บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการดำเนินงานของวิทยานิพนธ์นี้ออกเป็น 5 ส่วน คือ

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงเพื่อนำไปใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน โดยศึกษาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคำนวณค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎี

2. การทดสอบชุดทดลอง ส่วนนี้เป็นการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะโดยใช้ช่องแคบเดี่ยว

3. การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะไม่ทราบชนิด ด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

4. การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง ประกอบไปด้วยคู่มือปฏิบัติการและคู่มือครูเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนปฏิบัติการ เรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

5. การประเมินชุดทดลอง โดยพิจารณาจาก

5.1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ได้จากชุดทดลองกับค่ามาตรฐาน

5.2 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง

5.3 แบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยนำหลักการขยายตัวเนื่องจากความร้อนและการเลี้ยวเบนแสงมาใช้ร่วมกัน ชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยวทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสงไปตกบนฉากที่วางอยู่ห่างออกไปเกิดริ้วการแทรกสอดขึ้นบนฉากซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องแคบเดี่ยว เมื่อวัตถุที่ยึดติดไว้มีการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ซึ่งวัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เป็นผลมาจากการที่วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า "การขยายตัวเนื่องจากความร้อน"

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T = T_2 - T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไป โดยทั่วไปน้อยกว่า 100 °C พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L = L_2 - L_1$ สามารถนิยามสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน จากสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \tag{3-1}$$

จากสมการ (3-1) พบว่าเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน การวัดค่าความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \tag{3-2}$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (3-2) เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ที่อุณหภูมิเริ่มต้น T_1

$$a_1 = \frac{\lambda D}{x_1} \tag{3-3}$$

และที่อุณหภูมิใด ๆ T_2

$$a_2 = \frac{\lambda D}{x_2} \tag{3-4}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \tag{3-5}$$

$$\Delta a = \lambda D(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}) \tag{3-6}$$

จากสมการ การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \tag{3-7}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \tag{3-8}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (3-8) ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$) ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1}\frac{\left(\frac{1}{x_2}-\frac{1}{x_1}\right)}{(T_2-T_1)} \tag{3-9}$$

จัดสมการในรูปสมการเชิงเส้นได้ว่า

$$\frac{1}{x_2} = \frac{\alpha L_1}{\lambda D}T_2 + \left(\frac{1}{x_1}-\frac{\alpha L_1 T_1}{\lambda D}\right) \tag{3-10}$$

พิจารณาสมการ (3-10) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสามารถหาได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_2) กับส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) จะได้

$$slope = \frac{\alpha L_1}{\lambda D} \tag{3-11}$$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) สามารถหาได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{m\lambda D}{L_1} \tag{3-12}$$

เมื่อ m คือ ความชันที่ได้จากกราฟ

L_1 คือ ความยาวเริ่มต้นของวัตถุ (m)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

2. อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสงคือแผ่นใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว

3. วัสดุที่ใช้ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนคือ อลูมิเนียม และสังกะสี ดังภาพที่ 3-2

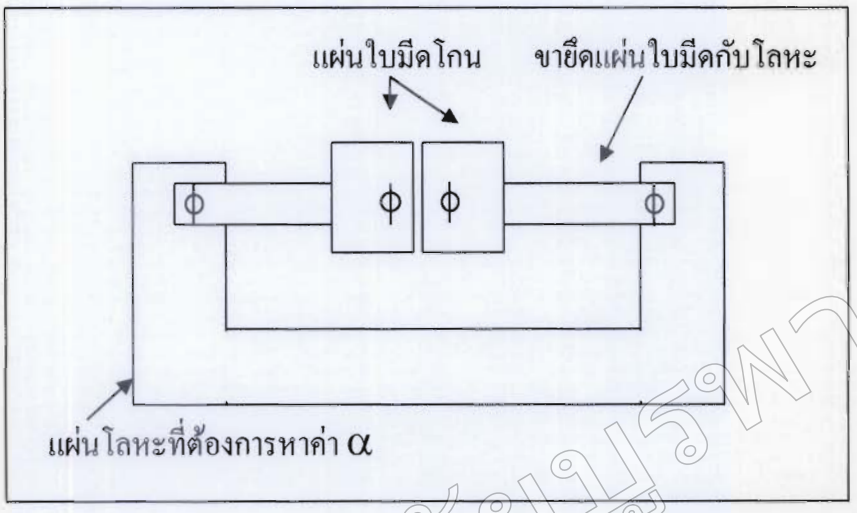
4. ฉากและอุปกรณ์สำหรับวัดความกว้างของริ้วการแทรกสอด

5. คำนวณค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้กำหนดระยะห่างระหว่างฉากที่เหมาะสมและสะดวกในการวัดริ้วการแทรกสอด

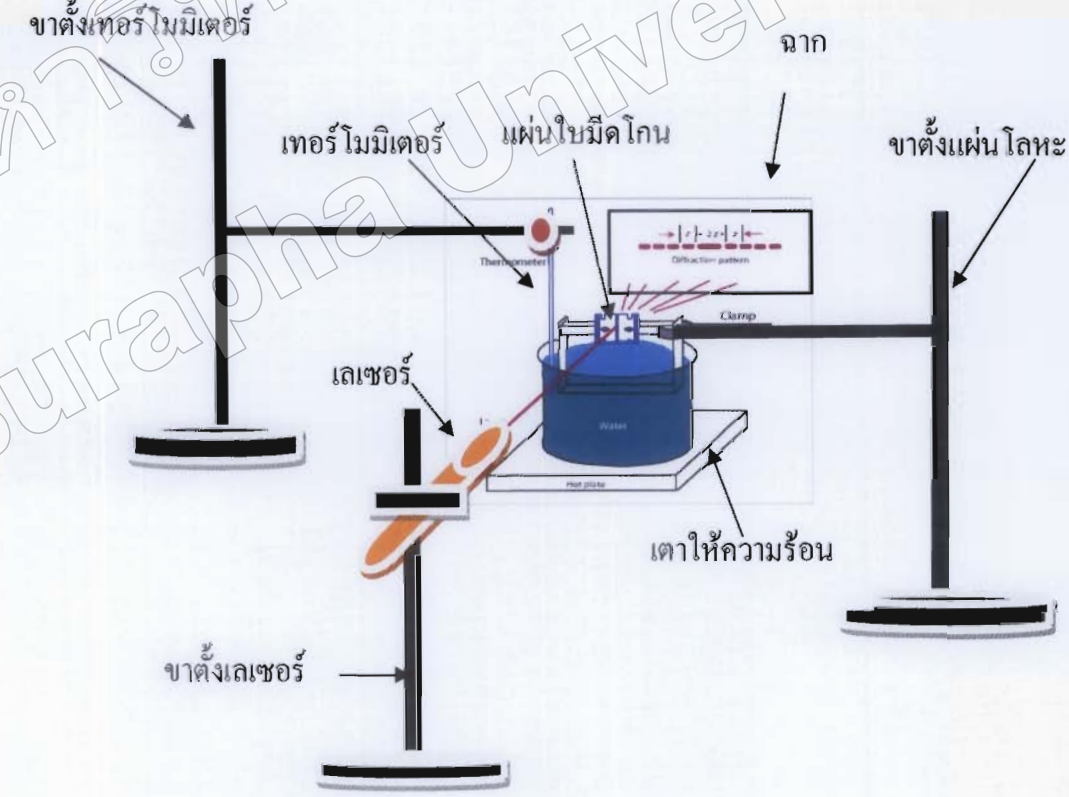
6. สมการที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนคือ

$$\alpha = \frac{m\lambda D}{L_1} \tag{3-13}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 3-2 ลักษณะของช่องแคบเดี่ยวที่ใช้ของชุดทดลอง



ภาพที่ 3-3 การจัดชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดสอบชุดทดลอง

ส่วนนี้เป็นการนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะ ทำการทดลองดังนี้

1. นำแผ่นโลหะ 2 ชนิดคืออลูมิเนียมและสังกะสีดัดเป็นรูปตัวยูที่ขาทั้งสองข้างของแผ่นโลหะยึดปลายทั้งสองข้างด้วยท่อนไม้พร้อมทั้งนำแผ่นใบมีดโกนสองแผ่นมายึดติดกับปลายท่อนไม้ให้อยู่ตรงกลาง และทำให้เกิดช่องแคบน้อย ๆ ระหว่างแผ่นใบมีดโกนทั้งสองข้างเพื่อทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว (ภาพที่ 3-2) แล้วจัดชุดทดลองดังภาพที่ 3-3

2. ทำการทดลองโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำที่มีแผ่นโลหะรูปตัวยูวางอยู่ในบีกเกอร์

3. ฉายแสงเลเซอร์ผ่านแผ่นใบมีดโกนเพื่อวัดริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปทุก ๆ 10 °C

4. ทำการทดลองวัดค่าริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก 3 ระยะ คือ 1.5, 1.7 และ 1.9 m

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_2) กับส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรก ($1/x_2$) (ริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก) ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$)

6. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสามารถหาได้จากสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวด้วยความร้อนและการเลี้ยวเบนแสง (สมการ 3-10)

7. ความชันของกราฟจากสมการ 3-10 สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) จาก

$$\alpha = \frac{m\lambda D}{L_1} \tag{3-13}$$

เมื่อ m คือ ความชันที่ได้จากกราฟ

L_1 คือ ความยาวเริ่มต้นของวัตถุ (m)

8. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียมและสังกะสีกับค่ามาตรฐานแล้วหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด

ส่วนนี้เป็นการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะโดยใช้โลหะไม่ทราบชนิดเพื่อหาค่าสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปกับส่วนกลับของความกว้างของริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้น คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะที่เกิดขึ้นแล้วเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้กับค่าค่าอ้างอิงของโลหะชนิดต่าง ๆ แล้วหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ทำการทดลองดังนี้

1. นำแผ่นโลหะไม่ทราบชนิดมาดัดเป็นรูปตัวยู ที่ขาทั้งสองข้างของแผ่นโลหะยึดปลายทั้งสองข้างด้วยท่อนไม้พร้อมทั้งนำแผ่นใบมีดโกนสองแผ่นมายึดติดกับปลายท่อนไม้ให้อยู่ตรงกลาง และทำให้เกิดช่องแคบน้อย ๆ ระหว่างแผ่นใบมีดโกนทั้งสองข้างเพื่อทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว (ภาพที่ 3-2) แล้วจัดชุดทดลองดังภาพที่ 3-3

2. ทำการทดลองโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำที่มีแผ่นโลหะรูปตัวยูวางอยู่ในบีกเกอร์

3. ฉายแสงเลเซอร์ผ่านแผ่นใบมีดโกนเพื่อวัดริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปทุก ๆ 10 ℃

4. ทำการทดลองวัดค่าริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก 3 ระยะ คือ 1.5, 1.7 และ 1.9 m

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_2) กับส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) (ริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก) ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$)

6. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสามารถหาได้จากสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวด้วยความร้อนและการเลี้ยวเบนแสง (สมการ 3-10)

7. ความชันของกราฟจากสมการ 3-10 สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) จากสมการ 3-13

8. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อหาชนิดของโลหะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง

จัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง คือ คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือครู ดังนี้

1. คู่มือปฏิบัติการ เป็นเอกสารที่ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1.1 ใบเนื้อหา

1.2 ใบทดลอง

1.3 หลักการและเหตุผล

1.4 วัตถุประสงค์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6 ทฤษฎี

1.7 ส่วนประกอบชุดทดลองและโลหะที่ใช้ทดลอง

1.8 วิธีการทดลอง

1.9 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

2. คู่มือครู เป็นเอกสารที่ให้ครูใช้ประกอบการทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อแนะนำการใช้คู่มือครู

2.2 ใบเนื้อหา

2.3 ใบทดลอง

2.3.1 หลักการและเหตุผล

2.3.2 วัตถุประสงค์

2.3.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.3.4 ทฤษฎี

2.3.5 ส่วนประกอบชุดทดลองและโลหะที่ใช้ทดลอง

2.3.6 วิธีการทดลอง

2.3.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง

2.3.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การประเมินชุดทดลอง

การประเมินชุดทดลองที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การหาประเมินชุดทดลองจากการทดลอง โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงจากโลหะ 2 ชนิดคืออลูมิเนียมและสังกะสี กับค่ามาตรฐานแล้วคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนผลการทดลอง

2. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ส่วนนี้เป็นการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยการวิเคราะห์ค่า *IOC* ใน 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทดลอง ด้านการออกแบบชุดทดลอง และด้านคู่มือครู สมการในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง *(IOC)* หาได้ดังนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \qquad (3\text{-}15)$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้อง

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาคะแนน

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดตัวแปรที่ศึกษาได้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดตัวแปรที่ศึกษาได้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สามารถวัดตัวแปรที่ศึกษาได้

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC)* ที่เลือกมีค่าตั้งแต่ 0.5 ($IOC \geq 0.5$) ขึ้นไป แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.5 ($IOC < 0.5$) ข้อคำถามนั้นก็จะถูกตัดทิ้งออกไป หรือต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2553, หน้า 106)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การวิเคราะห์แบบสอบถามจากนักเรียน เป็นการประเมินจากแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 ก, หน้า 72-73) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนและแปรความหมายดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 ข, หน้า 101-103)

ตารางที่ 3-1 เกณฑ์การให้คะแนน

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

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์การแปลความหมาย

คะแนน	ความหมาย
4.51-5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51-4.50	เห็นด้วย
2.51-3.50	ไม่แน่ใจ
1.51-2.50	ไม่เห็นด้วย
1.00-1.50	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประชากร

นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/ 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาค้นคว้าในงานวิจัยนี้ได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีการจับฉลาก (ยุทธ ไกยวรรณ, 2549, หน้า 108) จำนวน 15 คน ซึ่งใช้วิธีกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามประเภทของงานวิจัย (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2553, หน้า 136)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University