

1.1 ภูมิหลัง

ออปติคัลแอคทีวิตี (Optical Activity) เป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องทั้งทางฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา คนแรกที่สังเกตพบปรากฏการณ์นี้เป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Dominique F.G. Arago ในปี 1811 เขาพบว่าระนาบของแสงโพลาไรซ์ที่ผ่านผลึกควอตซ์ไปตามแนวแกนทางแสง (optic axis) หมุนไปตลอดทาง⁽¹⁾ ในปี 1812 Jean Baptiste Biot รายงานใน Memoir แรกของเขาว่าเขาได้พบปรากฏการณ์ในของเหลวชนิดต่าง ๆ และในไอของสารบางชนิด⁽²⁾ Biot ได้ตั้งกฎเกณฑ์กำลังสอง⁽³⁾

$$\alpha = k/\lambda^2$$

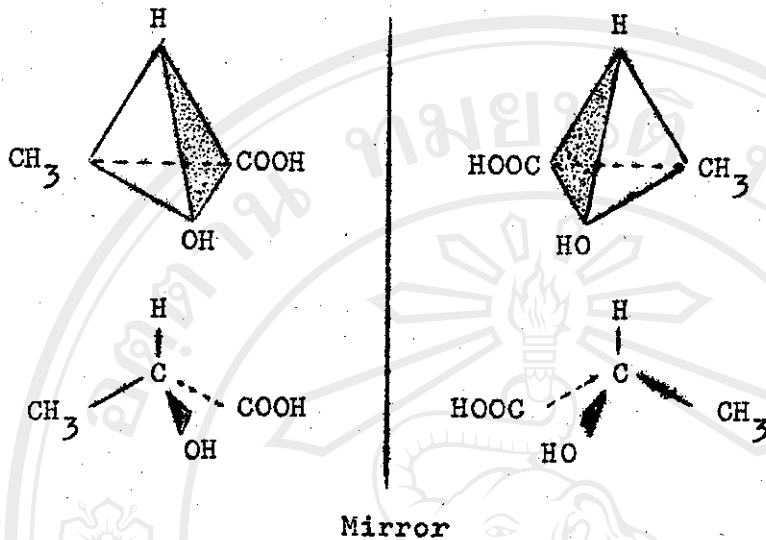
เมื่อ α เป็นมุมโรเตชัน λ เป็นความยาวคลื่นแสงที่ใช้ k เป็นค่าคงที่สำหรับกรณีที่ใช้แสงซึ่งมีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันกับผลึกควอตซ์อีกด้วย โดยสรุปว่า "โมเลกุลของแสงที่ผ่านเข้าไปในแผ่นผลึกควอตซ์จะถูกหมุนแกนแนวโพลาไรเซชันไปไม่เท่ากัน⁽⁴⁾ โมเลกุลสีม่วงจะถูกหมุนไปเร็วกว่าสีน้ำเงิน โมเลกุลสีน้ำเงินจะถูกหมุนไปเร็วกว่าสีเขียวไปตามลำดับ โมเลกุลสีแดงจะถูกหมุนไปช้าที่สุด⁽⁵⁾" ซึ่งปรากฏการณ์นี้คือ Rotatory Dispersion ในปี 1822 นักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ John F.W. Herschel รายงานว่าลักษณะการหมุนขวาและหมุนซ้ายของแกนโพลาไรเซชัน (d-rotatory และ l-rotatory) ในควอตซ์เกิดจากโครงสร้างผลึกที่ต่างกันสองชนิด⁽⁶⁾ ในปี 1825 Augustine Fresnel ได้อธิบายการเกิดออปติคัลแอคทีวิตีในผลึกเช่นควอตซ์โดยอาศัยหลักทางกลศาสตร์ที่ว่า การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (simple harmonic motion) ไปตามเส้นตรงใด ๆ สามารถจะอธิบายได้ว่าเกิดจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม 2 ชนิดในทิศทางตรงกันข้าม⁽⁷⁾ สมมติฐานของ Fresnel ที่ว่าโมเลกุลในผลึกดังกล่าวควรมีการจัดเป็นรูปเกลียว (helix)

ตรงกับผลการตรวจสอบโครงสร้างของผลึกควอตซ์โดย Bragg และบูรณาการงานโดยการใช้อเอกซเรย์⁽⁸⁾ ในปี 1848 Louis Pasteur ผู้ซึ่งเริ่มใช้คำว่า dissymmetry อันหมายถึงลักษณะโครงสร้างที่เป็น mirror image อันไม่อาจนำมาซ้อนทับกันได้สนิท เพราะไม่มีระนาบหรือศูนย์กลางแห่งสมมาตรอยู่เลย⁽⁹⁾ ได้เสนอว่ากรรไกรซิมมิก (racemic acid) ซึ่งเป็นสารออปติคอลลี อินแอคทีฟ (optically inactive substance) เกิดจากสารออปติคอลลี แอคทีฟ (optically active substance) ชนิดให้การหมุนแกนแสงโพลาไรเซชันทางขวา และทางซ้ายที่มีจำนวนเท่ากันรวมกัน Pasteur ได้ทดลองคัดสารทั้งสองชนิดออกจากกรรไกรซิมมิกได้อีกด้วย⁽¹⁰⁾ การที่สารออปติคอลลี แอคทีฟทั้งสองสามารถรวมกันได้เป็นกรรไกรซิมมิกดังกล่าวได้นั้น Ricardo Ferreira⁽¹¹⁾ อธิบายว่าเกิดมาจากสารออปติคอลลี แอคทีฟทั้งสองมี Free energy เท่ากัน ในปี 1874 Lebel นักเคมีชาวฝรั่งเศสและ Van't Hoff นักเคมีชาวดัตช์ได้สังเกตพบว่เกือบจะทุก ๆ โมเลกุลของสารออปติคอลลีแอคทีฟ จะประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอนอย่างน้อย 1 อะตอมจับกับกลุ่มหรืออะตอมอีก 4 กลุ่มซึ่งไม่เหมือนกัน วิธีการจับกันที่เป็นไปได้มี 2 วิธี ทำให้ได้โครงสร้าง 2 แบบคู่กัน (เรียกลักษณะคู่กันแบบนี้ว่า enantiomers) เป็น mirror image ซึ่งกันและกัน⁽¹²⁾ (รูป 1.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



รูป 1.1 โมเลกุลของ mirror image ของกรด lattice

ทฤษฎีที่ใช้อธิบายออปติคัล แอคทีวิตีแบ่งออกเป็น 2 พวกได้แก่ทฤษฎีทางโมเลกุล (molecular theories) และทฤษฎีทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronic theories)

ทฤษฎีทางโมเลกุลเป็นพวกที่ใช้มวล และโครงสร้างของโมเลกุลมาหามุมโรเตชัน (rotation angle) ที่เกิดขึ้น ผู้ที่เริ่มคนแรกคือ Crum Brown และ Guye (1890) ทั้งสองมีแนวคิดว่า การมีออปติคัลโรเตชันขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอนุมูล (radicals) ทั้ง 4 ที่เกาะกับอะตอมของคาร์บอน ถ้าใดใดหนึ่งของอนุมูลเหมือนกันจะไม่เกิดโรเตชันขึ้น (13) Walden (1895) พบว่าอนุมูลนั้นมีมวลเท่ากัน แต่มีโครงสร้างต่างกันก็จะทำให้เกิดโรเตชันได้ (4) Gray (1916) สรุปว่าต้องมีอะตอม 4 อะตอมที่ต่างกันเกาะกับอะตอมของคาร์บอนเท่านั้นที่จะทำให้เกิดโรเตชันได้ ถ้ามีน้อยกว่า 4 อะตอมจะไม่มีโรเตชันเกิดขึ้น ในกรณีที่มีอะตอมทั้ง 2 อะตอมสลับที่กัน มุมโรเตชันที่วัดได้จะมีค่าเท่ากัน แต่มีเครื่องหมายต่างกัน (15) ในทฤษฎีของ de Malleman (1927)

ก็มีแนวคิดเช่นเดียวกับ Gray แต่เขาได้เริ่มหาสเปซโพลาไรเซชันด้วยการใช้โพลาไรเซบิลิตี (polarizability) ของอนุภาคโดยวัดจากสภาพหักเห (refractivity) ของแต่ละอนุภาค ผสมเข้ากับกฎเกณฑ์กำลังสองของ Biot⁽¹⁶⁾ Boys (1934) ได้ใช้พื้นฐานของ Gray และ Born มาหาสเปซโพลาไรเซชันโดยมองโมเลกุลซึ่งอสมมาตรในแบบ $CRR'R''R'''$ ว่ามีปฏิกิริยาต่อกันระหว่างอนุภาคทั้ง 4 นั้นด้วย และใช้สมมติฐานที่ว่าทุก vibrator ในโมเลกุลหนึ่งจะมีตำแหน่งที่หยุดพักตามธรรมชาติอันหนึ่งและมีลักษณะโพลาไรเซบิลิตีประจำตัว อันสามารถจะนำมาใช้พิจารณาถึงปฏิกิริยาที่มันมีต่อคลื่นแสงที่มากระทบได้ กฎเกณฑ์ของ Boys ยังคงเป็นไปตามกฎเกณฑ์กำลังสองของ Biot เช่นกัน⁽¹⁷⁾

ทฤษฎีที่ใช้อธิบายออปติคอลแอคทिवิตีที่อีกพวกหนึ่งซึ่งอาศัยสมการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์และโครงสร้างทางไฟฟ้าของโมเลกุลคือทฤษฎีทางอิเล็กโทรนิคส์ Schellman⁽¹⁸⁾ (1966) ได้แบ่งทฤษฎีทางอิเล็กโทรนิคส์ออกเป็น 3 แนว แนวแรกถือว่าโครโมฟอร์ (chromophore) (กลุ่มอะตอมในโมเลกุลที่ดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วน) ทำให้เกิดออปติคอลแอคทिवิตีโดยธรรมชาติ จะเกิดในโมเลกุลที่อิเล็กตรอนถูกไล่ที่ (delocalized) ในโครงสร้างทางไฟฟ้าของนิวเคลียสซึ่งอสมมาตร แนวที่สองเป็นความคิดเรื่องคัปเปิล-ออสซิลเลเตอร์ (coupled-oscillator) กล่าวคือปฏิกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนที่สัมพันธ์กัน แต่มีการเคลื่อนที่อยู่นั้นจะระนาบในโมเลกุลเป็นต้นเหตุของออปติคอลแอคทिवิตี เช่นทฤษฎีเอกซิตอน (Exciton theory) ของ Born (1915) Oseen (1915) และ Kuhn (1929, 1930)⁽¹⁹⁾ ในทางคว้นตัมเมคานิกส์ Kirkwood⁽²⁰⁾ เสนอว่าออปติคอลแอคทिवิตีเป็นเรื่องของการเข้าคู่ของอิเล็กตริกทรานซิชันโมเมนต์ (electric transition moments) ของกลุ่มอิเล็กตรอน 2 กลุ่มด้วยวิธีไดโพล-ไดโพลอินเตอร์แอคชัน (dipole-dipole interactions) แนวสุดท้ายกล่าวถึงสนามสถิตย์ (static field) บางส่วนในโมเลกุลไปรบกวนส่วนอื่นของโมเลกุลที่สมมาตรแล้ว ทำให้โมเลกุลมีพฤติกรรมเป็นสารออปติคอลแอคทีฟได้⁽²¹⁾ แนวนี้ได้มีจุดเริ่มต้นจาก Paul Drude (1892) ผู้ซึ่งเริ่มอธิบายทฤษฎีของออปติคอลแอคทिवิตีทางอิเล็กโทรนิคส์ในแนวคลาสสิกอลฟิสิกส์

c dipole) กับแมกนีติกไฟ
y (Rotational Stre
คชันที่จะสังเกตได้
าวมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุ
งขวางไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ

c dipole) กับแมกนีติกไฟ
y (Rotational Stre
คชันที่จะสังเกตได้
าวมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุ
งขวางไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ

c dipole) กับแมกนีติกไฟ
y (Rotational Stre
คชันที่จะสังเกตได้
าวมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุ
งขวางไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ

c dipole) กับแมกนีติกไฟ
y (Rotational Stre
คชันที่จะสังเกตได้
าวมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุ
งขวางไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ

- c dipole) กับแมกนีติกไฟ
y (Rotational Stre
คชันที่จะสังเกตได้
าวมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุ
งขวางไม่ได้ ทั้งนี้เพราะ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. สร้าง polarimeter แบบง่าย ๆ แต่สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.05° โดยใช้แผ่นโพลาไรซ์ทำเป็นโพลาไรเซอร์และอนาไลเซอร์
2. สร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพื่อควบคุมอุณหภูมิของสารละลายให้สามารถปรับได้ตั้งแต่ $30^\circ - 60^\circ \text{C}$ โดยอาศัยทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้า และใช้เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าโดยมี LDR เป็นตัวตรวจจับสัญญาณในการตรวจจับแสงที่ผ่านอนาไลเซอร์ออกมา
3. ใช้ซูโครสเป็นสารมาตรฐานในรูปของสารละลายสำหรับการศึกษาทดลอง และทดลองกับสารตัวอย่างในห้องทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบในแง่ empirical ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ความยาวคลื่นแสงที่ใช้ และอุณหภูมิของสารละลายซูโครส ว่ามีต่อสเปกโตรเทคน์อย่างไร
2. ช่วยเพิ่มพูนความรู้ในทางเทคนิคการทดลอง เช่นการสร้าง polarimeter การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับใช้ในงานวิจัยเป็นต้น
3. สามารถจะนำไปใช้ในการเรียนการสอน และใช้ตรวจสอบปริมาณของสาร optically active ในสารละลายต่าง ๆ สำหรับผู้สนใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved