



บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้จัดสร้างอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อประกอบการทดลองซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานั้นย่อมมีความไม่สมบูรณ์อยู่บ้าง เป็นผลให้การทดลองได้ผลคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็น ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ อุปกรณ์ เครื่องมือ แต่ละอย่าง อีกทั้งได้คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

4.1 ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว

ภาชนะนี้ประกอบด้วยกระบอกแก้วที่หุ้มด้วยโฟม ความหนาของกระบอกแก้วและโฟมจะมีผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสารตัวอย่างที่อยู่ภายในกระบอกทองเหลือง อย่างไรก็ตามเราต้องใช้โฟมที่มีความหนาพอประมาณที่ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพอเหมาะ ในการทดลองครั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกระบอกทองเหลืองจากประมาณ 77 เคลวิน ถึงอุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง อัตราการเพิ่มอุณหภูมินี้มีผลต่อการทดลอง ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเร็วเกินไป อาจทำให้อุณหภูมิในสารตัวอย่างไม่เท่ากับอุณหภูมิภายในกระบอกทองเหลือง เพราะสารตัวอย่างจะต้องใช้เวลาในการปรับอุณหภูมิภายในสารตัวอย่างให้เท่ากับภายนอก และถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช้าเกินไปก็จะต้องใช้เวลาในการทดลองนานเกินความจำเป็น

4.2 สมการแสดงคุณลักษณะของเทอร์มอคัปเปิล

ในการเทียบความต่างศักย์ที่วัดได้จากเทอร์มอคัปเปิลเป็นอุณหภูมินั้น มีตารางให้เทียบค่า แต่การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์และ

ซอฟต์แวร์ควบคุม แสดงผลและบันทึกผล การเทียบค่าความต่างศักย์เป็น
อุณหภูมิจึงต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่แทนตารางได้ เป็นที่แน่นอนว่า
ความผิดพลาดย่อมเกิดขึ้น ตารางที่ 3.3 ได้แสดงค่าที่คลาดเคลื่อนไว้
ด้วย พบว่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยพอที่ถือได้ว่าสมการที่แทนตาราง
การเทียบค่า (ตารางที่ 3.1) นี้ถูกต้อง

4.3 การทดสอบวงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณกระแสตรงที่สร้างขึ้นนี้ได้อาศัยโอซีโอปแอมป์
เบอร์ 741 โดยต่อแบบกลับ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ดังกล่าวมาแล้ว
ก่อนใช้งานจะต้องทำการทดสอบอัตรการขยาย และแก้ไขให้เรียบร้อยเสียก่อน
การทดสอบทำได้โดยใช้โพเทนชิโอมิเตอร์วัดความต่างศักย์จากวงจรแบ่งแรงดัน
(voltage divider) ปรับความต่างศักย์ให้อยู่ในช่วงใช้งานคือไม่เกิน
20 mV ทิ้งก่อนป้อนให้กับวงจรขยายลิบเท่าและหลังขยายลิบเท่าแล้ว (V_{out})
ผลการทดสอบแสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการขยายลิบเท่าของวงจรขยายสัญญาณ
กระแสตรง

V_{in} (mV)	V_{out} (mV)
2.35	23.56
6.12	61.22
9.23	92.81
12.40	124.02

จากตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่าการขยายสิบเท่านี้ทำให้ได้ตัวเลขเพิ่มขึ้นหนึ่งตัว เมื่อหาร V_{out} ด้วยสิบจะได้ทศนิยมเพิ่มขึ้นหนึ่งตำแหน่ง ซึ่งการใช้งานได้ดังอธิบายไว้แล้วในบทที่ 3

4.4 การทดสอบการวัดความต่างศักย์ด้วยไอซีเบอร์ 7107

ข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นอีกขั้นตอนหนึ่งก็คือ ความแม่นยำในการวัดความต่างศักย์ของไอซีเบอร์ 7107 (ซึ่งหาได้ง่ายและราคาไม่แพง) การทดสอบความสามารถของไอซีเบอร์นี้ทำได้โดยใช้การวัดที่ V_{out} ของวงจรขยายขณะป้อนสัญญาณจากวงจรแบ่งแรงดันด้วยโพเทนชิโอเมเตอร์ และด้วยไอซีเบอร์ 7107 นี้ ได้สร้างให้ทำงานร่วมกับโปรแกรมและแสดงผลทางจอภาพ ความต่างศักย์ที่วัดได้ทั้งสองกรณีแสดงในตารางที่ 4.2

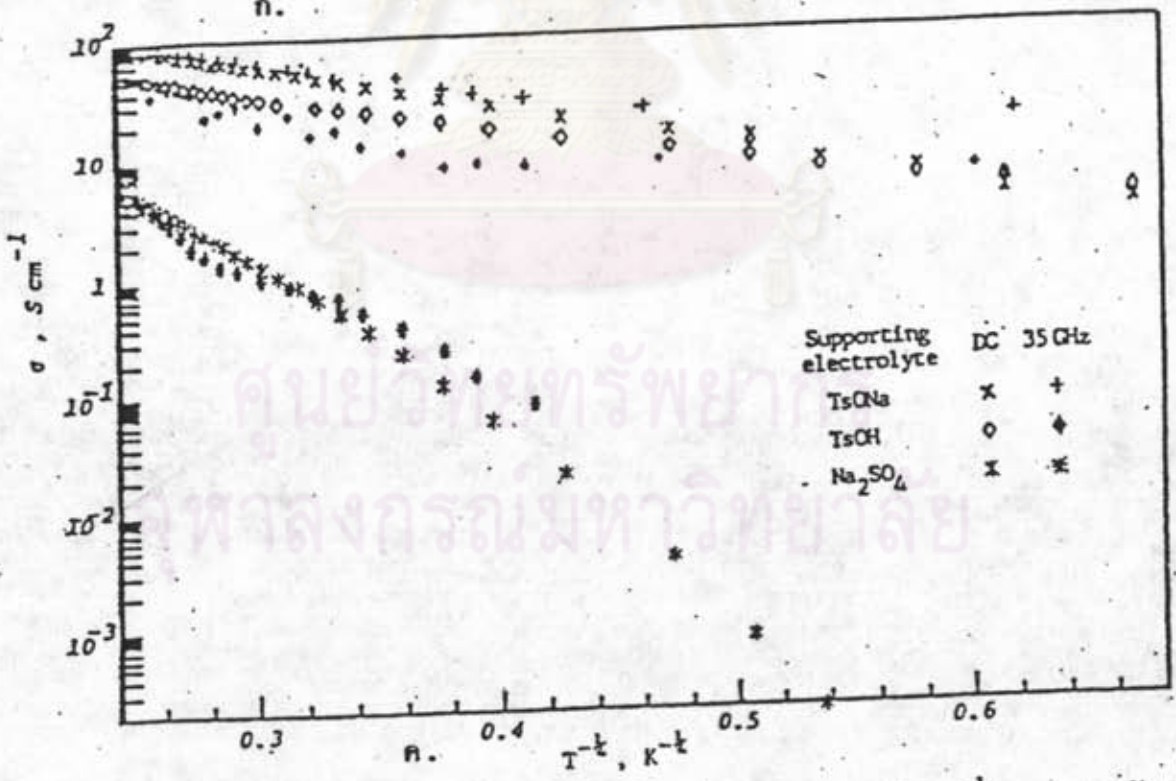
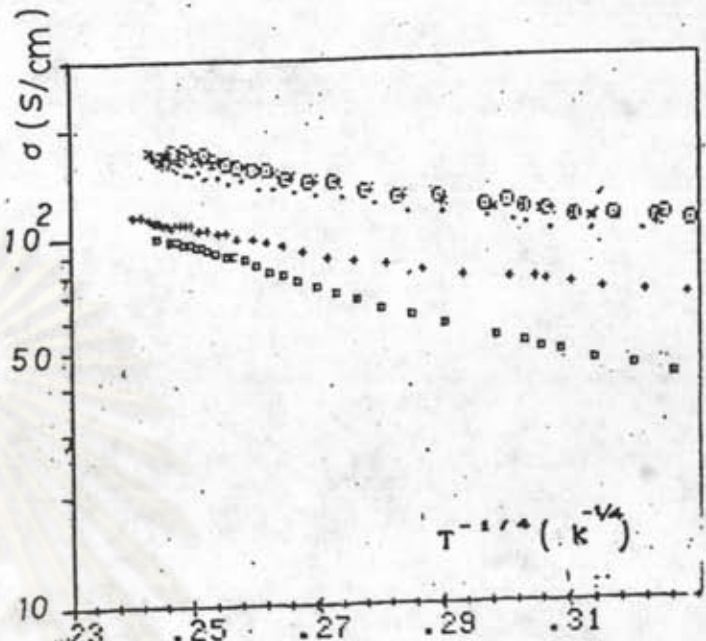
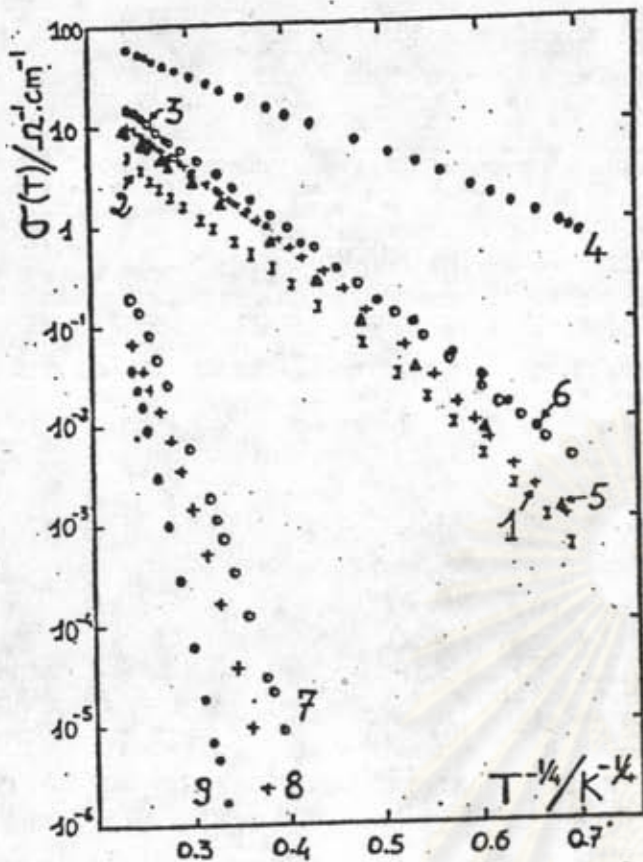
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการวัดความต่างศักย์ด้วยโพเทนชิโอเมเตอร์และไอซีเบอร์ 7107

V_{po} (mV)	V_{com} (mV)	$\Delta V = V_{po} - V_{com}$ (mV)
-6.21	-6.20	0.01
-4.56	-4.54	0.02
-2.21	-2.21	0.01
-1.05	-1.03	0.02
2.08	2.05	0.03
4.85	4.83	0.02
6.57	6.55	0.02
9.73	9.72	0.01
11.49	11.48	0.01

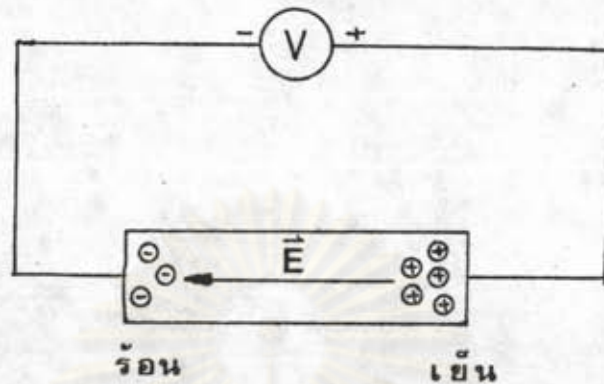
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ 77 K ถึง 300 K ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ดังแสดงในหัวข้อ 3.2 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวจากการทดลองของ Qian, R. และ Qiu, J. (12) ของ Traver, J.P. (13) และคณะ ปรากฏว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ มีลักษณะคล้ายๆ กันคือ เป็นเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 4.1 สังเกตได้ว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในช่วง 77 K ถึง 300 K แต่การทดลองของทั้งสองคณะดังกล่าวซึ่งมีช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 4 K ถึง 300 K อย่างไรก็ตามถ้าเปรียบเทียบในช่วงเดียวกันคือ 77 K ถึง 300 K ก็พอบอกได้ว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงคล้ายๆ กัน ดังนั้นอาจสรุปได้ว่ากระบวนการนำไฟฟ้าในสารตัวอย่างพอลิพีร์โรลส์เกิดจากการกระโดดของประจุพาหะ เหมือนกับการนำไฟฟ้าในพอลิพีร์โรลส์ที่สังเคราะห์แบบไฟฟ้าเคมี

จากการทดลองวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิห้องซึ่งผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 3.16 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่ได้นี้ใกล้เคียงโดยประมาณกับค่าที่ได้จากการทดลองของ Qian และ Qiu (12) ซึ่งวัดได้ประมาณ 4 - 6 $\mu\text{V}/\text{K}$ เพื่อหาชนิดของประจุพาหะในพอลิพีร์โรลส์ขอให้พิจารณารูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ก,ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามาก่อน ของ Traver และ Qian ตามลำดับ
 ข. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 4.2 แสดงทิศสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วร้อนและเย็น

จากการทดลองพบว่าขั้วเย็นมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าขั้วร้อน นั้นหมายถึง ประจุพาหะในสารตัวอย่างพอลิพิริโรลเป็นชนิดบวก สอดคล้องกับขบวนการ สิ่งเคราะห์ การพิจารณาเป็นดังนี้ ที่ขั้วร้อนพาหะ (ซึ่งเป็นบวก) จะมีความ สามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีกว่าที่ขั้วเย็น พาหะจากขั้วร้อนนี้จึงเคลื่อนไปสู่ขั้ว เย็นได้มากกว่า จึงเกิดการสะสมของประจุบวกที่ขั้วเย็นดังแสดงในรูป ข้างบน ผลคือทำให้สนามไฟฟ้าภายในสารซึ่งมีทิศไปทางซ้าย และทำให้ขั้ว เย็นมีศักย์สูงกว่าขั้วร้อนดังที่พบในการทดลอง

Traver และคณะได้คำนวณความหนาแน่นสถานะที่ระดับพลังงาน เฟอร์มิ โดยอาศัยกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $10^5 \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ (รูปที่ 4.1) ได้ค่า $N(E_F)$ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า $N(E_F)$ ของสารตัว อย่างที่ 7, 8, 9 มีมากเกินไปความ จริงแสดงว่าทฤษฎีการนำไฟฟ้าเนื่องจาก การกระโดดของพาหะไม่สมบูรณ์สำหรับการอธิบายการนำไฟฟ้าในสารตัว อย่างที่ 7, 8, 9

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า T_0 , K_0 , α' และ $N(E_F)$ จาก
การทดลองของ Traver และคณะ

Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T_0 (10^5 K)	2.9	3.4	2.7	0.38	3.6	2.0	260	550	2000
K_0 (10^4)	4.6	2.5	5.5	2.6	5.3	2.2	10^4	2×10^5	2×10^4
α^{-1} (Å)	3.0	5.0	2.6	15.0	2.3	7.7	1×10^{-4}	6×10^{-6}	3×10^{-9}
$N(E_F)$ (st/eV Pyr)	1.6	0.3	2.7	0.10	2.8	0.14	2×10^{11}	10^{15}	10^{24}

ในการทดลองครั้งนี้ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และได้คำนวณ $N(E_F)$ เพื่อเปรียบเทียบกับของ Traver และคณะดังกล่าว จากสมการ (1.8) อาจเขียนได้ว่า

$$\sigma = K_0 T^{-1/2} \exp[-(T_0/T^{1/4})] \quad (4.1)$$

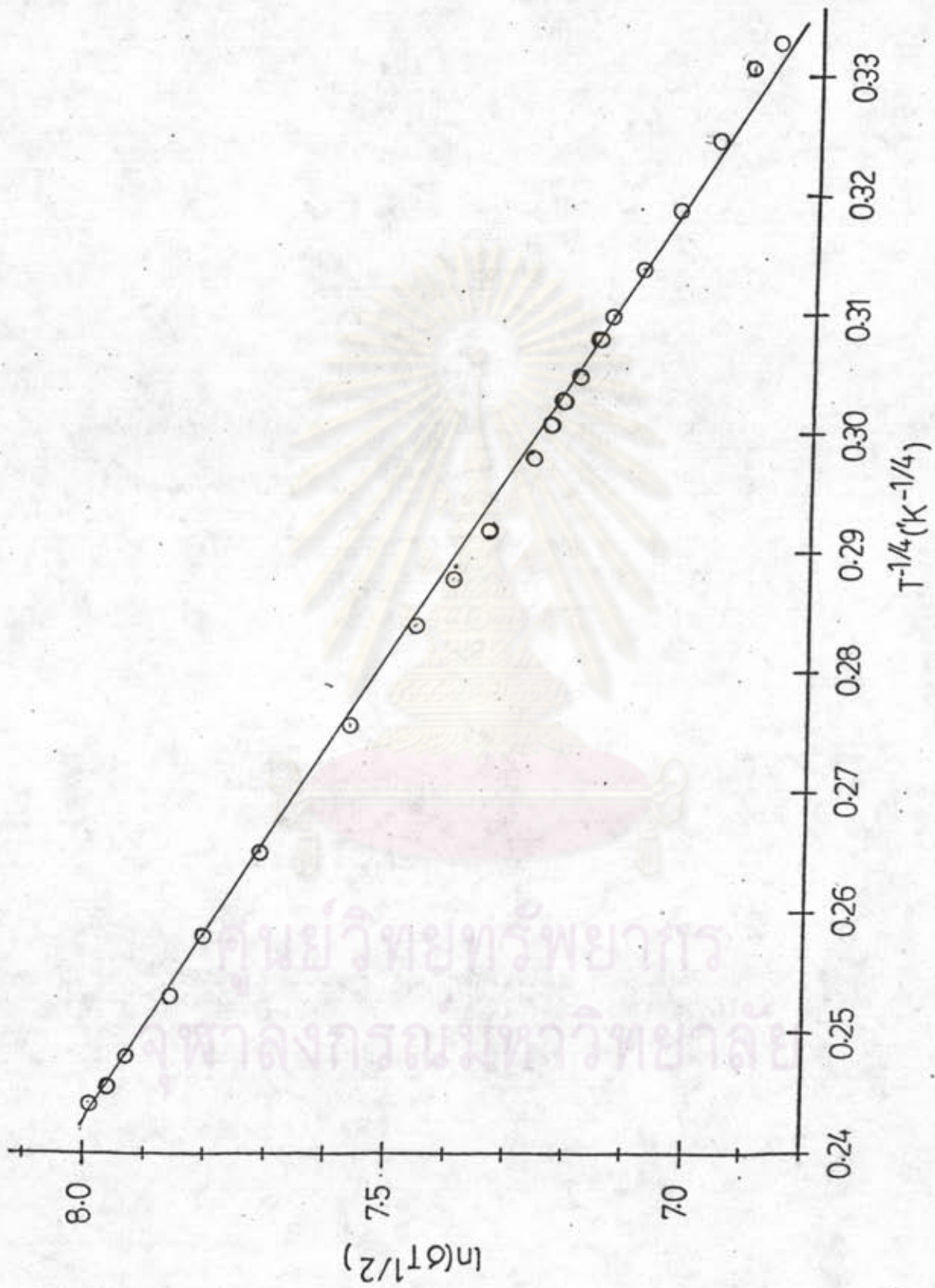
$$\text{โดย } K_0 = A \left(\frac{N(E_F)}{\alpha} \right)^{1/2} v_{ph}; \quad A = \left(\frac{3}{8\pi k_B} \right)^{1/2} e^2 \quad (4.1.1)$$

$$T_0 = \frac{16\alpha^3}{k_B N(E_F)} \quad (4.1.2)$$

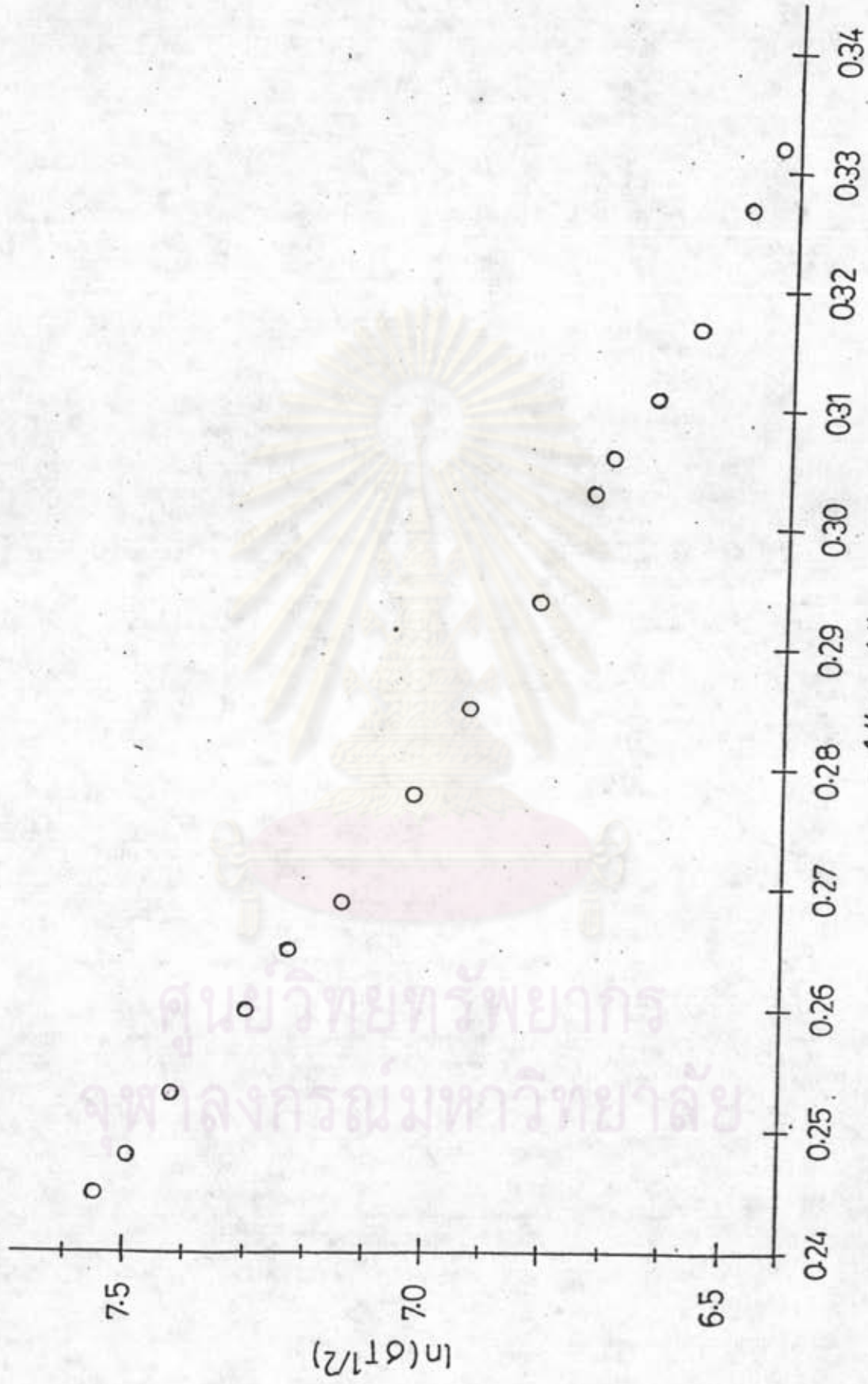
จากสมการ (4.1.1) และ (4.1.2) จะได้

$$T_0 K_0^2 = \frac{16A^2 v_{ph} \alpha^2}{k_B}$$

$$\alpha^2 = \frac{T_0 K_0^2 k_B}{16A^2 v_{ph}} \quad (4.2)$$

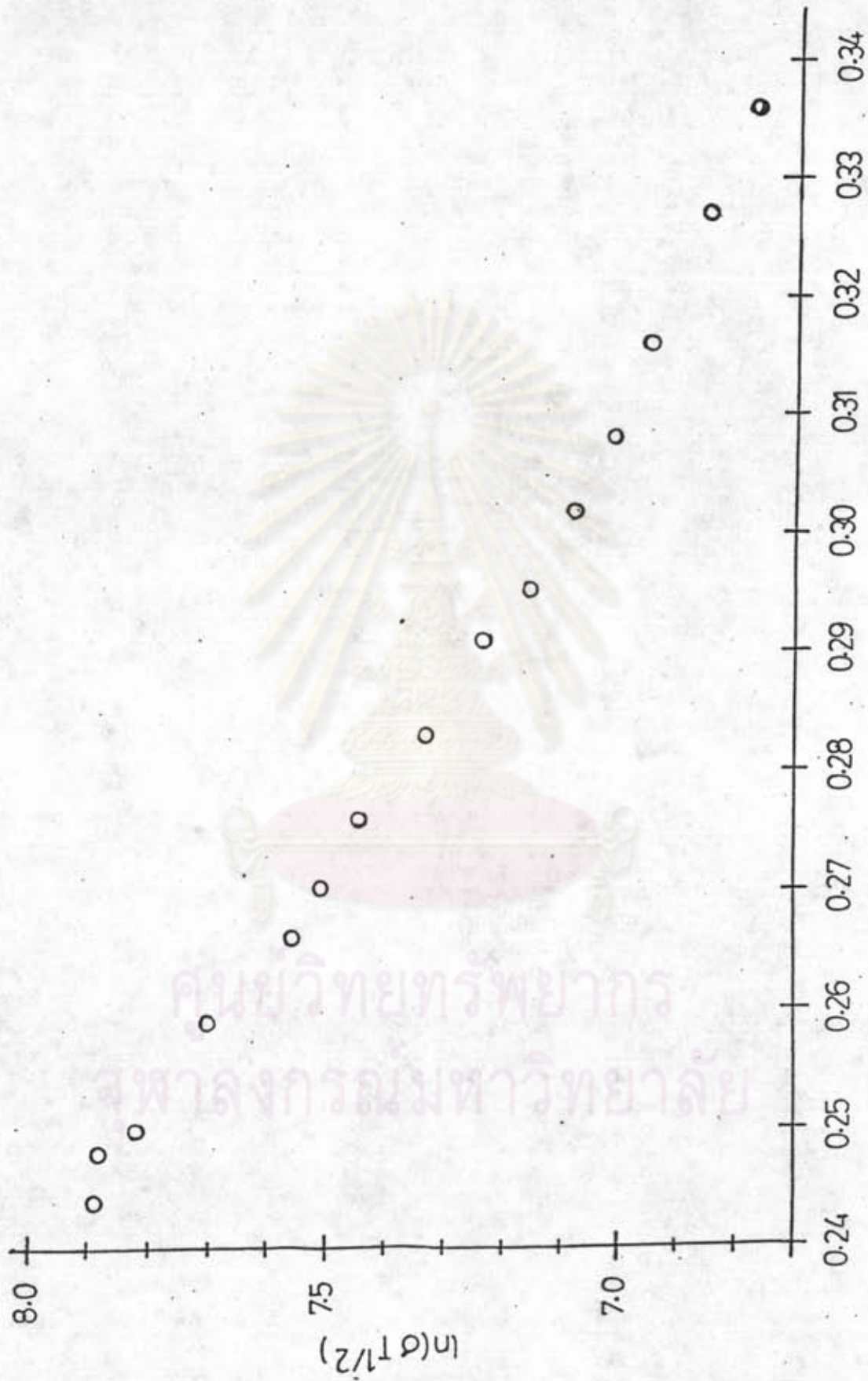


รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$
ของสารตัวอย่างหมายเลข 1



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$
ของสารตัวอย่างหมายเลข 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



เนื่องจากสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ของพอลิ
เมอร์แต่ละสารตัวอย่างเหมือนกัน จึงถือได้ว่าความถี่โฟนอนเท่ากันด้วย ดัง
นั้นได้ว่า

$$\left(\frac{\alpha_2^{-1}}{\alpha_1^{-1}}\right)^2 = \frac{(T_0 K_0^2)_1}{(T_0 K_0^2)_2}$$
$$\frac{\alpha_2^{-1}}{\alpha_1^{-1}} = \frac{K_{01}}{K_{02}} \left(\frac{T_{01}}{T_{02}}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.3)$$

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-\frac{1}{4}}$ จะสามารถหาค่า
 T_0 , K_0 ได้ จากสมการ (4.1) จะได้ว่า

$$\log \sigma = \log(K_0 T^{-\frac{1}{2}}) - (T_0^{\frac{1}{4}} \log e) T^{-\frac{1}{4}} \quad (4.4)$$

$$\text{หรือ } \ln(\sigma T^{\frac{1}{2}}) = \ln K_0 - T_0^{\frac{1}{4}} T^{-\frac{1}{4}} \quad (4.5)$$

จากกราฟรูปที่ 4.3 ได้ค่า T_0 , K_0 , α^{-1} และ $N(E_f)$ ดัง
ต่อไปนี้

$$T_0^{\frac{1}{4}} = \text{ความชันของเส้นกราฟ}$$

$$= \frac{8.03 - 6.8}{0.3365 - 0.24}$$

$$T_0 = 2.6 \times 10^4 \text{ K}$$

จากสมการ (4.5) จะได้ว่า

$$8.03 = \ln K_0 - (12.75 \times 0.24)$$

$$\ln K_0 = 8.03 + 3.06$$

$$K_0 = 5.6 \times 10^4 \quad S-K^{1/2}/cm$$

สมมติให้ α^{-1} สำหรับสารตัวอย่างหมายเลข 1 เท่ากับขนาดของ 1 มอนอเมอร์ ซึ่งเท่ากับ 4.1 \AA (หาได้จากความหนาแน่นของพอลิเมอร์โรลซึ่งเท่ากับ 1.54 g/cm^3 และ มวลของ 1 มอนอเมอร์) จากสมการ (4.2) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} N(E_r) &= \frac{16}{k_B T_0 (\alpha^{-1})^3} \\ &= \frac{16}{1.38 \times 10^{-23} \times 2.6 \times 10^4 \times (4.1 \times 10^{-10})^3} \frac{\text{St}}{\text{J-m}^3} \\ &= \frac{16 \times 1.6 \times 10^{-19} \times (4.1 \times 10^{-10})^3}{1.38 \times 10^{-23} \times 2.6 \times 10^4 \times (4.1 \times 10^{-10})^3} \frac{\text{St}}{\text{eV-py}} \\ N(E_r) &= 7.1 \frac{\text{St}}{\text{eV-py}} \end{aligned}$$

และสำหรับสารตัวอย่างหมายเลข 2, 3 ก็คำนวณได้ในทำนองเดียวกัน แต่การคำนวณหา α^{-1} ซึ่งหาได้จากสมการ (4.3) ทำได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_2^{-1}}{4.1} &= \frac{5.6}{4.5} \left(\frac{2.6}{3.2} \right)^{1/2} \\ &= 4.6 \text{ \AA} \end{aligned}$$

ผลการคำนวณปริมาณต่างๆแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า T_0 , K_0 , α^{-1} และ $N(E_F)$
ของสารตัวอย่างหมายเลข 1, 2, 3

สารตัวอย่าง ปริมาณ	1	2	3
T_0 ($\times 10^4$ K)	2.6	3.2	3.0
K_0 ($\times 10^4 \frac{\text{S-K}^{3/2}}{\text{cm}}$)	5.6	4.5	6.2
α^{-1} (Å)	4.1	4.6	3.4
$N(E_F)$ ($\frac{\text{state}}{\text{eV-pyr}}$)	7.6	4.1	11.0

จากผลการคำนวณปรากฏว่า $N(E_F)$ ของสารตัวอย่างทั้งสามนี้ มีค่าไม่มากมายเหมือนกับ สารตัวอย่างที่ 7, 8, 9 ในตารางที่ 4.3 แสดงว่าทฤษฎีของ Mott สามารถใช้อธิบายการนำไฟฟ้าในสารตัวอย่างพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีได้

สำหรับการหาความหนาแน่นประจุพาหะ (n) สภาพเคลื่อนที่ได้ (μ) และสัมประสิทธิ์การแพร่ (D) ได้คำนวณโดยคิดว่า bipolaron เป็นประจุพาหะ (17) ซึ่งมีประจุเป็น $2e$ ดังนี้

จากความหนาแน่นของพอลิไพร์โรลล์เท่ากับ 1.54 g/cm^3
มวลของ 1 มอนอเมอร์ เท่ากับ $1.07 \times 10^{-22} \text{ g}$ และ 1 bipolaron เกิดขึ้นใน 6 มอนอเมอร์ ดังนั้น

$$n = \frac{1.54}{6 \times 1.07 \times 10^{-22}}$$



$$n = 2.38 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$$

จาก $\mu = \frac{\sigma}{nq}$

สำหรับสารตัวอย่างหมายเลข 1 ที่อุณหภูมิห้อง σ เท่ากับ 187.03 S/cm ดังนั้น

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{187.03}{2.38 \times 10^{21} \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \\ &= 0.246 \text{ cm}^2 / \text{V-s} \end{aligned}$$

และจาก

$$\begin{aligned} D &= k_B T \mu / q \\ &= \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 0.246}{2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \\ &= 3.18 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{s} \end{aligned}$$

และสำหรับสารตัวอย่างหมายเลข 2, 3 ก็ทำได้ในทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดง n , σ , μ และ D ของสาร ตัวอย่างหมายเลข 1, 2 และ 3

สารตัวอย่าง	n ($\times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$)	σ (S/cm)	μ ($\text{cm}^2 / \text{V-s}$)	D ($\times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{s}$)
1	2.38	187.03	0.246	3.18
2	2.38	123.99	0.163	2.10
3	2.38	158.49	0.208	2.68

จากตารางข้างบนนี้จะเห็นว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยๆ ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการกระโดดของประจุพาหะในการนำไฟฟ้าของพอลิไพร์โรลล์นั่นเอง

4.6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง สภาพนำไฟฟ้าและ อุณหภูมิ สอดคล้องกับทฤษฎีการกระโดดของพาหะของ Mott โดยกราฟระหว่าง $\log \sigma$ กับ $T^{-1/4}$ เป็นเส้นตรง และเมื่อนำผลการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีเกี่ยวกับการกระโดดการนำไฟฟ้าในพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี ปรากฏว่าได้ผลตรงกัน สรุปได้ว่าการนำไฟฟ้าในพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเคมีนี้ เกิดจากการกระโดดของพาหะเช่นเดียวกับการนำไฟฟ้าในพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี

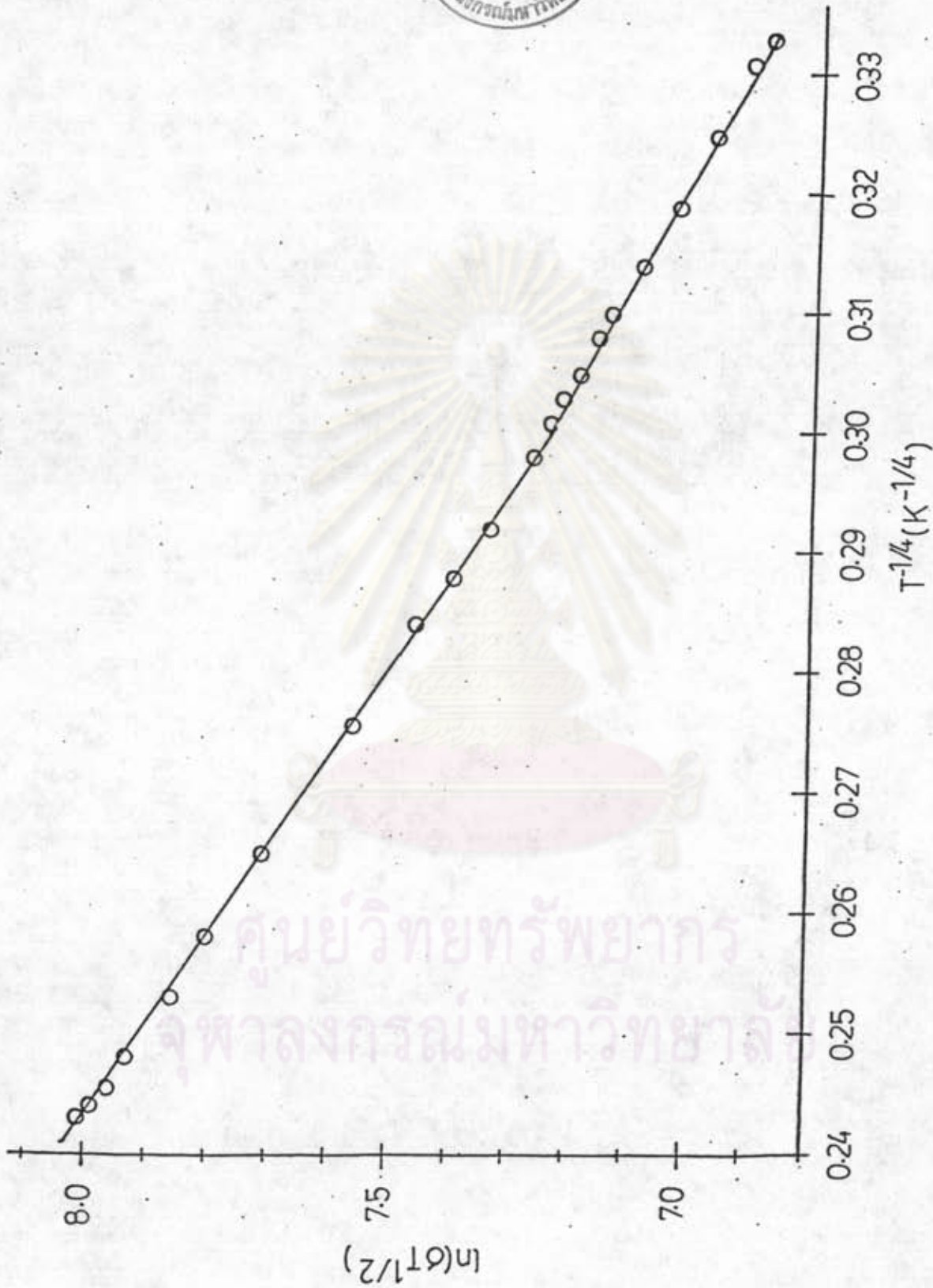
อย่างไรก็ตามจากการพิจารณาโดยละเอียดพบว่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$ ของสารตัวอย่างหมายเลข 1 อาจเขียนได้เป็นเส้นตรงสองเส้นซึ่งความชันต่างกันเล็กน้อยตัดกันที่อุณหภูมิประมาณ 130 K ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ผลการทดลองของสารตัวอย่างที่ 2, 3 ก็มีลักษณะคล้ายกันดังนั้นน่าจะมีการวิเคราะห์และทดลองเพื่อตรวจสอบโดยละเอียดว่าลักษณะนี้เป็นจริงตามผลที่แสดงหรือไม่ จากการพิจารณาสมการ (1.8) สำหรับกระบวนการกระโดด ความชันหรือ T_0 น่าจะคงที่ อย่างไรก็ตามในพอลิเมออร์เป็นที่ทราบกันดีว่า ที่บริเวณบางอุณหภูมิ เช่น ที่ glass temperature จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนไหวของมอนอเมอร์อย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ขึ้นได้ ดังนั้นการวัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว น่าจะทำเพิ่มเติมโดยละเอียดเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่น่าสนใจนี้

ในการวิจัยครั้งนี้ อุณหภูมิของสารตัวอย่างเปลี่ยนแปลงในช่วง 77 K ถึง 300 K ช่วงอุณหภูมินี้แคบกว่าในการวิจัยที่เคยทำมาก่อนซึ่งมีการ

เปลี่ยนของอุณหภูมิตั้งแต่ 4 K ถึง 300 K ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ $T^{-1/4}$ ได้มากกว่า ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แน่นอนยิ่งขึ้น น่าจะมีการศึกษาสภาพนำไฟฟ้าในพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์แบบเคมีในช่วง 77 K ถึง 4 K เพิ่มเติมจากเดิมที่เคยทำมาแล้ว

จากการวัดลัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏว่าได้ผลการทดลองใกล้เคียงโดยประมาณกับลัมประสิทธิ์ซีเบคของสารตัวอย่างพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์โดยวิธีทางไฟฟ้าเคมีและจากทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าประจุพาหะในพอลิไพร์โรลล์เป็นชนิดบวกสอดคล้องกับปฏิกริยาเคมีของการสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ควรศึกษาต่อไปคือ การพัฒนาเครื่องมือต่างๆให้เหมาะสมที่จะวัดลัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่างๆได้ ผลการทดลองที่ได้รับรวมทั้งข้อมูลต่างๆจะช่วยอธิบายปรากฏการณ์ขนส่งในพอลิเมอร์นำไฟฟ้าแบบนี้ให้เข้าใจยิ่งขึ้น

ศูนย์วิจัยทฤษฎี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 แสดงเส้นตรงสองเส้นในกราฟความสัมพันธ์
ระหว่าง $\ln(\sigma T^{1/2})$ กับ $T^{-1/4}$:
ของสารตัวอย่างหมายเลข 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย