

การพัฒนาเครื่องมืออย่างง่ายเพื่อศึกษาสภาพการนำความร้อนของวัสดุ

นายพยนต์ ไยธินธิระชัย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิสิทส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-546-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014460

๑๑๗๘๘๑๑๑

Development of Simple Instruments to
Study the Thermal Conductivity of Material

Mr. Payon Yotinteerachai



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Physics

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-546-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องมืออย่างง่ายเพื่อศึกษาสภาพการนำ
ความร้อนของวัสดุ

โดย

นายพยนต์ โยรินธิระชัย


ภาควิชา

ฟิสิกส์

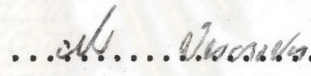
อาจารย์ที่ปรึกษา

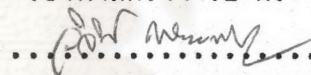
รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำนุช

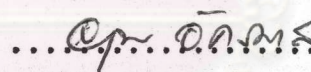
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

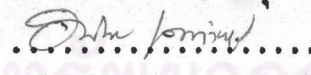

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษโย บัณฑิต)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เล็งหะพันธ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ยุทธ อัครมาส)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำนุช)

ศูนย์วิทยุจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พจนต์ โยธินธีระชัย : การพัฒนาเครื่องมืออย่างง่ายเพื่อศึกษาสภาพการนำความร้อนของวัสดุ
(DEVELOPMENT OF SIMPLE INSTRUMENTS TO STUDY THE THERMAL CONDUCTIVITY
OF MATERIAL) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อนันตสิน เตชะกำพูน, 81 หน้า.

ได้พัฒนาเครื่องมืออย่างง่ายขึ้นสองแบบ เพื่อวัดค่าสภาพการนำความร้อน (K) ของฉนวนความร้อนชนิดต่าง ๆ เมื่อได้ผลการทดลองแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยวิธีบีบสูญอากาศ ผลการทดลองมีค่าความแตกต่างกันไม่เกิน 10 % ตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัย

เครื่องมือแบบที่หนึ่งสร้างโดย นำแหล่งกำเนิดความร้อนฝังไว้ตรงกลางกล่อง วัสดุรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ปริมาณความร้อนจะถูกส่งผ่านออกมาสู่ผิวภายนอก ซึ่งอุณหภูมิเป็น 0°C ด้วยปริมาณคงที่ โดยการบันทึกผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวภายในกับผิวภายนอกของกล่องวัสดุ ในสภาวะสมดุลความร้อนจะสามารถคำนวณค่า K (thermal conductivity) ของวัสดุได้ สำหรับ PMMA (Poly (methyl methacrylate)) ได้ $K = 0.186$ วัตต์/เมตร^๒ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่า K จากหนังสืออ้างอิงแล้ว จะมีความแตกต่างกัน 4 %

เครื่องมือแบบที่สองพัฒนาขึ้นในลักษณะที่ให้พลังงานความร้อนไหลผ่านแผ่นวัสดุที่วางซ้อนกันเป็นชั้น โดยชั้นบนสุดเป็นฐานกล่อง PMMA ที่ทราบค่า K ขึ้นถัดลงมาเป็นวัสดุตัวอย่างที่ต้องการทดลอง และเมื่ออุณหภูมิของวัสดุทุกชั้นอยู่ในสภาวะคงตัว ในขณะที่ผิวบนสุดมีอุณหภูมิเป็น 0°C ตลอดเวลา อัตราพลังงานความร้อนที่ไหลผ่านวัสดุแต่ละแผ่นจะเท่ากันทำให้สามารถ คำนวณค่า K ของวัสดุได้

วัสดุตัวอย่างที่ทดลองมี 4 ชนิด พบว่าแต่ละชนิดมีค่า K ดังนี้ คือ กระจก $K = 0.92$ วัตต์/เมตร^๒ ความแตกต่าง 8 %, แคลเคลไรท์ $K = 0.25$ วัตต์/เมตร^๒ ความแตกต่าง 8 %, PMMA (บาง) $K = 0.195$ วัตต์/เมตร^๒ ความแตกต่าง 3 %, นิวิซี $K = 0.15$ วัตต์/เมตร^๒ ความแตกต่าง 6 %

จากผลการทดลองพอสรุปได้ว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นทั้งสองแบบสามารถนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาพฤติกรรมเชิงความร้อนของฉนวนความร้อนต่าง ๆ ได้

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา ๒๕๖๑

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

PAYON YOTINTEERACHAI : DEVELOPMENT OF SIMPLE INSTRUMENTS TO STUDY THE THERMAL CONDUCTIVITY OF MATERIAL. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.ANUNTASIN TACHAGUMPUCH, 81 PP.

Two types of simple instruments for study the thermal conductivity of insulators have been developed. Experimental results obtained have an error of less than 10 % , as aimed, compared with the vacuum pump method.

The first type has the heat source installed inside cubic box of material . Thermal energy is constantly transmitted to the 0 °C outer surface. At thermal equilibrium the temperature difference inside and outside material has been measured. For PMMA (Poly (methyl methacrylate)) the value of K obtained is 0.19 watts/m °C. This value is 4 % different from standard value .

For the second type instruments the thermal energy flowed through layer of materials. The top layer is PMMA of known K value, which the upper surface is maintained at 0 °C. In thermal equilibrium, the rate of flow of thermal energy through each layer is equal, thus the value of K can be calculated.

For the four materials under tested, the following values of K have been found : glass, K = 0.92 watts/m °C, error = 8 %; Bakelite, K = 0.25 watts/m °C, error = 8 %; PMMA (thin), K = 0.195 watts/m °C , error = 3 %; PVC K = 0.15 watts/m °C, error = 6 %.

The results obtained show that both types of these instruments can be used in laboratories to study the thermal conductivity of insulators.

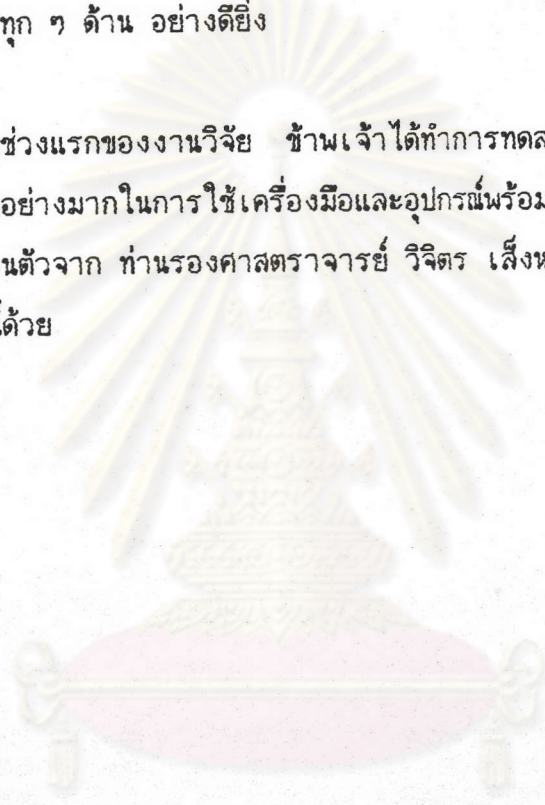
ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา ๒๕๓๑

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

กิตติกรรมประกาศ

การที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้นั้น ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน อย่างดียิ่ง

อนึ่งในช่วงแรกของงานวิจัย ข้าพเจ้าได้ทำการทดลองอยู่ในห้อง Lab NMR. ได้รับความสะดวกอย่างมากในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์รวมทั้งได้แนวคิดในงานวิจัย แนวคิดในเรื่องส่วนตัวจาก ท่านรองศาสตราจารย์ วิจิตร เล็งหะพันธ์ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านไว้ ณ. ที่นี้ด้วย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ	ฅ-ญ
รายการรูปประกอบ	ฎ-ฏ
บทที่ 1 บทนำและทฤษฎี	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ทฤษฎีทั่วไปเกี่ยวกับสภาพการนำความร้อนของ โฟนอน .	3
1.3 การส่งผ่านความร้อน	6
1.3.1 การนำความร้อน	6
1.3.1.1 สมการพื้นฐานของการนำความร้อน	6
1.3.1.2 สมการการนำความร้อนในนิกัต์อื่น	10
1.3.1.3 เงื่อนไขขอบเขต	11
1.4 หลักเกณฑ์ในการวัดสภาพการนำความร้อน	14
1.4.1 เครื่องกำเนิดความร้อนอยู่ในกึ่งกลาง	
กล่องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หนา L	15
1.5 คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง	17
บทที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือและผลการทดลอง	20
2.1 เครื่องมือแบบที่หนึ่ง	20
2.1.1 ตัวกล่องลูกบาศก์ PMMA	20
2.1.2 เครื่องกำเนิดความร้อน	21
2.1.3 การเตรียมการก่อนการทดลอง	22

สารบัญ

หน้า

2.1.4	การทดลองและผลการทดลอง	23
2.1.5	สรุปผลการทดลองแบบที่หนึ่ง	29
2.2	เครื่องมือแบบที่สอง	30
2.2.1	กล่องพลาสติกใส PMMA	31
2.2.2	โครมอลูมิเนียม	32
2.2.3	แหล่งกำเนิดความร้อน	33
2.2.4	ไมโครไฟเบอร์, พลาสติก, พีวีซี และโฟม .	33
2.2.5	การเตรียมการทดลอง	35
2.2.6	การทดสอบเครื่องมือและผลการทดลอง	36
บทที่ 3	การวัดค่า K ของวัสดุในสุญญากาศ	42
3.1	การเตรียมการทดลองและผลการทดลอง	42
3.2	แสดงการหาค่าปริมาณความร้อนที่สูญเสียไป	48
3.3	แสดงการหาค่า K ของวัสดุเมื่อห้กปริมาณความร้อน ที่สูญเสียไป	51
3.4	แสดงค่าเปรียบเทียบการวัดค่าสภาพการนำความร้อน ของการทดลองทั้งสามแบบ	59
บทที่ 4	การเปรียบเทียบผลการทดลองกับการคำนวณที่ได้จากทฤษฎี ..	61
4.1	สมการเดอบาย	61
4.2	ฟังก์ชันของความเร็วเสียงในโมล	62
4.3	ตัวอย่างการคำนวณเทียบกับผลการทดลอง	65

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	การเคลื่อนย้ายพลังงานโดยพาหะโฟนอนในระนาบ X	3
1.2	แสดงอัตราการเปลี่ยนความร้อน	7
1.3	เงื่อนไขขอบเขตชนิดแรก 1-มิติ	11
1.4	เงื่อนไขขอบเขตชนิดที่สอง 1-มิติ	12
1.5	เงื่อนไขขอบเขตชนิดที่สาม 1-มิติ	13
1.6	แสดงการไหลของพลังงานความร้อนเมื่อ A (X) เป็นฟังก์ชัน กับความหนา L	15
1.7	แสดงการทดสอบคุณลักษณะของเทอร์มิสเตอร์สองตัว	17
1.8	แสดงคุณลักษณะของเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองที่ใช้ในการทดลอง ..	17
2.1	(a) แสดงการบรรจุเครื่องกำเนิดความร้อนเข้าในกล่อง ..	21
	(b) กล่องลูกบาศก์ PMMA หลังจากประกอบเรียบร้อยแล้ว .	21
2.2	(a) แสดงการประกอบเครื่องกำเนิดความร้อนและส่วนของ แบคเคิลไรท์	22
	(b) เครื่องกำเนิดความร้อนเมื่อประกอบเสร็จ	22
2.3	แสดงการเตรียมการทดลองแบบที่หนึ่ง	23
2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจริง (Q) ที่ไหลผ่าน PMMA และอุณหภูมิในสถานะคงตัวครั้งที่ 1	27
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจริง (Q) ที่ไหลผ่าน PMMA และอุณหภูมิในสถานะคงตัวครั้งที่ 2	28
2.6	แสดงหลักการของการทดลองแบบที่สอง	30
2.7	แสดงลักษณะกล่อง PMMA ขนาด 25 ซม. x 25 ซม. x 16 ซม.	31
2.8	แสดงลักษณะโครงอลูมิเนียม	32
2.9	แสดงลักษณะของเครื่องกำเนิดความร้อน	33

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.10	(a) การวางกล่อง PMMA ลงบนวัสดุที่ต้องการทราบค่า K .	34
	(b) แสดงการประกอบฉนวนกันความร้อน	34
2.11	แสดงการเตรียมเครื่องมือทดลอง	35
2.12	แสดงการทดลองเพื่อทดสอบเครื่องมือ	36
2.13	แสดงการฝังเทอร์มิสเตอร์ไว้กับฐานกล่อง	38
2.14	แสดงลักษณะอุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากช่องว่างของอากาศ	41
2.15	กราฟแสดงค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ จากตาราง 2.9	43
3.1	แสดงการจัดวางเครื่องมือ	45
3.2	การจัดวางอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณความร้อนที่สูญเสียไป	48
3.3	แสดงค่าเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่สูญเสียทั้งสองวิธี	50
3.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น PVC กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 1	53
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น PVC กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 2	54
3.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น กระจกกับอุณหภูมิ ครั้งที่ 1	55
3.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น กระจกกับอุณหภูมิ ครั้งที่ 2	56
3.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น แบคเคลไลท์กับอุณหภูมิ	57
3.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านวัสดุ ชนิดต่าง ๆ กับอุณหภูมิ	58

รายการประกอบ

ตารางที่	หน้า
1.1	แสดงคุณลักษณะของเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัวที่ใช้ในการทดลอง .. 18
2.1	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 24
2.2	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 24
2.3	แสดงค่าความร้อนที่ไหลผ่าน PMMA ครั้งที่ 1 26
2.4	แสดงค่าความร้อนที่ไหลผ่าน PMMA ครั้งที่ 2 26
2.5	แสดงผลการคำนวณค่า K ของ PMMA จากสมการ (2.3) .. 29
2.6	แสดงผลการทดลองของเครื่องมือแบบที่ 2 38
2.7	แสดงผลการทดลองของเครื่องมือแบบที่ 2 ภายหลังแก้ไขข้อผิดพลาด แล้ว 39
2.8	แสดงผลการทดลองวัดค่า K พลาสติก PMMA จำนวน 1, 2 และ 3 แผ่น 40
2.9	แสดงผลการทดลองของเครื่องวัดแบบที่สอง 42
3.1	แสดงผลการทดลองวัดค่า K ของ PMMA 46
3.2	แสดงผลการทดลองวัดค่า K ของแผ่น PVC 46
3.3	แสดงผลการทดลองของกระจก 47
3.4	แสดงผลการทดลองของแบคเคลไลท์ 47
3.5	แสดงค่าพลังงานความร้อนจริงที่ผ่านแผ่น PVC 51
3.6	แสดงค่าพลังงานความร้อนจริงที่ผ่านแผ่นกระจก 52
3.7	แสดงค่าพลังงานความร้อนที่ผ่านแบคเคลไลท์ 52
3.8	แสดงค่า K ของวัสดุชนิดต่าง ๆ ในการทดลองแบบ สุญญากาศ 59
3.9	แสดงการเปรียบเทียบค่าสภาพการนำความร้อนของ การทดลองทั้งสามแบบ 60

		ฉ
รายตารางประกอบ		
ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงอัตราส่วนปัวซองของโพลีเมอร์ชนิดต่าง ๆ	63
4.2	แสดงค่าราวฟังก์ชัน (Rao function) ในหน่วย $\text{cm}^{10/3}/\text{S}^{1/3} \cdot \text{mol}$	64



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย