บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในแต่ละส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การพัฒนาชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยให้ของเหลวไหลผ่านท่อกลมซึ่งเป็นการไหลอย่างสม่ำเสมอ วัดอัตราการไหลของของเหลว แล้วนำมาคำนวณหาค่าความหนืดตามสมการของปัวเซย์ โดยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นจะนำไปหาค่าความหนืดของของเหลวที่ทราบค่าความหนืดคือ น้ำกลั่น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

ส่วนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวจากชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวด้วยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ของเหลวที่ทราบค่าความหนืด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อน

ตอนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ไม่ทราบค่าด้วยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ของเหลว 2 ชนิด ได้แก่ น้ำหวานและนม

ส่วนที่ 3 การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง ประกอบด้วยคู่มือปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่อง การหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว

ส่วนที่ 4 การประเมินชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

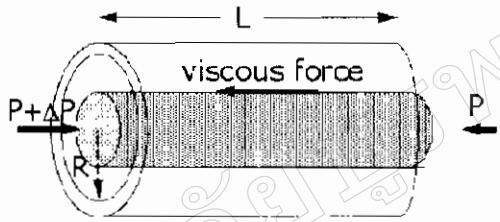
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ความเหมาะสมของชุดทดลอง คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูกับเนื้อหา จากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์มาตราส่วนประมาณค่าความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาจากความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากความสมัครใจ

ภาพที่ 3-1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

ส่วนที่ 1 การพัฒนาชุดทดลอง

ในการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว เมื่อกำหนดให้การไหลของของเหลวผ่านท่อกลมในภาพที่ 3-2 เป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และอัตราเร็วของของเหลวที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในท่อแสดงดังสมการที่ (3-1) พบว่าอัตราเร็วของของเหลวมีค่ามากที่สุดบริเวณกลางท่อและอัตราเร็วเป็นศูนย์ที่ผนังท่อ ถ้าให้รัศมีภายในเป็น r และรัศมีภายนอกเป็น R จะได้อัตราเร็วที่บริเวณต่าง ๆ เป็นดังสมการที่ (3-2)



ภาพที่ 3-2 การไหลของของเหลวผ่านท่อกลม

$$\frac{dv}{dr} = \left(\frac{\Delta P}{2\eta L}\right) \cdot r \tag{3-1}$$

$$\int_{v}^{0} dv = \left(\frac{\Delta P}{2\eta L}\right) \cdot \int_{r}^{R} r dr$$

$$v(r) = \left(\frac{\Delta P}{4\eta L}\right)\left[R^2 - r^2\right] \tag{3-2}$$

สำหรับอัตราการไหลของของเหลวหาได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่อเวลา ดังสมการที่ (3-3) เมื่อแทนค่า $v(r)$ จากสมการที่ (3-2) ลงในสมการที่ (3-3) จะได้อัตราการไหลภายในท่อจากบริเวณ $r = 0$ ไปยัง $r = R$ ตามสมการของปัวเซย์ (Poiseuille's equation) ดังสมการที่ (3-4)

$$\frac{dV}{dt} = \int v \cdot dA \tag{3-3}$$

$$\frac{dV}{dt} = \int_{0}^{R}\left(\frac{\Delta P}{4\eta L}\right)\left[R^2 - r^2\right] \cdot \left(2\pi r dr\right)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot R^4}{8\eta L} \tag{3-4}$$

เมื่อให้ Q แทนอัตราการไหลของของเหลว $\left(\frac{dV}{dt}\right)$ ที่มีความหนืดคงที่ ไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวจะมีค่าคงที่ดังสมการที่ (3-5)

$$\frac{Q}{h} = \frac{\pi\rho g R^4}{8\eta L} = \text{ค่าคงที่} \tag{3-5}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (Q) กับระดับความสูงของของเหลว (h) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง อัตราการไหลจะแปรผันตรงกับระดับความสูง เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์โดยให้แกนนอนคือ ระดับความสูงของของเหลว แกนตั้งคือ อัตราการไหล ความชันของกราฟหาได้ดังสมการที่ (3-6) และมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของของเหลวดังสมการที่ (3-7) (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป.)

$$Slope = \frac{\Delta Q}{\Delta h} \tag{3-6}$$

$$Slope = \frac{\pi\rho g R^4}{8\eta L} \tag{3-7}$$

การหาค่าความหนืดจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของเหลวกับระดับความสูงของของเหลวสามารถเขียนดังสมการที่ (3-8) และหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของชุดทดลอง (%Error) ดังสมการที่ (3-9)

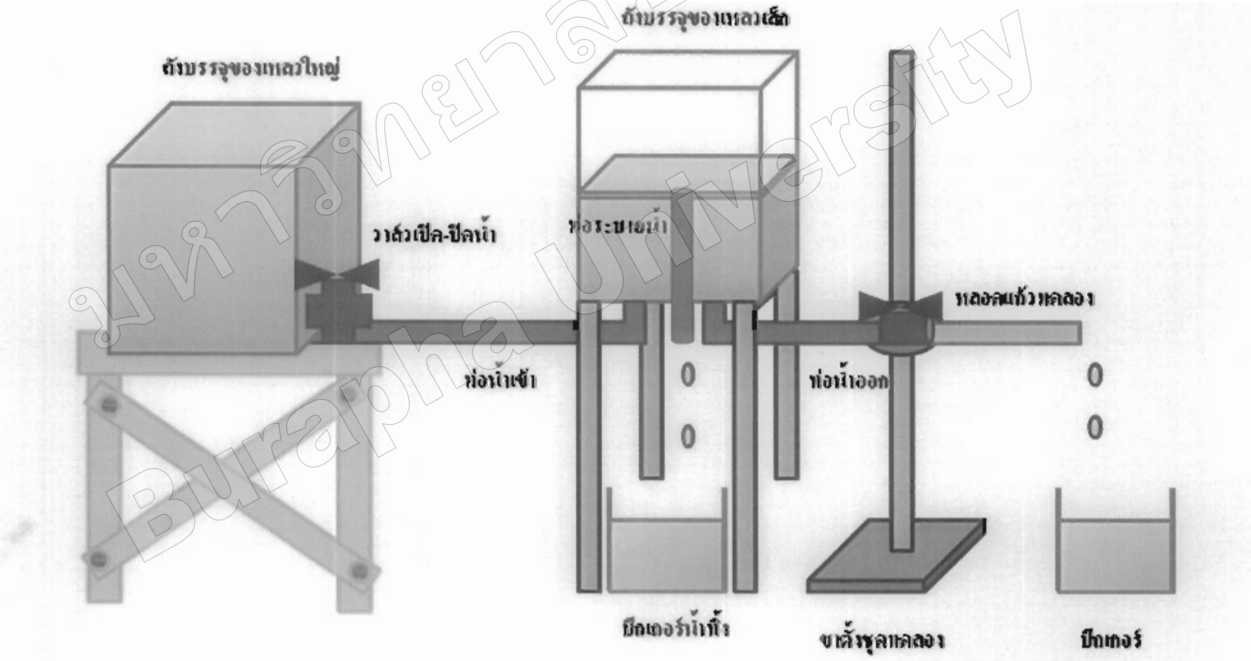
$$\eta = \frac{\pi\rho g R^4}{8L(Slope)} \tag{3-8}$$

$$\text{ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{\left|\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}\right|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\% \tag{3-9}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

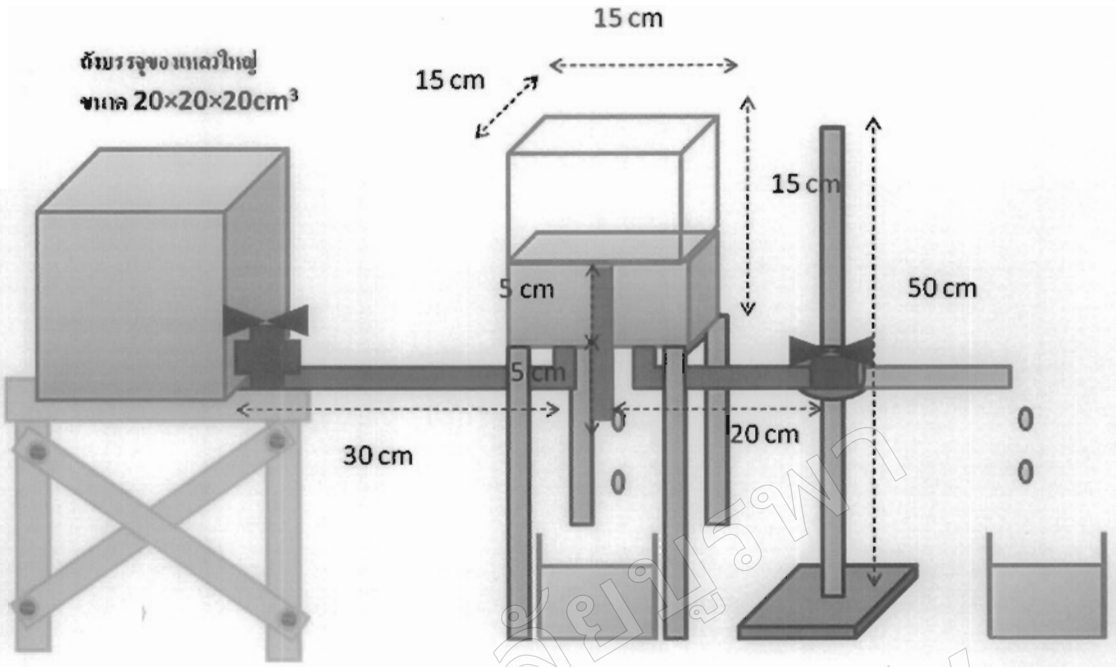
ในการพัฒนาชุดทดลองการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ไดอะแกรมของชุดทดลองที่จะสร้างขึ้นดังภาพที่ 3-3 อุปกรณ์ประกอบด้วย

1. ถังสำหรับบรรจุของเหลว 2 ใบ
2. ท่อน้ำเข้าสำหรับให้ของเหลวไหลจากถังใหญ่เข้าสู่ถังเล็ก
3. ท่อน้ำออกสำหรับให้ของเหลวจากถังเล็กไหลสู่หลอดแก้วทดลอง
4. หลอดแก้วทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร
5. ท่อน้ำล้นสำหรับระบายน้ำที่ล้นออกทิ้งไปเพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่
6. วาล์วเปิด-ปิด 2 ชุด
7. ขาตั้งชุดทดลอง
8. บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ



ภาพที่ 3-3 ไดอะแกรมของชุดทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 3-4 ขนาดของชุดทดลอง

การทดสอบชุดทดลอง

อุปกรณ์ในการวิจัย

1. ชุดทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว
2. อุปกรณ์ประกอบชุดทดลอง ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา กระบอกตวง ไม้บรรทัด เทอร์โมมิเตอร์
3. น้ำกลั่น
4. เครื่องคิดเลขดิจิตอลแบบวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการทดลองในการวิจัย

1. จัดชุดทดลองตามภาพที่ 3-3 ใช้หลอดแก้วทดลองความยาว 25 เซนติเมตร จัดหลอดแก้วให้อยู่ในแนวระดับ เปิดวาล์วให้น้ำกลั่นไหลจากถังใหญ่เข้าสู่ถังเล็กเพื่อรักษาระดับน้ำกลั่นในถังเล็กให้คงที่และไหลออกจากหลอดแก้วสม่ำเสมอ น้ำกลั่นส่วนที่เกินจะล้นและไหลออกทางท่อระบายน้ำล้นทิ้งออกไป เมื่อระดับน้ำกลั่นคงที่วัดความสูง (h) ของระดับน้ำกลั่นในถังจนถึงหลอดแก้วสูง 5 เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. เปิดวาล์วให้น้ำกลั่นไหลออกจากหลอดแก้วทดลองลงสู่บีกเกอร์ จับเวลาในการไหล 30 วินาที ตวงปริมาตรของน้ำกลั่นด้วยกระบอกตวง บันทึกปริมาตรลงในตารางบันทึกผลการทดลอง ทดลองซ้ำ 5 ครั้งแล้วคำนวณหาปริมาตรเฉลี่ย

3. คำนวณอัตราการไหลของน้ำ (Q) จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรเฉลี่ยของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา

4. เพิ่มความสูงของระดับน้ำกลั่นในถังจนถึงหลอดแก้วเป็น 10 15 20 และ 25 เซนติเมตรตามลำดับ บันทึกผลการทดลองลงในตาราง ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

5. เปลี่ยนความยาวของหลอดแก้วเป็นขนาด 50 และ 75 เซนติเมตร ทดลองซ้ำข้อ 1-4

6. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ตามรูปของสมการเชิงเส้น $y = mx + C$ ให้แกนตั้งเป็นอัตราการไหลและแกนนอนเป็นระดับความสูงของของเหลว

7. นำความชันของกราฟมาคำนวณค่าความหนืดของน้ำตามสมการที่ (3-8)

8. เปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎีแล้วหาร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการทดลองตามสมการที่ (3-9)

9. ทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

ส่วนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวโดยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

การทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

<u>ตอนที่ 1</u> การทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวด้วยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยของเหลวที่ใช้ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโดยใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อน ดังนี้

1. จัดชุดทดลองตามภาพที่ 3-3 จัดท่อแก้วให้อยู่ในแนวระดับ ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25% โดยมวล เป็นของเหลวในการทดลอง เปิดวาล์วให้ของเหลวไหลจากถังใหญ่เข้าสู่ถังเล็กให้พอดี เพื่อให้ระดับของเหลวในถังเล็กคงที่และไหลออกจากหลอดแก้วสม่ำเสมอ ของเหลวส่วนที่เกินจะล้นและไหลออกทางท่อระบายน้ำล้นทิ้งออกไป

2. เมื่อระดับของเหลวคงที่วัดความสูง (h) ของระดับของเหลวในถังจนถึงท่อแก้ว 5 เซนติเมตร และวัดความยาวของท่อ (L) บันทึกค่าไว้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. เปิดวาล์วให้ของเหลวไหลผ่านหลอดแก้วทดลองลงสู่บีกเกอร์ จับเวลาการไหล 30 วินาที ตวงปริมาตรของของเหลวด้วยกระบอกตวง บันทึกลงในตารางบันทึกผล ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง แล้วคำนวณหาปริมาตรเฉลี่ย

4. คำนวณอัตราการไหลของของเหลว (Q) จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรเฉลี่ยของของเหลวต่อหนึ่งหน่วยเวลา

5. เพิ่มความสูงของระดับของเหลวในถังจนถึงหลอดแก้วเป็น 10 15 20 และ 25 เซนติเมตรตามลำดับ บันทึกผลการทดลองลงในตาราง ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

6. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลว โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ตามรูปของสมการเชิงเส้น $y = mx + C$ ให้แกนตั้งเป็นอัตราการไหลและแกนนอนเป็นระดับความสูงของของเหลว

7. นำความชันของกราฟมาคำนวณค่าความหนืดของของเหลวตามสมการที่ (3-8)

8. เปรียบเทียบค่าความหนืดของของเหลวที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎีแล้วหาร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการทดลองตามสมการที่ (3-9)

9. ทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

ตอนที่ 2 การทดลองหาค่าความหนืดของของเหลวที่ไม่ทราบค่าด้วยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ของเหลว 2 ชนิด ได้แก่ น้ำหวานสีแดงตราฮลซ์บลูบอยผสมน้ำอัตราส่วน 1: 3 โดยปริมาตรและนมสดรสหวานพาสเจอร์ไรซ์ตราเมจิ ดังนี้

1. จัดชุดทดลองตามภาพที่ 3-3 จัดท่อแก้วให้อยู่ในแนวระดับ ใช้น้ำหวานผสมน้ำเป็นของเหลวในการทดลอง เปิดวาล์วให้ของเหลวไหลจากถังใหญ่เข้าสู่ถังเล็กให้พอดี เพื่อให้ระดับของเหลวในถังเล็กคงที่และไหลออกจากหลอดแก้วสม่ำเสมอ ของเหลวส่วนที่เกินจะล้นและไหลออกทางท่อระบายน้ำล้นทิ้งออกไป

2. เมื่อระดับของเหลวคงที่วัดความสูง (h) ของระดับของเหลวในถังน้ำจนถึงท่อแก้ว 5 เซนติเมตร และวัดความยาวของท่อ (L) บันทึกค่าไว้

3. เปิดวาล์วให้ของเหลวไหลผ่านหลอดแก้วทดลองลงสู่บีกเกอร์ จับเวลาการไหล 30 วินาที ตวงปริมาตรของของเหลวด้วยกระบอกตวง บันทึกลงในตารางบันทึกผล ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง แล้วคำนวณหาปริมาตรเฉลี่ย

4. คำนวณอัตราการไหลของของเหลว (Q) จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรเฉลี่ยของของเหลวต่อหนึ่งหน่วยเวลา

5. เพิ่มความสูงของระดับของเหลวในถังจนถึงหลอดแก้วเป็น 10 15 20 และ 25 เซนติเมตรตามลำดับ บันทึกผลการทดลองลงในตาราง ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

6. เปลี่ยนของเหลวเป็นนม แล้วทำการทดลองตามข้อ 1-5

7. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของของเหลวแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ตามรูปของสมการเชิงเส้น $y = mx + C$ ให้แกนตั้งเป็นอัตราการไหลและแกนนอนเป็นระดับความสูงของของเหลว

8. นำความชันของกราฟมาคำนวณค่าความหนืดของของเหลวแต่ละชนิดตามสมการที่ (3-8)

9. ทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

ส่วนที่ 3 การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง

จัดทำเอกสารประกอบชุดทดลองคือ คู่มือปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู ดังนี้

1. คู่มือปฏิบัติการ เป็นเอกสารที่ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการทดลองเรื่องการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อแนะนำการใช้คู่มือ

1.2 ใบความรู้

1.3 ใบงานการทดลอง

2. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เป็นเอกสารที่ให้ครูใช้ประกอบการสอนปฏิบัติการเรื่อง การหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อแนะนำการใช้คู่มือครู

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้

2.3 ใบความรู้

2.4 ใบงานการทดลอง

ส่วนที่ 4 การประเมินชุดทดลอง

การประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ส่วนนี้เป็นการประเมินจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC 3 ด้านคือ ด้านประสิทธิภาพของ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชุดทดลอง ด้านการออกแบบพัฒนาชุดทดลอง และด้านความเหมาะสมของคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับแบบประเมินโดยใช้ดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งมีสมการในการหาค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทุกคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

โดยให้คะแนนระดับความสอดคล้องด้านประสิทธิภาพของชุดทดลอง ด้านการออกแบบชุดทดลอง และด้านความเหมาะสมของคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูกับเนื้อหา ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าชุดทดลองมีเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าชุดทดลองมีเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา

-1 เมื่อแน่ใจว่าชุดทดลองไม่มีเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา

ค่า IOC ในแต่ละข้อต้องไม่ต่ำกว่า 0.5 (สุวิมล ติรกานันท์, 2546, หน้า 139-140)

<u>กลุ่มตัวอย่าง</u>

ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ฉะเชิงเทรา และผู้ที่มีความชำนาญในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 5 คน

2. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เรียน ตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาจากความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองหาค่าความหนืดจากการวัดอัตราการไหลของของเหลว โดยการวิเคราะห์มาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีการของลิเคอร์ท 5 ระดับโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนและการแปลความหมายดังนี้ (สุวิมล ติรกานันท์, 2546, หน้า 155)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
คะแนน	4	หมายถึง	เห็นด้วย
คะแนน	3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
คะแนน	2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
คะแนน	1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เกณฑ์การแปลความหมาย

4.51-5.00	หมายถึง	มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51-4.50	หมายถึง	มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย
2.51-3.50	หมายถึง	มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นไม่แน่ใจ
1.51-2.50	หมายถึง	มีความเห็นอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย
1.00-1.50	หมายถึง	มีความเห็นอยู่ในระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ประชากร

นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ฉะเชิงเทรา จำนวน 120 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้จากนักเรียนที่เข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองตามความสมัครใจจำนวนนักเรียน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ของประชากร มาจากวิธีกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ค่าร้อยละของประชากรในหลักร้อยจะใช้กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 15-30 ของประชากร (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551, หน้า 187-188)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University