนเดียวกันในแต่ละชุดการทดลองเนื่องจากอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากผู้ทดลอง