ชุดศึกษาการนำความร้อนในโลหะ

HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET

นาย นพวัฒน์ ใหม่ชัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ชุดศึกษาการนำความร้อนในโลหะ

HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET

นาย นพรัตน์ ใหม่ซ้าย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET

Nopparat Maisai

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTICAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS DEPARTMENT OF PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ชุดศึกษาการนำความร้อนในโลหะ HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET
นักศึกษา	นายนพรัตน์ ใหม่ซ้าย รหัสประจำตัว53050646
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการคุมสอบ	**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร.ภัทรียา ดำรงศักดิ์	
ดร.อาภาภรณ์ สกุลการะเวก	
ดร.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี	
ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ชุดศึกษาการนำความร้อนในโลหะ HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET
ชื่อนักศึกษา	นายนพรัตน์ ใหม่ซ้าย รหัสนักศึกษา 53050646
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษเป็นการประดิษฐ์ชุดทดลองที่สามารถหาคุณสมบัติ การนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะ ซึ่งใช้แท่งอลูมิเนียม ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 206 $W/m \cdot K$ ในการทดลองจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับตัวทำความร้อน (Heater) เท่ากับ 5.1 w, 5.9 w และ 10.0 w จากผลการทดลอง สามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียมได้เท่ากับ 206.1 $W/m \cdot K$ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 %

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์การนำความร้อน อลูมิเนียม ฮีทเตอร์

Title	HEAT CONDUCTION IN METAL STUDYING SET
Student	Mr.Nopparat Maisai Student ID5 3050646
Degree	Bachelor of Science in Applied Physics
Department	Physics
Academic	2014
Advisor	Dr. Kajpanya Suwansukho

ABSTRACT

This special project is set up on experiment to measure thermal conductivity coefficient (k-value) of aluminum. This aluminum has diameter of 2 cm and 30 cm length, whereas the thermal conductivity coefficient at 100 °C has a value of 206 $\mathrm{W/m \cdot K}$ .In experiment, electric power was supplied a heater in value of 5.1 w, 5.9 w and 10.0 w, respectively. The results show that the thermal conductivity coefficient is 206.1 $\mathrm{W/m \cdot K}$ with percentage error of 0.05 %.

Keywords: thermal conductivity coefficient (k-value), aluminum, heater

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้บรรลุวัตถุประสงค์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือของคณะอาจารย์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำตรวจสอบข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของคณะอาจารย์และขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณอาจารย์ กาจปัญญา สุวรรณสุโข ที่ปรึกษา คอยให้ความรู้คำแนะนำและกำลังใจเมื่อเกิดปัญหาในการทำโครงงานนี้และขอขอบคุณคณะอาจารย์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้คำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนการศึกษาพร้อมกำลังใจและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้เขียนตำรา เอกสารค้นคว้า ตารา หนังสือ ที่ให้เข้าใจในการทำโครงงานนี้มากยิ่งขึ้น

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดาผู้ให้ชีวิต ผู้มีพระคุณ ตลอดจนอาจารย์และทุกคนที่มีส่วนสร้างพื้นฐานการศึกษาให้แก่ผู้จัดทำ

นายนพรัตน์ ใหม่ซ้าย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อและสัญลักษณ์	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการหาค่าคงที่การนำความร้อนของวัสดุ	3
2.2สภาวะสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอของความร้อน (Steady state and Unsteady state)	4
2.3 หลักการหาค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในโลหะที่เป็นแท่ง	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	8
3.1 ส่วนประกอบชุดการทดลอง	8
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการนำความร้อน	8
3.3 ขั้นตอนในการทดลอง	9
3.4 การวิเคราะห์	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	13
4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1	13
4.2 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม	14
4.3 การทดลองครั้งที่ 1	15
4.4 การทดลองครั้งที่ 3	16
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	19
5.1 สรุปผลการทดลอง	19
5.2 ข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.4 ตาราง 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง 3.1	12
4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง 4.1	13
4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.2	15
4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.3	16
4.4 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง	18

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 การนำความร้อนผ่านตัวกลาง	3
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ(T) กับ เวลา (t)	5
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของความร้อน	5
รูปที่ 2.4 ชุดทดลองที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของแท่งโลหะ	6
รูปที่ 3.1 รูปส่วนประกอบชุดทดลอง	8
รูปที่ 3.2 แท่งอลูมิเนียม	8
รูปที่ 3.3 (ก) แผนภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมเข้ากับตัวทำความร้อน (ข) ภาพแสดงการติดตั้ง	9
รูปที่ 3.4 (ก) แผนภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมพร้อมตัวทำความร้อนเข้ากับฉนวน (ข) ภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมพร้อมตัวทำความร้อนเข้ากับฉนวน	10
รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดลอง	11
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10.0 w	14
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.9 w	16
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.1 w	17

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
q	ความร้อน
k	ค่าการนำความร้อน
T_0	อุณหภูมิก่อนผ่านวัสดุ
T_L	อุณหภูมิหลังผ่านวัสดุ
L	ความยาวของวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อน
$\partial T/\partial t=0$	อุณหภูมิที่จุด ๆ หนึ่งในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา
R_T	ค่าความต้านทานเชิงความร้อน
	ค่าความต้านทานภายในโลหะ
ΔT	ผลต่างอุณหภูมิ
ΔX	ผลต่างระยะทาง
$\frac{w}{m} \cdot K$	หน่วยของสมประสิทธิ์การนำความร้อน
m	ความชันของกราฟ
w	หน่วยของกำลังไฟฟ้า
K	หน่วยของอุณหภูมิเควิล
$^\circ C$	องศาเซลเซียส
cm	เซนติเมตร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในการใช้ชีวิตประจำวัน ในแต่ละวันได้มีการนำโลหะชนิดต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมากมายหลากหลายด้าน ยกตัวอย่างที่ใช้อยู่ประจำ คือ การประกอบอาหารในแต่ละวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้นั่นเป็นโลหะที่ ทำให้เกิดความร้อน เช่น กาต้มน้ำ กระทะทอดไข่ สิ่งเหล่านี้ย่อมเกิดจาก ทฤษฎี หรือหลักทางวิทยาศาสตร์ ที่สามารถอธิบาย การเดือดของน้ำในกาต้มน้ำได้ ในการต้มน้ำแต่ละครั้ง ขณะที่ปริมาณน้ำที่ต้มเท่ากัน แต่ภาชนะบรรจุนั่นใช้โลหะต่างกัน จะทำให้ปริมาณความร้อนหรือเชื้อเพลิงที่ทำให้น้ำเดือดต่างกัน ดังนั้น การศึกษาคุณสมบัติของโลหะจึงมีความสำคัญต่อการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน และสามารถใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ในการทำโครงงานพิเศษนี้จึงได้ประดิษฐ์ชุดทดลองที่สามารถหาคุณสมบัติ การนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะ ซึ่งโลหะแต่ละชนิดก็จะมีค่าเฉพาะ ที่แตกต่างกันออกไป และค่าเฉพาะนี้ทำให้สามารถบอกถึงคุณสมบัติต่างๆ ของโลหะ ในการเลือกนำไปใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสร้างชุดทดลองที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อหาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโลหะ จากชุดทดลองที่ได้สร้างขึ้นมา
3. ศึกษาหลักการ การนำความร้อนของโลหะให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

ศึกษาการนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมา เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน โดยให้กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

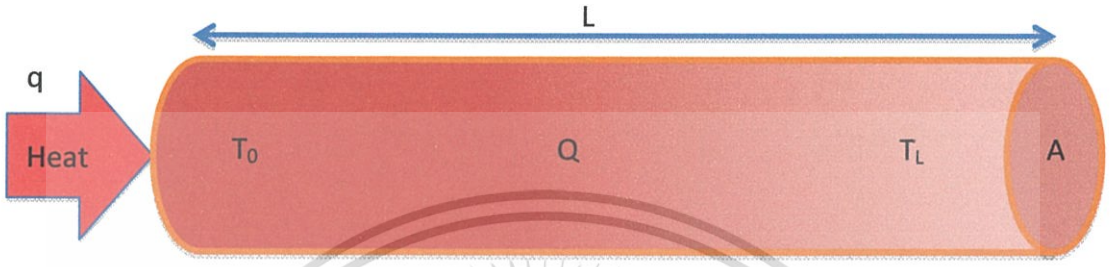
วันที่การดำเนินงาน	ขั้นตอนการดำเนินงาน
1 ก.พ. 2558 - 1 มี.ค. 2558	ศึกษาและหาโครงงาน
8 มี.ค. 2558 - 20 มี.ค. 2558	วางแผน และออกแบบชุดทดลอง
25 มี.ค. 2558-16 เม.ย. 2558	ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลอง
17 เม.ย. 2558 – 17 พ.ค. 2558	ทดลอง บันทึกผล และสรุปโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนให้อย่างแม่นยำ
2. นักศึกษาสามารถนำไปใช้กับห้องปฏิบัติการทดลองฟิสิกส์พื้นฐานในระดับมหาวิทยาลัย
3. ชุดทดลองสามารถเป็นแบบอย่างที่จะนำไปพัฒนาต่อให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการหาค่าคงที่การนำความร้อนของวัสดุ



รูปที่ 2.1 การนำความร้อนผ่านตัวกลาง

2.1.2 การนำความร้อนของวัสดุ

การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงไหลผ่านตัวกลางไปยังแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ ตามรูปที่ 2.1 ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ตามสมการ

$$q = -\frac{k}{L}(T_L - T_0) \tag{2.1}$$

เมื่อ q = อัตราการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W/m^2

k = ค่าการนำความร้อน มีหน่วยเป็น W/mK

T_0 = อุณหภูมิก่อนผ่านวัสดุ มีหน่วยเป็น K

T_L = อุณหภูมิหลังผ่านวัสดุ มีหน่วยเป็น K

L = ความยาวของวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น m

เมื่อความร้อนไหลผ่านวัสดุหรือตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (Total Heat transfer rate) สามารถอธิบายได้ ตาม สมการที่ (2.2)

$$Q = qA = -\frac{kA}{L}(T_L - T_0) \tag{2.2}$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด

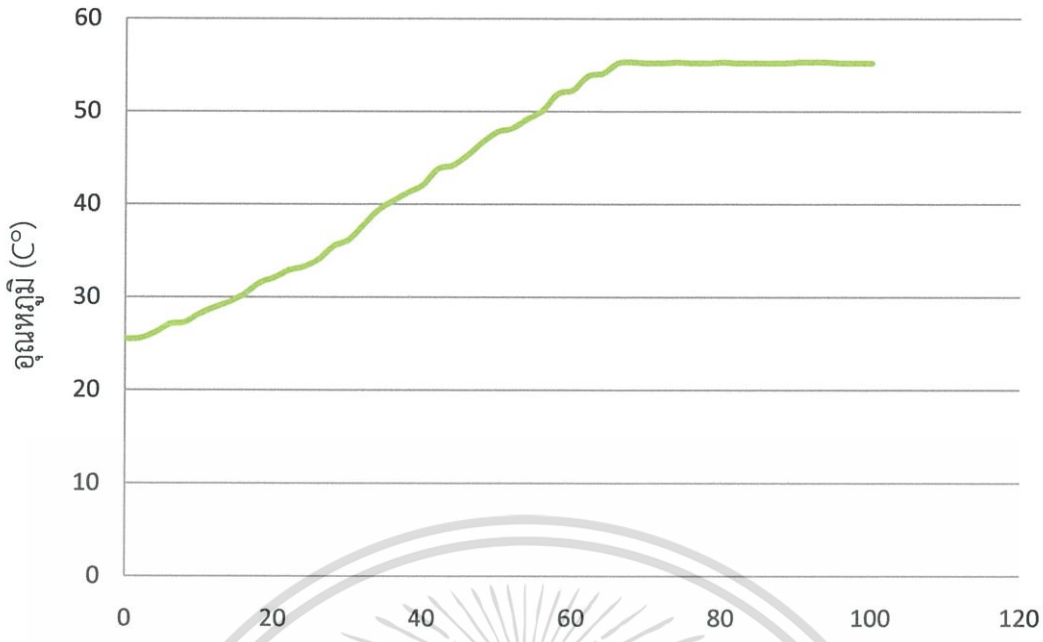
L/kA = ค่าความต้านทานเชิงความร้อน

กำหนดให้ความต้านทานเชิงความร้อนเท่ากับ R_T ดังนั้น

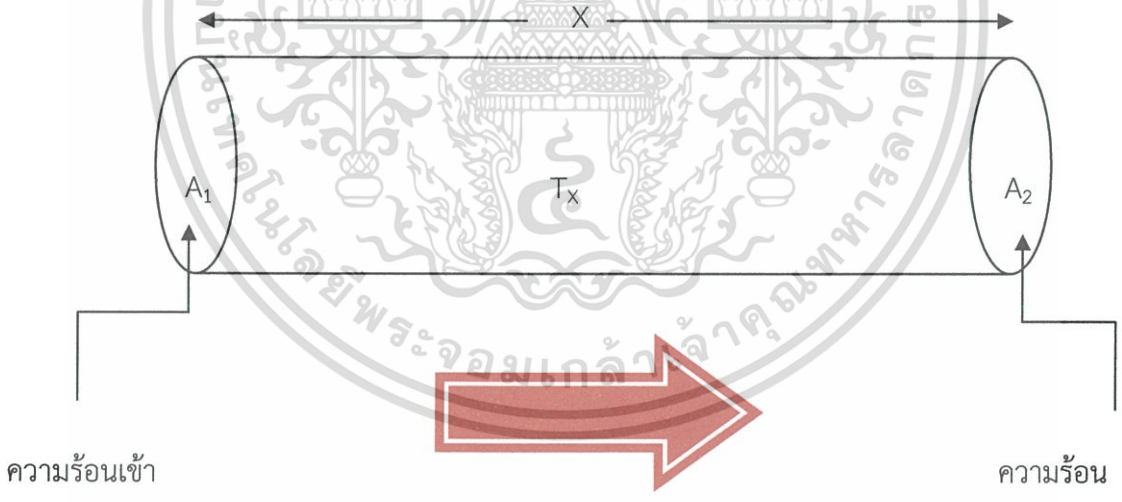
$$Q = \left(\frac{(T_0 - T_L}{R_T}\right) \quad (2.3)$$

2.2 สภาวะสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอของความร้อน (Steady state and Unsteady state)

2.2.1 สภาวะสม่ำเสมอ (Steady state) หมายความว่า อุณหภูมิที่จุด ๆ หนึ่งในวัตถุ ไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลาหรืออาจเขียนอยู่ ในรูปสมการได้ว่า $\partial T/\partial t = 0$ สภาวะสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นในกรณีที่วัตถุได้รับการถ่ายเทความร้อนมาเป็นเวลานานพอสมควร จนอุณหภูมิในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าเราจะถ่ายเทความร้อนให้วัตถุไปอีกนานเท่าใดสภาวะสม่ำเสมอ ซึ่งมีความหมายว่าอุณหภูมิที่จุดหนึ่งจุดใดในตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากการทดลอง เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นว่าหากเกิดสภาวะสม่ำเสมอแล้วอัตราการเคลื่อนที่ของ ความร้อนที่จุดใด ๆ ในทิศทางของการเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากัน แสดงว่า ถ้าความร้อนเคลื่อนที่ในทิศทางของ X อัตราการ เคลื่อนที่ของความร้อนจะไม่เปลี่ยนแปลงกับ Xปรากฏการนี้สามารถอธิบายได้โดยใช้ปริมาตรควบคุม (Control volume) ที่บางมากที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านสมมุติว่าจุดที่พิจารณาอยู่ในประมาตรควบคุมนี้ หากจุด ๆ นั้นมีอุณหภูมิคงที่ก็หมายความว่า ปริมาตรควบคุมไม่ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น แสดงว่า ความร้อนที่เคลื่อนที่เข้าปริมาตรควบคุมจะเท่ากับความร้อนที่ออกจากปริมาตรควบคุม หากพิจารณาอย่างเดียวกันนี้กับปริมาตรควบคุมอื่นที่วางเรียงต่อเนื่องกันในทิศทาง X แสดงว่าอัตราการถ่าย เทความร้อนนี้ไม่เปลี่ยนแปลงกับ X ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ(T) กับ เวลา (t)



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของความร้อน

2.2.2 สภาวะไม่สม่ำเสมอ (Unsteady state หรือ Transient state)
หมายความว่า อุณหภูมิที่จุด ๆ หนึ่งในวัตถุยังเปลี่ยนแปลงอยู่ เมื่อเวลาเปลี่ยนไปหรืออาจเขียนในรูปสมการ $\partial T/\partial t \neq 0$ สภาวะไม่สม่ำเสมอเกิดเมื่อตอนที่เราเริ่มถ่ายเทความร้อนให้แก่วัตถุ อุณหภูมิของวัตถุยังไม่คงที่ ยังคงเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

2.3 หลักการหาค่าคงที่หรือค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ในโลหะที่เป็นแท่ง

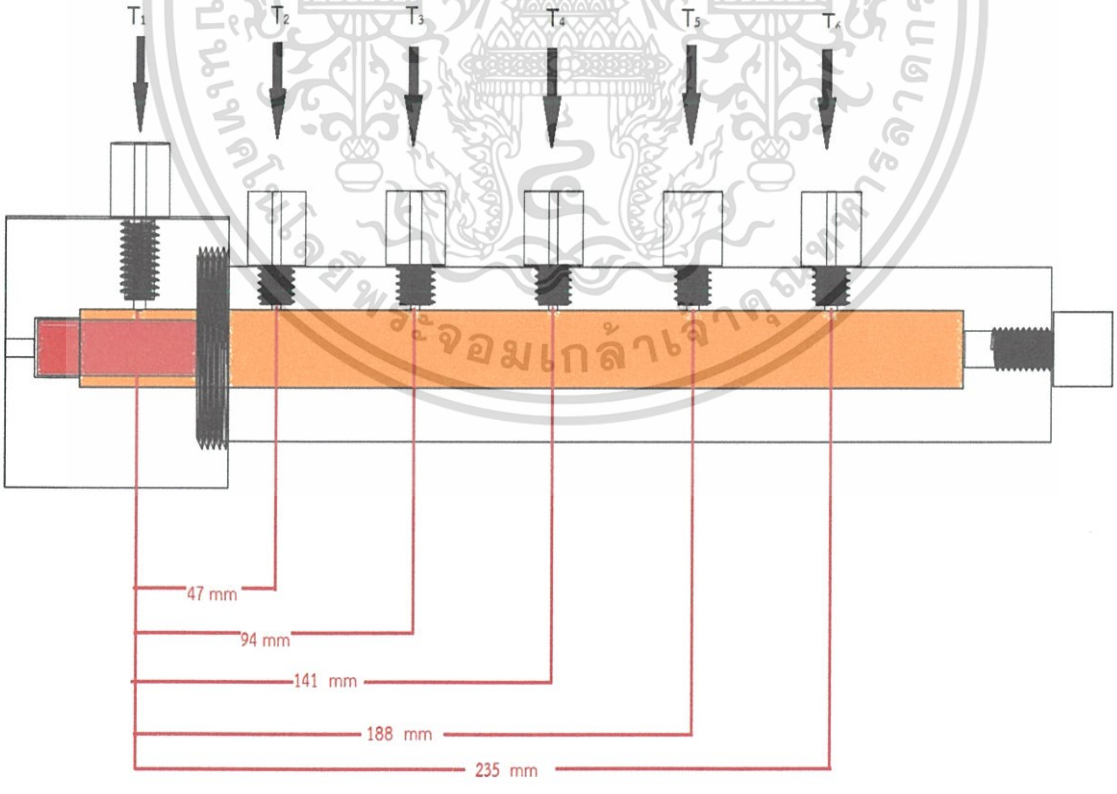
หากพิจารณาตัวนำที่มีความยาว X และมีพื้นที่หน้าตัดของการนำความร้อนทั้งสองด้านเท่ากับ A มีอุณหภูมิต่างกัน คือ ΔT ทำให้มีความร้อนที่ไหลจากด้านที่มีอุณหภูมิ สูงไปยังด้นที่มีอุณหภูมิต่ำ ด้วยอัตรา Q การถ่ายเทความร้อนดังกล่าว เรียกว่าการนำความร้อน โดยมีความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$Q \propto A\frac{\Delta T}{\Delta X} \tag{2.4}$$

หากตัวนำดังกล่าวมีองค์ประกอบที่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด (homogeneous) และตัวนำมีสัมประสิทธิ์ Q การนำความร้อน (thermal conductivity) เท่ากับค่าคงที่ (k) กฎของ Fourier กล่าวไว้ว่า

$$Q = -kA\frac{\Delta T}{\Delta X} \tag{2.5}$$

การที่มีเครื่องหมายลบในสมการนั่นเนื่องจากความร้อนจะไหลไปในทิศทางที่อุณหภูมิลดลง



รูปที่ 2.4 ชุดทดลองที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของแท่งโลหะ

เมื่อนำชุดทดลองดังรูป ที่ 2.4 มาทำการทดลองหาค่าการนำความร้อนของโลหะ โดย ตั้งค่ากำลังไฟฟ้า เท่ากับ Q เพื่อจ่ายให้ตัวทำความร้อน (Heater) ในชุดทดลอง รอให้อุณหภูมิ คงที่ จดบันทึกค่าอุณหภูมิแต่ละจุด ของแท่งโลหะ (T_1 ,T_2 ,T_3 ,T_4 ,T_5,...)

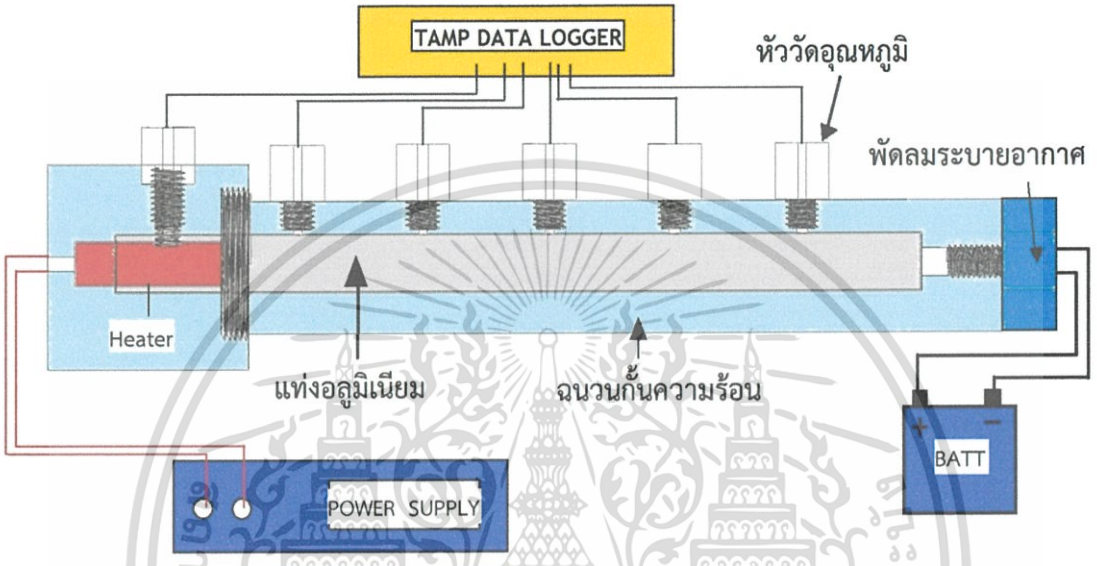
จากนั้นเมื่อนำข้อมูลมาแสดงความสัมพันธ์ ลงในกราฟ อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ (X) ค่าความชันของกราฟคือ $\frac{dT}{dX}$ จากค่าความชัน นี้สามารถหานำไปใช้หาความสัมพันธ์

$$k = -\frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{A}}\frac{dX}{dT} \tag{2.6}$$

(2.6)สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน k ในหน่วย $\mathrm{W/m \cdot K}$

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ส่วนประกอบชุดการทดลอง



รูปที่ 3.1 รูปส่วนประกอบชุดการทดลอง

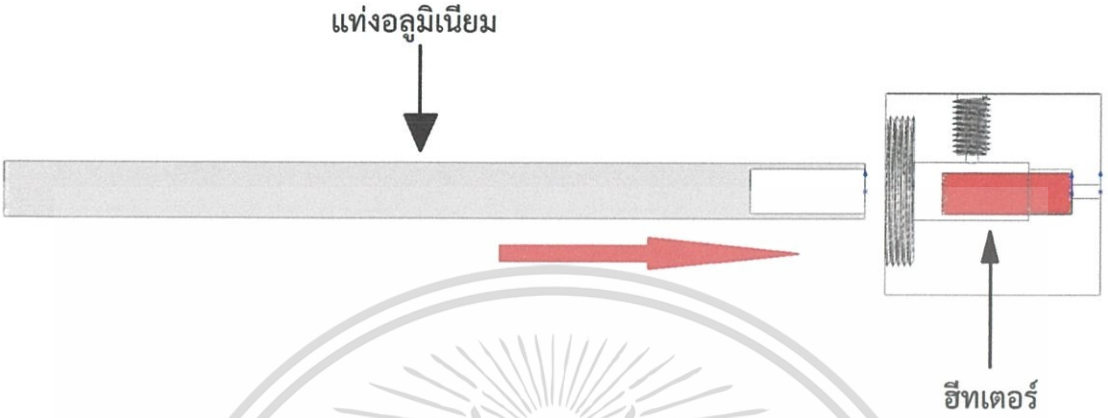
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการนำความร้อน

ใช้แท่งอลูมิเนียม ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 206 $W/m \cdot K$

รูปที่ 3.2 แท่งอลูมิเนียม

3.3 ขั้นตอนในการทดลอง

- ใช้ชุดทดลองที่ประกอบขึ้นมา โดยติดตั้งแท่งอลูมิเนียม เข้าไประหว่างส่วนที่ทำความร้อน (Heater)

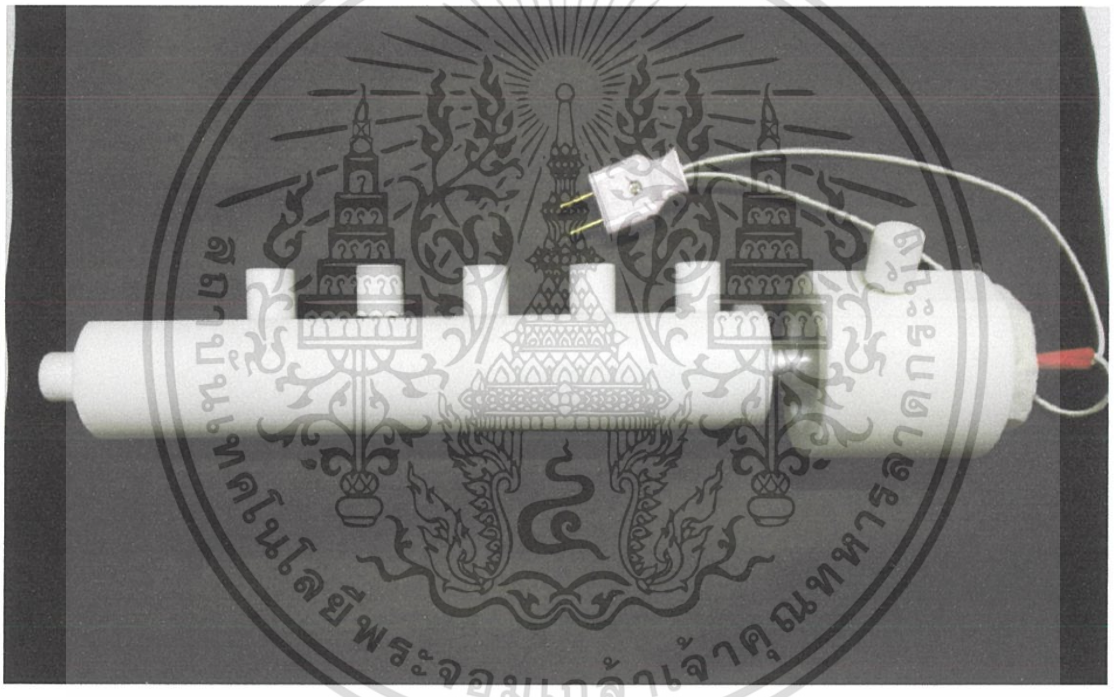


(ก)

(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) แผนภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมเข้ากับตัวทำความร้อน
(ข) ภาพแสดงการติดตั้ง

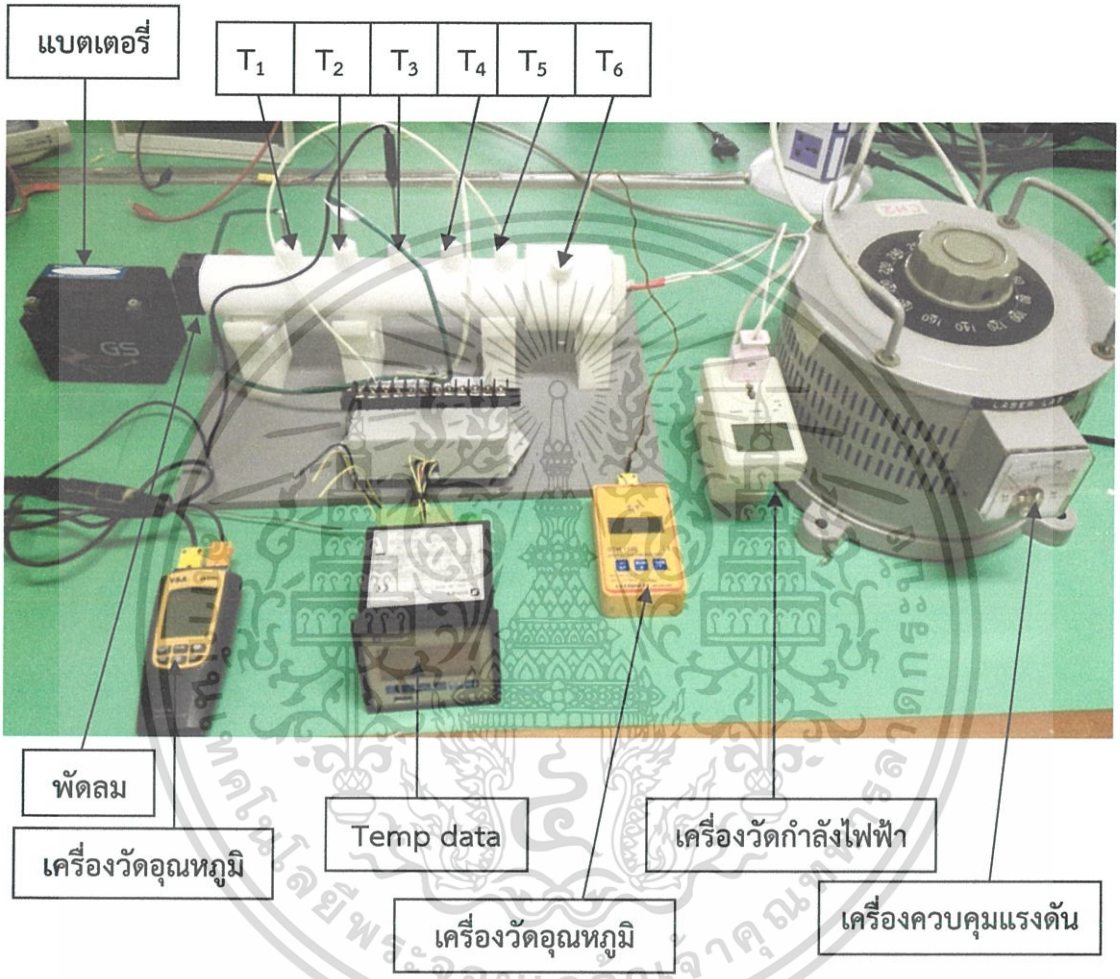
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.4 (ก) แผนภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมพร้อมตัวทำความร้อนเข้ากับฉนวน
(ข) ภาพการติดตั้งแท่งอลูมิเนียมพร้อมตัวทำความร้อนเข้ากับฉนวน

- ติดตั้งอุปกรณ์ ทำการทดลอง ตามรูป ที่ 3.1 แล้วนำเนินการทดลอง
- ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อน (Heater) แล้วรอจนกระทั้งอุณหภูมิของ แท่งโลหะอลูมิเนียม ที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลงจดบันทึกอุณหภูมิที่อ่านค่าได้ลงในตารางที่ 3.1
- ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าที่ ตามกำหนด



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.1

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (W)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (K)	T_4 (K)	T_5 (K)	T_6 (K)
1							
2							
3							

3.4 การวิเคราะห์ผล

3.4.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) โดยให้อุณหภูมิ (T) อยู่บนแกน y และ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) อยู่บนแกน x

3.4.2 ค่าความชันของกราฟเท่ากับ $\frac{dT}{dX}$ จากความชันดังกล่าว สามารถนำไปหาความสัมพันธ์

$$k = -\frac{Q}{A}\frac{dX}{dT} \tag{3.1}$$

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ k ในหน่วย W/m•K นำมาเปรียบเทียบกับค่า k ของอลูมิเนียมมาตรฐาน

3.4.3 วิธีการคำนวณ

กำหนดให้ $$m = -\frac{dT}{dX} \tag{3.2}$$

จากสมการที่ 3.1 จะได้ $$k\left(-\frac{dX}{dT}\right) = \left(-\frac{Q}{A}\right) \tag{3.3}$$

แทนค่าสมการที่ 3.1 ใน สมการ 3.2

จะได้ว่า $$km = -\frac{Q}{A}$$

ดังนั้น $$k = -\frac{Q}{A\,m} \quad \text{W/m•K} \tag{3.3}$$

บทที่ 4
ผลการทดลอง

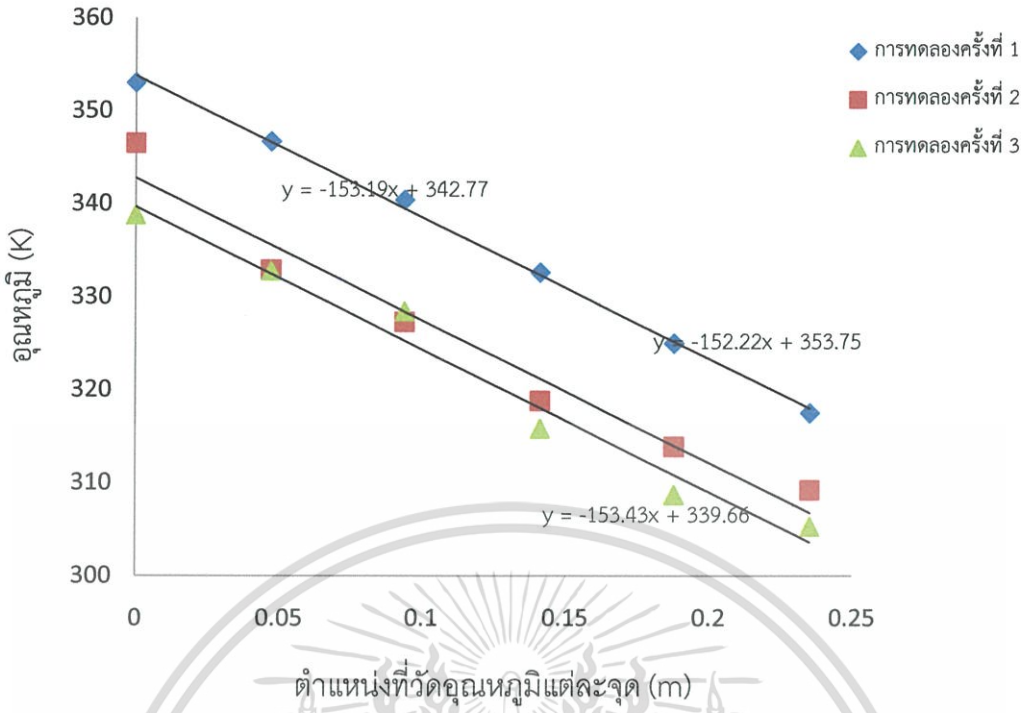
4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

จากการทดลองจะทำการกำหนดค่ากำลังไฟฟ้า ที่จ่ายให้กับตัวทำความร้อน (Heater) เท่ากับ 10 W ทำการตรวจวัดอุณหภูมิ (T) ตำแหน่งต่างๆ บน แท่งโลหะอลูมิเนียม ได้ผลการทดลองดังตาราง ที่ 4.1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.1 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10 W

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (W)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (K)	T_4 (K)	T_5 (K)	T_6 (K)
1	10	353.0	346.7	340.4	332.6	325	317.5
2	10	346.5	332.9	327.3	318.8	313.9	309.2
3	10	338.8	332.8	328.4	315.8	308.7	305.3

จากตารางข้างต้นนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) จะได้ดังกราฟที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10.0 w

จากรูปที่ 4.1 ค่าความชัน $\frac{dT}{dX}$ ของแต่ละเส้นที่มีกำลังไฟฟ้าที่ให้ ดังนี้ ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10 W ทดลองจำนวน 3 ครั้ง จะได้ค่าความชันเท่ากับ - 152.2 K/m, - 153.2 K/m และ - 153.4 K/m ตามลำดับ

4.2 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม

จากสมการที่ 3.3 ; $k = -\frac{Q}{A\,m}$ $(W/m \cdot K)$

กำหนด $Q = 10\ W$

$A = 0.000314\ m^2$ $\qquad A = \pi r^2$

$=3.14\times 0.01^2$

$=0.000314 m^2$

$m = -152.2\ K/m$

แทนค่าตัวแปลในสมการ 3.4

จะได้ $$k = \frac{10}{0.000314 \times 152.2} \quad \frac{W}{m} \cdot K$$

$$k = \quad 209.2 \quad \frac{W}{m} \cdot K$$

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อน $= \left|\frac{209.2 - 206}{206}\right| \times 100$

$$= 1.6\ \%$$

ดังนั้น ในการทดลองการหาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10 w โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง จะได้ผลออกมาดังนี้ ครั้งที่ 1, 2, และ 3 เท่ากับ 209.2 $W/m \cdot K$, 207.9$W/m \cdot K$ และ 207.6 $W/m \cdot K$ตามลำดับ ทั้งสามลำดับจะมีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 1.6%, 1.0 % และ 0.8 % เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

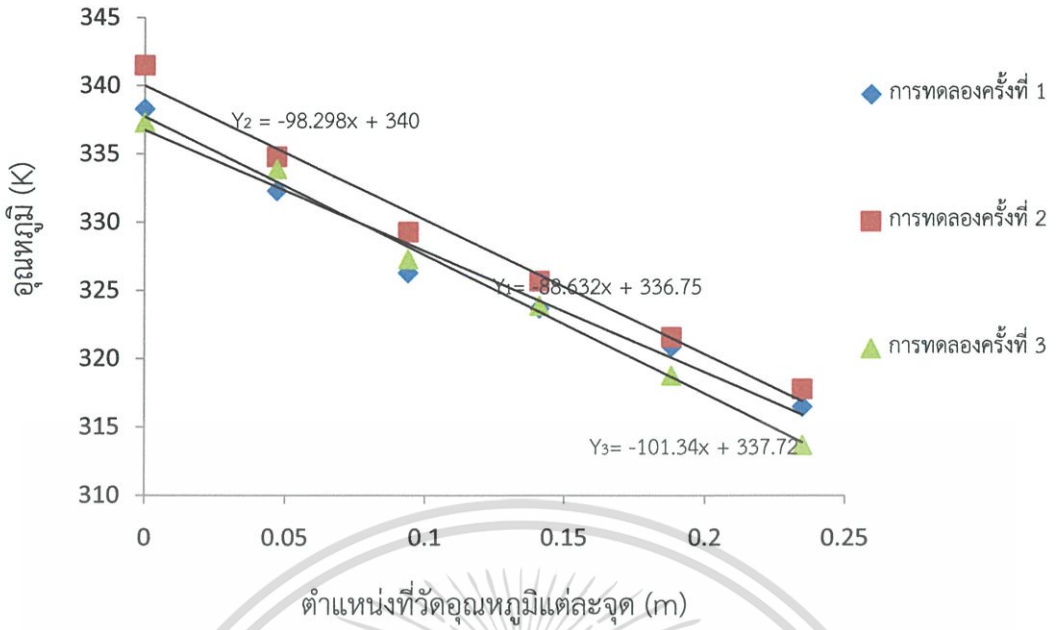
จากข้อมูลข้างต้นจะได้ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทีกำลังไฟฟ้า 10 w เท่ากับ 208.2 $W/m \cdot K$ มีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 1.1 % เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดลองครั้งที่ 2

กำหนดค่ากำลัง ที่จ่ายให้กับตัวทำความร้อน (Heater) เท่ากับ 5.9 W

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.2 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.9 W

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (W)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (K)	T_4 (K)	T_5 (K)	T_6 (K)
1	5.9	338.3	332.3	326.3	323.7	320.9	316.5
2	5.9	341.5	334.8	329.3	325.7	321.6	317.8
3	5.9	337.3	333.9	327.3	323.9	318.8	313.7



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.9 w

จากรูปที่ 4.2 ค่าความชัน $\frac{dT}{dX}$ ของแต่ละเส้นที่มีกำลังไฟฟ้าที่ให้ ดังนี้ ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.9 w ทดลองจำนวน 3 ครั้ง จะได้ค่าความชันเท่ากับ -88.6 K/m , -98.3K/m และ -101.3 K/m ตามลำดับดังนั้น หาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง ได้ผลออกมาดังนี้ ครั้งที่ 1, 2, และ 3 เท่ากับ 212.0 $W/m \cdot K$, 191.6 $W/m \cdot K$ และ 185.4 $W/m \cdot K$ ตามลำดับ ทั้งสามลำดับจะมีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 2.9 %, 7.2 % และ 1.0 % ตามลำดับ

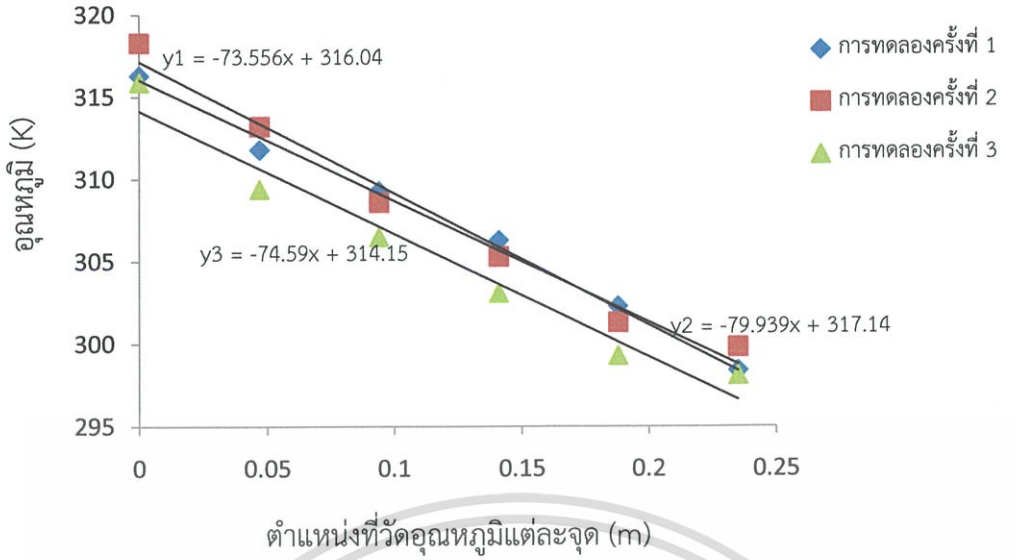
จากข้อมูลข้างต้นจะได้ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่กำลังไฟฟ้า 10 w เท่ากับ 196.2 $W/m \cdot K$ มีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 4.8 % เปอร์เซ็นต์

4.4 การทดลองครั้งที่ 3

กำหนดค่ากำลัง ที่จ่ายให้กับตัวทำความร้อน (Heater) เท่ากับ 5.1 W

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.3 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.1 W

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (W)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (K)	T_4 (K)	T_5 (K)	T_6 (K)
1	5.1	316.3	311.8	309.3	306.3	302.3	298.4
2	5.1	318.9	313.2	308.6	305.3	301.3	299.8
3	5.1	315.9	309.4	306.5	303.1	299.3	295.1



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) กับ ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุด (X) ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.1 w

จากรูปที่ 4.3 ค่าความชัน $\frac{dT}{dX}$ ของแต่ละเส้นที่มีกำลังไฟฟ้าที่ให้ ดังนี้ ที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5.1w ทดลองจำนวน 3 ครั้ง จะได้ค่าความชันเท่ากับ -73.5 K/m, -79.9 K/m และ -74.6 K/m ตามลำดับดังนั้น หาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง จะได้ผลออกมาดังนี้ ครั้งที่ 1, 2, และ 3 เท่ากับ 220.8 $\mathrm{w/m \cdot K}$, 203.2 $\mathrm{W/m \cdot K}$ และ 217.7 $\mathrm{W/m \cdot K}$ ตามลำดับ ทั้งสามลำดับจะมีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 7.2 %, 5.7 % และ 1.4 % เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นจะได้ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่กำลังไฟฟ้า 5.1 w เท่ากับ 213.9 $\mathrm{W/m \cdot K}$ มีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 3.8 % เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง

กำลังไฟฟ้า (W)	การทดลอง	ค่าความชัน $(\frac{K}{m})$	ค่าสัมประสิทธิ์ $(W/m \cdot K)$	เปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อน	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย $(W/m \cdot K)$	เปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเฉลี่ย
10	1	-152.2	209.2	1.6	208.2	1.1
	2	-153.2	207.9	0.9		
	3	-153.4	207.6	0.8		
5.9	1	-88.6	212.0	2.9	196.2	4.8
	2	-98.3	191.2	7.2		
	3	-101.3	185.4	1.0		
5.1	1	-73.5	220.8	7.2	213.9	3.8
	2	-79.9	203.2	5.7		
	3	-74.6	217.7	1.4		
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด					206.1	0.05

จากตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง มีค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยรวมทั้งหมด เท่ากับ 206.1 $W/m \cdot K$ มีความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 %

บทที่ 5
สรุปและอภิปลายผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานพิเศษนี้ เป็นการศึกษาการสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 206 $W/m \cdot K$ ทำภายใต้ระบบปิดที่มีวัสดุเทปลอน (Teflon) เป็นฉนวนกั้นความร้อนที่หุ้มอยู่ระหว่างแท่งโลหะอลูมิเนียมกับอากาศ โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับตัวทำความร้อน (Heater)ที่อยู่ภายในชุดทดลองเท่ากับ 10 w, 5.9 w และ 5.1 w ซึ่งวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียมได้เท่ากับ 208.2 ,196.2 และ 213.9 ตามลำดับ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเท่ากับ 1.1 % , 4.8 % และ 3.8 % ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งโลหะอลูมิเนียม ดังกล่าวนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่แท้จริงของการทดลอง ได้เท่ากับ 206.1 $W/m \cdot K$ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 % จากเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อน แสดงว่าชุดการทดลองสามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแท่งอลูมิเนียมได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าชุดการทดลองเมื่อใช้เวลาทำการทดลองมากๆ จะทำให้ไม่สามารถกั้นความร้อนได้ ความร้อนสามารถแผ่ออกมาสู้อากาศได้ ทำให้ผลการทดลองมีความคาดเคลื่อนสูง ดังนั้นเมื่อจับตัวฉนวนกันความร้อนรู้สึกร้อนให้หยุดทำการทดลองรอให้ฉนวนเย็นลงก่อน แล้วเริ่มทำการทดลองใหม่

เอกสารอ้างอิง

G.Walker ,(2012).แปลโดย ดร.พงษ์ธร จรัญญากรณ์ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสาหรับอุตสาหกรรม.เอ็มแอนด์อี

สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์,โลหะวิทยาเบื้องต้น.ซีเอ็ดยูเคชั่น

จรัส บุณยธรรมา, *(2545).*ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยภาคกลศาสตร์ของไหลความร้อนและคลื่นหนังสือทั่วไป

นางสาวเบญญทิพย์ สำอางผิว,(2014). “ชุดการศึกษาการนำความร้อนในโลหะ(A STUDY OF HEAT” CONDCTION IN METALS*).*สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

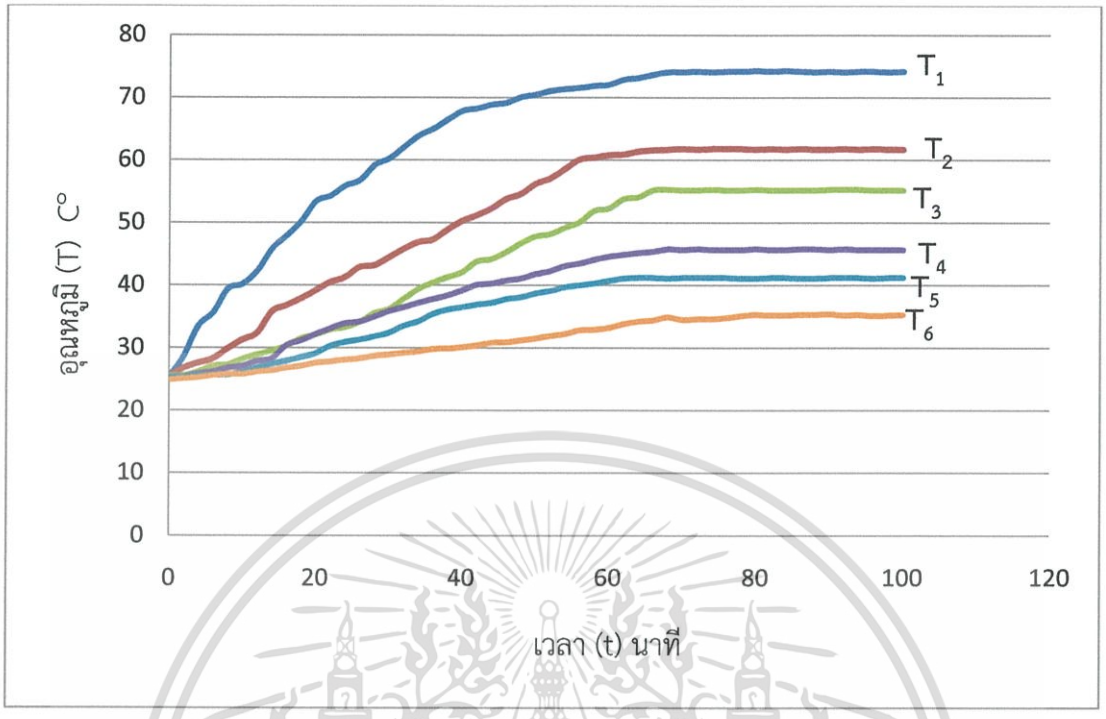
ตารางผลการทดลอง อุณหภูมิ (T) แต่ละจุดบนแท่งโลหะอลูมิเนียม กับ เวลา (t) ที่กำลังไฟฟ้า 10 w

เวลา	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
0	25.3	25.5	25.5	25.2	25.3	24.9
2	28.6	26.8	25.6	25.4	25.4	25.1
4	33.5	27.6	26.2	25.9	25.6	25.3
6	35.6	28.3	27.1	26.2	25.6	25.6
8	39.4	29.9	27.3	26.8	25.7	25.8
10	40.2	31.3	28.2	27.1	26.1	25.8
12	42.3	32.4	28.9	27.9	26.8	26.2
14	45.8	35.8	29.5	28.3	27.4	26.4
16	47.9	36.8	30.3	30.4	27.9	26.8
18	50.2	37.9	31.5	31.2	28.5	27.1
20	53.4	39.2	32.1	32.2	29.1	27.6
22	54.3	40.5	32.9	33.1	30.3	27.8
24	55.9	41.3	33.3	33.9	30.9	28.1
26	56.8	42.9	34.1	34.2	31.3	28.3
28	59.2	43.2	35.5	35	31.8	28.7
30	60.3	44.5	36.2	35.9	32.4	28.9
32	62.1	45.8	37.8	36.5	33.5	29.2
34	63.9	46.9	39.4	37.2	34.2	29.4
36	65	47.3	40.4	37.8	35.4	29.8
38	66.5	48.9	41.3	38.4	36.1	29.9
40	67.9	50.3	42.1	39.2	36.5	30.1
42	68.3	51.2	43.8	40.1	36.9	30.4
44	68.9	52.3	44.2	40.3	37.2	30.8
46	69.2	53.8	45.3	40.8	37.8	30.9
48	70.1	54.6	46.7	41.1	38.1	31.2
50	70.5	56.2	47.8	41.8	38.7	31.5
52	71.1	57.1	48.2	42.3	39.1	31.9

ตารางผลการทดลอง (ต่อ)

54	71.4	58.6	49.2	43.1	39.7	32.2
56	71.6	60.1	50.1	43.5	40	32.8
58	71.9	60.4	51.9	44.1	40.3	32.9
60	72.1	60.8	52.3	44.6	40.7	33.2
62	72.9	60.9	53.8	44.9	41.1	33.8
64	73.2	61.4	54.1	45.2	41.2	34.2
66	73.7	61.6	55.2	45.4	41.2	34.4
68	74.1	61.7	55.3	45.8	41.1	34.9
70	74.1	61.8	55.2	45.7	41.2	34.5
72	74.2	61.7	55.2	45.8	41.2	34.6
74	74.1	61.8	55.3	45.7	41.2	34.6
76	74.2	61.8	55.2	45.7	41.2	34.8
78	74.2	61.8	55.2	45.7	41.1	35.1
80	74.3	61.7	55.3	45.8	41.1	35.3
82	74.2	61.8	55.2	45.7	41.2	35.2
84	74.3	61.7	55.2	45.7	41.2	35.2
86	74.2	61.8	55.2	45.8	41.1	35.3
88	74.1	61.7	55.2	45.8	41.1	35.3
90	74.2	61.7	55.3	45.7	41.2	35.4
92	74.1	61.8	55.3	45.8	41.2	35.2
94	74.2	61.7	55.3	45.7	41.2	35.3
96	74.2	61.8	55.2	45.7	41.1	35.1
98	74.1	61.7	55.2	45.7	41.2	35.2
100	74.2	61.7	55.2	45.7	41.2	35.3

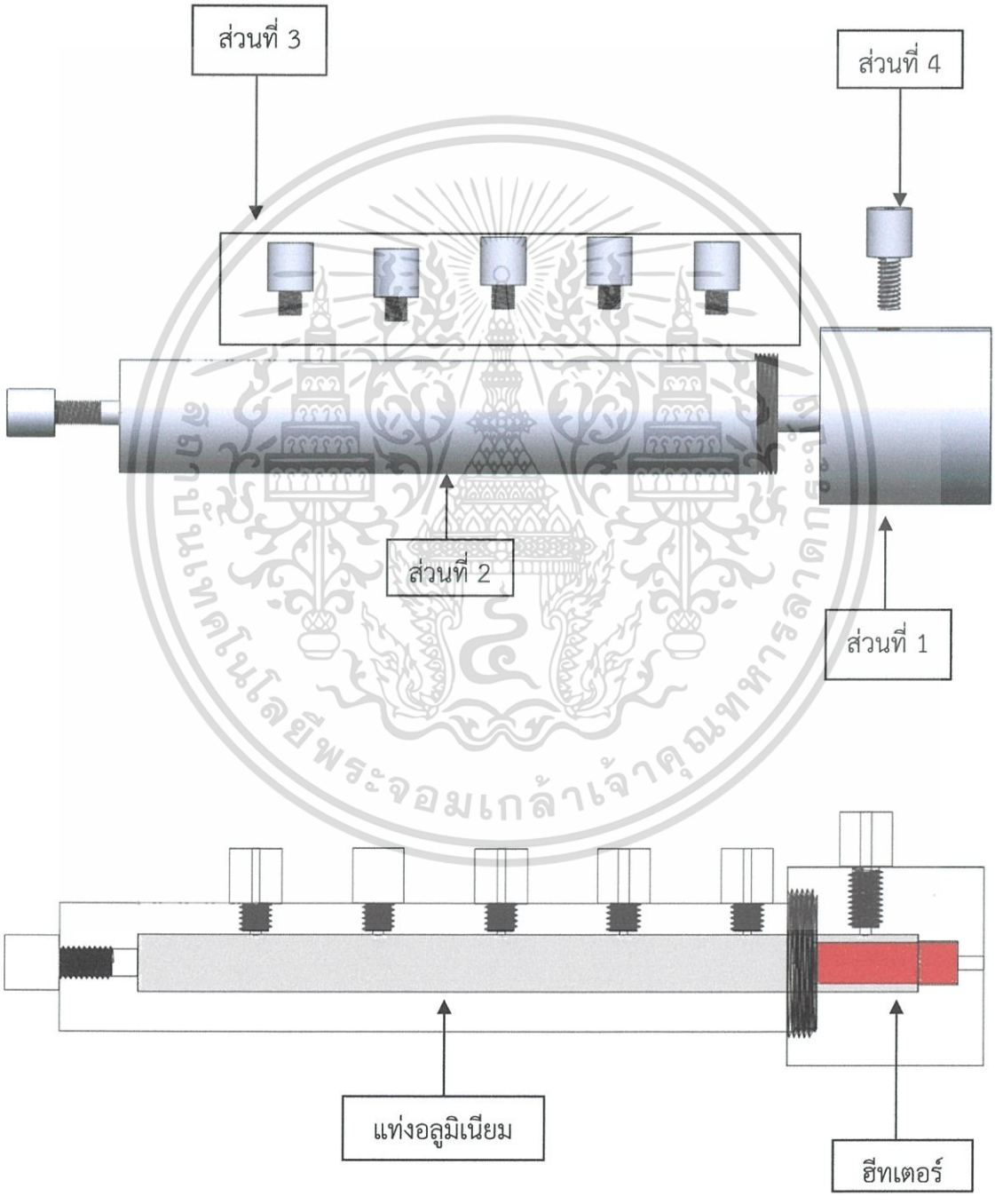
กราฟแสดงอุณหภูมิ (T) แต่ละจุดบนแท่งโลหะอลูมิเนียม กับ เวลา (t) ที่กำลังไฟฟ้า 10 w



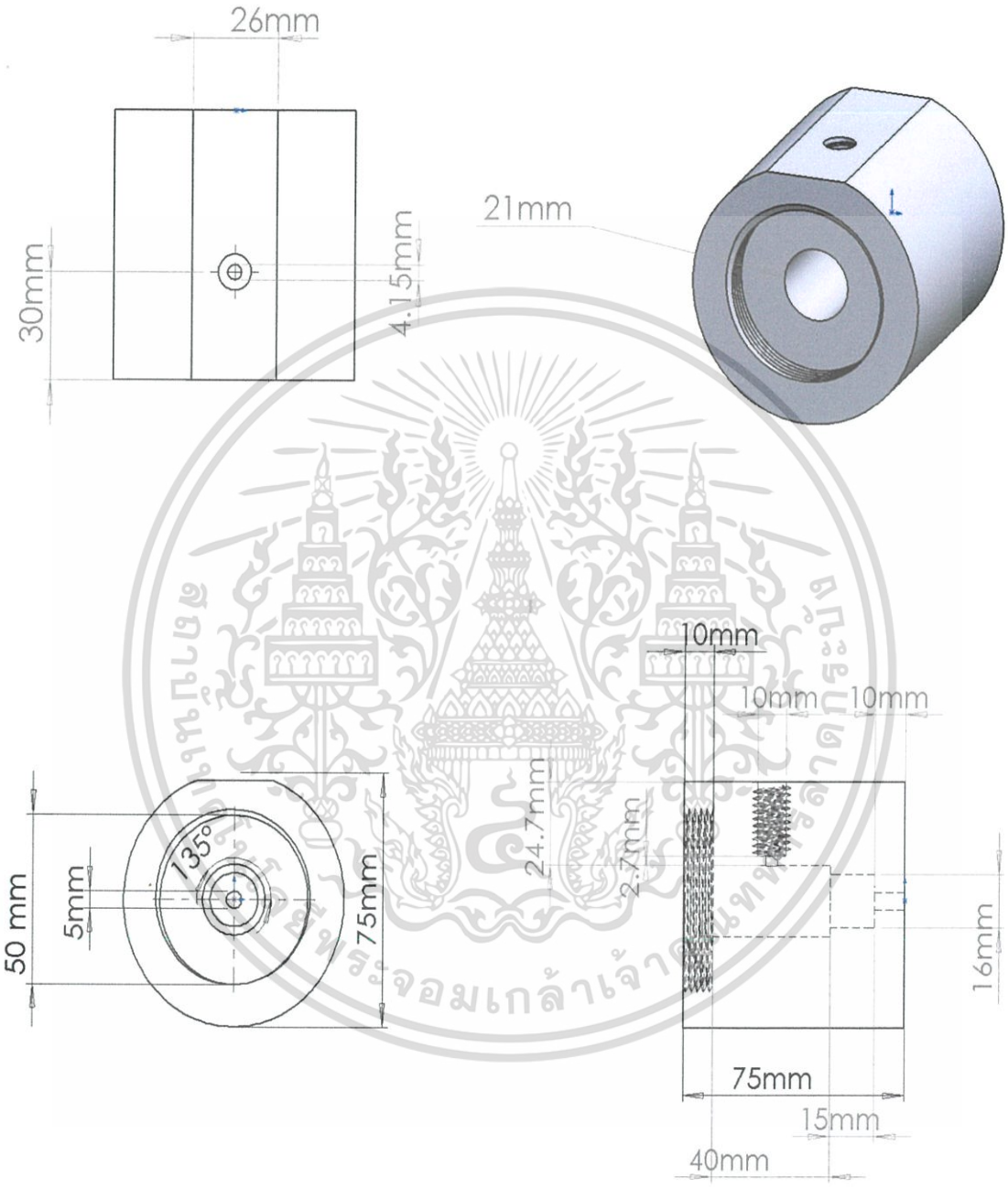
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข.

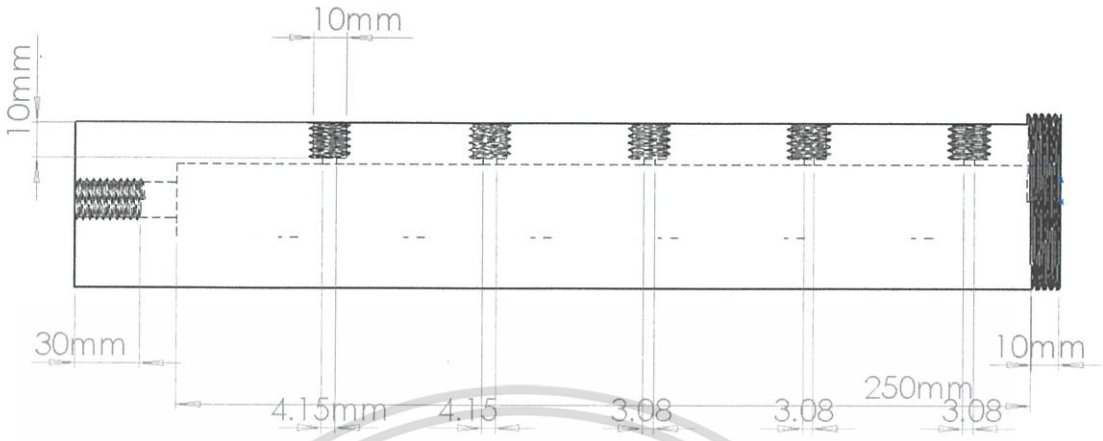
การออกแบบชุดทดลอง

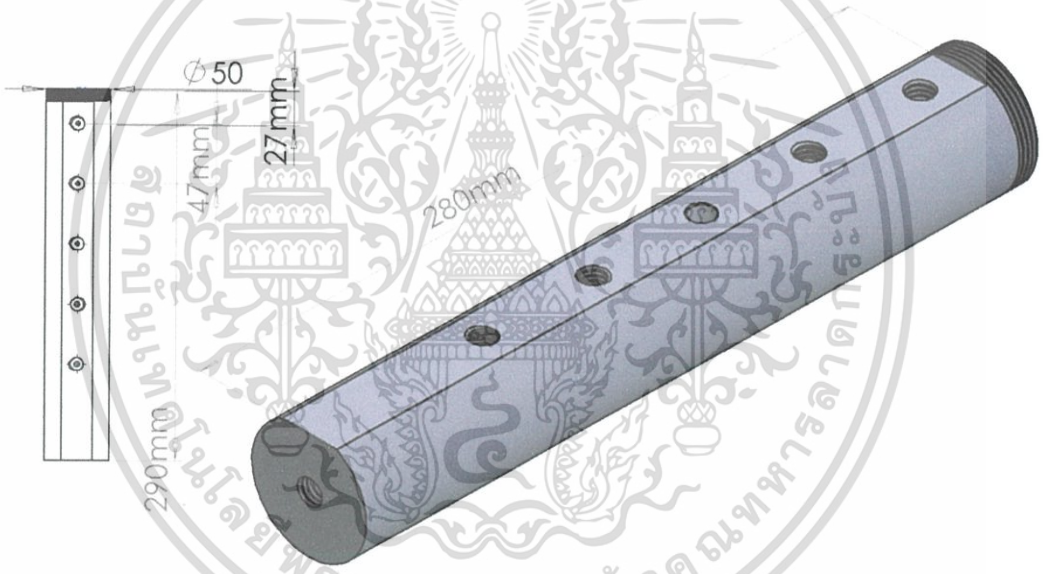


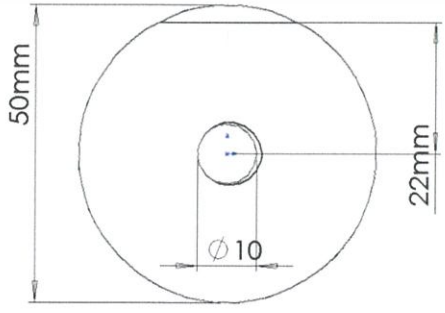
ส่วนที่ 1

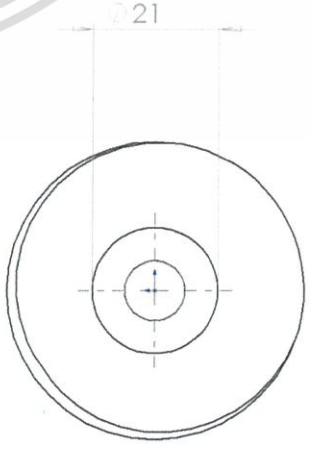

26mm
30mm
4.15mm
21mm
10mm
10mm
10mm
24.7mm
2.7mm
16mm
50 mm
5mm
135°
75mm
75mm
15mm
40mm

ส่วนที่ 2

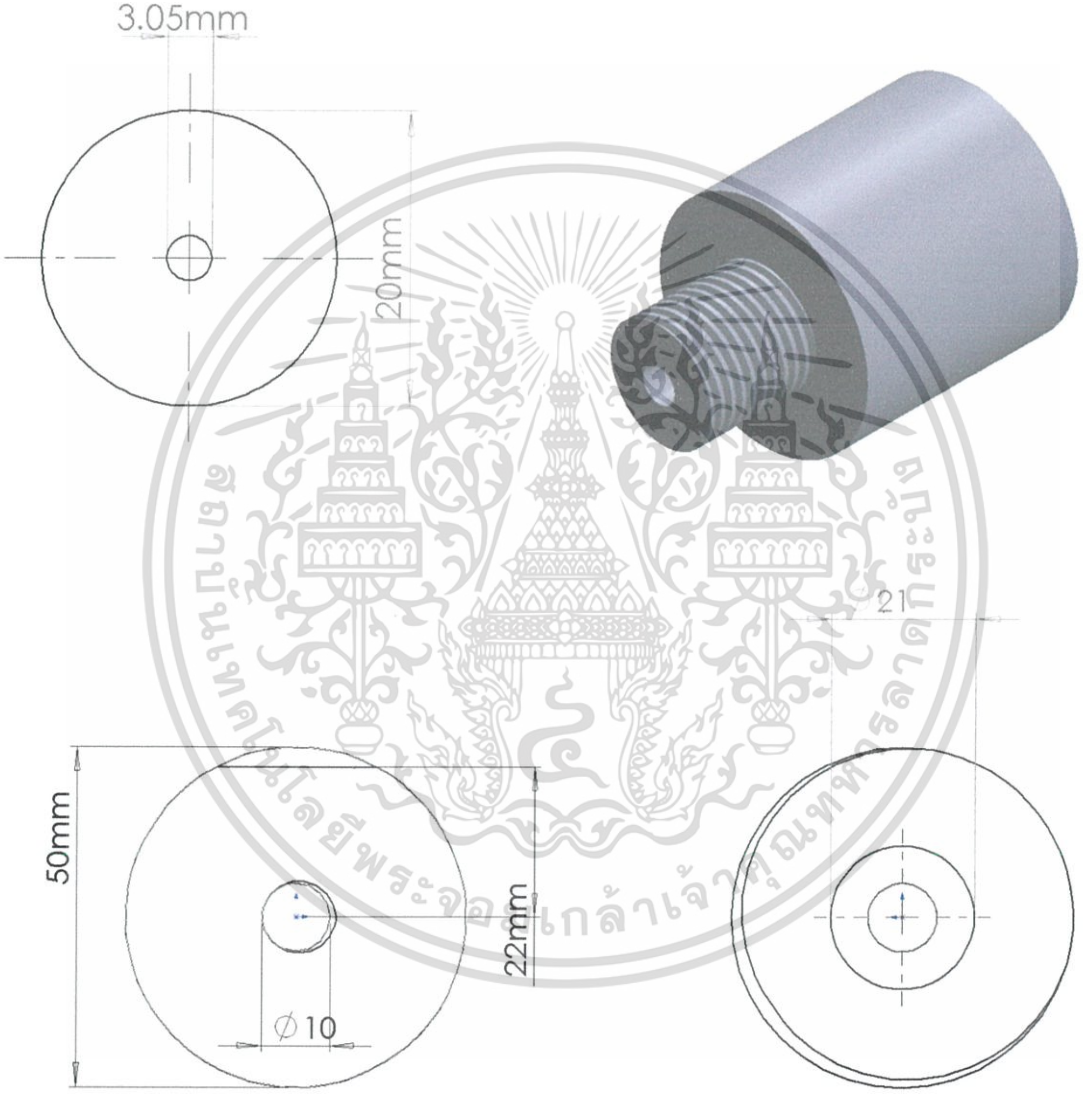

10mm
10mm
30mm
10mm
250mm
4.15mm
4.15
3.08
3.08
3.08


∅50
27mm
47mm
280mm
290mm


50mm
22mm
∅10


∅21

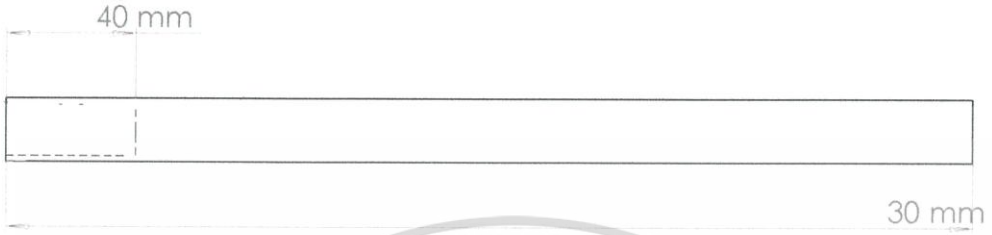
ส่วนที่ 3



ส่วนที่ 4

ฮีทเตอร์ทำความร้อน

แท่งโลหะอลูมิเนียม



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง