การทดลอง แบบจำลองโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างสามมิติของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด
2. เพื่อศึกษาปรากฏการณ์การเกิดไอโซเมอร์ (Isomerism)

ทฤษฎี

พันธะเคมีและโครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบคาร์บอน

เคมีอินทรีย์ คือ การศึกษาสารประกอบของธาตุคาร์บอนและธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกิดพันธะกับอะตอมของคาร์บอน ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะกันเองเกิดเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกันมากมาย สารประกอบเหล่านี้มีโครงสร้างในสามมิติที่ไม่เหมือนกัน โดยที่โครงสร้างสามมิตินี้เองที่เป็นตัวกำหนดสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้น ๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาโครงสร้างสามมิติของสารประกอบคาร์บอน รวมถึงการแสดงโครงสร้างสามมิตินั้น ๆ ลงบนระนาบสองมิติอย่างละเอียดและชัดเจน เพื่อความเข้าใจในสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์

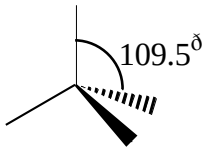
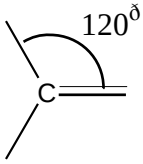
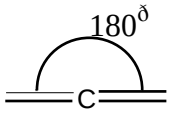
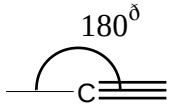
ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะได้หลายแบบ ดังนี้

1. เกิดพันธะเดี่ยว 4 พันธะ เช่น สารประกอบแอลเคน (alkane) ทั้งแบบโซ่เปิด (aliphatic) และแบบวง (alicyclic) คาร์บอนที่เกิดพันธะประเภทนี้จะมีไฮบริไดเซชันแบบ sp^3 ซึ่งไฮบริไดเซชันนี้จะประกอบไปด้วยพันธะซิกมา (σ -bond) ทั้งสี่พันธะ
2. เกิดพันธะเดี่ยว 2 พันธะ พันธะคู่ 1 พันธะ เช่น สารประกอบแอลคีน (alkene) โดยคาร์บอนที่เกิดพันธะประเภทนี้จะมีไฮบริไดเซชันแบบ sp^2 และเกิดพันธะกับอะตอมอื่นด้วยพันธะซิกมา 3 พันธะ และพันธะไพ (π -bond) 1 พันธะ
3. เกิดพันธะคู่ 2 พันธะ เช่น สารประกอบแอลลีน (allene) และมีไฮบริไดเซชันแบบ sp โดยเกิดพันธะกับอะตอมอื่นด้วยพันธะซิกมา 2 พันธะ และพันธะไพ 2 พันธะ
4. เกิดพันธะสาม 1 พันธะ และพันธะเดี่ยว 1 พันธะ เช่น สารประกอบแอลไคน์ (alkyne) โดยคาร์บอนประเภทนี้จะมีไฮบริไดเซชันแบบ sp และเกิดพันธะกับอะตอมอื่นด้วยพันธะซิกมา 2 พันธะ และพันธะไพ 2 พันธะ

หมายเหตุ พันธะคู่ ประกอบด้วยพันธะไพ 1 พันธะ และพันธะซิกมา 1 พันธะ ส่วนพันธะสามประกอบด้วยพันธะไพ 2 พันธะ และพันธะซิกมา 1 พันธะ สำหรับพันธะเดี่ยวเป็นพันธะซิกมาเพียงอย่างเดียว

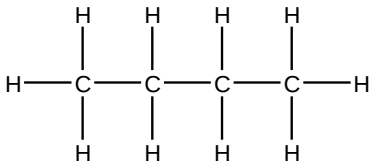
โครงสร้างสามมิติของคาร์บอนทั้งสี่ประเภทได้ถูกนำมาแสดงไว้ในตาราง 6.1 ดังนี้

ตาราง 6.1 โครงสร้างสามมิติของสารประกอบแอลเคน แอลคีน แอลไคน์และแอลลีน

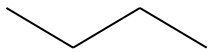
รูปแบบการเกิดพันธะและชนิดไฮบริไดเซชันของคาร์บอน	โครงสร้างของพันธะรอบคาร์บอน	รูปร่างสามมิติและมุมพันธะ
$-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-$ sp^3	ทรงสี่หน้า (tetrahedral)	
$\diagdown C= \diagup$ sp^2	ระนาบสามเหลี่ยม (trigonal planar)	
$=C=$ sp	เส้นตรง (linear)	
$-C\equiv$ sp	เส้นตรง (linear)	

การแสดงโครงสร้างของสารประกอบคาร์บอนในระนาบสองมิติ

จากตาราง 6.1 จะเห็นว่า โครงสร้างของคาร์บอนมีได้หลายแบบ ดังนั้น การแสดงโครงสร้างสามมิติลงบนกระดาษซึ่งเป็นภาพสองมิติ เพื่อให้ยังคงไว้ซึ่งนัยสำคัญของโครงสร้างสามมิติจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น โครงสร้างของบิวเทน (butane) ในระนาบสองมิติ ดังนี้



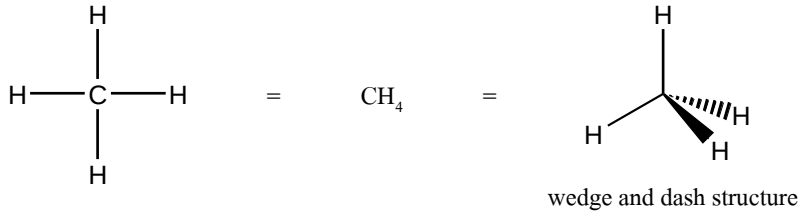
= $CH_3CH_2CH_2CH_3$ =



structural formular condensed formular line drawing or zigzag

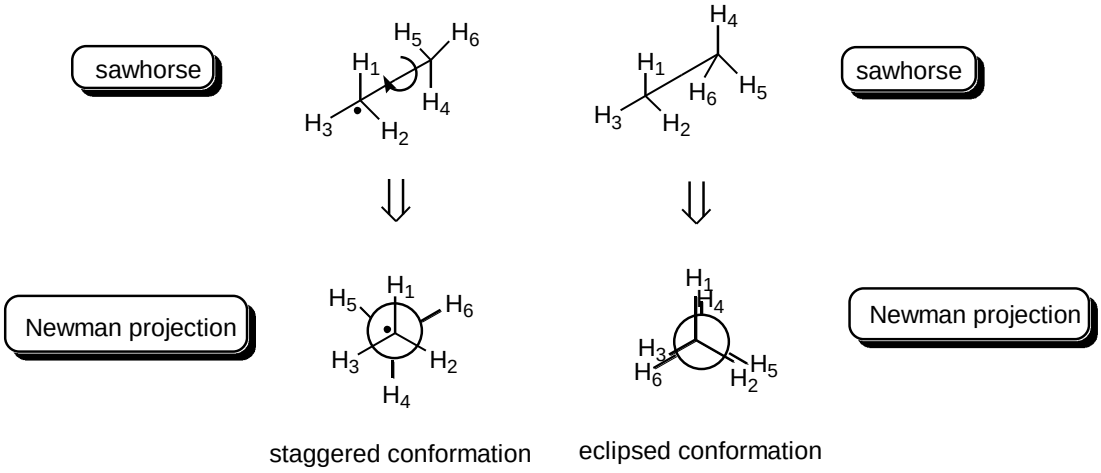
จะเห็นได้ว่า butane สามารถเขียนโครงสร้างได้หลายแบบ คือ structural formular, condensed formuler และ line drawing หรือโครงสร้างโซ่ซิกแซก (zigzag) โดยโครงสร้างสองแบบแรกอาจทำให้เข้าใจว่า butane มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งในความเป็นจริง butane มีโครงสร้างแบบ zigzag

นอกจากนี้ โครงสร้างสามมิติของสารประกอบคาร์บอนที่มีไฮบริไดเซชันแบบ sp^3 โดยเน้นถึงการเรียงตัวในที่ว่างของพันธะทั้งสี่ของคาร์บอน เรียกว่า การเขียนโครงสร้างแบบเส้นทึบและเส้นปะ (wedge and dash) พิจารณาโครงสร้างของมีเทน (methane) ดังนี้



wedge and dash structure

โครงสร้างที่เป็น tetrahedral ของ methane ได้ถูกแสดงไว้อย่างเหมาะสมในโครงสร้างทางขวามือสุด โดยที่พันธะเป็นแบบเส้นทึบ (wedge) แสดงถึงพันธะที่พุ่งออกจากระนาบของกระดาษเข้าหาผู้มอง และพันธะเส้นปะ (dash) คือพันธะที่พุ่งเข้าไปในระนาบของกระดาษ ส่วนพันธะที่เป็นเส้นทั้งสองเส้นที่เหลือ แสดงถึงพันธะที่อยู่บนระนาบของกระดาษ (ซึ่งมีอยู่ด้วยกันสองพันธะ) เมื่ออะตอมคาร์บอนมาเกาะกันสองอะตอมเกิดเป็นสารประกอบอีเทน (ethane) เราสามารถแสดงโครงสร้างสามมิติในแบบที่เรียกว่า **โครงสร้างซอฮอร์ส (sawhorse) และโครงสร้างนิวแมน (Newman projection)** ดังรูป 6-1



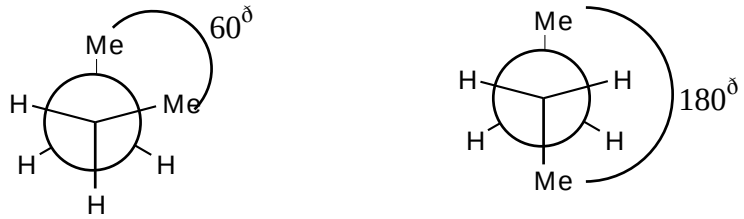
รูป 6-1 โครงสร้างแบบ sawhorse และ Newman projection ของอีเทนคอนฟอร์เมชัน staggered และ eclipsed

จากรูป 6-1 จะเห็นว่า ethane สามารถจัดเรียงตัวในที่ว่าง เรียกว่า คอนฟอร์เมชัน (conformation) ที่ต่างกัน 2 แบบ คือ แบบแรกเรียกว่า staggered conformation ซึ่งจะมีระดับพลังงานต่ำกว่าแบบที่สอง ที่เรียกว่า eclipsed conformation เนื่องจาก eclipsed conformation จะมีแรงผลักกันของอะตอมไฮโดรเจนที่เคลื่อนที่เข้ามาอยู่ใกล้กัน ดังนั้น โครงสร้างหรือ conformer ที่เสถียรที่สุดของ ethane คือแบบ staggered นั่นเอง

หมายเหตุ conformer ของสารประกอบ alkane คือ สารประกอบที่มีการจัดเรียงตัวในที่ว่างที่ต่างกันโดยเกิดจากการหมุนพันธะเดี่ยวของสารประกอบนั้น ๆ โดย conformation ของสารประกอบ alkane เกิดขึ้นได้โดย

อาศัยหลักการที่ว่า พันธะเดี่ยวสามารถหมุนได้โดยอิสระ และโครงสร้างที่เป็น conformer กัน จะ**ต่างกับ**โครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์กัน

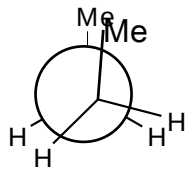
เช่นเดียวกับสารประกอบโพรเพนมี conformation ที่เสถียรที่สุด คือแบบ staggered ส่วนบิวเทน (butane) มีความแตกต่างจากกรณีของอีเทนและโพรเพน พิจารณาโครงสร้างของบิวเทน ดังรูป 6-2 จะเห็นว่า conformation แบบ staggered ของ butane มีได้สองแบบ คือ แบบแรก หมู่เมทิล (methyl, $-CH_3$) อยู่ใกล้กันอ โดยมีมุมบิด (torsion angle) เป็น 60 องศา เรียก conformation แบบนี้ว่า **เกาซ์ (gauche)** ส่วนแบบที่สอง หมู่ methyl ทั้งสองหมู่อยู่ห่างกันไปเป็นมุม 180 องศา เรียกว่า conformation นี้ว่า **แอนติ (anti)** โดย conformation แบบแอนติเป็น conformation ที่เสถียรที่สุด หรือมีพลังงานต่ำสุดของ butane สำหรับ butane ที่มีหมู่เมทิลอยู่ซ้อนกันพอดี โดยมีมุมบิดเป็นศูนย์องศา เรียกว่า eclipsed conformation นี้ว่า **ซิน (syn)** ดังรูป 6-3



Me = methyl group ($-CH_3$)

staggered conformation (gauche) staggered conformation (anti)

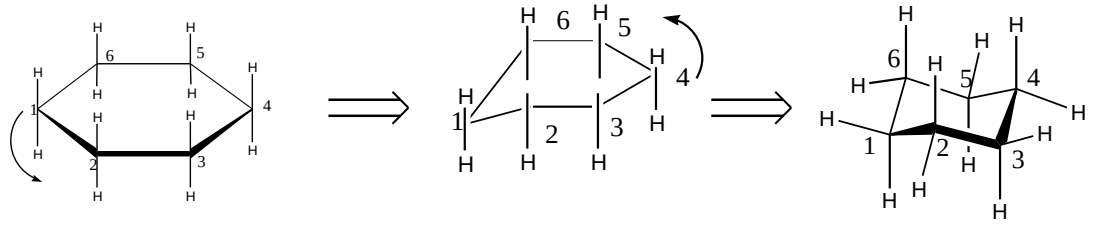
รูป 6-2 โครงสร้างบิวเทนแบบ Newman projection แสองการจัดเรียงตัวแบบ staggered conformation



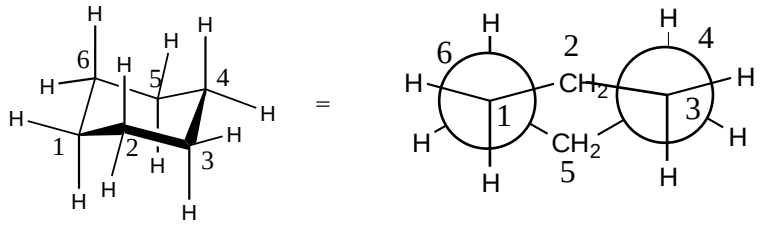
eclipsed conformation (syn)

รูป 6-3 โครงสร้างบิวเทนแบบ Newman projection แสดงการจัดเรียงตัวแบบ eclipsed conformation

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) จะเห็นได้ว่า วง cyclohexane ไม่ได้อยู่ในระนาบแบนราบ เนื่องจากเกิดความเครียดภายในวง (ring strain) เนื่องจากแรงผลักกันของอะตอมไฮโดรเจน สารประกอบ cyclohexane จึงอยู่ใน conformation ที่บิดไปจากระนาบแบนราบ เกิดเป็น conformation แบบเก้าอี้ (chair conformation) เมื่อมองผ่านไปตามแนวของคาร์บอนอะตอมที่ 1 และ 6 ในขณะเดียวกันก็มองผ่านไปตามแนวของคาร์บอนที่ 3 และ 4 โดยให้คาร์บอนที่ 2 อยู่ด้านหน้าสุด เราจะสามารถวาดโครงสร้างของ cyclohexane นี้ในรูปแบบของโครงสร้างนิวแมนได้ดังรูป 6-4



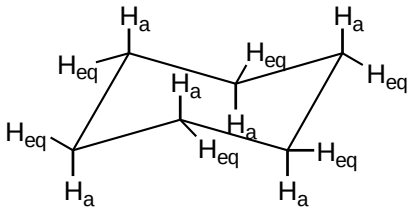
chair conformation



chair conformation Newman projection ของ chair-cyclohexane

รูป 6-4 โครงสร้างของไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) จัดเรียงตัวแบบเก้าอี้ (chair conformation)

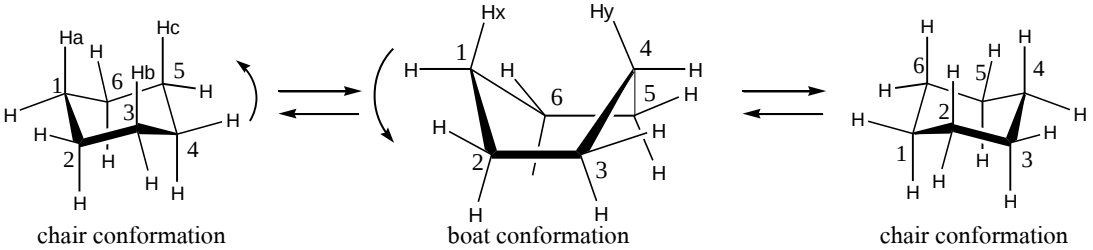
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาโครงสร้างของ cyclohexane แบบเก้าอี้ จะพบว่าสามารถแบ่งไฮโดรเจนอะตอมออกเป็น 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจนที่อยู่ขนานตามแนวแกน เรียกว่า **แอกเซียลไฮโดรเจน (axial hydrogen, H_a)** และไฮโดรเจนที่อยู่ในแนวระนาบรอบ ๆ วงของ cyclohexane เรียกว่า **อิควาทอเรียลไฮโดรเจน (equatorial hydrogen, H_{eq})** ดังนี้



H_a = axial hydrogen

H_{eq} = equatorial hydrogen

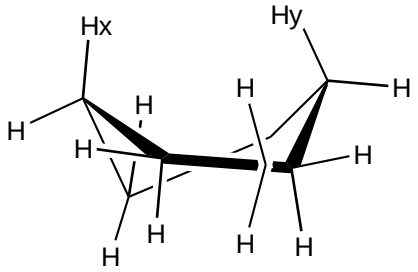
และ confomation แบบเก้าอี้นี้ สามารถพลิกกลับด้านได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การพลิกของเก้าอี้ (chair-chair interconversion หรือ chair flips)** ซึ่งจะเกิดผ่าน confomation ที่เสถียรน้อยกว่าที่เรียกว่า confomation แบบเรือ (boat conformation) ดังรูป 6-5



รูป 6-5 ปรากฏการณ์การพลิกของเก้าอี้ (chair-chair interconversion or chair flips) ของไซโคลเฮกเซน

จากรูป 6-5 เมื่อพิจารณา conformation แบบเก้าอี้ (I) พบว่าไฮโดรเจนอะตอม H_a, H_b และ H_c อยู่ในแนวขนานกัน โดยที่ H_a และ H_b จะมีแรงกระทำซึ่งกันและกัน เรียกว่า **1, 3 diaxial interaction** โดยจะเกิดกับไฮโดรเจนทุกคู่ (ทั้ง H_a - H_b, H_a - H_c และ H_b - H_c) ดังนั้น ถ้ามีหมู่แทนที่ เช่น หมู่เมทิล เป็นต้น ในตำแหน่ง H_a, H_b หรือ H_c จะมีผลทำให้สารประกอบนั้นมีระดับพลังงานสูงขึ้น และอาจปรับตัวไปสู่ confomation ที่เสถียรกว่าซึ่งอาจไม่ใช่ confomation แบบเก้าอี้

สำหรับ conformation แบบเรือ (II) (boat conformation) นั้น จะพบว่า H_x และ H_y เคลื่อนมาอยู่ใกล้กันมากจนเกิดแรงผลักกัน เรียกว่า **แรงผลักเพอริหรือแรงผลักแฟลกโพล์ (peri or flagpole interaction)** ซึ่งอาจทำให้ H_x และ H_y พยายามบิดตัวออกห่างจากกัน เกิดเป็น confomation แบบเรือบิด (twist-boat conformation) ดังนี้

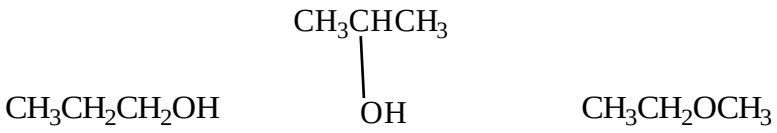


twist-boat conformation

ปรากฏการณ์การเกิดไอโซเมอร์ (Isomerism)

ไอโซเมอร์ คือ สารที่มีสูตรโมเลกุลที่เหมือนกัน แต่มีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้สมบัติทางเคมีแตกต่างกันอีกด้วย

ตัวอย่างเช่น พิจารณาโมเลกุลดังนี้



1-propanol 2-propanol ethyl methyl ether

สังเกตว่า สารทั้งสามชนิดข้างต้น มีสูตรโมเลกุลเป็น C_3H_8O เหมือนกัน แต่มีโครงสร้างทางเคมีที่ต่างกัน โดย 1-โพรพานอล (1-propanol) และ 2-โพรพานอล (2-propanol) เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ ส่วนเอทิลเมทิลอีเทอร์ (ethyl methyl ether) เป็นสารประกอบอีเทอร์ การเกิดไอโซเมอร์นี้ เรียกว่า **การเกิดไอโซเมอร์แบบตำแหน่ง (constitutional isomerism)** กล่าวคือ ในแต่ละโครงสร้างจะมีลำดับการจัดเรียงพันธะภายในโมเลกุลต่างกัน

สารอินทรีย์บางชนิดอาจมีโครงสร้างที่มีลำดับการจัดเรียงพันธะภายในโมเลกุลเหมือนกัน แต่การจัดเรียงตัวของอะตอมในที่ว่างต่างกัน ซึ่งสารที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ เรียกว่าเป็น **stereoisomer** ซึ่งกันและกัน โดยสารกลุ่มนี้จะมีอะตอมคาร์บอนที่เกิดไฮบริไดเซชันแบบ sp^3 ซึ่งเกาะกับหมู่ที่ไม่เหมือนกันทั้งสี่หมู่ เรียกอะตอมคาร์บอนแบบนี้ว่า **chiral carbon หรือ asymmetric carbon** หรือจะเรียกว่าเป็น **chiral center** ก็ได้ (คำว่า chiral center ครอบคลุมอะตอมอื่น ๆ ที่เป็น asymmetric center เช่น sulfur ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในระดับนี้) สารอินทรีย์ที่พบในธรรมชาติมักมี chiral center มากกว่าหนึ่งแห่ง โมเลกุลที่มี chiral center มากกว่าหนึ่งแห่งและไม่มีสมมาตรแบบระนาบ จะเรียกว่าเป็นโมเลกุลแบบ chiral (สารประกอบที่มี chiral center เพียงแห่งเดียว เป็นโมเลกุลแบบ chiral เสมอ) สารที่มีโครงสร้างสามมิติเป็นภาพในกระจกซึ่งกันและกันเรียกว่าเป็นคู่ enantiomer กัน ส่วนสารอื่นๆที่ไม่เป็นภาพในกระจกซึ่งกันและกัน เรียกว่าเป็นคู่ diastereomer กัน อย่างไรก็ตาม โมเลกุลแบบ achiral และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า **meso compound** ในการทดลองบทนี้นิสิตจะได้ศึกษาการเกิด stereoisomer ของสารประกอบที่มี chiral center หนึ่งและสองตำแหน่ง

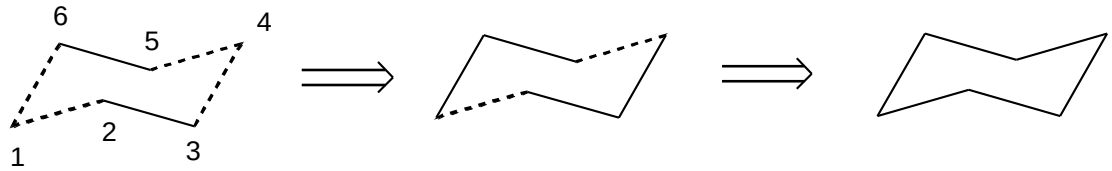
อุปกรณ์

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลสำหรับสารประกอบอินทรีย์

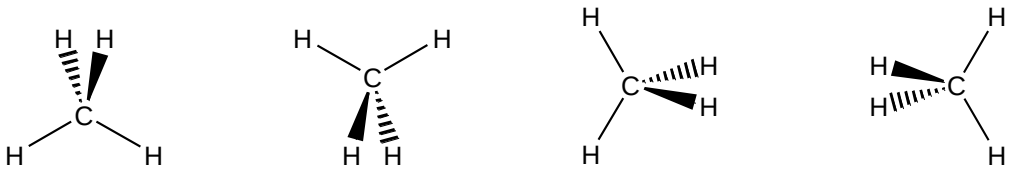
การทดลอง

ก่อนทำการทดลอง (1) ศึกษาคู่มือการใช้แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลสำหรับสารประกอบอินทรีย์ ศึกษาวิธีการในการแสดงการเกิดพันธะในแบบต่าง ๆ รวมถึงรูปแบบการแสดงสีของอะตอมธาตุแต่ละชนิด โดยนิสิตต้องพิจารณาไฮบริไดเซชันของทุกอะตอม (ที่ไม่ใช่ไฮโดรเจน) ในโมเลกุลที่ทำการศึกษาทุกครั้ง และควรระวังมิให้ชิ้นส่วนใด ๆ ของแบบจำลองสูญหายระหว่างทำการทดลอง (2) ฝึกการเขียน chair conformation ของ

สารประกอบ cyclohexane ในระนาบสองมิติให้ชัดเจน โดยพิจารณาเส้นต่าง ๆ ที่ควรอยู่ในแนวขนานกัน โดยเริ่มจากการวาดเส้นขนานที่สร้างวง cyclohexane ก่อน (นั่นคือ วาดเส้นระหว่าง C_2-C_3 และ C_5-C_6 ก่อน ตามด้วยเส้นจาก C_1-C_6 และ C_3-C_4 จากนั้นจบลงที่เส้นระหว่าง C_1-C_2 และ C_4-C_5) ดังนี้

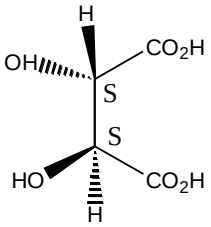


1. ต่อโมเลกุลของมีเทน (CH_4) และหมุนโมเลกุลโดยให้สอดคล้องกับการแสดงโครงสร้างในระนาบสองมิติดังนี้

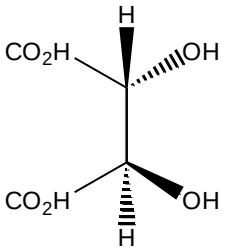


2. ต่อโมเลกุลของอีเทน (ethane; C_2H_6) ศึกษาการหมุนโดยอิสระของพันธะซิกมาระหว่างคาร์บอนทั้งสองอะตอมในโมเลกุลของ ethane พร้อมทั้งศึกษา conformation แบบ staggered และ eclipsed จากนั้นวาดโครงสร้างของทั้งสอง conformation ลงในใบบันทึกผลการทดลอง
3. ต่อโมเลกุลของเอทิลลีน (ethylene; C_2H_4) แอลลีน (allene; C_3H_4) และอะเซทิลลีน (acetylene; C_2H_2) โดยพิจารณามุมพันธะรอบอะตอมคาร์บอนของแต่ละสารประกอบ แสดงสูตรโครงสร้างของสารทั้งสามในใบบันทึกผลการทดลอง พร้อมระบุไฮบริไดเซชันของทุกอะตอมคาร์บอน
4. ต่อโมเลกุลของโพรเพน (propane; C_3H_8) โดยพิจารณา conformation ที่พลังงานต่ำที่สุดของ propane จากนั้นแสดงโครงสร้างของ conformation ดังกล่าวลงในใบบันทึกผลการทดลอง
5. ต่อโมเลกุลของบิวเทน (butane; C_4H_{10}) และพิจารณา conformation ทั้ง staggered แบบแอนติและแบบเกาช์ และ eclipsed แบบซิน จากนั้นแสดงโครงสร้างของทุก conformation ลงในใบบันทึกผลการทดลอง
6. ต่อสารประกอบไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) โดยให้ทุกอะตอมคาร์บอนอยู่ในระนาบเดียวกัน พิจารณาแรงกระทำที่เกิดขึ้นในโมเลกุล แล้วทำการปรับให้ cyclohexane อยู่ใน conformation แบบเก้าอี้ วาดโครงสร้างดังกล่าวลงในใบบันทึกผลการทดลอง จากนั้นปรับโมเลกุลให้เกิด chair flips โดยผ่าน conformation แบบเรือ (พิจารณาการเกิด conformation แบบเรือบิด (twist-boat) เมื่อทำ chair flips ด้วย) วาดโครงสร้างดังกล่าวลงในใบบันทึกผลการทดลอง
7. ต่อไอโซเมอร์แบบตำแหน่ง (constitutional isomer) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_4H_{10}O$ โดยแสดงโครงสร้างทั้งหมดลงบนใบบันทึกผลการทดลอง

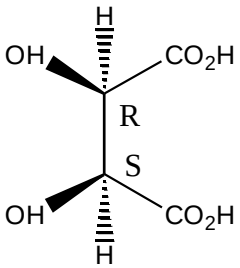
8. ต่อโครงสร้างของสารประกอบ CHFClBr จากนั้นทำการต่อโครงสร้างที่เป็น enantiomer ของโครงสร้าง CHFClBr ที่ได้ต่อไว้แล้ว พิจารณาให้เห็นชัดว่าโครงสร้างทั้งสองนี้ไม่สามารถซ้อนทับกันได้ และสารประกอบทั้งสองนี้ มิใช่สารประกอบเดียวกัน จากนั้นวาดโครงสร้างของ enantiomers ที่ได้จากข้อ 7 ลงในใบบันทึกผลการทดลอง พร้อมทั้งบอกด้วยว่า แต่ละโครงสร้างมี absolute configuration แบบใด (R หรือ S)
9. ต่อโครงสร้างของ tartaric acid ที่เป็น (S, S) และ (R, R) แล้วนำมาเปรียบเทียบว่าไอโซเมอร์แบบ (S, S) มีความสัมพันธ์เป็นภาพในกระจกของไอโซเมอร์แบบ (R, R) หรือไม่ จากนั้นทำการต่อไอโซเมอร์แบบ (R, S) และ (S, R) พร้อมทั้งพิจารณาความสัมพันธ์ของทั้งสองไอโซเมอร์นี้ว่าเป็นแบบใด (เพื่อช่วยให้ง่ายในการต่อแบบจำลองของ tartaric acid โครงสร้างทั้งสี่แบบของสารประกอบ tartaric acid ได้แสดงไว้ด้านล่างนี้ และอนุโลมให้ใช้อะตอมสีฟ้าหรือสีอื่น ๆ เพียงหนึ่งอะตอมแทนหมู่ carboxylic ในโมเลกุลของ tartaric acid)
10. ทำการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลหมู่แรกของ (R, S)- tartaric acid (ไม่สำคัญว่านับจากด้านใดเป็นหมู่แรก แต่ต้องนับแบบเดียวกันทั้งสองโครงสร้าง) ด้วยอะตอมแฮโลเจนใด ๆ ก็ได้ และให้พิจารณาว่า สารที่ได้นี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



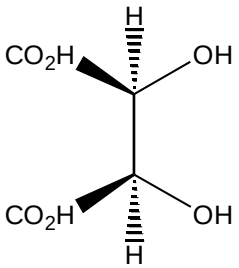
(S, S)-tartaric acid



(R, R)-tartaric acid



(R, S)-tartaric acid



(S, R)-tartaric acid

ชื่อ/นามสกุล……..หมู่เรียน……..หมู่ปฏิบัติการที่…….
อาจารย์ผู้สอน……วันที่ทำการทดลอง…..…….

รายงานผลการทดลองเรื่องแบบจำลองโมเลกุลของสารอินทรีย์

1. โครงสร้างแบบซอฮอร์สและนิวแมนของ conformation แบบ staggered และแบบ eclipsed ของ ethane จากการทดลองข้อ 2 คือ

2. โครงสร้างแบบซอฮอร์สและนิวแมนของ conformation ที่พลังงานต่ำที่สุดของ propane จากการทดลองข้อ 4 คือ

3. สูตรโครงสร้างของ ethylene (C_2H_4) allene (C_2H_2) พร้อมทั้งไฮบริไดเซชันของแต่ละอะตอมคาร์บอน (จากการทดลองข้อ 3) คือ

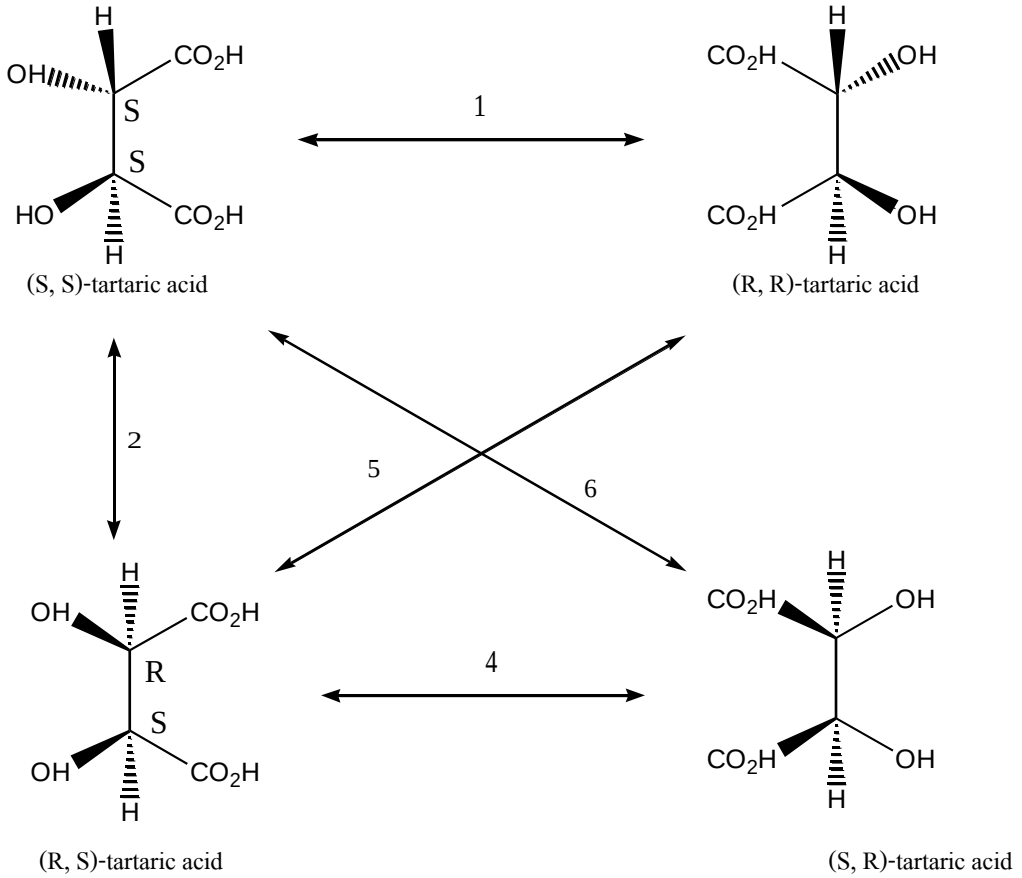
4. โครงสร้างแบบซอฮอร์สและนิวแมนของ eclipsed conformation แบบซิน และ staggered conformation แบบแอนติ และแบบเกาช์ ของ butane จากการทดลองข้อ 5 คือ

5. โครงสร้างแบบเก้าอี้ของ cyclohexane จากการทดลองข้อ 6 คือ (แสดงโครงสร้างทั้ง**ก่อนและหลัง**การเกิด chair flips)

6. โครงสร้างของไอโซเมอร์แบบตำแหน่ง (constitutional isomer) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบ จากการทดลองข้อ 7 คือ

7. โครงสร้างของ CHFClBr ที่มี absolute configuration เป็น S และ R จากการทดลองข้อ 8 คือ

8. จากการทดลองข้อ 9 จงระบุความสัมพันธ์ของโครงสร้างของ tartaric acid ดังแสดงข้างล่างนี้ ว่าเป็น diastereomer Enantiomer หรือว่าเป็นโมเลกุลเดียวกัน โดยแสดงคำตอบไว้ท้ายตัวเลขที่สอดคล้องกับลำดับเลขที่อยู่ในแผนภาพ



2. ……..

3. ……..

4. ……..

5. ……..

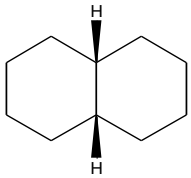
6. ……..

7. ……..

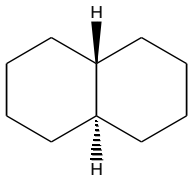
9. สารทั้งสองที่ได้จากการต่อแบบจำลองในข้อ 10 มีความสัมพันธ์กันโดยเป็น.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. สารประกอบเดคาลิน (dacalin) คือสารประกอบที่มีวงหกเหลี่ยมสองวงเชื่อมต่อกัน (bicyclic compound) โดยที่บริเวณรอยต่อของวง จะมีไฮโดรเจนซึ่งสามารถอยู่ด้านเดียวกัน (cis-decalin) หรืออยู่ด้านตรงข้ามกัน (trans-decalin) โครงสร้างแบบเส้นของเดคาลินทั้งสองแบบเป็นดังนี้



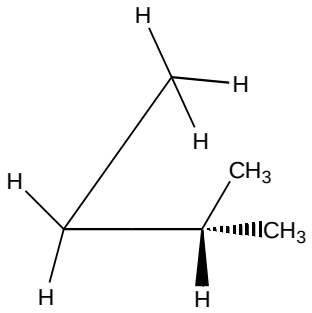
cis-decalin



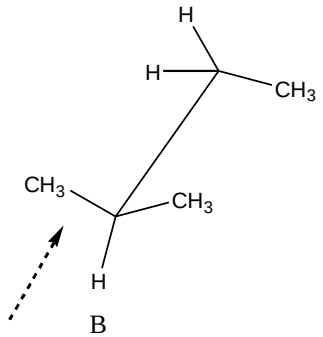
trans-decalin

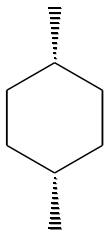
จงแสดงโครงสร้างของเดคาลินทั้งสองแบบในลักษณะ conformation แบบเก้าอี้ (chair conformation) (หมายเหตุ : ให้ใช้แบบจำลองช่วยในการแสดงโครงสร้าง)

2. จงแสดงโครงสร้างแบบนิวแมน (Newman projection) ของสาร A และสาร B ที่มีโครงสร้างดังแสดง (ทิศทางในการมองโครงสร้างได้แสดงไว้แล้ว)



A



B

3. จงแสดง conformation ที่พลังงานต่ำที่สุดของสารที่มีโครงสร้างดังแสดง (ให้แสดงโครงสร้างเป็นแบบเส้น)