

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งวิธีดำเนินงานของงานวิจัยนี้ออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ
3. การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง
4. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

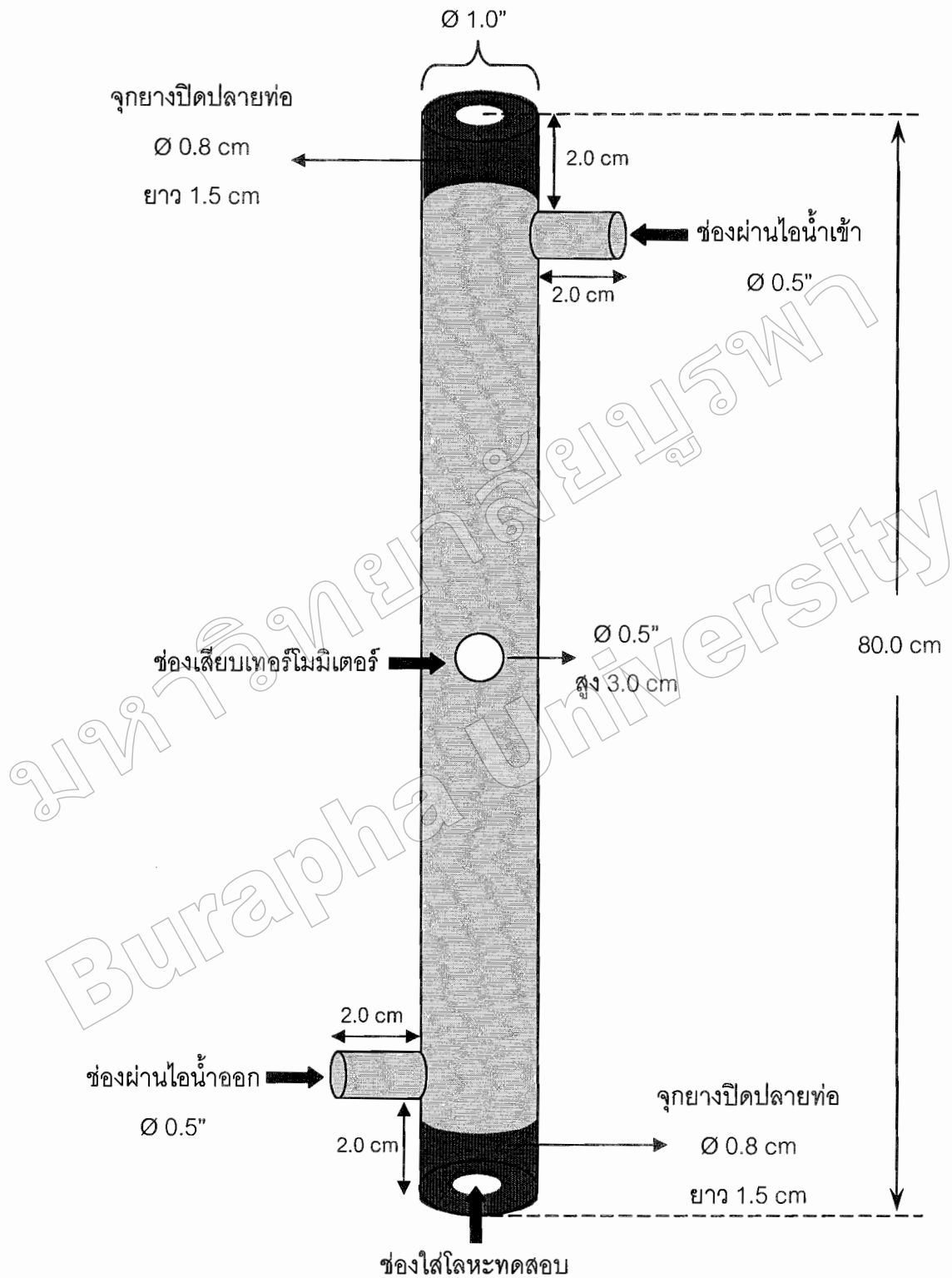
#### การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ที่สร้างขึ้นในงานวิจัย มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ท่อนำความร้อน ฐานวางท่อนำความร้อน และฐานวางไดอัลเกจ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

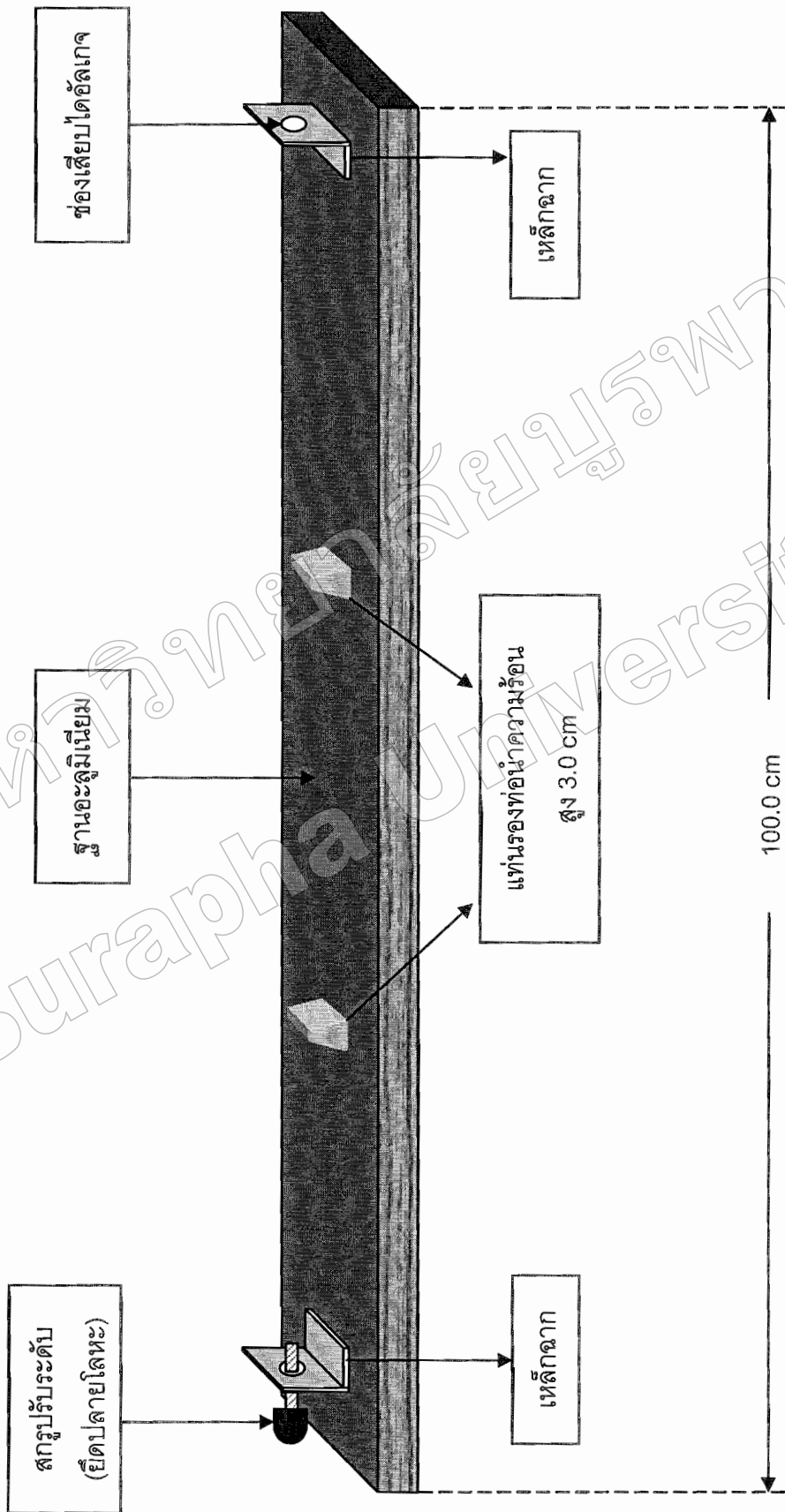
1. การออกแบบท่อนำความร้อน ท่อนำความร้อนทำจากท่อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 inch ยาว 80.0 cm ปลายท่อทั้งสองข้างมีจุกยางเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 inch ปิดอยู่ เพื่อเป็นช่องสำหรับใส่โลหะทดสอบ ต่อท่อยาว 2.0 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 inch ออกด้านข้าง 3 ท่อ เพื่อใช้เป็นช่องผ่านไอน้ำเข้า ช่องเสียบเทอร์โมมิเตอร์ และช่องผ่านไอน้ำออก ดังแสดงในภาพที่ 3-1

2. การออกแบบฐานวางท่อนำความร้อน ฐานวางท่อนำความร้อนทำจากอะลูมิเนียมแบบแผ่น ที่ปลายด้านหนึ่งติดเหล็กฉากและมีสกรูปรับระดับเสียบอยู่เพื่อใช้ยึดปลายโลหะด้านที่ไม่ต้องการให้มีการขยายตัว อีกด้านหนึ่งติดเหล็กฉากเจาะรูเพื่อใช้เป็นช่องสำหรับเสียบไดอัลเกจที่ทำหน้าที่วัดการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 3-2

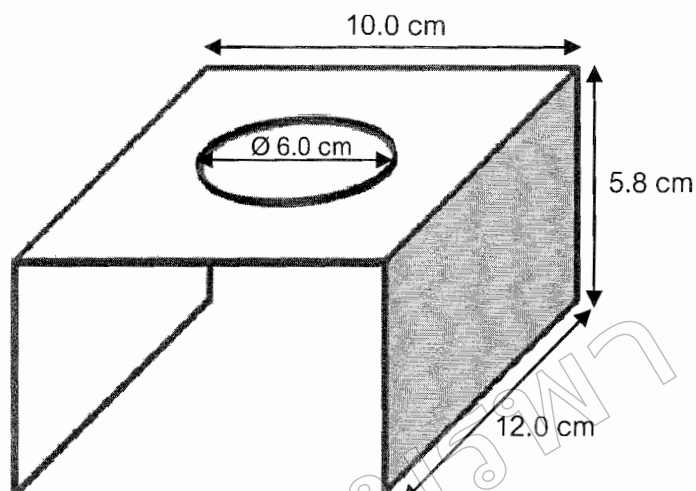
3. การออกแบบฐานวางไดอัลเกจ ฐานวางไดอัลเกจทำจากแผ่นอะคริลิก กว้าง 10.0 cm ยาว 12.0 cm สูง 5.8 cm ด้านบนเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 cm เพื่อใช้สำหรับวางไดอัลเกจ ดังแสดงในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-1 การออกแบบท่อนำความร้อน



ภาพที่ 3-2 การออกแบบฐานวางท่อนำความร้อน



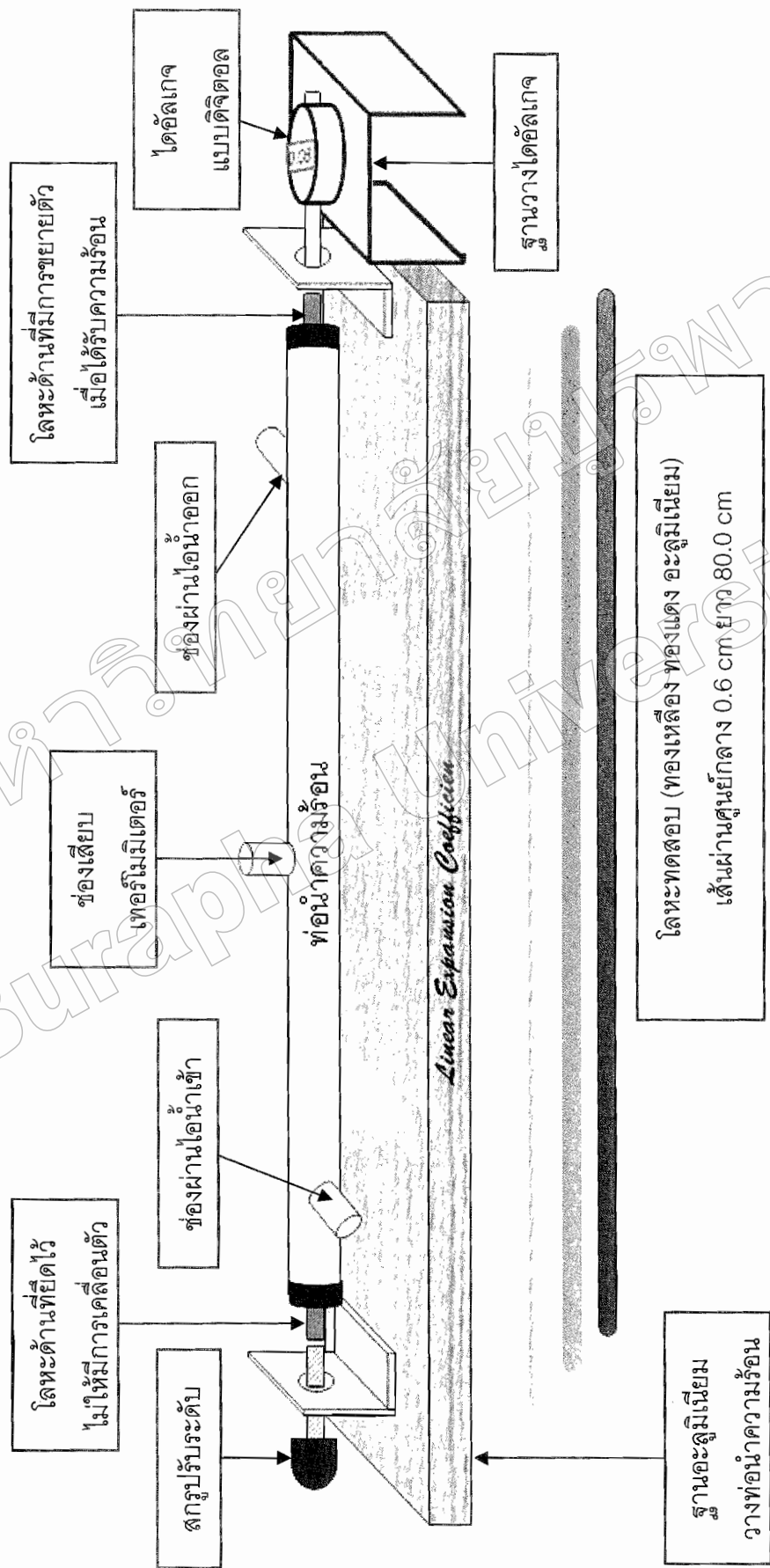
ภาพที่ 3-3 การออกแบบฐานวางไดอัลเกจ

### การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ขั้นตอนนี้เป็น การนำชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ที่ได้ออกแบบดังภาพ 3-4 และสร้างขึ้น มาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ 3 ชนิด ได้แก่ ทองเหลือง ทองแดง และอะลูมิเนียม โดยมีรายละเอียดในการทดลองดังต่อไปนี้

#### อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ จำนวน 1 ชุด
2. เทอร์โมมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
3. ขวดปริมาตรทรงกรวยพร้อมจุกยางปิดฝาขวด ขนาด 1,000 ml จำนวน 1 ขวด
4. สายยางซิลิโคนป้องกันความร้อน ยาว 1 m จำนวน 2 เส้น
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate) จำนวน 1 อัน
6. โลหะตัวอย่าง ลักษณะกลมตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม
7. ไม้บรรทัดเหล็กความยาว 1 m จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3-4 การออกแบบชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

### ขั้นตอนการทดลอง

โลหะทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ทองเหลือง ทองแดง และอะลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 cm ยาว 80.0 cm ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35°C ถึง 90°C โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. วัดความยาวเริ่มต้น  $L_0$  ของโลหะ ด้วยไม้บรรทัดเหล็ก บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผล
2. นำแท่งโลหะใส่ลงในที่นำความร้อน แล้ววางลงบนฐานอะลูมิเนียม
3. หมุนสกรูปรับระดับเพื่อยึดปลายโลหะด้านหนึ่งให้แน่น และนำปลายโลหะอีกด้านหนึ่ง กดกับแขนสปริงของไดอัลเกจ
4. ต่อสายยางระหว่างช่องผ่านไอน้ำเข้ากับขวดปริมาตรทรงกรวยที่ใส่น้ำเพื่อต้มบนเตาให้ความร้อน และต่อสายยางที่ช่องผ่านไอน้ำออก
5. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในที่นำความร้อน อ่านค่าอุณหภูมิเริ่มต้น  $T_0$  บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผล
6. ตั้งไดอัลเกจให้อ่านค่าเป็น 0.00 mm โดยกดปุ่ม set ที่หน้าปัดของไดอัลเกจ
7. เปิดเตาให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำ เมื่อน้ำเดือดไอน้ำจะไหลเข้าไปในที่นำความร้อนสู่แท่งโลหะ รอจนกว่าโลหะตัวอย่างมีอุณหภูมิผิว 90 °C บันทึกค่าอุณหภูมิ (T) ดังกล่าวลงในตาราง พร้อมทั้งบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ  $\Delta L$  ซึ่งอ่านค่าจากไดอัลเกจแบบดิจิตอล
8. ปิดเตาให้ความร้อน บันทึกค่า T และ  $\Delta L$  ที่สัมพันธ์กัน โดยบันทึกอุณหภูมิที่ลดลงทุก ๆ 5 °C จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 35 °C จึงหยุดทำการทดลอง
9. คำนวณหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป  $\Delta T$  ( $\Delta T = T - T_0$ ) บันทึกลงในตาราง
11. ทำการทดลองกับโลหะชนิดเดิมซ้ำ 3 ครั้ง
10. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป ( $\Delta L$ ) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) เพื่อนำค่าความชัน (slope) ของกราฟมา คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ ตามสมการที่ (2-4)

12. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

13. เปลี่ยนแท่งโลหะจากทองเหลือง เป็นทองแดง และอะลูมิเนียม แล้วทดลอง  
ชั้นที่ 1 ถึง 12 ซ้ำ

14. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

### การจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง คือ คู่มือปฏิบัติการ และคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนเรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. คู่มือปฏิบัติการ เป็นเอกสารที่ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนและการทดลองเรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 1.1 ข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือปฏิบัติการ

- 1.2 ใ้ความรู้

- 1.3 ใ้งานการทดลอง

- 1.3.1 วัตถุประสงค์

- 1.3.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.3 อุปกรณ์การทดลอง

- 1.3.4 วิธีการทดลอง

- 1.4 ใ้บันทึกผลการทดลอง

- 1.4.1 การบันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

- 1.4.2 สรุปผลการทดลอง

- 1.4.3 อภิปรายผลการทดลอง

- 1.4.4 ข้อเสนอแนะ

- 1.4.5 คำถามท้ายการทดลอง

2. **คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู** เป็นเอกสารที่ให้ครูผู้สอนใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือปฏิบัติการ

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้

2.3 ใบความรู้

2.4 ใบงานการทดลอง

2.4.1 วัตถุประสงค์

2.4.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.4.3 อุปกรณ์การทดลอง

2.4.4 วิธีการทดลอง

2.5 ใบบันทึกผลการทดลอง

2.5.1 ผลการทดลองและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

2.5.2 สรุปผลการทดลอง

2.5.3 อภิปรายผลการทดลอง

2.5.4 ข้อเสนอแนะ

2.5.5 คำถามท้ายการทดลอง

2.6 ตัวอย่างการบันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

2.7 ตัวอย่างการตอบคำถามท้ายการทดลอง

### **การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง**

หาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) จากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีการของ ลิเคิร์ต (Likert scale) รายละเอียดดังต่อไปนี้



### 1. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) โดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งมีสมการในการหาดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้ (สุวิมล ตีรกานันท์, 2549, หน้า 139)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทุกคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์ค่า IOC แต่ละรายข้อต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 257-258) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาคะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าชุดทดลองมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าชุดทดลองมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

-1 เมื่อแน่ใจว่าชุดทดลองไม่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

กลุ่มตัวอย่าง ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์/ ฟิสิกส์/ เคมี ในโรงเรียนตราดสรรเสริญวิทยาคม จังหวัดตราด และผู้ที่มีความชำนาญในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 5 คน

### 2. การสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

สอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยให้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 ก, หน้า 72-73) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 ข, หน้า 102-103)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน 5	หมายถึง	พึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
คะแนน 4	หมายถึง	พึงพอใจอยู่ในระดับมาก
คะแนน 3	หมายถึง	พึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนน 2	หมายถึง	พึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
คะแนน 1	หมายถึง	พึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมาย

4.51 – 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ประชากร นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน  
วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนตราดสรรเสริญวิทยาคม ทั้งหมด 2  
ห้องเรียน จำนวน 35 คน

กลุ่มตัวอย่าง การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้  
กำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบทราบบจำนวนประชากร โดยกำหนดความเชื่อมั่นที่ 95 % มีค่าความ  
คลาดเคลื่อน 5 % ดังสูตรของทาโร ยามาเน่ (วิจิต อุอิน, 2550, หน้า 121) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (3-2)$$

เมื่อ  $n$  = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$N$  = ขนาดของประชากร

$e$  = 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

สำหรับงานวิจัยนี้ เมื่อคำนวณกลุ่มตัวอย่างตามสมการที่ 3-2 จะได้จำนวนนักเรียนที่  
เป็นกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 32 คน