บทที่ 4

การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดและการคำนวณในบทที่ 3 โดยอาศัยผลของการวิเคราะห์นี้ เราสามารถคำนวณค่าของโมเมนต์ไดโพลถาวรทางไฟฟ้าของโมเลกุล EBBA ได้ด้วยวิธีการของกูกเกนไฮม์ดังได้กล่าวแล้วในรายละเอียดของบทที่ 1 ดังนั้นจะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่าง $K - n^2$ กับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเข้มข้นดังกล่าวคำนวณได้จากปริมาณสารที่ใช้ไปจริงในการเตรียมสารละลาย ผลของการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

มวลของเบนซีน (กรัม)	มวลของ EBBA (กรัม)	ปริมาตรสารละลาย (cc)	ความเข้มข้น (โมล/cc)
33.9	1.23	38.2	1.15×10^{-4}
30.9	1.70	34.8	1.73×10^{-4}
27.9	2.05	31.4	2.32×10^{-4}

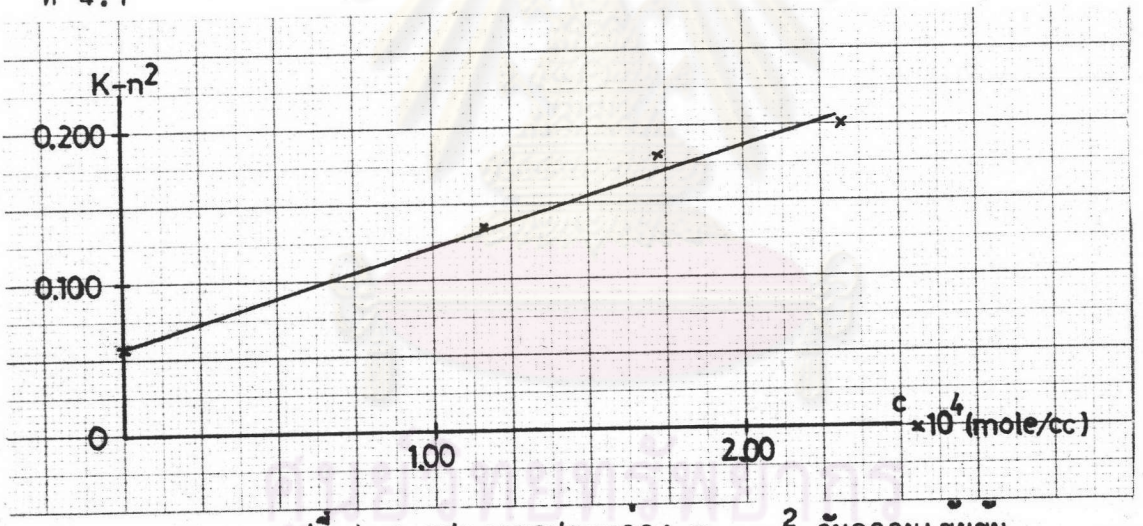
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง $K - n^2$ กับความเข้มข้นของสารละลายผลึกเหลว

โดยการใช้ค่าคงที่ไดอิเลคตริคของสารละลายที่วัดได้ในบทที่ 3 ประกอบกับค่าความเข้มข้นตามตารางที่ 4.1 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $K - n^2$ กับความเข้มข้นของสารละลายตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าคงที่ไดอิเลคตริค

ค่าความเข้มข้น (โมล/cc)	K	n^2	$K - n^2$
1.15×10^{-4}	2.367	2.232	0.135
1.73×10^{-4}	2.416	2.240	0.176
2.32×10^{-4}	2.445	2.246	0.199

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 4.2 นี้ พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงตัดแกน $K - n^2$ ที่ตำแหน่ง 0.075 มีความชันเท่ากับ 547 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.973 กราฟระหว่างปริมาณทั้งสองแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟระหว่าง $K - n^2$ กับความเข้มข้น

4.2 การคำนวณโมเมนต์ไดโพลถาวรทางไฟฟ้าของโมเลกุล

เราสามารถใช้ค่าความชันของกราฟที่ได้ตามรูปที่ 4.1 คำนวณค่าโมเมนต์ไดโพลทางไฟฟ้าของโมเลกุล EBBA ได้ดังนี้

$$\mu^2 = \frac{9kT\epsilon_0}{N} \cdot \frac{3}{(K_1+2)(n_1^2+2)} \times \left(\frac{\Delta}{c}\right)_0$$

$$\mu^2 = \frac{9\times1.38062\times10^{-23}\times8.854\times10^{-12}\times298}{6.02217\times10^{23}} \times \frac{3\times547\times10^{-6}}{4.279\times4.220}$$

$$= 4.947\times10^{-59}$$

$$\mu = 7.03\times10^{-30} \quad \text{e-m}$$

สรุปว่าจะได้ค่าโมเมนต์ไดโพลทางไฟฟ้าของโมเลกุล EBBA เท่ากับ 7.03×10^{-30} คูลอมบ์-เมตร

4.3 <u>ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง</u>

ความคลาดเคลื่อนของการทดลองอาจมาจากสาเหตุต่อไปนี้

1. สารผลึกเหลว EBBA ที่ใช้นั้นไม่ได้นำมาทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น และการเก็บสารไว้ในตู้เย็นทำให้สารมีความชื้นปนอยู่

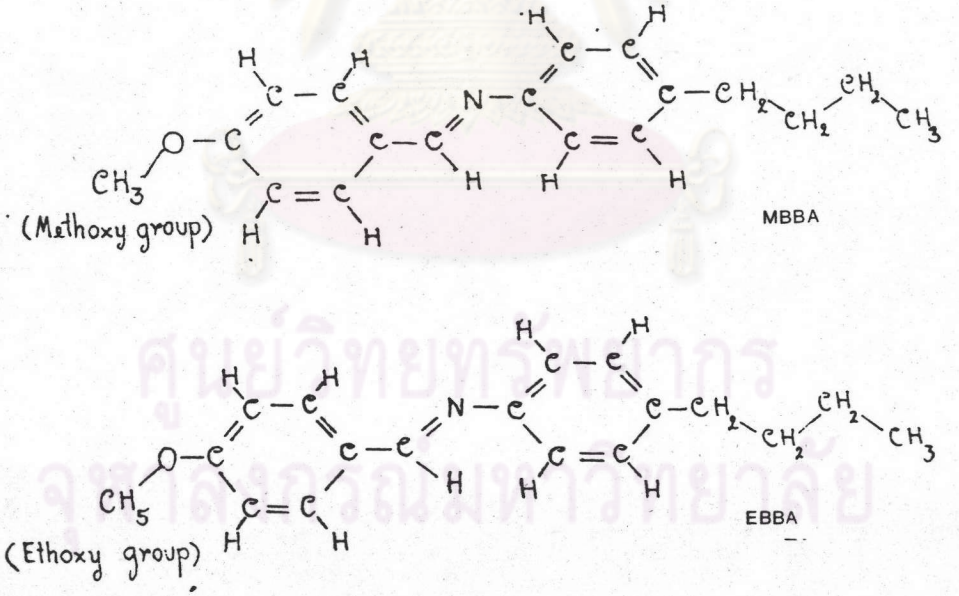
2. เบนซีนที่ใช้เป็นตัวทำละลายในสารละลายนั้น เป็นสารที่ระเหยได้ง่าย และนอกจากนี้ยังเป็นสารที่ดูดความชื้นจากอากาศได้ดีอีกด้วย ดังนั้นจะมีผลให้ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการทดลองเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้บ้าง ในการทดลองนี้ได้ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ไดอิเลคตริคของสารภายหลังจากที่ทิ้งสารไว้ในตู้แช่เย็นประมาณ 6 วัน ปรากฏว่าวัดค่าคงที่ไดอิเลคตริคของสารละลาย EBBA ในเบนซีนที่ความเข้มข้น 0.010 เศษส่วนโมลได้เท่ากับ 2.366 จะเห็นได้ว่าค่าดังกล่าวคลาดเคลื่อนไปจากค่าเดิมที่วัดได้ คือ 2.367 ประมาณ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการระเหยของเบนซีนและการดูดไอน้ำในอากาศมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเลคตริคของสารน้อยมาก

3. วงจรบริดจ์ที่ใช้วัดความจุของตัวเก็บประจุนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความต้านทาน R_1 และ R_2 ที่อยู่ภายใน นอกจากนี้ยังอาจมาจากตัวเก็บประจุมาตรฐานของบริดจ์อีกด้วย การแก้ไขวิธีการวัดความจุโดยวิธีการแทนที่ (method of substitution) ไม่สามารถทำได้ เพราะบริดจ์ที่ใช้นี้ไม่สามารถต่อตัวเก็บประจุที่สร้างขึ้นขนานกับตัวเก็บประจุมาตรฐานได้

วิธีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนในกรณีนี้ อาจทดลองใช้วงจรบริดจ์ชนิดอื่น ๆ วัดความจุของตัวเก็บประจุแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ วงจรบริดจ์ที่มีใช้ในการวิจัยภายในประเทศ เช่น บริดจ์แบบเวน-เคอร์ (Wayne-Kerr bridge) เป็นต้น

4.4 <u>การวิจารณ์ผลการทดลอง</u>

จากการวัดค่าโมเมนต์ไดโพลถาวรทางไฟฟ้าของโมเลกุล EBBA อิสระนี้ เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่าที่มีผู้ทดลองวัดไว้แล้วโดยใช้ความถี่สูง ๆ[7] พบว่าผลการทดลองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันพอประมาณ คือ 7.03×10^{-30} กับ 7.5×10^{-30} คูลอมบ์-เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างโมเลกุลกับสารผลึกเหลวชนิดอื่น เช่น N-(p-Methoxybenzylidene)-p-Butylaniline หรือ MBBA จะพบว่าโมเลกุลของสาร EBBA นั้นมีโครงสร้างยาวกว่าโมเลกุลของสาร MBBA ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบโครงสร้างโมเลกุลของสาร EBBA และ MBBA

ดังนั้นโมเลกุล EBBA ควรจะมีค่าโมเมนต์ไดโพลถาวรทางไฟฟ้ามากกว่า

โมเลกุลของ MBBA จากผลการวัดค่าโมเมนต์ไดโพลของ MBBA ซึ่งมีผู้ทดลองไว้แล้วได้เท่ากับ 7.0×10^{-30} คูลอมบ์-เมตร ประกอบกับค่าที่คำนวณได้โดยอาศัยทฤษฎีโครงสร้างโมเลกุลซึ่งเท่ากับ 6.5×10^{-30} คูลอมบ์-เมตร[5] จะเห็นได้ว่าผลการทดลองยังมีแนวโน้มที่จะสอดคล้องกับค่าที่ได้จากทฤษฎีที่อาศัยสูตรโครงสร้างของโมเลกุลอีกด้วย

4.5 ข้อเสนอแนะ

การทดลองวัดค่าโมเมนต์ไดโพลถาวรทางไฟฟ้าของโมเลกุล EBBA นี้ ควรทดลองใช้วิธีการของเดอบาย คือ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโมลาร์โพลาไรเซชั่นกับอุณหภูมิของสาร แล้วคำนวณค่าโมเมนต์จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธีของกูกเกนไฮม์ นอกจากนี้น่าจะได้มีการสร้างหรือดัดแปลงอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้วัดค่าคงที่ไดอิเลคตริกของสารที่เป็นของแข็งบ้าง ทั้งนี้จะช่วยให้เราศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของสารบางจำพวกที่นำมาใช้ในงานด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น สารจำพวกโพลิเมอร์ (polymer) หรือ พวกพลาสติค เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย