

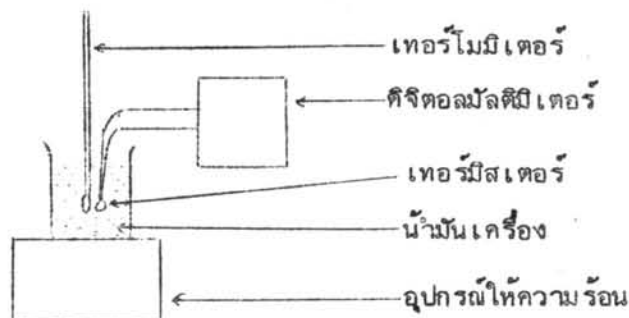


การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองวัดสภาพนำความร้อนของสารตัวอย่าง เราใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ รายละเอียดเกี่ยวกับการหาคุณสมบัติประจำตัวของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ทดลองได้กล่าวในหัวข้อข้างล่าง วิธีทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของซิลิกอน ผลึกกึ่งตัวนำ และทองแดงเพื่อนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของพาหะของสารเหล่านี้และการวัดสภาพนำความร้อนของพลาสติกและกระจกใสได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

3.1 การทดสอบคุณสมบัติประจำตัวของเทอร์มิสเตอร์

อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิผิวบนของสารตัวอย่างคือเทอร์มิสเตอร์ การวิจัยในครั้งนี้ใช้เทอร์มิสเตอร์เบอร์ YSI 44008 คุณสมบัติที่สำคัญของเทอร์มิสเตอร์คือความต้านทานมีค่าเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป สำหรับเทอร์มิสเตอร์เบอร์นี้มีคุณสมบัติประจำตัว (คือความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ) ของบริษัทผู้ผลิตอยู่แล้ว แต่จะต้องทดสอบก่อนว่าใกล้เคียงกับการทดลองเพียงไร เพื่อความสะดวกจะทดสอบในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 50°C อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ชนิดสเกลละเอียด 0 - 50°C อุปกรณ์ให้ความร้อน น้ำมันเครื่อง เครื่อง ปีกเกอร์ และคิวิตอล มิลลิเมตร จัดอุปกรณ์สำหรับทดลองดังรูป 3.1

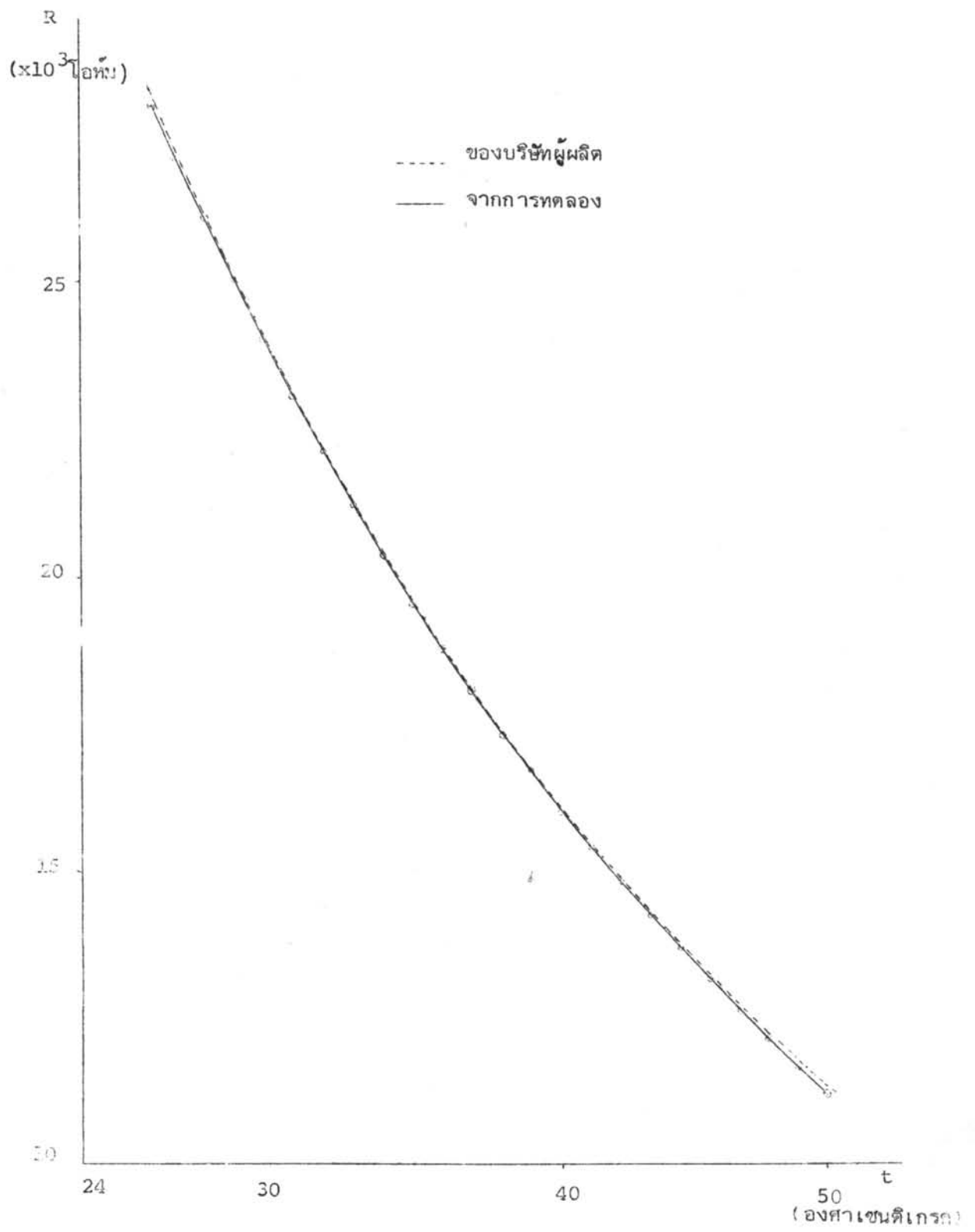


รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของอุปกรณ์ที่ทดลองหาคุณสมบัติประจำตัวของเทอร์มิสเตอร์

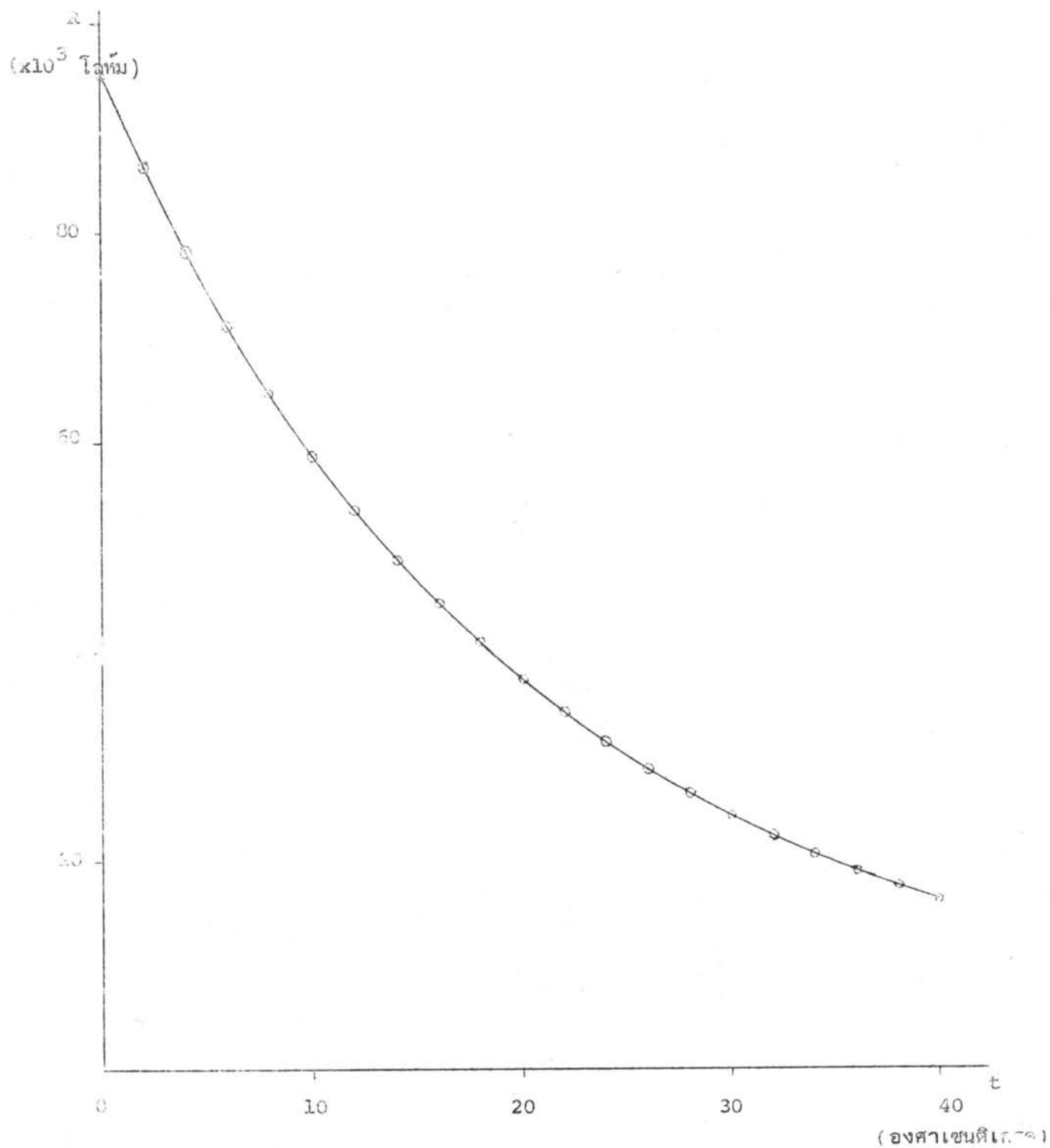
ให้ความร้อนแก่น้ำมันเครื่องในบีกเกอร์จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 50°C ปล่อยให้ น้ำมันค่อย ๆ เย็นลง วัดความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ จาก 50°C ลงมาจนถึงอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 27°C) ให้แต่ละช่วงห่างกัน 1°C บันทึกค่าความต้านทานและอุณหภูมิที่อ่านได้ ในขณะที่ทดลองต้องคณน้ำมันบ่อย ๆ เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำมันมีค่าเท่ากันทุก ๆ แห่ง ทดลองซ้ำอีกครั้ง ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 เขียนกราฟคุณสมบัติประจำตัวของเทอร์มิสเตอร์จากผลการทดลองกับของบริษัทผู้ผลิต ดังแสดงในรูป 3.2 จากรูป 3.2 ปรากฏว่ากราฟทั้งสองใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นสามารถใช้คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ของบริษัทผู้ผลิตได้ นำคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ของบริษัทผู้ผลิตในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C และ -40°C ถึง -25°C มาเขียนกราฟระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ ดังแสดงในรูป 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองหาคุณสมบัติประจำตัวของเทอร์มิสเตอร์เบอร์ YSI 44008 ครั้งที่ 1

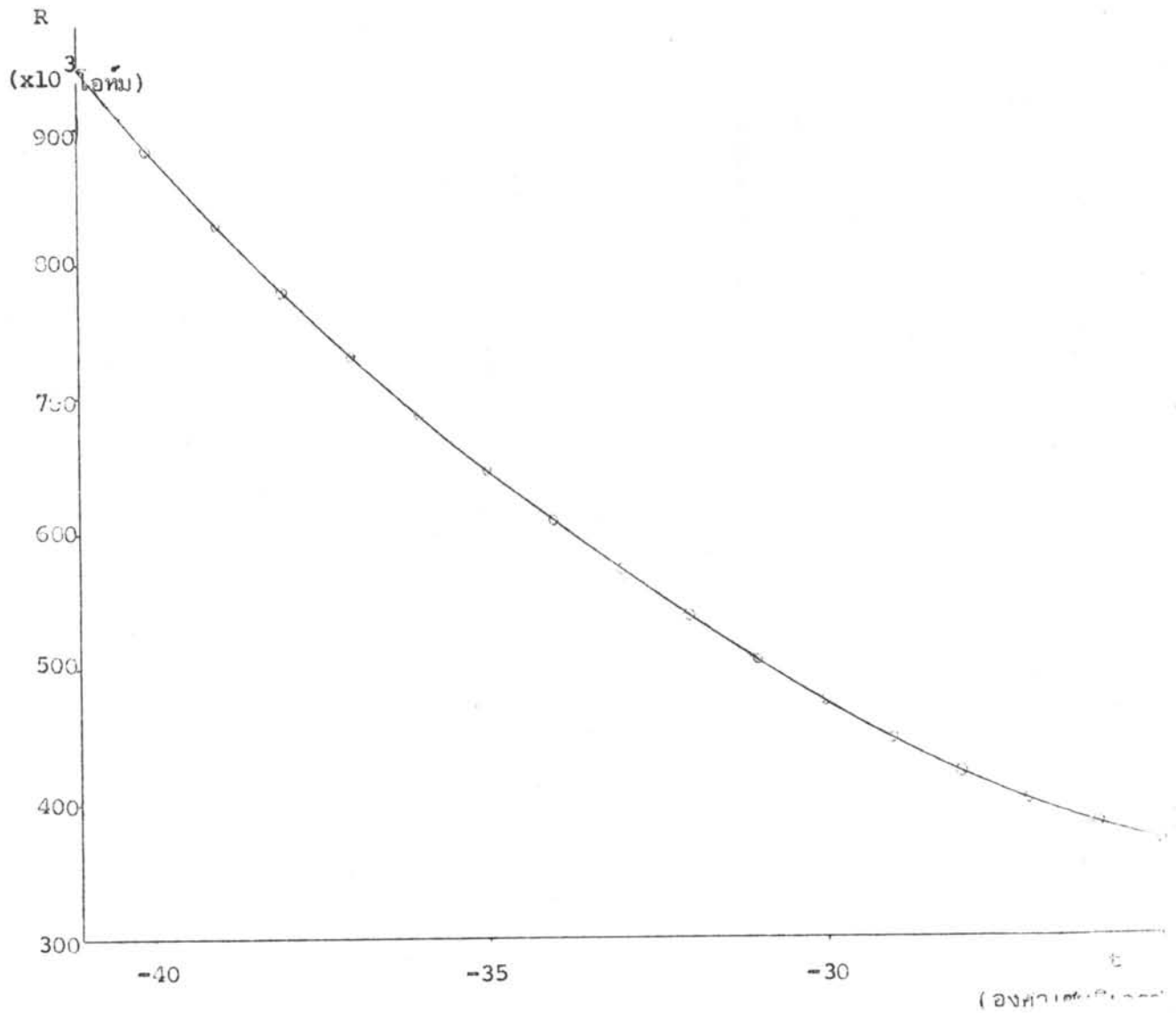
ความต้านทาน ($\times 10^3$ โอห์ม)	อุณหภูมิ (องศาเซนติเกรด)	ความต้านทาน ($\times 10^3$ โอห์ม)	อุณหภูมิ (องศาเซนติเกรด)
10.7	50	17.4	38
11.1	49	18.0	37
11.6	48	18.8	36
12.1	47	19.6	35
12.6	46	20.4	34
13.1	45	21.3	33
13.7	44	22.2	32
14.2	43	23.1	31
14.8	42	24.1	30
15.4	41	25.1	29
16.1	40	26.2	28
16.7	39	27.3	27



รูปที่ 3.2 คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ระหว่างอุณหภูมิ 27°C ถึง 50°C จากการทดลองเทียบกับของบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 3.3 คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ระหว่างอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C ของบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 3.4 คุณลักษณะของเทอร์มิสเตอร์ระหว่างอุณหภูมิ -40°C ถึง -25°C ของบริษัท ผู้ผลิต

ครั้งที่ 2

ความต้านทาน ($\times 10^3$ โอห์ม)	อุณหภูมิ (องศาเซนติเกรด)	ความต้านทาน ($\times 10^3$ โอห์ม)	อุณหภูมิ (องศาเซนติเกรด)
10.7	50	17.4	38
11.2	49	18.1	37
11.6	48	18.8	36
12.1	47	19.6	35
12.6	46	20.5	34
13.1	45	21.3	33
13.7	44	22.2	32
14.2	43	23.1	31
14.8	42	24.1	30
15.4	41	25.0	29
16.0	40	26.2	28
16.7	39	27.2	27

3.2 การวัดความต่างศักย์ของฮอลล์

3.2.1 ซิลิกอนสารตัวอย่าง

จัดอุปกรณ์ทดลองดังรูป 2.1 แต่ใช้ดีจิตอลมัลติมิเตอร์วัดความต่างศักย์ของฮอลล์แทนแวนเนียร์โพเทนชิโอมิเตอร์เพราะความต่างศักย์ของฮอลล์ของผลึกซิลิกอนสารตัวอย่างอยู่ในช่วงของมิลลิโวลต์ ใช้โวลต์-โอห์มมิลลิแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลึกซิลิกอนแทนดีจิตอลมัลติมิเตอร์ ปรับความต้านทานของกล่องความต้านทานให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

รถยนต์ไหลผ่านผลึกซิลิกอน 2 มิลลิแอมแปร์ บันทึกค่าความต่างศักย์ของจุดทั้งสองที่ใช้วัดความต่างศักย์ของฮอลล์ที่ยังไม่ได้ใส่สนามแม่เหล็ก ที่เป็นเช่นนี้เพราะจุดสองจุดที่ใช้วัดความต่างศักย์ของฮอลล์ไม่ตรงกัน ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กแก่ผลึกซิลิกอนค่าหนึ่งประมาณ 0.05 เทสลา (tesla) วัดความต่างศักย์ของจุดคู่เดิม ความต่างศักย์ที่เพิ่มขึ้นคือความต่างศักย์ของฮอลล์นั่นเอง บันทึกค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ที่วัดได้ เพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กให้สูงที่อีกค่าหนึ่งประมาณ 0.1 เทสลา และวัดความต่างศักย์ของสองจุดนี้ บันทึกค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ที่วัดได้ ทำเช่นนี้จนกระทั่งความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าประมาณ 0.5 เทสลา เพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลึกซิลิกอนเป็น 3 มิลลิแอมแปร์ ทดลองเหมือนกับที่กล่าวแล้วข้างต้น ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของผลึกซิลิกอนสารตัวอย่างที่อุดมหมู่มีห้อง

I = 2 มิลลิแอมแปร์		I = 3 มิลลิแอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
0	-74.5	0	-115.3
0.0486	-65.3	0.0518	-100.5
0.1037	-55.8	0.0928	-89.8
0.1652	-45.1	0.1352	-78.6
0.2270	-34.5	0.1842	-65.7
0.2790	-25.5	0.2352	-52.4
0.3367	-15.7	0.2921	-37.6
0.3842	-7.6	0.3517	-22.2
0.4452	+2.7	0.4034	-8.9
0.5180	+15.0	0.5188	+20.4

จากข้อมูลในตารางข้างบนนำมาเขียนกราฟระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็ก B และ ความต่างศักย์ V ดังแสดงในรูป 3.5 จากกราฟหาความชันได้ดังนี้ เมื่อ $I = 2$ มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 5.84 เทสลา โวลต์⁻¹ และเมื่อ $I = 3$ มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 3.86 เทสลา โวลต์⁻¹ ความชันของกราฟเหล่านี้คือ $\frac{B}{V_H}$ นั่นเอง จากสมการ (1.4.7) จะได้

$$n = \frac{I}{eb} \frac{B}{V_H} \quad (3.1)$$

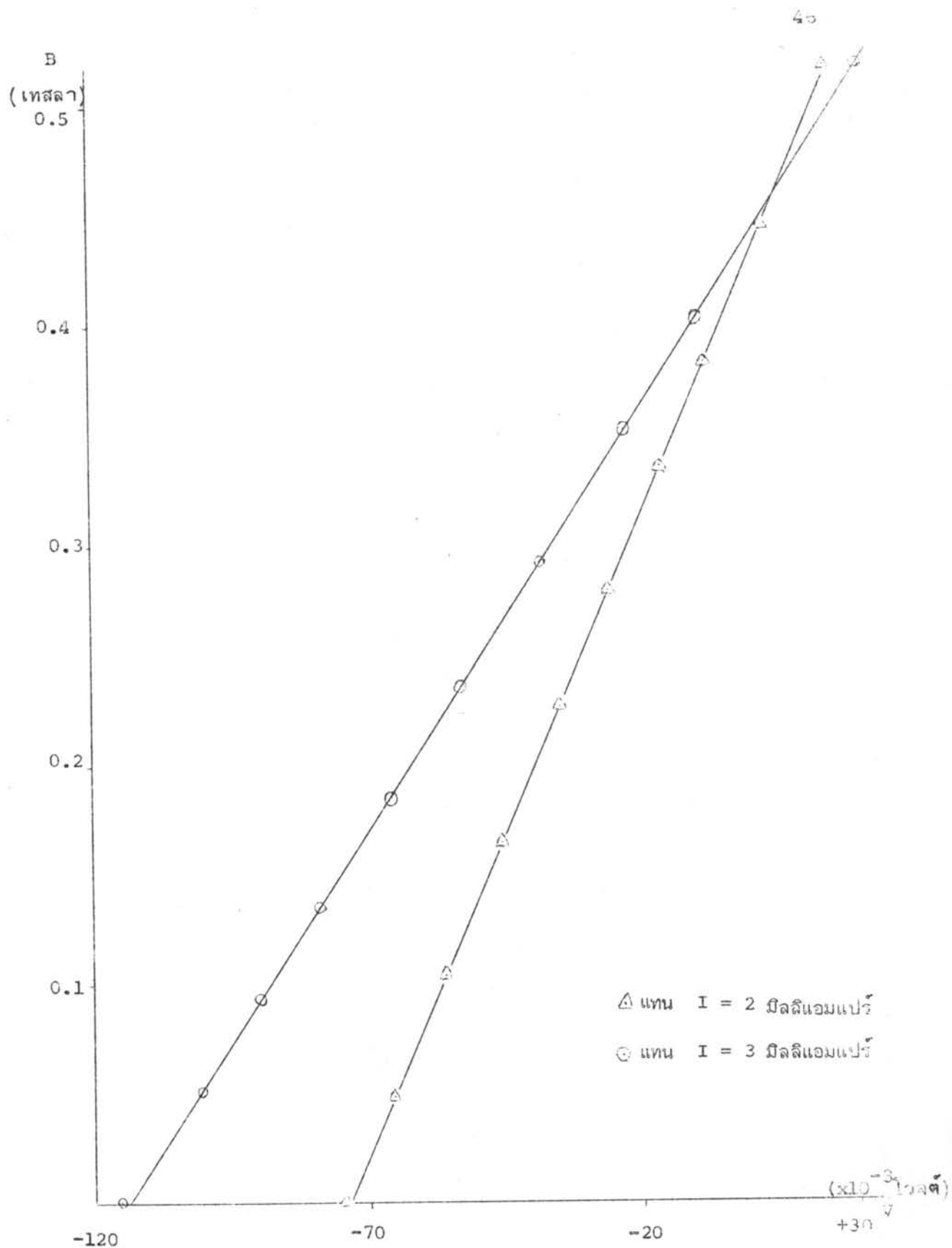
แทนค่า $I = 2 \times 10^{-3}$ แอมแปร์ $\frac{B}{V_H} = 5.84$ เทสลา โวลต์⁻¹
 $b = 0.1 \times 10^{-2}$ เมตร และ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ ในสมการข้างบน ได้

$$\begin{aligned} n &= \frac{2 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1 \times 10^{-2}} \times 5.84 \\ &= 7.30 \times 10^{19} \text{ เมตร}^{-3} \end{aligned}$$

เมื่อ $I = 3 \times 10^{-3}$ แอมแปร์ $\frac{B}{V_H} = 3.86$ เทสลา (โวลต์)⁻¹
 $b = 0.1 \times 10^{-2}$ เมตร และ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ แทนค่าในสมการ (3.1) ได้

$$\begin{aligned} n &= \frac{3 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1 \times 10^{-2}} \times 3.86 \\ &= 7.24 \times 10^{19} \text{ เมตร}^{-3} \end{aligned}$$

ความหนาแน่นเฉลี่ยของอิเล็กตรอนของผลึกซิลิกอนสารตัวอย่าง
 $= (7.27 \pm 0.03) \times 10^{19} \text{ เมตร}^{-3}$



รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของคู่อิเล็กตรอนที่ใช้
 วัดความต่างศักย์ฮอลล์ของผลึกซิลิกอนที่อุณหภูมิห้อง

3.2.2 ผลึกกิ่งตัวนำสารตัวอย่าง

จัดอุปกรณ์ทดลองดังรูป 2.1 ใช้เวอเนียร์โพเทนชิโอมิเตอร์วัดความต่างศักย์ของฮอลล์และใช้ดีจิตอลมัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลึกกิ่งตัวนำสารตัวอย่าง วิธีการทดลองเหมือนกับกรณีของผลึกซิลิกอนแต่ให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลึกกิ่งตัวนำมีค่า 4 และ 5 มิลลิแอมแปร์ ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 3.3 สำหรับการทดลองที่อุณหภูมิ 77°K นั้นให้ผลึกกิ่งตัวนำแช่อยู่ในไนโตรเจนเหลว ค่อย ๆ เทไนโตรเจนเหลวอย่างช้า ๆ ในโหมซึ่งใช้เป็นที่ใช้ไนโตรเจนเหลวจนกระทั่งไนโตรเจนเหลวท่วมภาชนะสารตัวอย่าง การที่เทไนโตรเจนเหลวอย่างช้า ๆ เพื่อมิให้ผลึกกิ่งตัวนำแตกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน ทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ทดลองต้องคอยเติมไนโตรเจนเหลวให้ท่วมภาชนะสารตัวอย่างตลอดเวลา ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

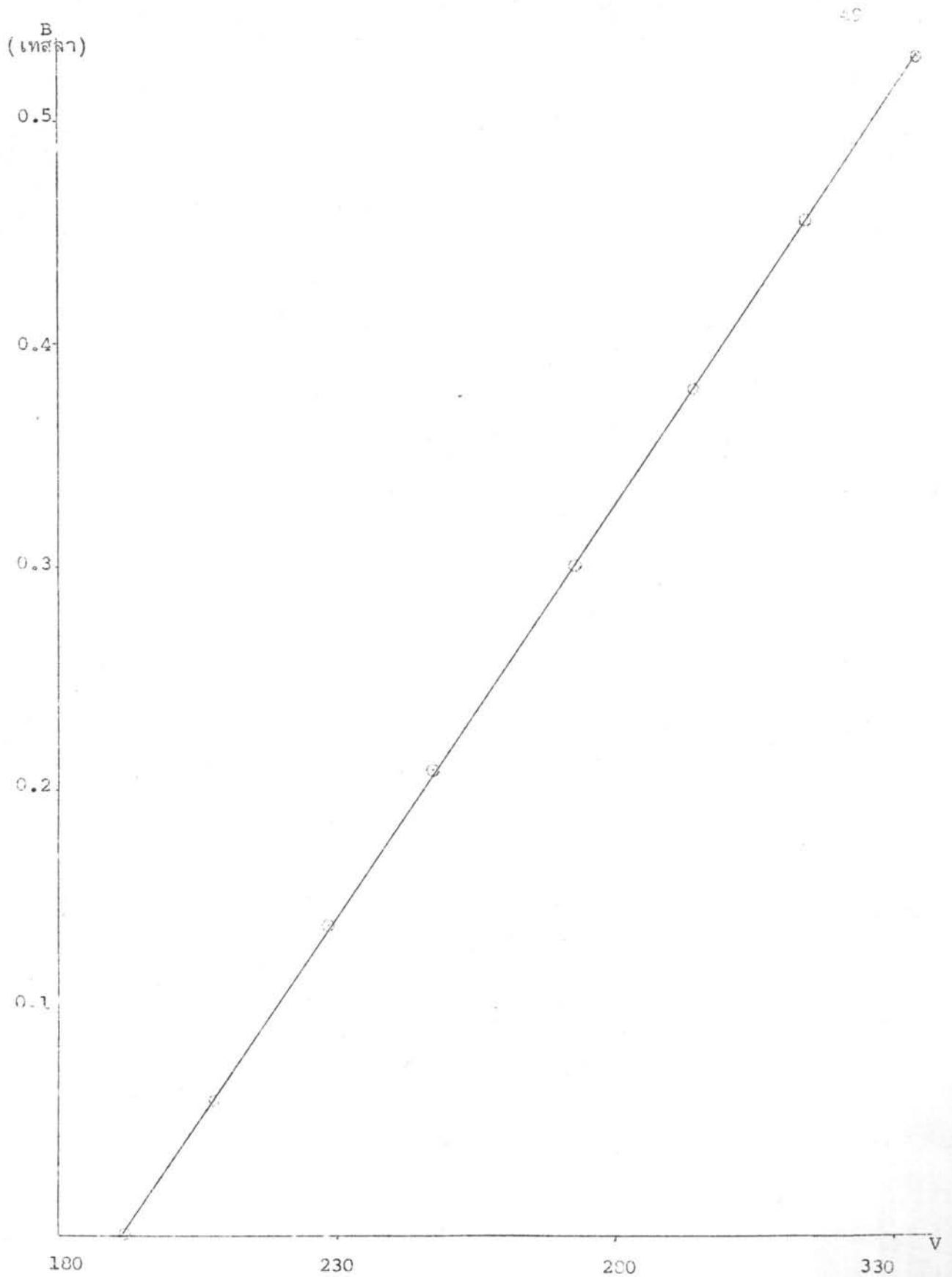
ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของผลึกกิ่งตัวนำสารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

I = 4 มิลลิแอมแปร์		I = 5 มิลลิแอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)
0	192	0	941
0.0600	208	0.0795	968.5
0.1400	228	0.1700	999.0
0.2100	247	0.2500	1025.0
0.3000	272	0.3200	1048.5
0.3800	294	0.4000	1076.0
0.4556	314	0.4700	1097.0
0.5300	335	0.5500	1123.5

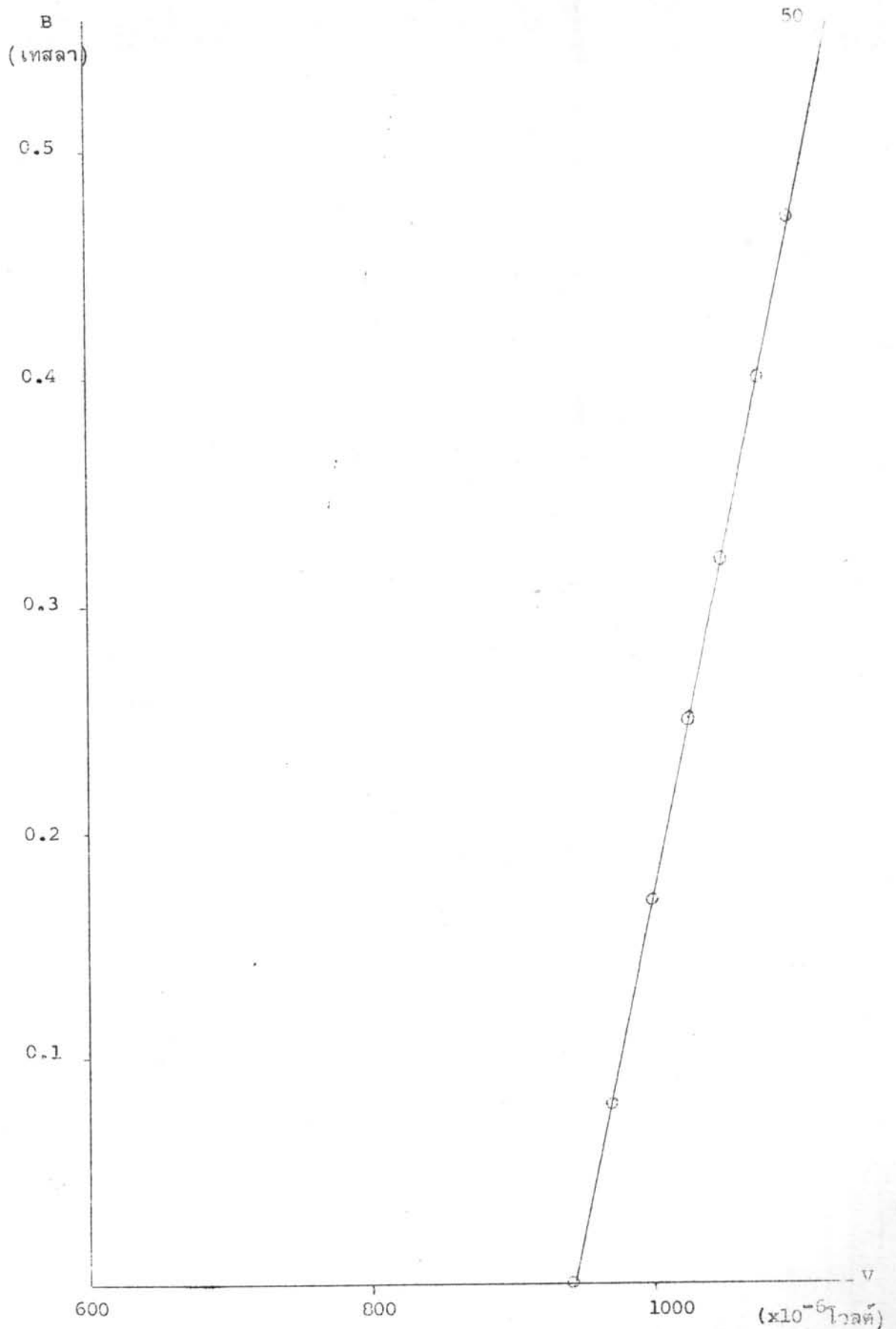
ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของผลึกกึ่งตัวนำสารตัวอย่าง
ที่อุณหภูมิ 77°K

I = 4 มิลลิแอมแปร์		I = 5 มิลลิแอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
0	44.954	0.0100	52.565
0.0700	45.410	0.1000	51.890
0.1500	45.905	0.2500	50.825
0.2200	46.342	0.3500	50.055
0.3100	46.860	0.50000	49.980
0.4000	47.406	0.6000	48.225
0.4900	47.940		
0.5500	48.298		

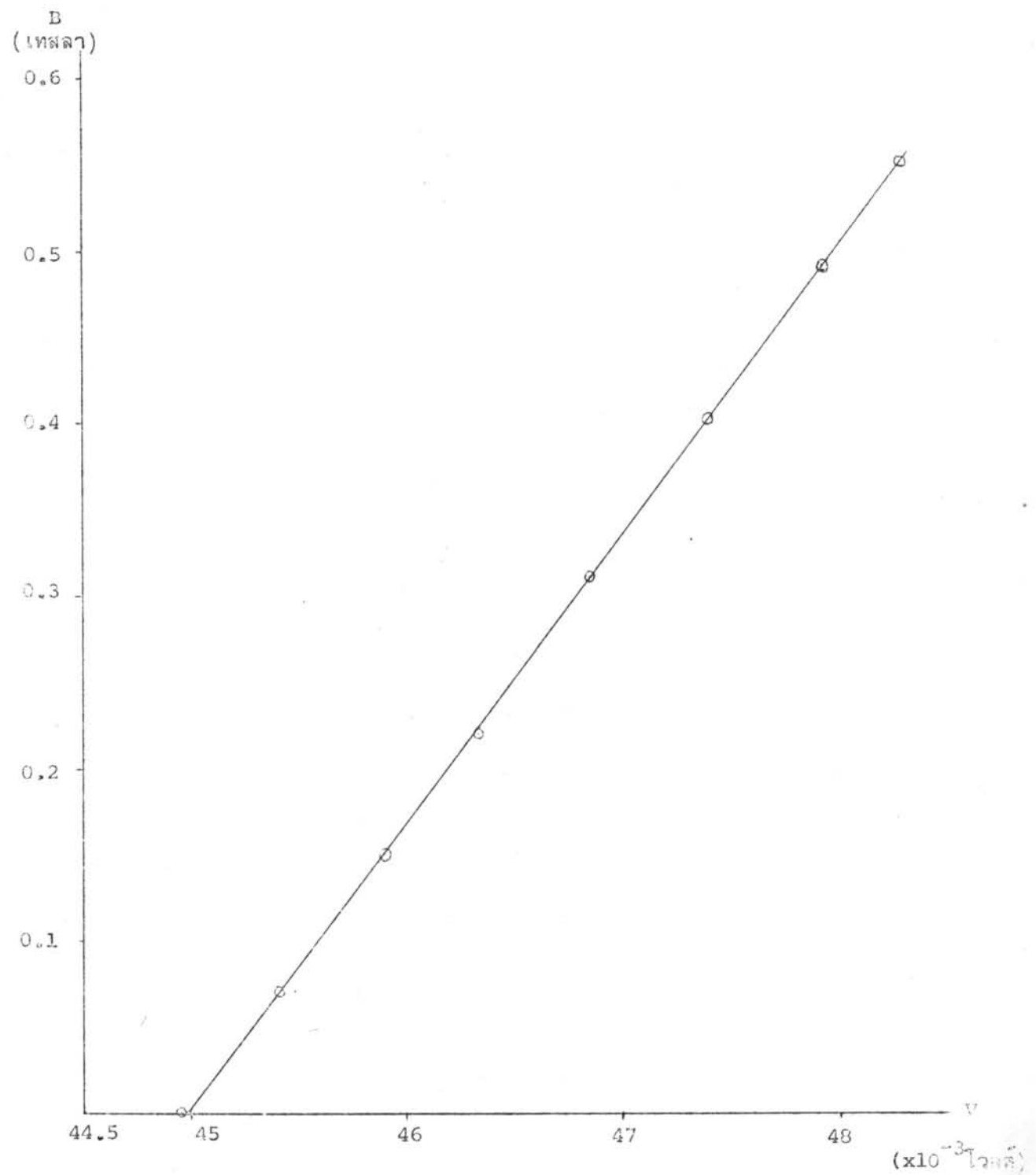
จากข้อมูลในตาราง 3.3 และ 3.4 นำมาเขียนกราฟระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็ก B และความต่างศักย์ V ดังแสดงในรูป 3.6 3.7 3.8 และ 3.9 จากกราฟหาความชันได้ดังนี้ ที่อุณหภูมิต้องเมื่อ I = 4 มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 3.70×10^3 เทสลา โวลต์⁻¹ I = 5 มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 3.02×10^3 เทสลา โวลต์⁻¹ ที่อุณหภูมิต้องเมื่อ I = 4 มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 1.65×10^2 เทสลา โวลต์⁻¹ และ I = 5 มิลลิแอมแปร์ ความชัน = 1.36×10^2 เทสลา โวลต์⁻¹ จากความชันของกราฟเหล่านี้ ความหนาและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลึกกึ่งตัวนำสามารถนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของพาหะของผลึกกึ่งตัวนำได้เช่นเดียวกับในการณีของผลึกซิลิกอนดังได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.2.1 ความหนาแน่น



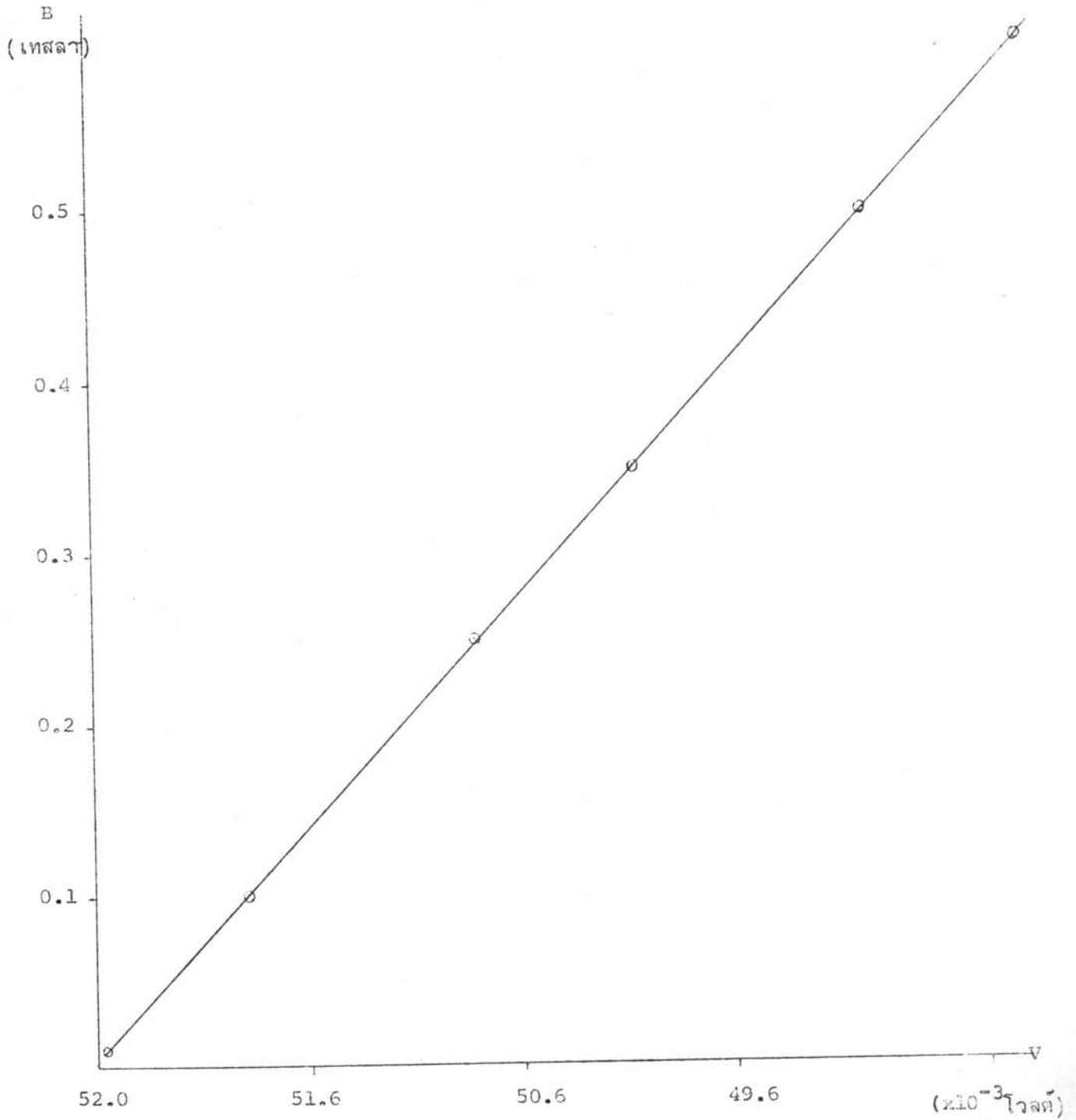
รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของขดที่ใช้วัด ($\times 10^{-6}$ โวลต์) ความต่างศักย์ขอลของผลึกกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิห้องเมื่อ $I = 4$ มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของตัวที่ใช้ วัดความต่างศักย์ฮอลล์ของผลึกกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิห้อง $I = 5$ มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของคู่ที่ใช้วัด ความต่างศักย์ของผลึกกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิ 77°K เมื่อ $I = 4$ มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของผู้ที่ใช้วัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของผลึกกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิ 77°K. เมื่อ I = 5 มิลลิแอมแปร์

ของพาหะของผลึกกิ่งตัวนำ แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ความหนาแน่นของพาหะของผลึกกิ่งตัวนำสารตัวอย่าง

อุณหภูมิ (°K)	ความหนาแน่นของพาหะ (เมตร ⁻³)
300	9.44×10^{22}
	9.63×10^{22}
	เฉลี่ย $(9.54 \pm 0.10) \times 10^{22}$
77	4.21×10^{21}
	4.34×10^{21}
	เฉลี่ย $(4.28 \pm 0.07) \times 10^{21}$

3.2.3 ท้องแดงสารตัวอย่าง

ในกรณีของท้องแดงต้องให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างมากและต้องใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงจึงสามารถวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ได้ จัดอุปกรณ์ทดลองดังรูป 2.1 ใช้รีโอสตัท (rheostat) 2 โอห์ม 13 แอมป์ แทนกล่องความต้านทาน การทดลองในครั้งนี้ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านท้องแดงสารตัวอย่างประมาณ 3 - 5 แอมป์และใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงถึง 1 เทสลา วิธีการทดลองเหมือนกับการทดลองในหัวข้อ 3.2.2 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.6 และ 3.7 วัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 3 และจุด 4 (ดังรูป 2.6) ในขณะที่ยังไม่ได้ใส่สนามแม่เหล็ก วัดหลาย ๆ ค่าโดยเปลี่ยนความต้านทานของรีโอสตัท ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารตัวอย่างจะมีค่าต่าง ๆ กัน บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทางแดงสารตัวอย่างและความต่างศักย์ระหว่าง

จุด 3 และจุด 4 การทดลองที่กล่าวมานี้ทำทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 77°K ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.6 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ของฮอลล์ของทองแดงสารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

ทองแดงหนา = 3.69×10^{-3} ซม.

I = 3.44 แอมแปร์		I = 3.90 แอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)
0.01	25.3	0.01	28.5
0.26	27.2	0.25	30.5
0.54	29.4	0.53	32.7
0.80	31.3	0.80	34.6
1.10	33.5	1.10	36.8

ทองแดงหนา = 3.88×10^{-3} ซม.

I = 3.73 แอมแปร์		I = 3.91 แอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)
0.01	1.5	0.01	1.8
0.28	3.2	0.25	3.5
0.55	5.0	0.55	5.6
0.82	6.6	0.80	7.5
1.10	8.4		

ตารางที่ 3.7 ผลการวัดความต่างศักย์ของซอลของทองแดงสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 77°K

ทองแดงหนา = 3.69×10^{-3} ซม.

I = 3.24 แอมแปร์		I = 3.82 แอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)
0.01	3.3	0.01	4.2
0.26	5.2	0.25	6.2
0.50	7.1	0.52	8.4
0.80	9.1	0.80	10.6
1.10	11.2	1.10	12.9

ทองแดงหนา = 3.88×10^{-3} ซม.

I = 3.73 แอมแปร์		I = 4.21 แอมแปร์	
B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)	B (เทสลา)	V ($\times 10^{-6}$ โวลต์)
0.01	0.4	0.01	0.2
0.26	2.1	0.24	2.0
0.54	4.1	0.52	4.5
0.82	6.0	0.80	6.9
1.10	8.1	1.10	9.5

ตารางที่ 3.8 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 3 และจุด 4 ของทองแดง

สารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

ทองแดงหนา 3.69×10^{-3} ซม. กว้าง 0.58 ซม. ระยะระหว่างจุด 3 และจุด 4 = 2.01 ซม.

I (แอมแปร์)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
3.31	6.5060
7.78	7.4196
3.82	7.5330

ทองแดงหนา 3.88×10^{-3} ซม. กว้าง 0.59 ซม. ระยะระหว่างจุด 3 และจุด 4 = 1.39 ซม.

I (แอมแปร์)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
3.31	4.2335
4.03	5.2018
4.12	5.3060

ตารางที่ 3.9 ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 3 และจุด 4 ของทองแดง
สารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 77°K

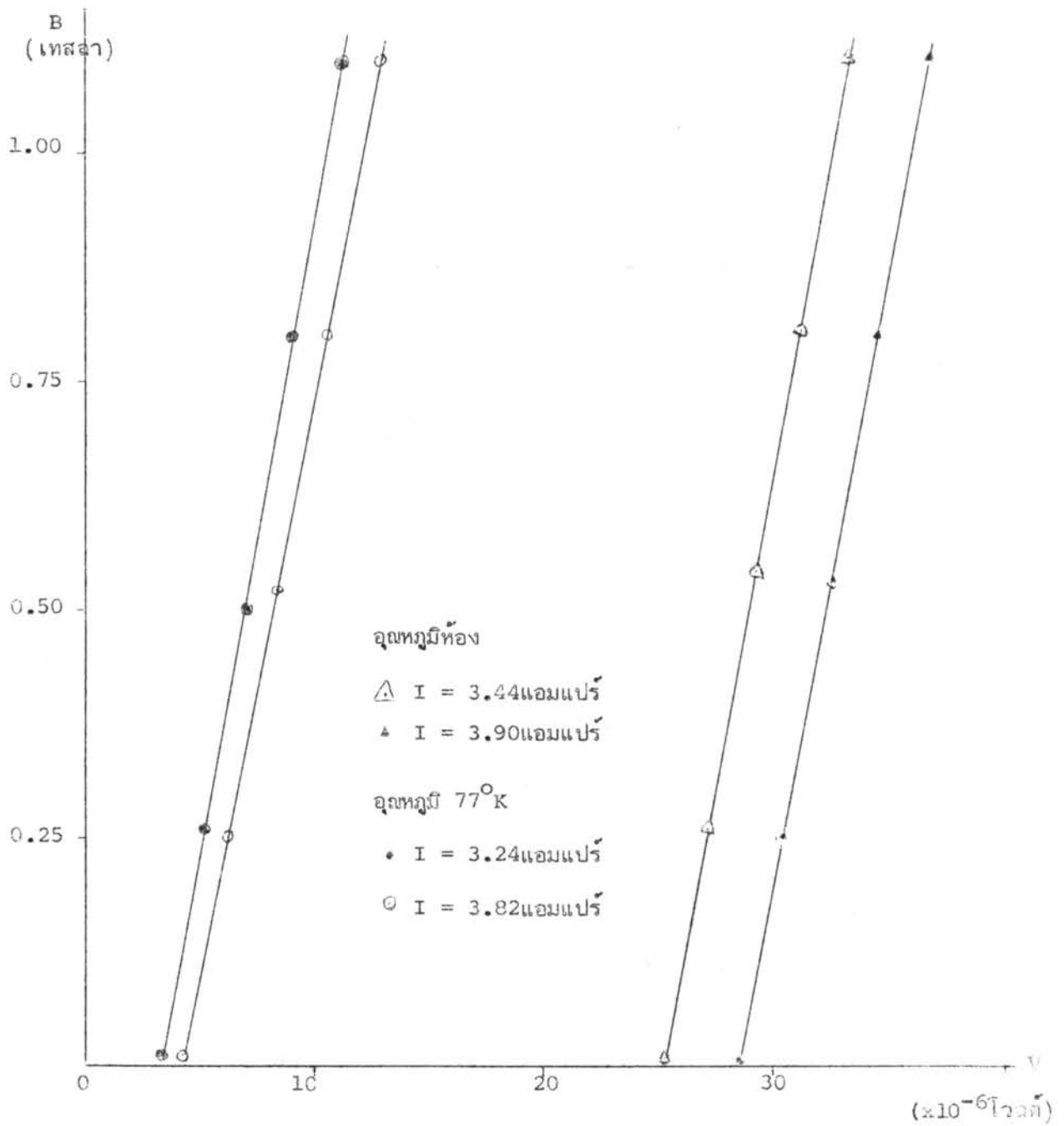
ทองแดงหนา 3.69×10^{-3} ซม. กว้าง 0.58 ซม. ระยะระหว่างจุด 3 และจุด
4 = 2.01 ซม.

I (แอมแปร์)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
3.24	0.8708
3.79	1.0166
3.83	1.0288

ทองแดงหนา 3.88×10^{-3} ซม. กว้าง 0.59 ซม. ระยะระหว่างจุด 3 และจุด
4 = 1.39 ซม.

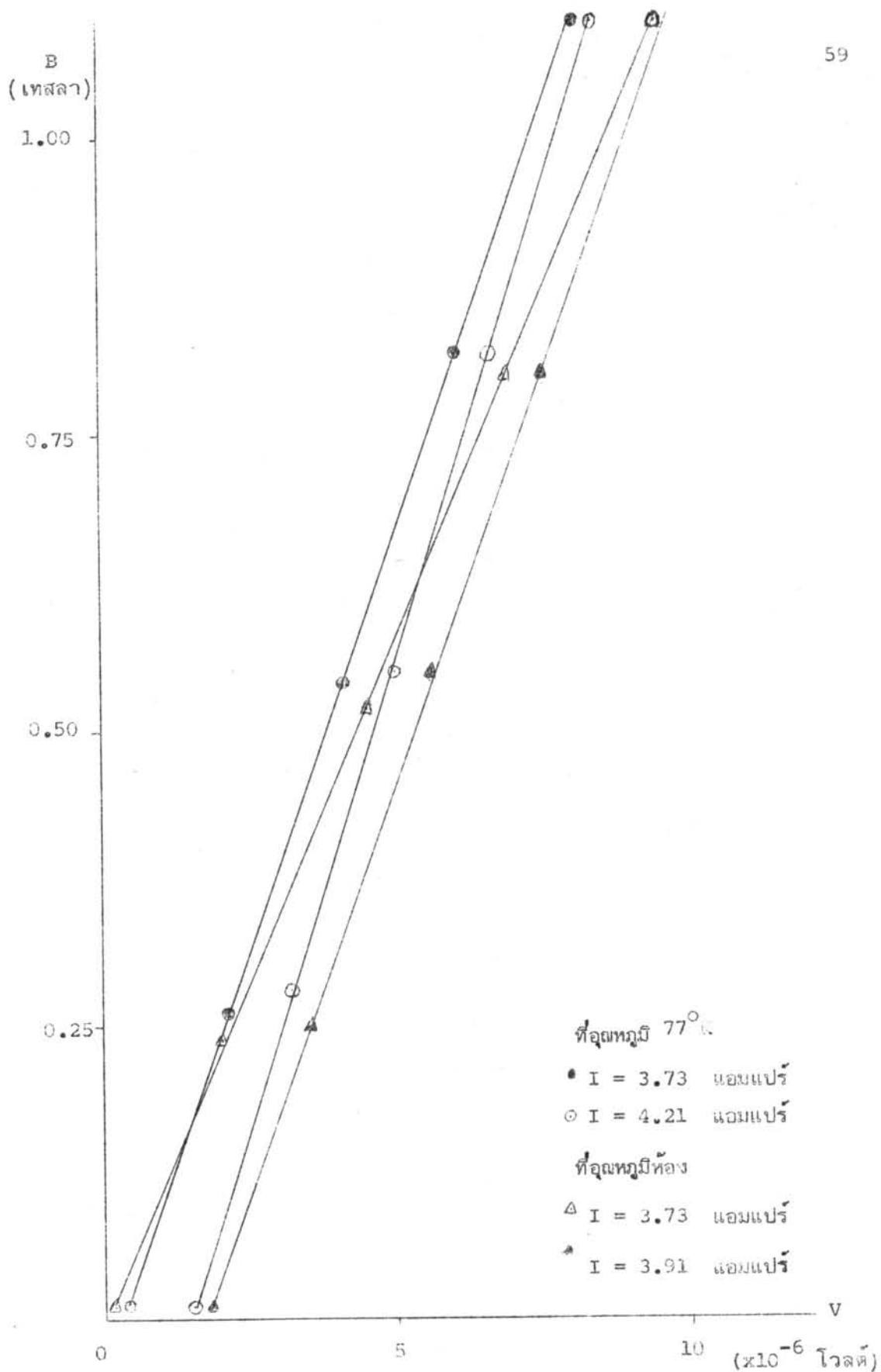
I (แอมแปร์)	V ($\times 10^{-3}$ โวลต์)
3.51	0.6154
3.85	0.6730
4.15	0.7272

จากข้อมูลในตาราง 3.6 และ 3.7 นำมาเขียนกราฟระหว่างความเข้ม
สนามแม่เหล็ก B และความต่างศักย์ V ดังแสดงในรูป 3.10 และ 3.11
จากกราฟหาความชันได้ดังนี้ เมื่อทดลองที่อุณหภูมิห้องสำหรับทองแดงสารตัวอย่างหนา
 3.69×10^{-3} ซม. I = 3.44 แอมแปร์ ความชัน = 1.32×10^5 เทสลา โวลต์⁻¹
I = 3.90 แอมแปร์ ความชัน = 1.32×10^5 เทสลา โวลต์⁻¹ ทองแดงสาร
ตัวอย่างหนา 3.88×10^{-3} ซม. I = 3.73 แอมแปร์ ความชัน = 1.16×10^5
เทสลา โวลต์⁻¹ I = 3.91 แอมแปร์ ความชัน = 1.39×10^5 เทสลา โวลต์⁻¹



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม สนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของคู่ที่

ใช้รัศมีความต่างศักย์ฮอลล์ของทองแดงหนา 3.69×10^{-3} ซม.



รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ของผู้ใช้วัด
ความต่างศักย์ฮอลล์ของทองแดงหนา 3.88×10^{-3} ซม.

เมื่อทดลองที่อุณหภูมิ 77°K ทองแดงสารตัวอย่างหนา 3.69×10^{-3} ซม. $I = 3.24$ แอมแปร์ ความชัน $= 1.38 \times 10^5$ เทสลา โวลต์ $^{-1}$ $I = 3.82$ แอมแปร์ ความชัน $= 1.25 \times 10^5$ เทสลา โวลต์ $^{-1}$ ทองแดงสารตัวอย่างหนา 3.88×10^{-3} ซม. $I = 3.73$ แอมแปร์ ความชัน 1.42×10^5 เทสลา โวลต์ $^{-1}$ $I = 4.29$ แอมแปร์ ความชัน $= 1.16 \times 10^5$ เทสลา โวลต์ $^{-1}$ จากความชันของกราฟเหล่านี้ ความหนาและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทองแดงสารตัวอย่างนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของอิเล็กตรอนของทองแดงสารตัวอย่างได้ การคำนวณเหมือนกับที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.2.1 ได้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน ดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนของทองแดงสารตัวอย่าง

ความหนาของทองแดงสารตัวอย่าง ($\times 10^{-3}$ ซม.)	ความหนาแน่นของพาหะ ($\times 10^{28}$ เมตร $^{-3}$)	
	-จุดทงูมีห้อง	อุณหภูมิ 77°K
3.69	7.75	7.57
	8.72	8.09
	8.24 ± 0.49	7.83 ± 0.26
เฉลี่ย		
3.88	9.49	8.57
	8.75	7.87
	9.12 ± 0.37	8.22 ± 0.35
เฉลี่ย		

นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3.8 และ 3.9 ไปคำนวณหาสภาพนำไฟฟ้าของทองแดงสารตัวอย่างได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{I \cdot d}{V \cdot A} \quad (3.2)$$

เมื่อ σ คือสภาพนำไฟฟ้า I คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารตัวอย่าง V เป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด 3 และจุด 4 A เป็นพื้นที่หน้าตัดของสารตัวอย่าง และ d คือระยะระหว่างจุด 3 และจุด 4 ได้ค่าสภาพนำไฟฟ้าของทองแดงดังแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ค่าสภาพนำไฟฟ้าของทองแดงสารตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 77°K

ความหนาของทองแดงสารตัวอย่าง ($\times 10^{-3}$ ซม.)	สภาพนำไฟฟ้า ($\text{โอห์ม}^{-1} \text{ม.}^{-1}$)	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 77°K
3.69	4.78×10^7	34.94×10^7
	4.78×10^7	35.01×10^7
	4.76×10^7	34.96×10^7
	เฉลี่ย $(4.77 \pm 0.01) \times 10^7$	$(34.97 \pm 0.03) \times 10^7$
3.88	4.75×10^7	34.63×10^7
	4.70×10^7	34.74×10^7
	4.71×10^7	34.65×10^7
	เฉลี่ย $(4.72 \pm 0.02) \times 10^7$	$(34.67 \pm 0.05) \times 10^7$

นำค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของอิเล็กตรอนจากตารางที่ 3.10 และค่าเฉลี่ยของสภาพนำไฟฟ้าจากตาราง 3.11 แทนในสมการ (1.3.9) ได้ดังนี้
ทองแดงหนา 3.69×10^{-3} ซม.

$$\text{ที่อุณหภูมิห้อง } (300^{\circ}\text{K}) \quad 4.77 \times 10^7 = \frac{8.24 \times 10^{28} e^{2\tau} 300}{n \cdot d} \quad (3.3)$$

$$\text{ที่ } 77^{\circ}\text{K} \quad 34.97 \times 10^7 = \frac{7.83 \times 10^{28} e^2 \tau_{77}}{m^*} \quad (3.4)$$

สมการ (3.3) \div (3.4) ได้ $\frac{\tau_{300}}{\tau_{77}} = 0.13$

ทองแดงหนา 3.88×10^{-3} ซม.

$$\text{ที่อุณหภูมิห้อง} \quad 4.72 \times 10^7 = \frac{9.12 \times 10^{28} e^2 \tau_{300}}{m^*} \quad (3.5)$$

$$\text{ที่ } 77^{\circ}\text{K} \quad 34.67 \times 10^7 = \frac{8.22 \times 10^{28} e^2 \tau_{77}}{m^*} \quad (3.6)$$

สมการ (3.5) \div (3.6) ได้ $\frac{\tau_{300}}{\tau_{77}} = 0.12$

จากผลการทดลองข้างบนแสดงว่าเวลาผ่อนคลายที่อุณหภูมิต่ำมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

จากข้อมูลในตารางที่ 3.6 และ 3.7 นำมาคำนวณหาค่า n ของฮอลล์ตั้งสมการ

(1.4.6) และจากค่า n ของฮอลล์สามารถคำนวณหาจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนได้ตั้งสมการ

(1.4.9) เมื่อ $\frac{1}{en_{at}} = -7.4$ ผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3.12 ค่า n ของฮอลล์และวาเลนซ์อิเล็กตรอนของทองแดงสารตัวอย่างจาก
การทดลอง

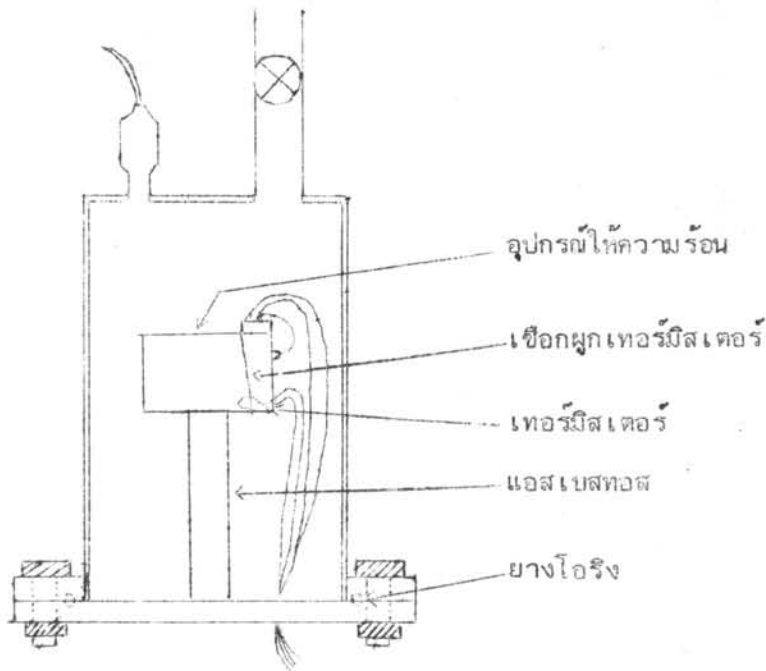
ทองแดงหนา ($\times 10^{-3}$ ซม.)	R_H	$1/en_{at}$	$Z_{exp} = 1/en_{at} R_H$	Z
3.69	-8.07	-7.4	0.92	1
	-7.17		1.03	
	-7.73		0.96	
	-8.19		0.90	
3.88	-6.43		1.15	
	-7.14		1.04	
	-7.16		1.03	
	-7.76		0.95	

จากตารางข้างบนจะเห็นว่าจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับ
จำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนจริง ๆ ของทองแดง

3.3 การวัดปริมาณความร้อนที่สูญเสียไป

ในการทดลองวัดสภาพนำความร้อนของสารตัวอย่าง มีการสูญเสียพลังงานความร้อน
เนื่องจากการแผ่รังสีและเนื่องจากการนำความร้อนของลวดทองแดงของอุปกรณ์ให้ความร้อน
และของเทอร์มิสเตอร์ นอกจากนี้ในขณะที่ทดลองยังสูบลมออกตลอดเวลา ทำให้พลังงาน
ความร้อนบางส่วนสูญเสียไปกับอากาศที่สูบลม ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงต้องวัดปริมาณความร้อน
ที่สูญเสียไป ในการวัดเราใช้แอสเบสตอส (asbestos) ซึ่งเป็นฉนวนความร้อนที่ผิวบางแทน
สารตัวอย่าง แอสเบสตอสที่ใช้ต้องมีส่วนสูงมากกว่าพื้นที่หน้าตัดหลายเท่าเพื่อให้การสูญเสีย

ความร้อนโดยการนำความร้อนของแอสเบสตอสมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการสูญเสียความร้อนโดยวิธีอื่น ๆ ในการทดลองวัดปริมาณความร้อนที่เสียไปเราจัดวางอุปกรณ์ดังรูป 3.12 แอสเบสตอสที่ใช้สูงประมาณ 2.3 ซม. มีพื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.32 ซม^2 ใช้ภาว



รูปที่ 3.12 การจัดวางอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณความร้อนที่เสียไป

ปิดแอสเบสตอสกับฝาด้านล่างของภาชนะทดลองและกับอุปกรณ์ให้ความร้อน ในการนี้ต้องใช้เชือกผูกเทอร์มิสเตอร์ไว้กับอุปกรณ์ให้ความร้อนเพื่อไม่ให้เทอร์มิสเตอร์หล่นลงมา วิธีการทดลองเหมือนกับวิธีวัดสภาพนำความร้อนของสารตัวอย่างในหัวข้อที่จะกล่าวต่อไป โดยเราให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อนในช่วง $40-150$ - มิลลิแอมแปร์ ทดลองโดยให้ภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็งและน้ำแข็งแห้ง ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.13 และ 3.14

ตารางที่ 3.13 ผลการทดลองของแอสเบสตอสเมื่อภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็ง

R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q = I x V (วัตต์)
69.9	6.3	0.04
56.7	10.7	0.08
42.9	16.9	0.14
32.5	23.2	0.19
24.8	29.4	0.26
18.9	36.0	0.32

ตารางที่ 3.14 ผลการทดลองของแอสเบสตอสเมื่อภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็งแห้ง

R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q = I x V (วัตต์)
933	-40.9	0.14
830	-39.0	0.16
680	-35.9	0.17
534	-31.8	0.20
390	-26.5	0.24

จากตารางข้างบนที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง ๆ Q ที่ได้เป็นปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปสู่ลุ่มหมุ่
นั้น ๆ เนื่องจากพลังงานความร้อนไหลผ่านแอสเบสตอสได้น้อยมาก Q ในที่นี้ก็คือพลังงาน
ความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสี การนำความร้อนผ่านสายไฟต่าง ๆ และเนื่องจากการพา
ความร้อนของอากาศที่สูบลมเอง ในการทดลองจริง ๆ เราจะต้องนำ Q ในที่นี้ไปหัก
ออกจาก Q ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะได้ปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านสารที่ต้องการวัดจริง ๆ

3.4 การวัดสภาพนำความร้อนของพลาสติก

ก่อนจะทดลองวัดค่าสภาพนำความร้อนของสารตัวอย่างต้องสูบบอกาศภายในภาชนะทดลองออก จนกระทั่งความดันภายในมีค่าประมาณ 10^{-2} ทอร์ จัดอุปกรณ์สำหรับทดลอง ดังรูป 2.7 ใส่ น้ำแข็งก้อนเล็ก ๆ ในกล่องโพงให้ท่วมภาชนะทดลอง ให้กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟตรงไหลผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อนคงที่ค่าหนึ่ง วัดด้วยโวลต์-โอห์ม มิลลิแอมมิเตอร์ และวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของอุปกรณ์ให้ความร้อน เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสภาวะสมดุลความร้อน (thermal equilibrium) ปริมาณความร้อนจากอุปกรณ์ให้ความร้อน เท่ากับปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านสารตัวอย่าง นั่นคืออุณหภูมิของอุปกรณ์ให้ความร้อน เท่ากับ อุณหภูมิผิวบนของพลาสติก ดังนั้นความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ซึ่งวัดด้วยดีจिटอลมัลติมิเตอร์ จะมีค่าคงที่ บันทึกความต้านทานที่คงที่ของเทอร์มิสเตอร์ กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของ อุปกรณ์ให้ความร้อน เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อนแล้วทดลองซ้ำ เหมือนกับ ที่กล่าวแล้วข้างต้น สำหรับพลาสติกชิ้นที่ 1 และ 2 กระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 80-270 มิลลิแอมแปร์ และพลาสติกชิ้นที่ 3 และ 4 กระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 100-340 มิลลิแอมแปร์ ในขณะที่ทดลองจะสูบบอกาศออกตลอดเวลา ใช้ไขควงกระทุ้งน้ำแข็งอย่างเบา ๆ เพื่อให้ภาชนะทดลองบริเวณข้าง ๆ สัมผัสกับน้ำแข็ง ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

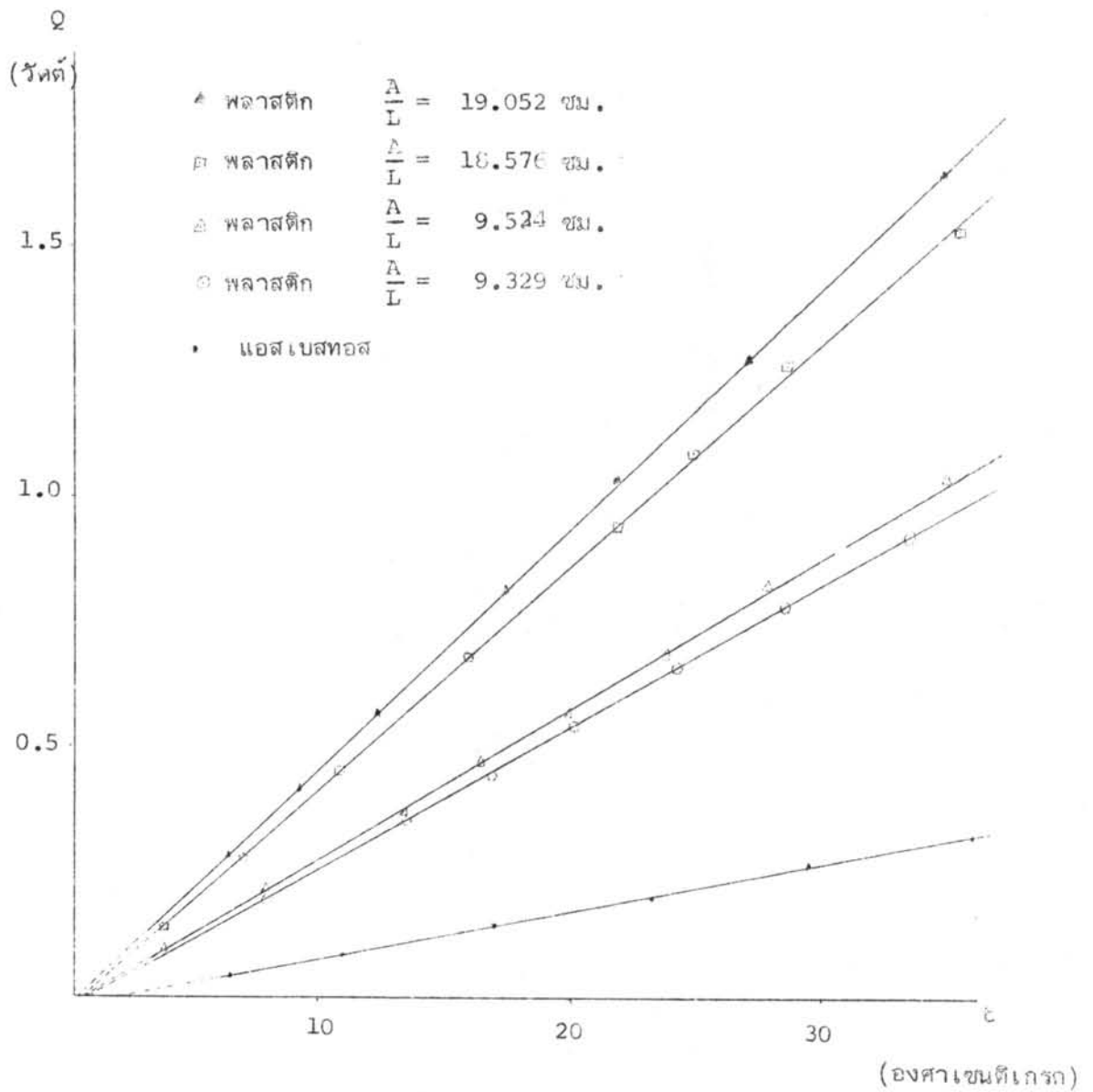
ตารางที่ 3.15 ผลการทดลองวัดสภาพนำความร้อนของพลาสติกเมื่อภาชนะทดลอง
แช่อยู่ในน้ำแข็ง

พลาสติกมี $\frac{A}{L} = 9.329$ ซม.			พลาสติกมี $\frac{A}{L} = 9.524$ ซม.		
R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q = IxV (วัตต์)	R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q = IxV (วัตต์)
30	3.5	0.09	80.0	3.5	0.09
64.9	7.8	0.19	65.6	7.6	0.21
50.0	13.4	0.35	50.9	13.1	0.36
43.1	16.8	0.44	44.1	16.3	0.46
36.9	20.2	0.54	37.6	19.8	0.56
31.0	24.2	0.66	31.6	23.8	0.68
25.8	28.5	0.78	26.5	27.9	0.81
20.8	33.6	0.92	19.7	35.0	1.03

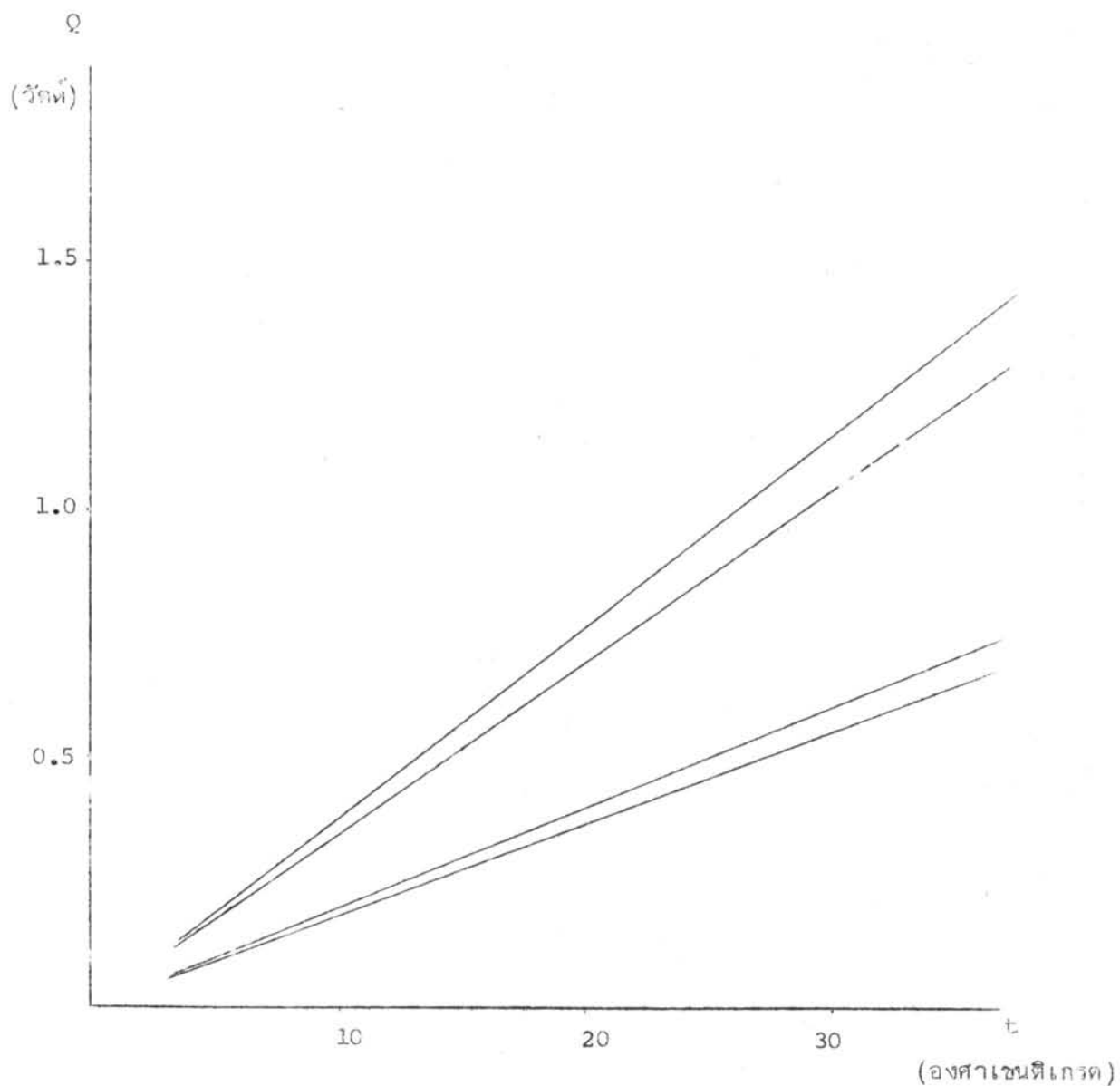
พลาสติกมี $\frac{A}{L} = 18.576$ ซม.			พลาสติกมี $\frac{A}{L} = 19.052$ ซม.		
R ($\times 10^3$ โอห์ม)	τ (องศาเซนติเกรด)	$Q=I \times V$ (วัตต์)	R ($\times 10^3$ โอห์ม)	τ (องศาเซนติเกรด)	$Q = I \times V$ (วัตต์)
79.5	3.6	0.14	80.6	3.4	0.14
68.5	6.8	0.28	70.2	6.2	0.28
57.0	10.6	0.46	61.6	9.0	0.41
45.1	15.6	0.68	53.1	12.1	0.56
34.6	21.8	0.94	42.1	17.3	0.81
30.3	24.8	1.09	34.5	21.8	1.03
25.7	28.6	1.26	27.6	27.0	1.27
19.2	35.6	1.53	19.9	34.7	1.64

นำข้อมูลจากตาราง 3.13 และ 3.15 มาเขียนกราฟระหว่าง Q กับ τ ดังแสดงในรูป 3.13 จากกราฟของพลาสติกเมื่อหักปริมาณความร้อนที่เสียไปแล้ว คือหักค่ากราฟของแอสเบสทอสจะได้กราฟใหม่ดังรูป 3.14 หากความชันของกราฟแต่ละเส้นในรูป 3.14 ได้ดังนี้ พลาสติกที่มี $\frac{A}{L} = 18.576$ ซม. ความชัน = 3.47×10^{-2} วัตต์ (องศาเซนติเกรด)⁻¹ $\frac{A}{L} = 19.052$ ซม. ความชัน = 3.84×10^{-2} วัตต์ (องศาเซนติเกรด)⁻¹ $\frac{A}{L} = 9.524$ ซม. ความชัน = 2.03×10^{-2} วัตต์ (องศาเซนติเกรด)⁻¹ และ $\frac{A}{L} = 9.329$ ซม. ความชัน = 1.88×10^{-2} วัตต์ (องศาเซนติเกรด)⁻¹ จากความชันของกราฟเหล่านี้ คือ $\frac{dQ}{dT}$ นั้นเอง คูณกับ $\frac{L}{A}$ จะได้สภาพนำความร้อนของพลาสติก ดังสมการ (1.6.11)

$$K(T) = \frac{L}{A} \frac{dQ}{dT}$$



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิดในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV) กับอุณหภูมิที่ผิวบนของพลาสติกในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C



รูปที่ 3.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิดในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV) กับอุณหภูมิที่ผิวบนของพลาสติกเมื่อหักปริมาณความร้อนที่เสียไป ในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C

เราหาสภาพนำความร้อนของพลาสติกได้ ดังแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3.16 ค่าสภาพนำความร้อนของพลาสติกที่อุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C

ขนาดของพลาสติก $\left(\frac{\text{A}}{\text{L}}\right)$ (ซม.)	สภาพนำความร้อน (วัตต์/เมตร องศาเซนติเกรด)
9.524	0.213
9.329	0.202
19.052	0.202
18.576	0.187
	เฉลี่ย (0.201 ± 0.009)

จากตารางข้างบนจะเห็นว่า สภาพนำความร้อนของพลาสติกมีค่าใกล้เคียงกัน

3.5 . การวัดสภาพนำความร้อนของกระจก

การวัดสภาพนำความร้อนของกระจกในกรณีที่ภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็งมีวิธีการทดลองเหมือนกับในหัวข้อที่ 3.4 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.17 สำหรับการทดลองเมื่อภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็งแห้งต้อง เปลี่ยนกล่องโคมสำหรับใส่น้ำแข็งแห้ง ใช้แบบไม่มีท่อสายยางที่ด้านล่างของกล่องโคม จัดอุปกรณ์ดังรูป 2.7 ทุบน้ำแข็งแห้งให้ละเอียดใส่ในกล่องโคมจนท่วมภาชนะทดลอง เติมเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ลงไปในน้ำแข็งแห้งให้ท่วมภาชนะทดลอง เพื่อให้ภาชนะทดลองมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิน้ำแข็งแห้ง (-76°C) ตลอดเวลา วิธีการทดลองวัดสภาพนำความร้อนเหมือนในกรณีที่ภาชนะทดลองแช่อยู่ในน้ำแข็ง โดยที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อนอยู่ในช่วง 150 - 620 มิลลิแอมแปร์ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.17 ผลการทดลองวัดสภาพนำความร้อนของกระจกเมื่อภาวะทดลองขึ้นอยู่กับ
ในน้ำแข็ง

กระจกมี $\frac{A}{L} = 12.455$ ซม.

ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2		
R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=I \times V (วัตต์)	R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q = I \times V (วัตต์)
82.0	3.0	0.3	82.0	3.0	0.34
70.3	6.2	0.67	70.6	6.1	0.71
56.9	10.6	1.16	57.9	10.2	1.22
44.3	16.1	1.79	45.4	15.6	1.89
34.1	22.1	2.51	34.1	22.1	2.70
24.9	29.4	3.40	26.0	28.3	3.50
18.3	36.8	4.28	18.3	36.8	4.56

กระแสจมี $\frac{A}{L} = 16.441$ ซม.

ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2		
R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)	R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)
83.6	2.6	0.33	82.5	2.9	0.37
70.8	6.0	0.79	69.4	6.5	0.87
57.7	10.4	1.36	55.9	11.0	1.52
44.7	15.9	2.09	43.8	16.4	2.25
33.7	22.4	2.96	33.3	22.4	3.16
25.9	28.4	3.82	25.0	29.2	4.06
17.6	37.9	5.13	17.6	37.9	5.25

ตารางที่ 3.18 ผลการทดลองวัดสภาพนำความร้อนของกระแสจเมื่อภาวะทดลองขึ้นอยู่กับ
ในน้ำแข็งแห้ง

กระแสจมี $\frac{A}{L} = 12.455$ ซม.

ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2		
R ($\times 10^3$ โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)	R (10^3 โอห์ม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)
870	-39.8	3.68	874	-39.9	3.89
792	-38.2	3.83	801	-38.4	4.03
712	-36.7	3.99	724	-36.8	4.23
651	-35.1	4.16	667	-35.5	4.37
553	-32.4	4.44	553	-32.4	4.70
459	-29.2	4.77	466	-29.4	5.03

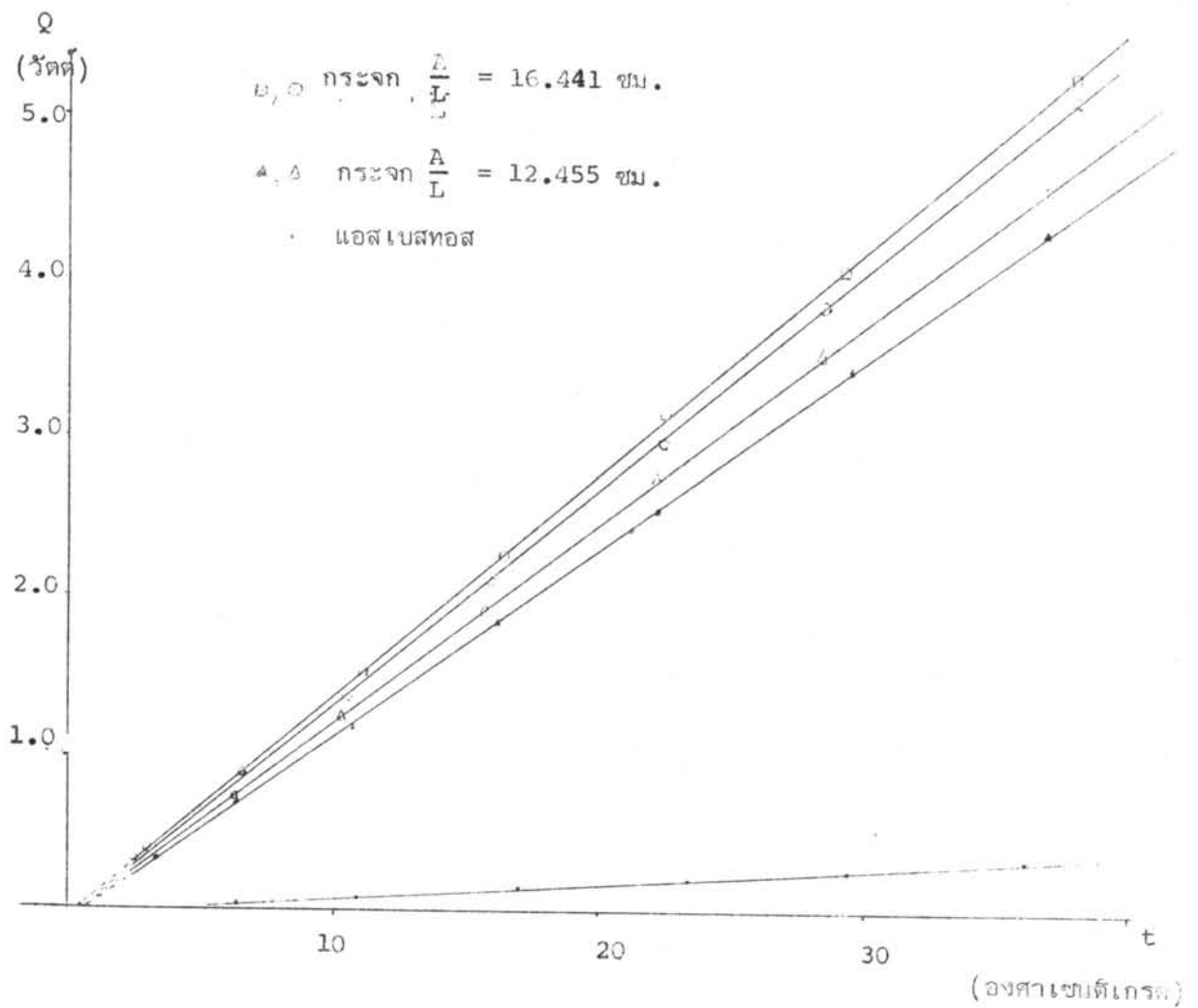
กระจกมี $\frac{A}{L} = 16.441$ ซม.

ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2		
R ($\times 10^3$ โอทัม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)	R ($\times 10^3$ โอทัม)	t (องศาเซนติเกรด)	Q=IxV (วัตต์)
892	-40.2	4.42	881	-40	4.71
829	-39.0	4.57	793	-38.3	4.93
771	-37.8	4.73	712	-36.5	5.23
652	-35.1	5.05	643	-34.9	5.41
551	-32.3	5.42	552	-32.3	5.74
475	-29.8	5.75	438	-28.4	6.30

นำข้อมูลจากตาราง 3.17 3.13 3.18 และ 3.14 มาเขียนกราฟระหว่าง Q กับ t ได้กราฟดังแสดงในรูป 3.15 และ 3.16 จากกราฟของกระจกหักปริมาณ ความร้อนที่เสียไปได้กราฟใหม่ดังรูป 3.17 และ 3.18 หากความชันของกราฟแต่ละเส้น ในรูป 3.17 และ 3.18 ได้ดังแสดงในตารางข้างล่าง

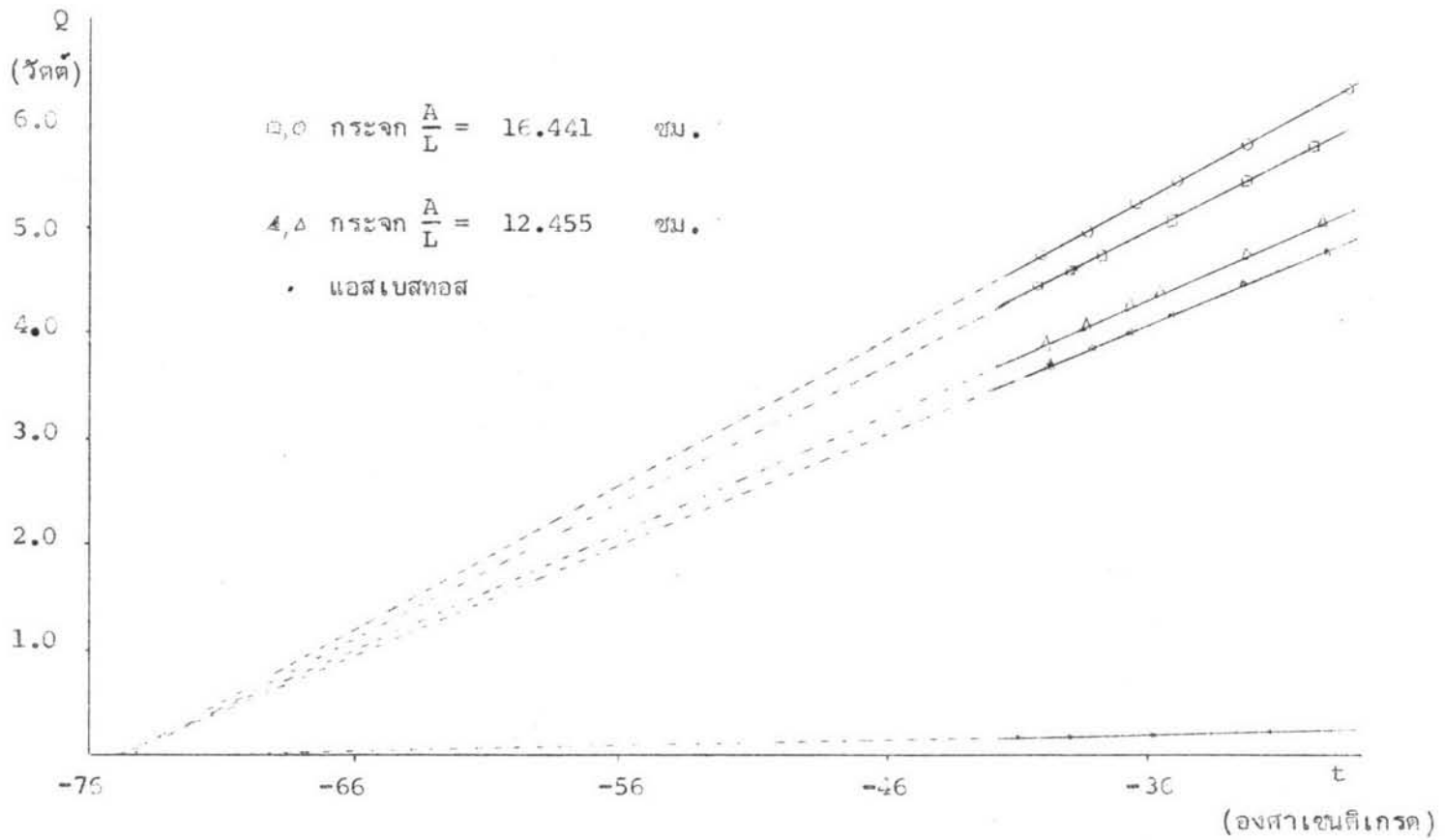
ตารางที่ 3.19 แสดงความชันของกราฟจากการทดลองวัดสภาพนำความร้อนของกระจก

กราฟ	ขนาดกระจก $\left(\frac{A}{L}\right)$ (ซม.)	ครั้งที่	ความชัน ($\times 10^{-1}$ วัตต์/องศาเซนติเกรด)
รูปที่ 3.17	12.455	1	1.08
		2	1.16
	16.441	1	1.27
		2	1.31
รูปที่ 3.18	12.455	1	0.98
		2	1.03
	16.441	1	1.23
		2	1.30

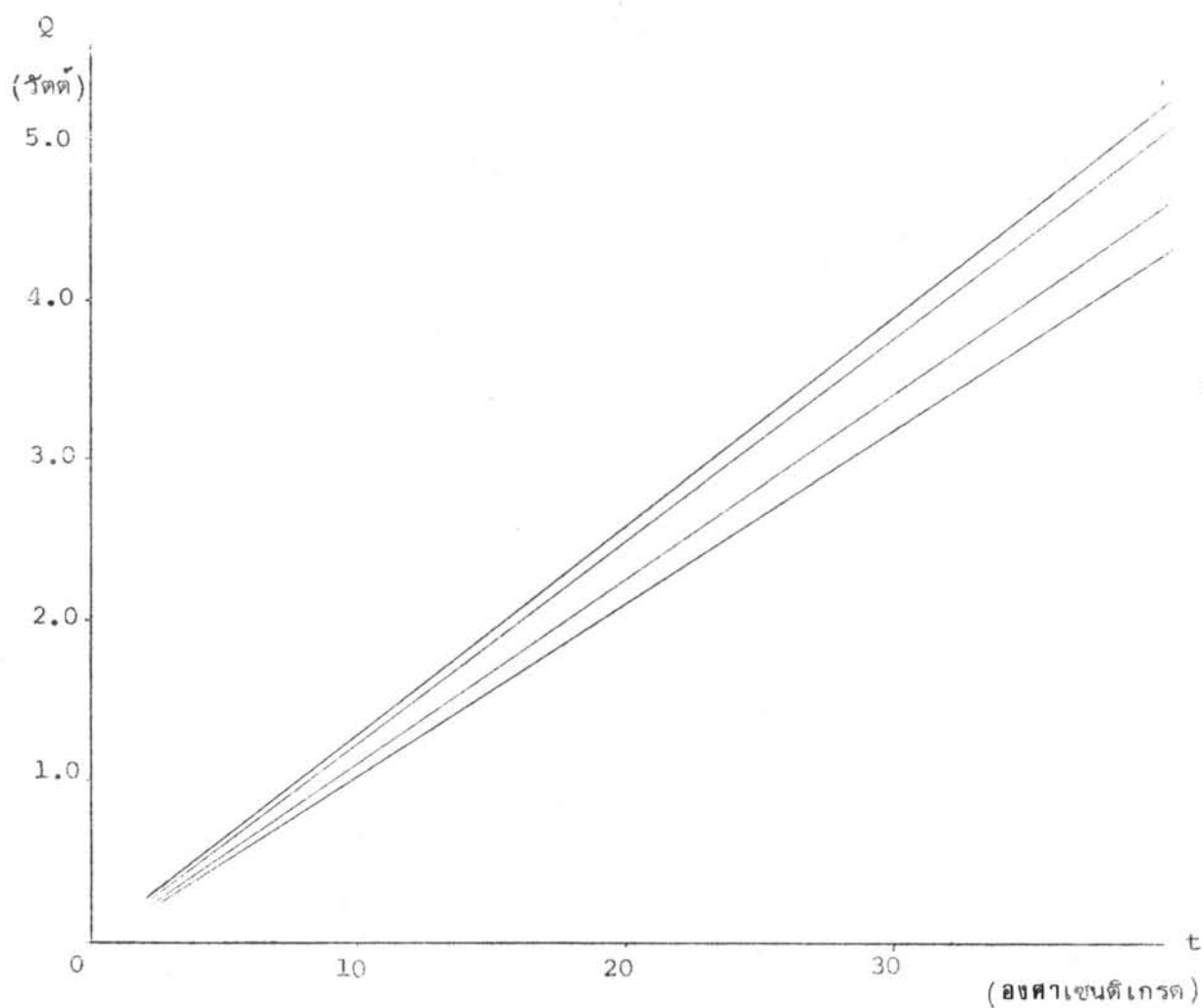


รูปที่ 3.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิดในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV)

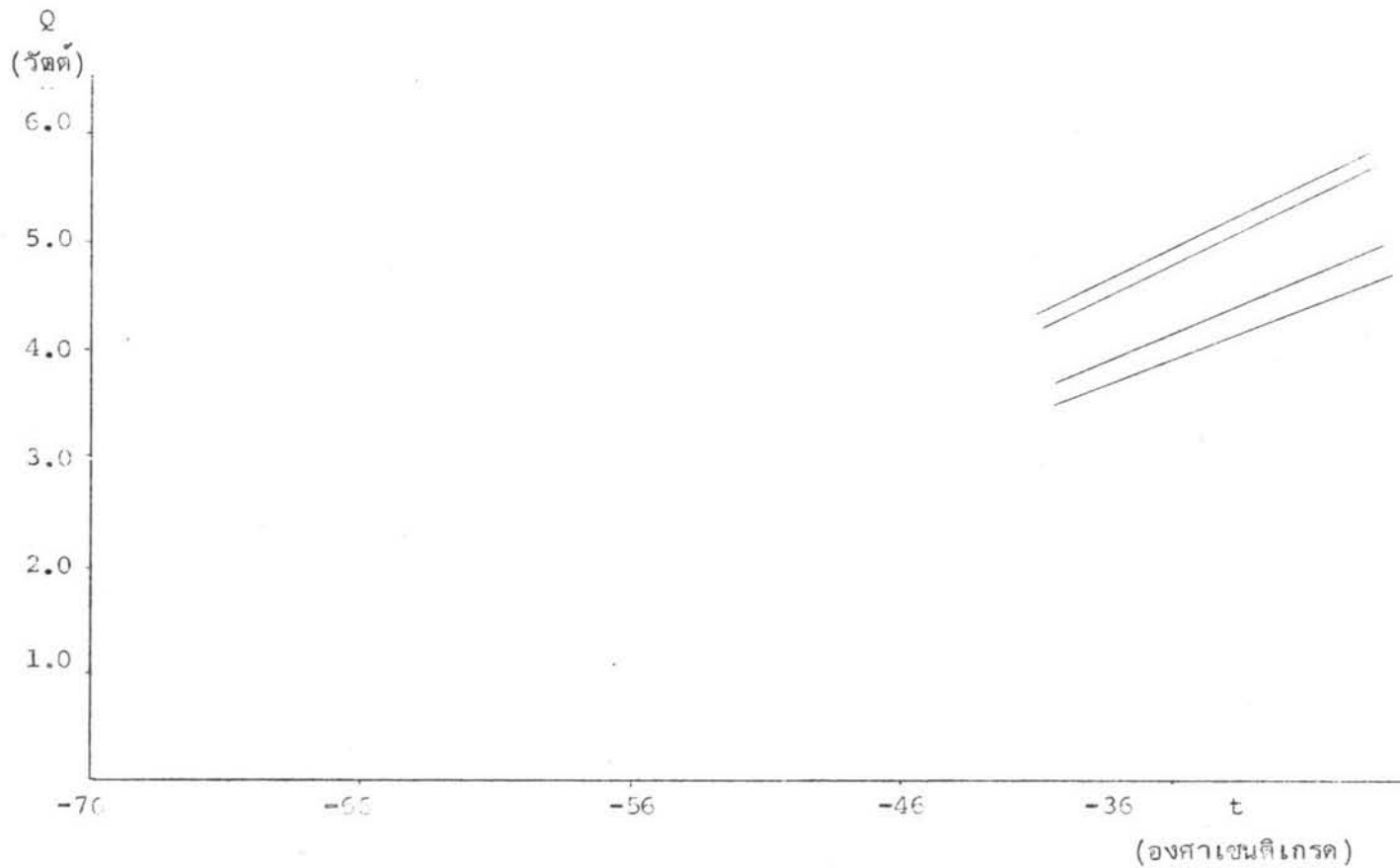
กับอุณหภูมิที่ผิวบนของกระบอกใส ในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C



รูปที่ 3.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิดในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV) กับอุณหภูมิที่ผิวบนของกระฉกใส ในช่วงอุณหภูมิ -40°C ถึง -30°C



รูปที่ 3.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิดในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV) กับ อุณหภูมิที่ผิวบนของกระจกใส เมื่อหักปริมาณความร้อนที่เสียไป ในช่วง อุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่กำเนิด ในอุปกรณ์ให้ความร้อน (IV) กับอุณหภูมิที่ผิวบนของกระจกใส เมื่อหักปริมาณความร้อนที่เสียไป ในช่วงอุณหภูมิ -40°C ถึง -30°C

จากความชันของกราฟคูณกับ $\frac{L}{A}$ จะได้ค่าสภาพนำความร้อนของกระจก ดังแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3.20 แสดงค่าสภาพนำความร้อนของกระจกที่อุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C และ -40°C ถึง -30°C

ขนาดของกระจก (ซม.)	ครั้งที่	สภาพนำความร้อน	
		0°C ถึง 40°C (วัตต์/เมตร องศาเซลเซียส)	-40°C ถึง -30°C (วัตต์/เมตร องศาเซลเซียส)
12.455	1	0.867	0.787
	2	0.931	0.827
16.441	1	0.772	0.748
	2	0.797	0.791
	เฉลี่ย	0.842 ± 0.062	0.788 ± 0.028

จากตารางข้างบนจะเห็นว่าค่าสภาพนำความร้อนของกระจกที่อุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C และ -40°C ถึง -30°C มีค่าเกือบเท่ากัน นั่นคือ ที่อุณหภูมิตั้งนี้สภาพนำความร้อนของกระจกไม่เปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี