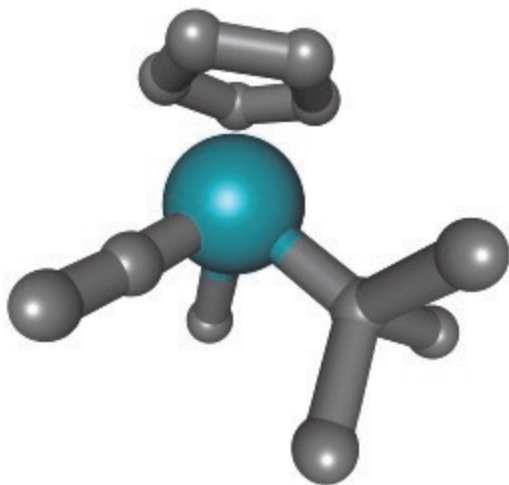


My Chemistry Note

Stereoisomerism



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โจนัฏกธิ์ โจนธนศ
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

Stereoisomerism เป็นเรื่องสำคัญมากที่สุดเรื่องหนึ่งในวิชาเคมี เพราะมีบทบาทเกี่ยวกับการทำงานของชีวโมเลกุลต่างๆ ทั้งแหล่งพลังงานอย่างคาร์โบไฮเดรต สารพันธุกรรม หรือ เอนไซม์ ต่างก็ทำงานและควบคุมการทำงานด้วย stereochemistry ทั้งสิ้น รวมถึงการจัดการกับสารชีวโมเลกุล เช่น การใช้ยาเพื่อหยุดหรือกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิดก็ต้องคำนึงถึง stereoisomer เช่นกัน

เนื้อหาในหนังสือนี้ครอบคลุมลักษณะโครงสร้างโมเลกุลที่มี stereochemistry แบบต่างๆ การจำแนกประเภท รวมถึงความสำคัญและบทบาทของโมเลกุลเหล่านี้ เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นภาพรวม สามารถนำไปศึกษาต่อยอดในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องได้ง่าย โดยมีความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

หวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีประโยชน์แก่นักเรียน นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ที่สนใจในเรื่อง stereoisomerism ได้นำไปประยุกต์ในการเรียนและการทำงานต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ

26 กรกฎาคม 2564

สารบัญ

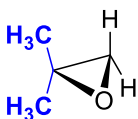
บทที่ 1 Isomer	1
Structural Isomer ของสารอินทรีย์	3
– Functional Isomer	4
– Positional Isomer	5
– Skeletal Isomer	6
Structural Isomer ของสารประกอบเชิงซ้อน	7
– Ionisation Isomer	8
– Solvation Isomer	8
– Linkage Isomer	9
– Coordination Isomer	9
บทที่ 2 Stereoisomer	11
Enantiomer	13
– R & S Configuration	15
– r & s Configuration	20
– R _a & S _a Configuration	21
– P & M Configuration	28
– R _p & S _p Configuration	32
Diastereomer	35
– Meso Compound	38
Geometric Isomer	40
– Geometric Isomer ของสารอินทรีย์	42
– Geometric Isomer ของสารเชิงซ้อน	45

สารบัญ

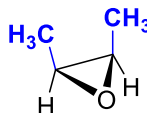
บทที่ 3 Stereomer ของสารชีวโมเลกุล	49
Carbohydrate	52
– น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว	52
– การปืดวงของน้ำตาล	56
– Carbohydrate in 3D	58
Nucleic acid	61
– Nucleotide	61
– DNA Double Helix	62
Protein	65
– α -Amino Acid	65
– โครงสร้างของ protein	66
– Stereoselectivity	68
Lipid	71
– Cis-isomer ของ lipid	72
– การเรียงตัวของ lipid	74
บทที่ 4 สมบัติเชิงแสง	78
Optical Rotation	78
Enantiomeric Excess	81
บทที่ 5 แบบฝึกหัด	82
โจทย์	82
เฉลยแบบฝึกหัด	91

isomer มาจากภาษากรีกว่า isomerès (ἰσομερής) ซึ่ง isos แปลว่า เท่ากัน ส่วน méros แปลว่าส่วนหรือหน่วย ดังนั้น isomer คือสารคนละชนิด แต่มีจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุองค์ประกอบเท่ากัน จัดแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลักได้แก่

Structural Isomer (Constitutional Isomer) โครงสร้างแตกต่างกัน ชัดเจน ตำแหน่งของอะตอมที่เชื่อมกันด้วยพันธะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง เช่น



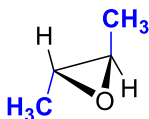
2,2-dimethyloxirane



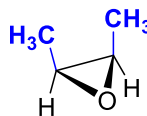
2,3-dimethyloxirane

สารชนิดแรก CH_3 ทั้งคู่สร้างพันธะอยู่บนคาร์บอนเดียวกัน แต่สารชนิดที่สอง กลับอยู่บนคนละคาร์บอนกัน จึงมีชื่อเรียกที่อ้างอิงตามตำแหน่งอะตอมต่างกัน

Stereoisomer (Configurational Isomer) ตำแหน่งการเชื่อมต่อของทุกอะตอมเหมือนกัน แต่วางตัวในสามมิติแตกต่างกัน เช่น



(2R,3R)-2,3-dimethyloxirane



(2S,3R)-2,3-dimethyloxirane

แม้ CH_3 ของสารทั้งสองชนิดอยู่บนอะตอมเดียวกัน แต่ CH_3 ของสารชนิดแรก วางอยู่คนละด้านกันของระนาบโมเลกุล ส่วนสารชนิดที่สองวางตัวอยู่ทางด้านเดียวกันของระนาบโมเลกุล จึงเป็นสารคนละชนิดกันและมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

เบื้องต้นจะพิจารณา structural isomer ก่อน ซึ่งสารอินทรีย์และสารเชิงซ้อนของโลหะมีลักษณะการสร้างพันธะที่แตกต่างกัน การจำแนกประเภทของ structural isomer จึงแตกต่างกันไปด้วย

Structural isomer ของสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 แบบหลัก ได้แก่

1. **Functional isomer** เป็นสารที่มี functional group แตกต่างกัน
2. **Positional isomer** เป็นสารที่ตำแหน่ง functional group อยู่คนละที่กัน
3. **Skeletal isomer** เป็นสารที่สาย hydrocarbon มีโครงสร้างแตกต่างกัน

Structural isomer ของสารเชิงซ้อนโลหะแบ่งออกเป็น 4 แบบหลัก ได้แก่

1. **Ionisation isomer** มีตำแหน่งของ ligand และ counter ion สลับกัน
2. **Solvation isomer** มีตำแหน่งของ ligand และ solvent สลับกัน
3. **Linkage isomer** การวางตัวของ ligand ใช้ donor atom แตกต่างกัน
4. **Coordination isomer** มี ligand ของ cation และ anion สลับกัน

เราจะเริ่มพิจารณาจาก structural ของสารอินทรีย์ก่อน เนื่องจากมีความซับซ้อนของโครงสร้างน้อยกว่า แต่มีความหลากหลายของสารประกอบมากกว่า

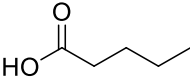
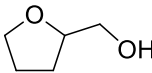
Structural Isomer ของสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่เป็น structural isomer กัน จะมีสมบัติของสารแตกต่างกันไป โดยถ้าเป็น functional isomer สมบัติทางเคมีก็จะไม่เหมือนกัน เพราะ functional group ที่ต่างกันย่อมทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตาม structural isomer ประเภทอื่น แม้มีหมู่ functional เดียวกันและมีปฏิกิริยาเหมือนกัน แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจแตกต่างกันได้ เพราะว่าโครงสร้างที่ไม่เหมือนกันทำให้ความเกะกะและโอกาสในการเข้าทำปฏิกิริยาของ functional group ต่างกัน

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น จะยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันมาพิจารณาสมบัติของ structural isomer ทั้งสามประเภท โดยจะใช้สารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O_2$ เป็นตัวอย่าง ซึ่งมีได้ทั้ง functional, positional, และ skeletal isomer รวมกันมากมายกว่าร้อยชนิด

Functional isomer

มี functional group แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย ในที่นี้จะยกตัวอย่างสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน คือ $C_5H_{10}O_2$ ซึ่งมี isomer ได้มากมายกว่าร้อยชนิด แต่จะยกตัวอย่างสารที่จัดเป็น functional isomer กันมาเพียง 3 ชนิดดังตารางด้านล่าง

ชื่อ	Valeric acid	1,3-dioxepane	Tetrahydrofurfuryl alcohol
โครงสร้าง			
สมบัติ	กรดที่มีกลิ่นฉุน	ระเหยและติดไฟง่าย	ตัวละลายอินทรีย์
BP (°C)	185	119	178
MP (°C)	-34	-72	-80

จะเห็นว่าสารทั้งสามชนิดมี functional group แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่สารแรกเป็น carboxylic acid สารที่สองเป็น acetal และสารสุดท้ายมี functional group สองหมู่คือ hydroxyl และ oxy ดังนั้นสารทั้งสามชนิดจะมีปฏิกิริยาเคมีแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง