บทที่ 3

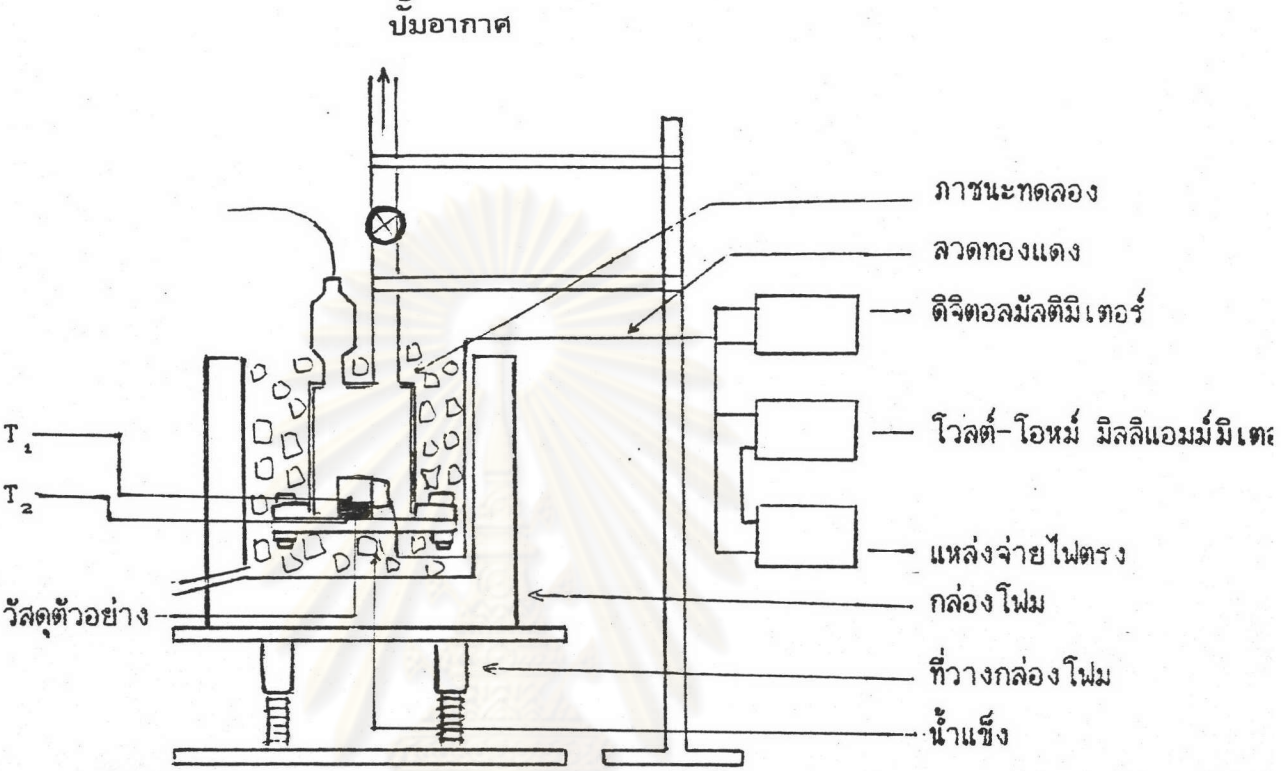
การวัดค่า K ของวัสดุในสุญญากาศ

เพื่อให้ทราบว่าค่า K ของวัสดุต่าง ๆ ที่ทดลองได้ในบทที่ 2 นั้นมีค่าถูกต้องอยู่ในขอบเขตที่ต้องการแค่ไหน จึงใช้วิธีการวัดค่า K ในสุญญากาศ ซึ่งได้ปรับปรุงขึ้นจากผลงานที่ได้มาทำแล้ว นำผลการทดลองทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบ ทำให้เราทราบว่าเครื่องมือและวิธีการวัดทั้งสองแบบให้ผลการทดลองใกล้เคียงกัน คือมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 %

3.1 การเตรียมการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองเริ่มจากการนำวัสดุที่ต้องการทราบค่า K มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดกว้าง 2 ซ.ม. ยาว 2 ซ.ม. หนาไม่ควรเกิน 2 ซ.ม. เสร็จแล้วจึงแต่งขอบให้เรียบพร้อมกับทำความสะอาดผิวด้วยแอลกอฮอ หลังจากนั้นนำไปวางในภาชนะกระบอกทองเหลือง และวางทับด้วยเครื่องกำเนิดความร้อนโดยทาซิลิโคลนชนิดนำความร้อนระหว่างผิวสัมผัสของผนังภาชนะกับวัสดุตัวอย่างและผิวเครื่องกำเนิดความร้อนกับวัสดุตัวอย่าง จากนั้นปิดกระบอกทองเหลืองให้แน่นแล้วประกอบกับส่วนอื่นดังแสดงในรูป 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.1 แสดงการจัดวางเครื่องมือ

การทดลองเริ่มโดยปั๊มอากาศออกให้เหลือความดันภายในประมาณ 10^{-2}ทอร์ จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเครื่องกำเนิดความร้อน กระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้จะต้องมีค่าคงที่ เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสภาวะคงตัว (Steady) ให้บันทึกอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุตัวอย่าง T_1 ส่วน T_2 จะเป็น 0 °C ตลอดเวลา บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ หลังจากนั้นจึงเพิ่มกระแสไฟฟ้าขึ้นไปอีก จะทำให้ปริมาณความร้อนในเครื่องกำเนิดความร้อนเพิ่มขึ้น จนถึงสภาวะคงตัวอีกครั้ง จึงบันทึกข้อมูลครั้งที่ 2 และเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นไปอีกเป็นครั้งที่สาม, สี่, ห้า ..... แล้วแต่ความเหมาะสม ซึ่งผลการทดลองแสดงในตาราง 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4.

ตาราง 3.1 แสดงผลการทดลองวัดค่า K ของ PMMA

PMMA มี L/A = 0.242 x 10^{2} m^{-1} *(L = ความหนา, A = พื้นที่หน้าตัด)

วัดค่า K ของ PMMA ครั้งที่ 1		วัดค่า K ของ PMMA ครั้งที่ 2	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)	อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน (วัตต์)
8.40	0.108	4.16	0.055
12.00	0.162	10.80	0.150
15.51	0.213	12.60	0.174
17.76	0.242	14.30	0.210
21.48	0.299	20.34	0.291

ตาราง 3.2 แสดงผลการวัดค่า K ของแผ่น PVC

PVC มี L/A = 0.126 x 10^{2} m^{-1}

วัดค่า K ของ PVC ครั้งที่ 1		วัดค่า K ของ PVC ครั้งที่ 2	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)	อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน (วัตต์)
8.31	0.150	5.65	0.1004
11.00	0.200	11.98	0.220
13.63	0.250	14.15	0.260
16.27	0.301	16.02	0.298
20.32	0.362	21.10	0.408

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดลองของกระจก L/A = Ø.136 x 10^{2} m^{-1}

วัดค่า K ของ กระจก ครั้งที่ 1		วัดค่า K ของ กระจก ครั้งที่ 2	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)	อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน (วัตต์)
6.62	Ø.441	1.74	Ø.119
8.76	Ø.586	2.32	Ø.161
13.13	Ø.9Ø3	7.28	Ø.5Ø1
16.23	1.1Ø2	9.46	Ø.652
18.64	1.295	11.66	Ø.8Ø2

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดลองของแบคเคลไลท์

แบคเคลไลท์ L/A = Ø.115 x 10^{2} m^{-1}

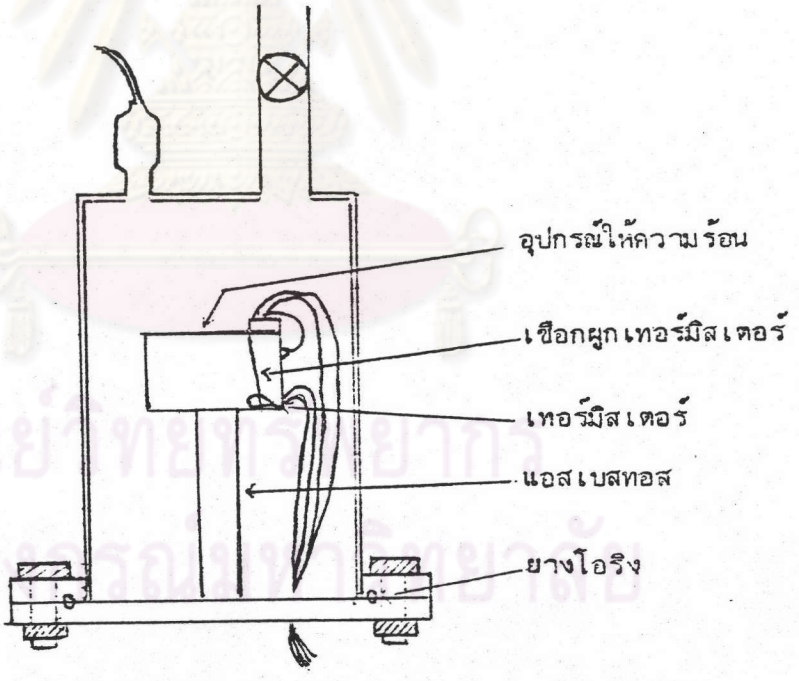
วัดค่า K ของ แบคเคลไลท์ ครั้งที่ 1	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)
5.43	Ø.15Ø
7.27	Ø.2ØØ
8.83	Ø.251
12.25	Ø.35
18.15	Ø.521

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อนที่เสียไป

ในการวัดสภาพการนำความร้อนของสารตัวอย่างในสุญญากาศนี้จะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีและการนำความร้อนของลวดทองแดง นอกจากนี้ในขณะทดลองยังสูบอากาศออกตลอดเวลาทำให้เกิดการพาความร้อนเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้จึงต้องหาค่าปริมาณความร้อนที่เสียไป ซึ่งเราจะหาสองวิธีแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

วิธีที่หนึ่งคือใช้วิธีเดิม แบบที่เคยทำมาแล้วโดยใช้แอสเบสทอสที่มีส่วนสูงมากกว่าพื้นที่หน้าตัดหลายเท่า ทำให้พลังงานความร้อนไหลผ่านแอสเบสทอสน้อยมาก เมื่อเทียบกับการสูญเสียความร้อนโดยวิธีอื่น เราจัดวางอุปกรณ์ดังรูป 3.2



รูป 3.2 การจัดวางอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณความร้อนที่เสียไป

ส่วนวิธีการทดลองเหมือนกับวิธีการวัดสภาพการนำความร้อนของวัสดุตัวอย่างในหัวข้อที่กล่าวแล้ว ซึ่งจะได้ปริมาณความร้อนที่เสียไป ($\dot{q}'$) แปรตามอุณหภูมิ (T) ดังสมการ

$$\text{ปริมาณความร้อนที่เสียไป } (\dot{q}') = 6.52 \times 10^{-3} T \qquad (3.2.1)$$

จากนั้นอาจคำนวนค่า K ได้จากสมการ (1.5.4)

$$K = (L/A)\partial Q^{\circ} / \partial T \qquad (3.2.2)$$

โดย Q° เป็นความร้อนที่ผ่านสารตัวอย่าง
ถ้าให้ $\dot{q}''^{\circ}$ เป็นกำลังงานไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ทดลอง และ $\dot{q}'$ เป็นความร้อนที่เสียไป
จะได้ $Q^{\circ} = \dot{q}''^{\circ} - \dot{q}'$

ดังนั้นสมการ (3.2.2) จะกลายเป็น

$$K = (L/A)\frac{\partial}{\partial T}(\dot{q}''^{\circ} - \dot{q}') \qquad (3.2.3)$$

วิธีที่สอง เราให้ค่า K ของ PMMA เท่ากับ 0.19 Watts/m $^{\circ}$C ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยตามผลการทดลองแบบที่หนึ่งในบทที่สอง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 3.1 พบว่า

$$\frac{\partial \dot{q}''^{\circ}}{\partial T} \text{ (เฉลี่ย)} = 0.01374 \text{ Watts/}^{\circ}\text{C}$$

จากสมการ (3.2.3) เขียนใหม่ได้ว่า

$$K = (L/A)\,(\partial \dot{q}''^{\circ} / \partial T) - (\partial \dot{q}' / \partial T)$$

$$(\partial \dot{q}' / \partial T) = (\partial \dot{q}''^{\circ} / \partial T) - K/(L/A) \qquad (3.2.4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟจะพบว่าค่าของปริมาณความร้อนที่เสียไปแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งเป็นการยืนยันความถูกต้องได้ แต่ค่า $\dot{q}$ ที่จะนำไปใช้ในการทดลอง จะใช้ $\dot{q}$ จากสมการ (3.2.5) เนื่องจากคิดว่ามีความถูกต้องที่สุดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในการทดลองแบบที่หนึ่ง

3.3 แสดงการหาค่า K ของวัสดุเมื่อหักปริมาณความร้อนที่เสียไป

จากผลการทดลองในตาราง (3.2),(3.3) และ (3.4) จะหักปริมาณความร้อนที่เสียไป ($\dot{q}$) จากสมการ (3.2.5) เพื่อให้เหลือแต่ปริมาณความร้อนที่ผ่านเนื้อวัสดุจริง จากนั้นจึงนำไปหาค่าความร้อนเพื่อนำมาคำนวณหาค่า K จากสมการ

$$K(T) = (L/A)dQ/dT \qquad (3.3.1)$$

ตาราง 3.5 แสดงค่าพลังความร้อนจริงที่ผ่านแผ่น PVC

วัดค่า K ของ PVC ครั้งที่ 1		วัดค่า K ของ PVC ครั้งที่ 2	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)	อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน (วัตต์)
8.316	0.101	5.651	0.067
11.00	0.135	10.985	0.149
13.630	0.170	14.150	0.176
16.271	0.205	16.025	0.203
20.321	0.242	21.105	0.283

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

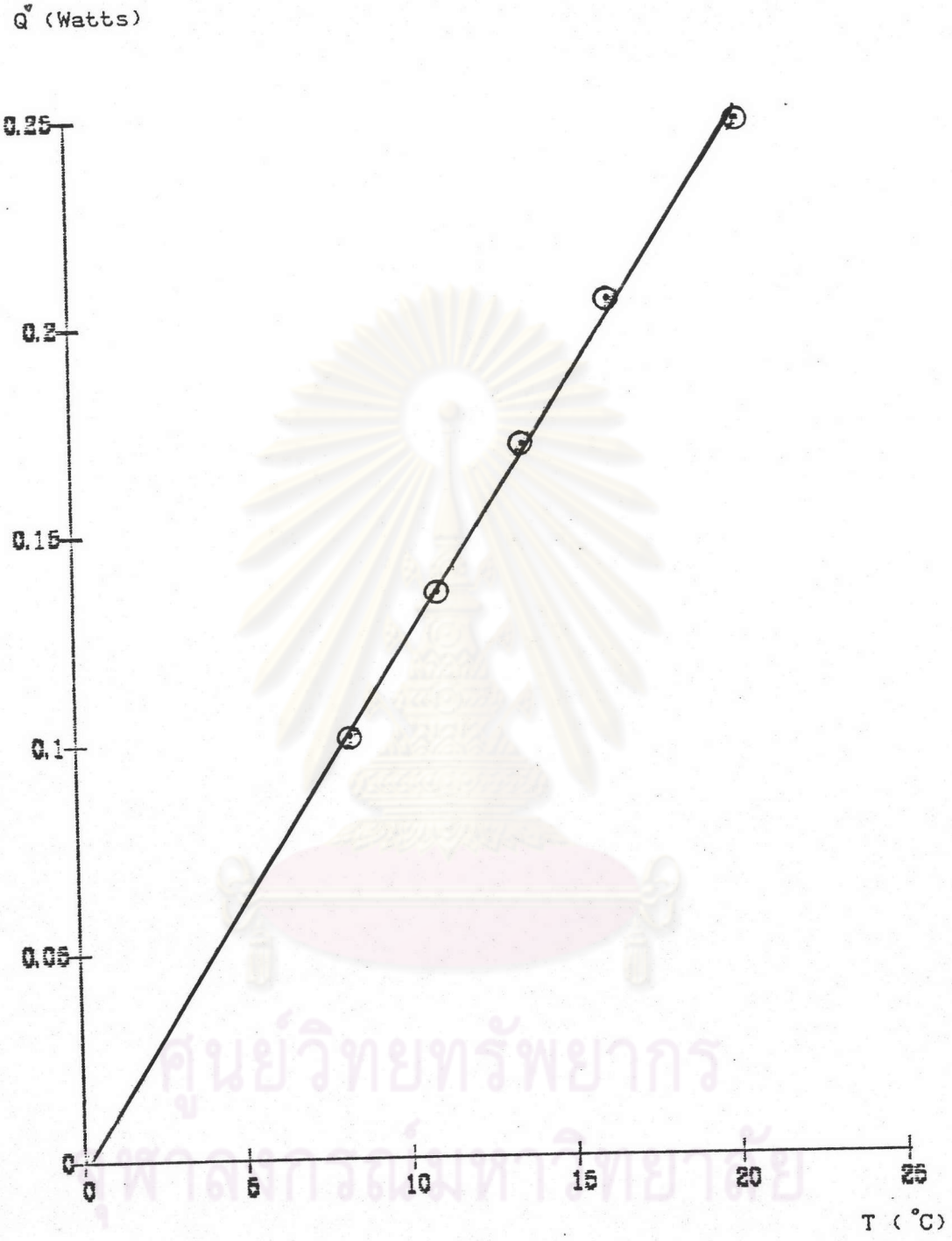
ตาราง 3.6 แสดงค่าพลังงานความร้อนจริงที่ผ่านแผ่นกระจก

วัดค่า K ของ กระจก ครั้งที่ 1		วัดค่า K ของ กระจก ครั้งที่ 2	
อุณหภูมิ (°C)	ความร้อน(วัตต์)	อุณหภูมิ (°C)	ความร้อน (วัตต์)
6.62	Ø.4Ø2	1.74	Ø.1Ø9
8.76	Ø.534	2.32	Ø.147
13.13	Ø.825	7.28	Ø.458
16.23	Ø.ØØ6	9.46	Ø.596
18.64	1.154	11.66	Ø.733

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าพลังงานความร้อนจริงที่ผ่าน เบคเคลไลท์

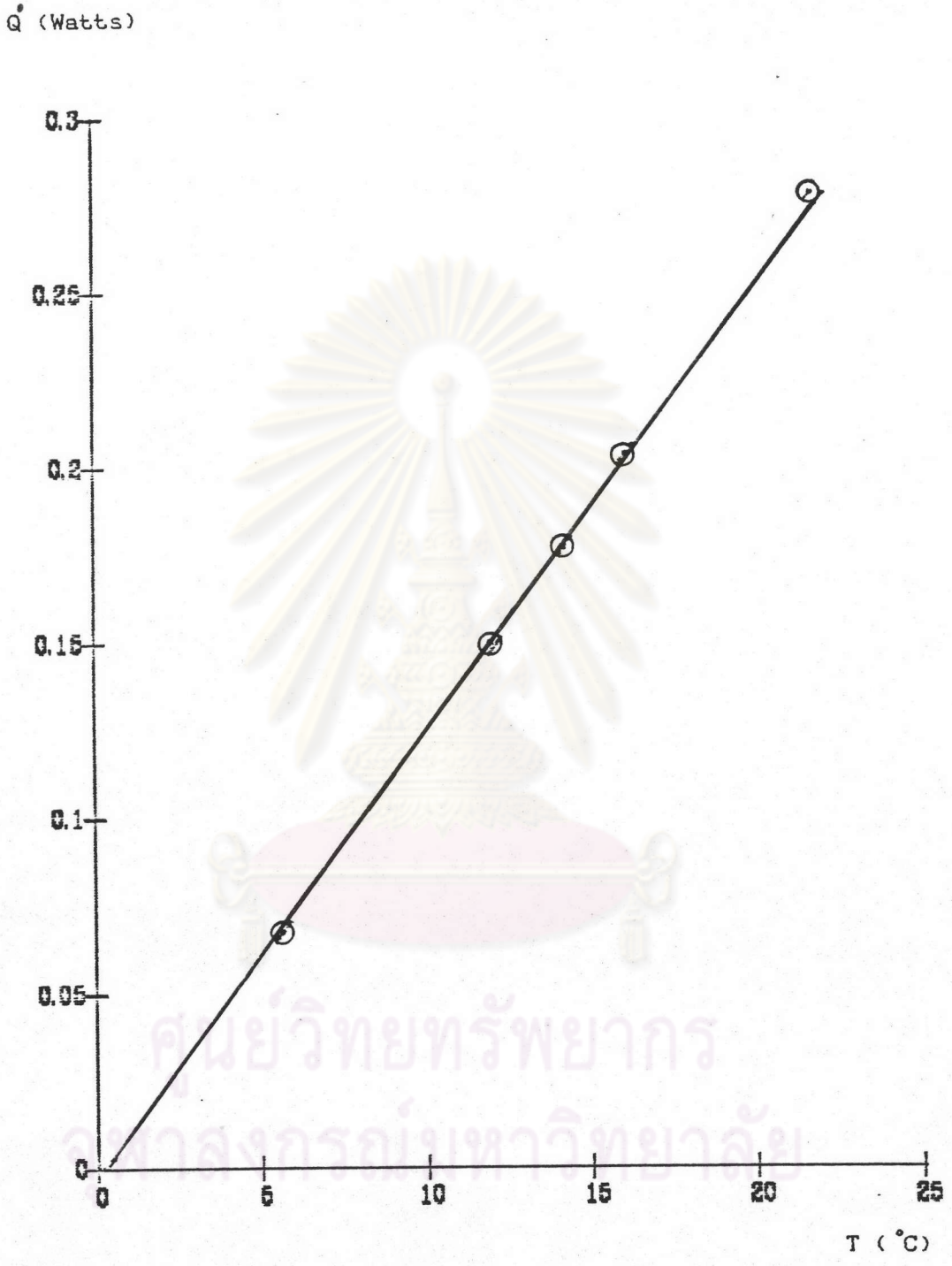
วัดค่า K ของ เบคเคลไลท์ ครั้งที่ 1	
อุณหภูมิ (°C)	พลังงานความร้อน(วัตต์)
5.43	Ø.118
7.27	Ø.157
8.83	Ø.199
12.25	Ø.278
18.15	Ø.414

นำข้อมูลจากตาราง (3.5), (3.6) และ (3.7) ไปเขียนกราฟเพื่อหาความชัน



รูป 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่น PVC กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

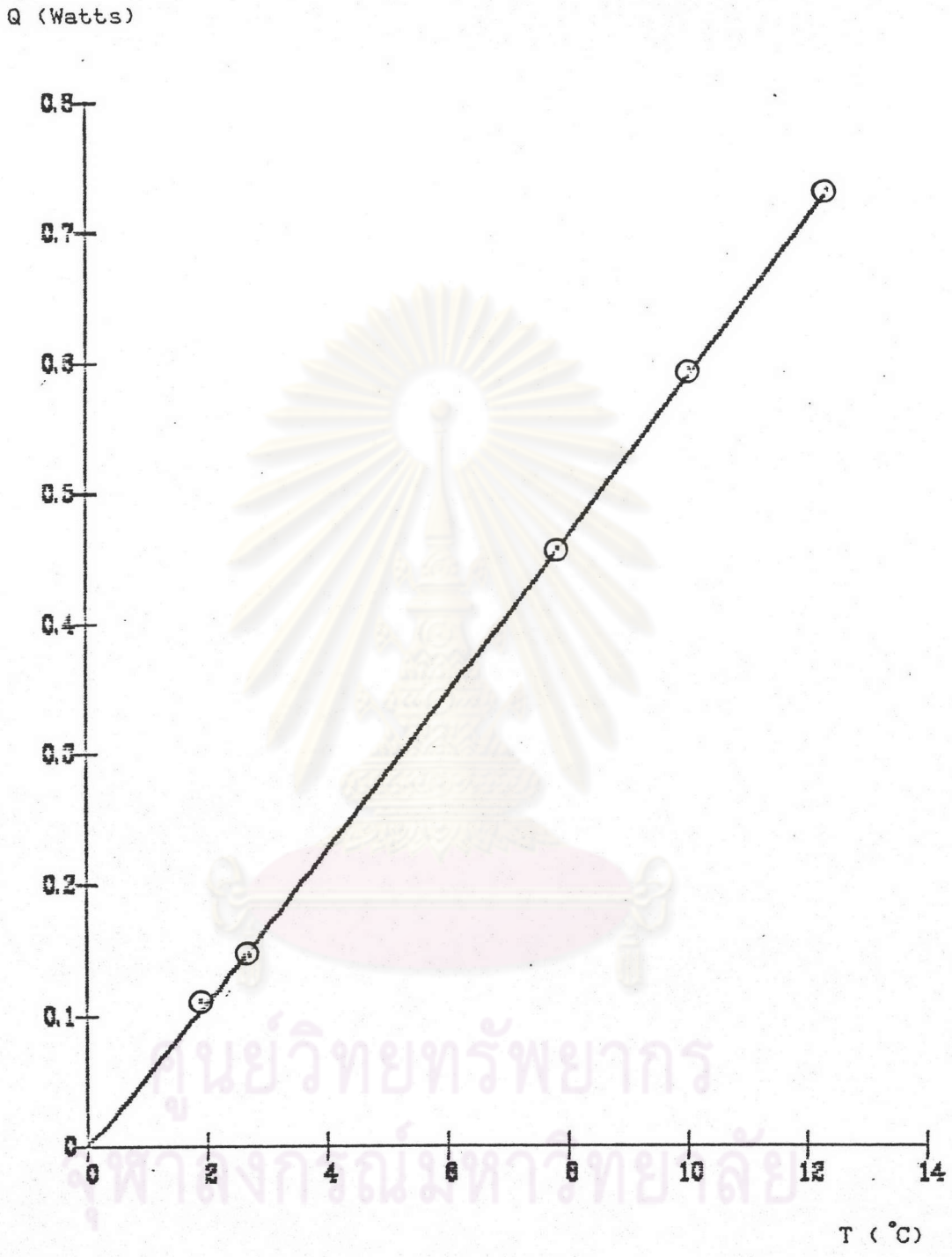


รูป 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานร้อนที่ผ่านแผ่น PVC กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

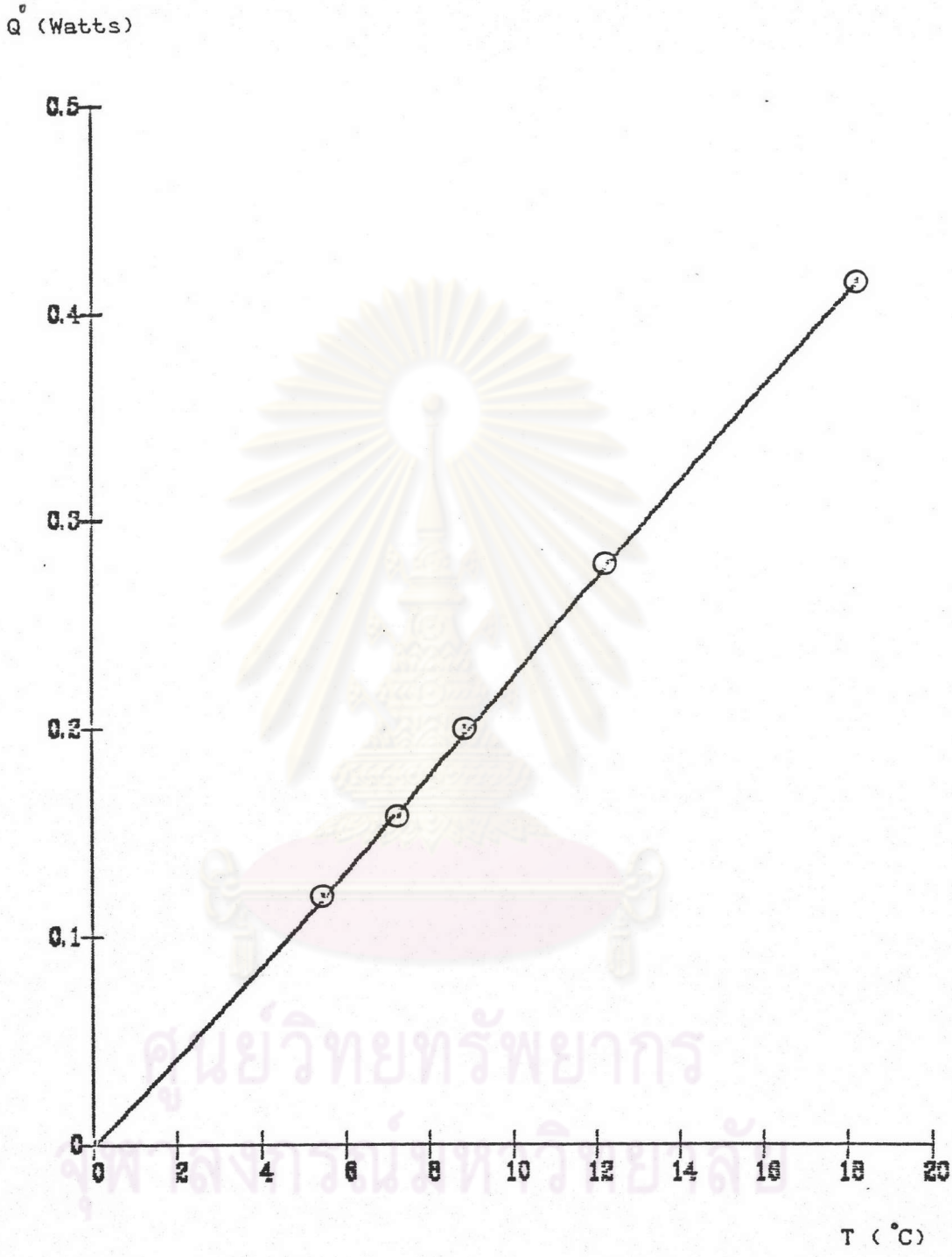
รูป 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่นกระจก กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



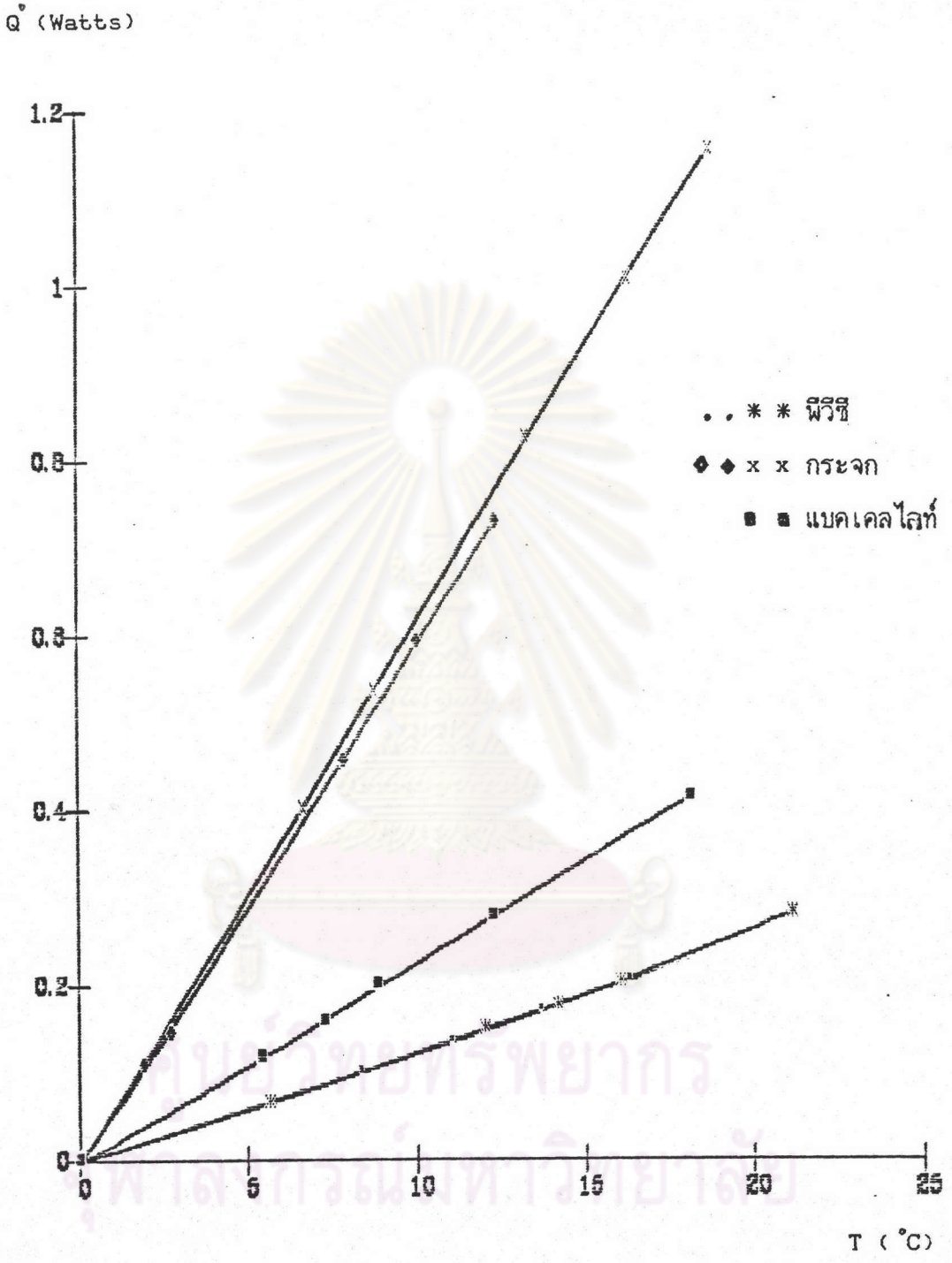
รูป 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่นกระจก
กับอุณหภูมิ ครั้งที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่นแบคเคลไลท์กับอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ผ่านแผ่นวัสดุชนิดต่าง ๆ กับอุณหภูมิ

นำข้อมูลทั้งหมดคำนวณจากสมการ (3.5.1) ซึ่งผลการทดลองแสดงใน ตาราง 3.8

ตาราง 3.8 แสดงค่า K ของวัสดุชนิดต่าง ๆ ในการทดลองแบบสุญญากาศ

ชื่อวัสดุ	ทดลองครั้งที่	L/A (m^{-1})	ความชัน ($\partial Q/\partial T$)	K (Watts/m°C)	K (เฉลี่ย)
PVC	1	12.6	0.0124	0.156	0.16 ± 0.008
PVC	2	12.6	0.0129	0.163	
กระจก	1	13.6	0.0618	0.841	0.85 ± 0.008
กระจก	2	13.6	0.0630	0.857	
เบคเคลไลท์	1	11.5	0.0220	0.25	0.25

3.4 แสดงค่าเปรียบเทียบการวัดค่าสภาพการนำความร้อนของการทดลองทั้งสามแบบ

จากการทดลองทั้งสามแบบ สามารถเปรียบเทียบการวัดค่า K ของแต่ละวิธีได้ตามตาราง 3.9 ซึ่งค่าความแตกต่าง จะอาศัยการทดลองแบบสุญญากาศ (แบบที่สาม) เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าสภาพการนำความร้อนของการทดลองทั้งสามแบบ

ชนิดของวัสดุ	การทดลอง แบบที่ 1	การทดลอง แบบที่ 2	การทดลอง แบบที่ 3	ค่าความแตกต่าง
กระจก	-	Ø.92 ± Ø.ØØ1	Ø.85 ± Ø.ØØ9	8 %
แบคเคลไลท์	-	Ø.27 ± Ø.ØØ5	Ø.25	8 %
PMMA	Ø.19	Ø.195(บาง)		3 %
พีวีซี	-	Ø.17 ± Ø.ØØ1	Ø.16 ± Ø.ØØ3	6 %

หมายเหตุ ค่าสภาพการนำความร้อน (K) มีหน่วยเป็น Watts/m. °c

จากตารางเปรียบเทียบ 3.9 พอจะสรุปได้ว่าเครื่องมือและวิธีการทดลองทั้งสองแบบที่พัฒนาขึ้น มีความเชื่อถือได้พอสมควร มีความเที่ยงตรงพอที่จะนำไปศึกษาพฤติกรรมเชิงความร้อนในวัสดุชนิดต่าง ๆ ทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย