

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 8

หน่วยที่ 5 ปฏิกริยาเคมีอินทรีย์เบื้องต้น
บทเรียนที่ 5.1 ปฏิกริยาเคมีอินทรีย์เบื้องต้น

จำนวนชั่วโมง 3

จุดประสงค์การสอน (จุดประสงค์ทั่วไป)

1. เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับปฏิกริยาเคมีอินทรีย์เบื้องต้น

ผลการเรียนรู้ (จุดประสงค์เฉพาะ)

1. บอกประเภทตัวเข้าทำปฏิกริยา
2. บอกประเภทปฏิกริยาเคมีอินทรีย์
3. บอกปฏิกริยาของแอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. การบรรยาย และอภิปราย
2. กิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน (Work@class)

สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน

1. เอกสารประกอบการสอน วิชาเคมีสำหรับสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
2. เอกสาร powerpoint
3. https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=11425
4. <https://www.facebook.com/chemographics>
5. <https://www.slideshare.net/woravith>

การวัดผล

1. ประเมินจากกิจกรรมในชั้นเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมแบบฝึกหัด หรืองานที่มอบหมาย
3. ประเมินจากการสรุปประเด็นสำคัญ หรือการนำเสนอผลของการสืบค้นที่ได้รับมอบหมาย
4. ประเมินจากการสอบย่อยรายหน่วยเรียน

หน่วยที่ 5 ปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์เบื้องต้น

บทเรียนที่ 5.1 ปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์

5.1.1 ประเภทตัวเข้าทำปฏิกิริยา

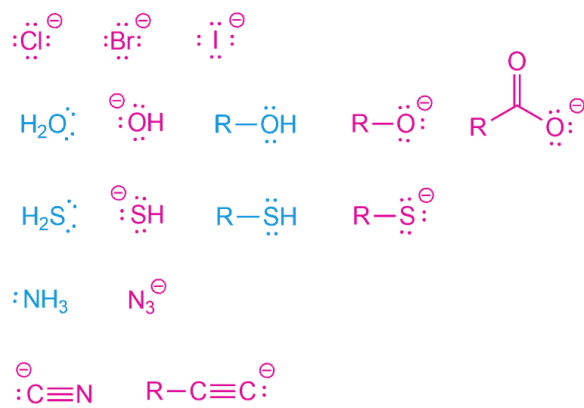
1) ตัวเข้าทำปฏิกิริยา

1.1) นิวคลีโอไฟล์ (nucleophilic) คือ พวกที่โมเลกุลมีตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูง เนื่องจากมีคู่อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วม มีพันธะที่มีขั้วแบบ δ^- และมีไพอิเล็กตรอน (π -electron) ของ C=C

เรียกตัวเข้าทำปฏิกิริยานี้ว่า นิวคลีโอไฟล์ (nucleophile) หรือตัวให้อิเล็กตรอน (electron donor) แบ่งได้สองประเภท ดังนี้

(1) นิวคลีโอไฟล์ที่มีประจุ (charge nucleophile) เช่น $-\text{OH}^-$, $-\text{OR}^-$, CH_3COO^- , $-\text{N}_3^-$, $-\text{CN}^-$, $\text{HC}\equiv\text{C}^-$, Cl^- , Br^- , I^- , HS^- , RS^-

(2) นิวคลีโอไฟล์ที่ไม่มีประจุ (neural nucleophile) เช่น H_2O , NH_3 , $\text{R}-\text{NH}_2$, H_2S , $\text{R}-\text{SH}$



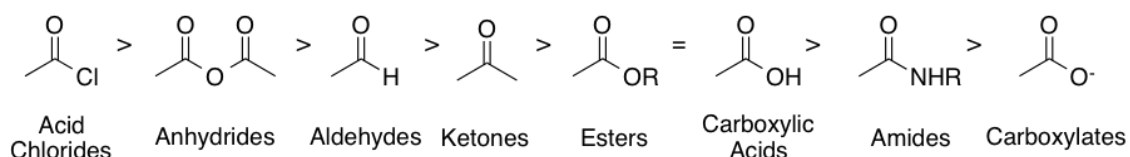
ภาพที่ 5.1 นิวคลีโอไฟล์

1.2) อิเล็กโตรฟิลิก (electrophilic) คือ พวกที่โมเลกุลมีตำแหน่งขาดอิเล็กตรอน เนื่องจากมีตำแหน่งที่รับคู่อิเล็กตรอนได้มาก และพันธะที่มีขั้วแบบ δ^+

เรียกตัวเข้าทำปฏิกิริยานี้ว่า อิเล็กโตรไฟล์ (electrophile) หรือตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor)

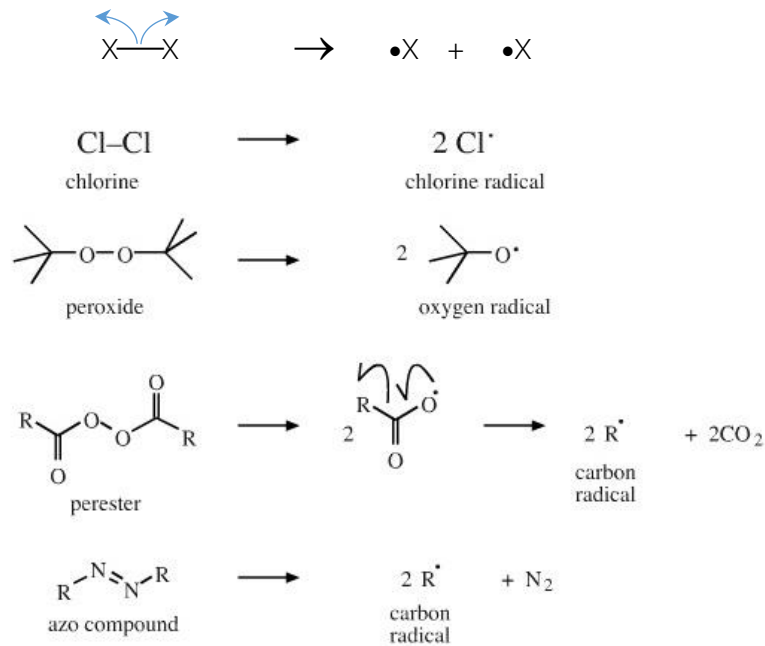
(1) อิเล็กโตรไฟล์ที่เป็นกลาง (E) เช่น AlCl_3 , BF_3 , SO_3

(2) อิเล็กโตรไฟล์ที่มีประจุ (E^+) เช่น H^+ , H_3O^+ , R^+ (carbocation)



ภาพที่ 5.2 ลำดับความสามารถรับอิเล็กตรอนของอิเล็กโตรไฟล์ที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็นองค์ประกอบ

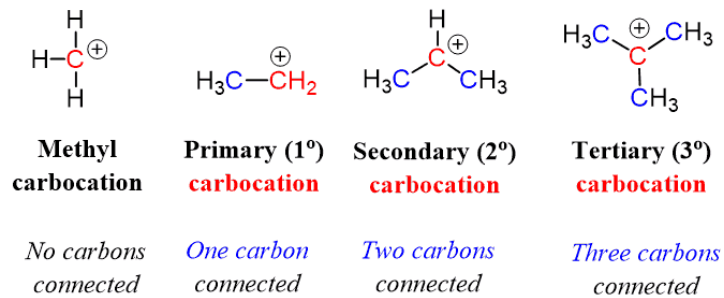
1.3) แรดิคัล (radical) เป็นหมู่ที่ไม่มีประจุ เนื่องจากเกิดการแตกตัวอย่างเสมอภาค ซึ่งเป็นการแตกพันธะโดยคู่อิเล็กตรอนของพันธะแยกออกจากกันไปอยู่ที่อะตอมข้างละ 1 ตัว เมื่อมีการแตก เรียกแต่ละข้างที่แตกออกไปนี้ว่าแรดิคัล หรือแรดิคัลอิสระ (free radical)



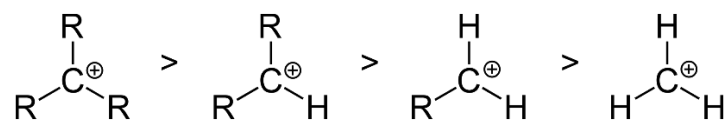
2) สารมัธยันต์

สารมัธยันต์ (intermediate) เป็นคือสารที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี แต่ไม่ได้ปรากฏในสมการรวม เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ในปฏิกิริยาเคมี สารมัธยันต์ในปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์

2.1) คาร์โบแคตไอออน (carbocation) อะตอมคาร์บอนที่มีประจุบวก มี 6 electron และ 3 พันธะ ความเสถียรเรียงจากมากไปน้อย $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$



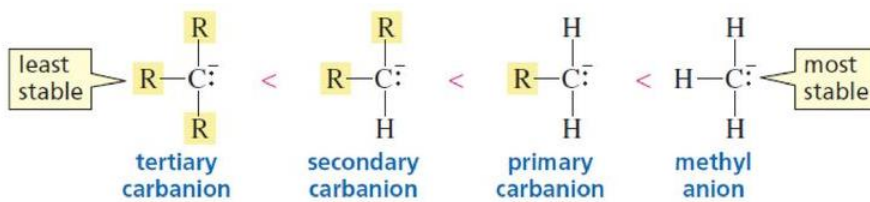
(ก)



(ข)

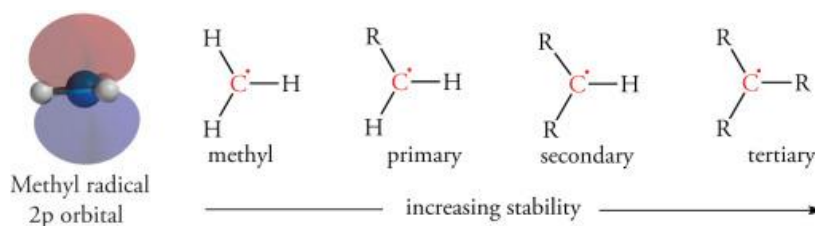
ภาพที่ 5.3 คาร์โบแคตไอออน (ก) ประเภทคาร์โบแคตไอออน และ (ข) ความเสถียรคาร์โบแคตไอออน

2.2) คาร์แบนไอออน (carbanion) อะตอมคาร์บอนที่มีประจุลบ มี 6 electron และ 3 พันธะ และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่ ความเสถียรเรียงจากมากไปน้อย $1^\circ > 2^\circ > 3^\circ$



ภาพที่ 5.4 ประเภทและลำดับความเสถียรของคาร์แบนไอออน

2.3) แรดิคัล (radical)

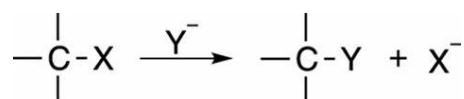


ภาพที่ 5.5 ประเภทและลำดับความเสถียรของแรดิคัล

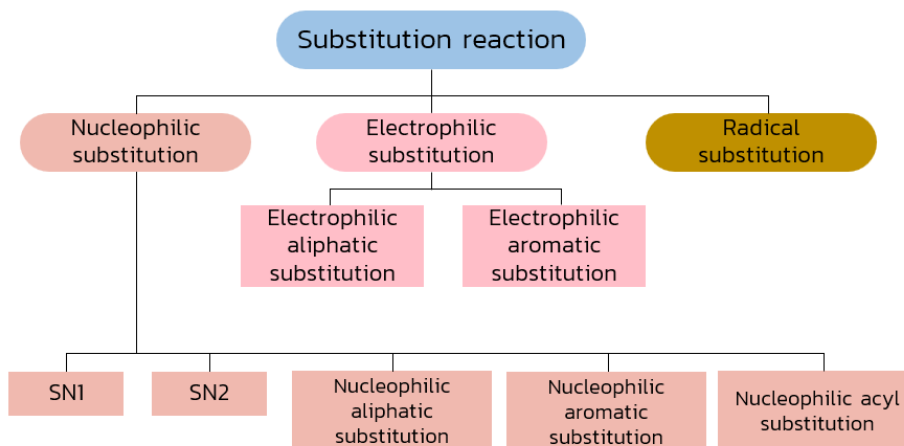
5.1.2 ประเภทปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์

1) ปฏิกิริยาการแทนที่

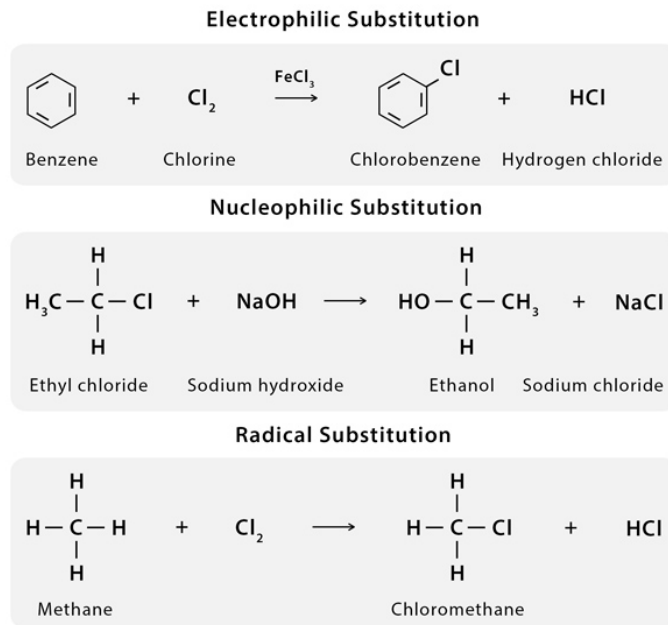
ปฏิกิริยาการแทนที่ (substitution reaction) เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลหนึ่งถูกแทนที่โดยอะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันอื่นที่ต่างออกไป



ปฏิกิริยาการแทนที่จำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามการแทนที่ดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 การจำแนกปฏิกิริยาการแทนที่

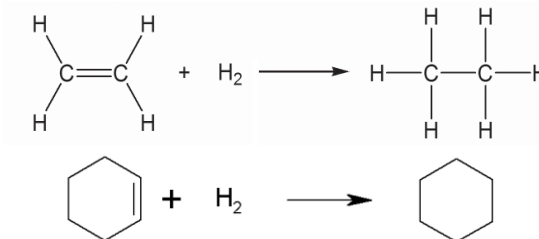


ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างปฏิกิริยาการแทนที่

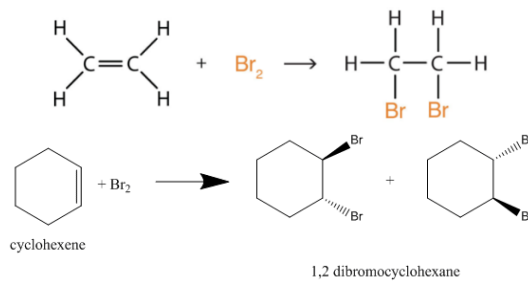
2) ปฏิกิริยาการเติม

ปฏิกิริยาการเติม (addition reaction) เป็นปฏิกิริยาที่สารสองโมเลกุลทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น สารที่เข้าทำปฏิกิริยาตัวใดตัวหนึ่งต้องเป็นสารไม่อิ่มตัว (มีพันธะคู่ หรือพันธะสาม)

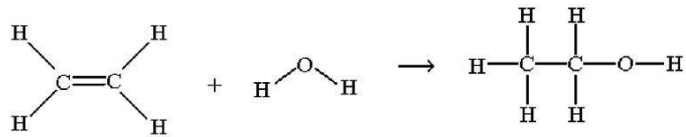
- ไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation reaction) เป็นปฏิกิริยาการเติมอะตอมไฮโดรเจนเพิ่มเข้าไปในโมเลกุลของสารประกอบไม่อิ่มตัว



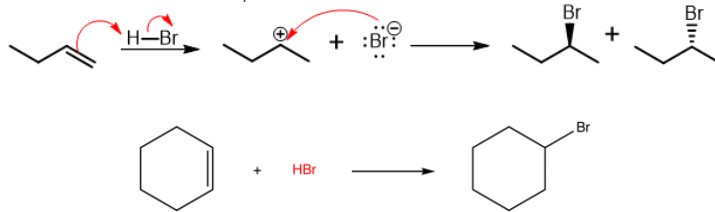
- แฮโลจิเนชัน (halogenation reaction) เป็นปฏิกิริยาการเติม อะตอมฮาโลเจน (F, Cl, Br, I) เข้าในโมเลกุลของสารประกอบไม่อิ่มตัว โดย แฮโลเจนอะตอมจะเติมเข้าตำแหน่งพันธะคู่หรือพันธะสาม



- ไฮเดรชัน (hydration) เป็นปฏิกิริยาการเติม โมเลกุลของน้ำ (H2O) เข้าในโมเลกุลของสารประกอบไม่อิ่มตัว เช่น แอลคีน แอลไคน์



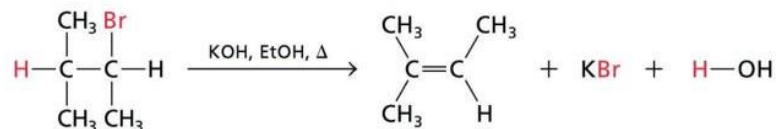
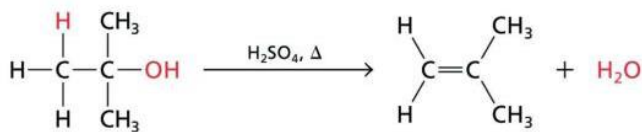
• ไฮโดรแฮโลเจเนชัน (hydrohalogenation reaction) เป็นปฏิกิริยาการเติมอะตอมไฮโดรเจนและแฮโลเจน เข้าไปในโมเลกุลของสารประกอบไม่อิ่มตัว



3) ปฏิกิริยาการกำจัด

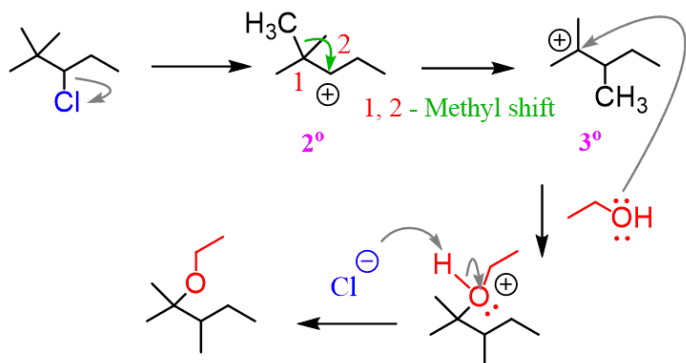
ปฏิกิริยาการกำจัด (elimination reaction) ปฏิกิริยาที่มีการกำจัดโมเลกุลเล็ก ๆ ออกจากโมเลกุลสารตั้งต้น โดยอะตอมหรือโมเลกุลที่หลุดออกต้องอยู่ที่คาร์บอนที่ติดกัน

- ปฏิกิริยาการกำจัด Br
- ปฏิกิริยาการกำจัดน้ำ (dehydration)



4) ปฏิกิริยาการจัดเรียงตัวใหม่

ปฏิกิริยาการจัดเรียงตัวใหม่ (rearrangement reaction) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่ของสารตั้งต้นโดยมีการถ่ายโอน (transfer) หมู่เล็ก ๆ ภายในโมเลกุล



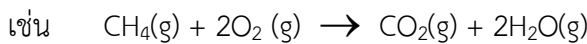
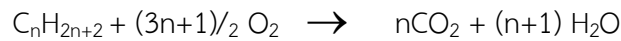
ภาพที่ 5.8 ปฏิกิริยาการจัดเรียงตัวใหม่

5.1.3 ปฏิกิริยาของแอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน

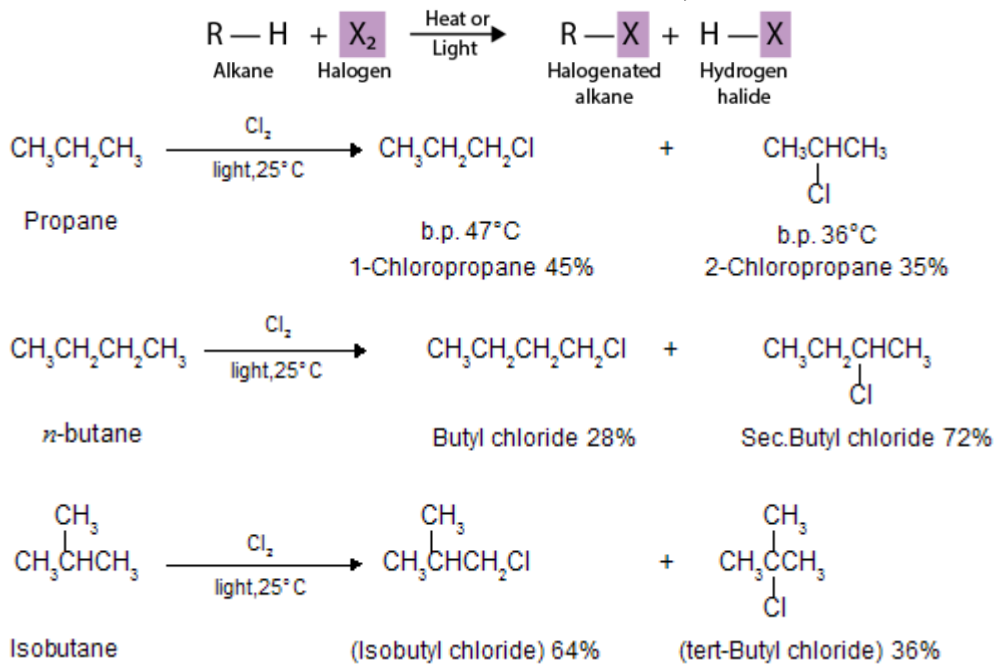
1) แอลเคน

แอลเคนและไซโคลแอลเคนเป็นสารอินทรีย์ที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ แอลเคนมีชื่อวาทาราฟน (paraffins) เพราะนักเคมีพบว่าแอลเคนไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดหรือเบส หรือรีเอเจนต์อื่น ๆ เกือบทุกชนิด แม้ว่าแอลเคนจะเกิดปฏิกิริยาได้ยาก แต่ก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาได้บางภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลเคน มีดังนี้

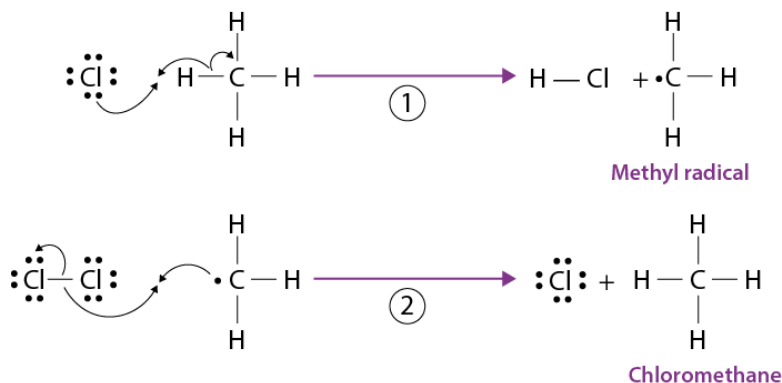
1.1) การเผาไหม้ (combustion) แอลเคนเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิสูง ทำให้แอลเคนเปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



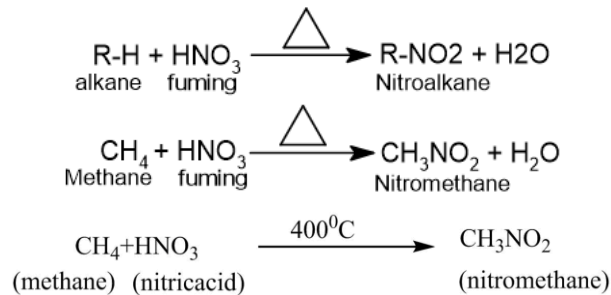
1.2) แฮโลจิเนชัน (halogenation) ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน เกิดจากการที่แอลเคนทำปฏิกิริยากับฮาโลเจน (Br, Cl, I) ในสภาวะที่มีแสงเกิดเป็น แอลคิลแฮไลด์ (alkyl halide)



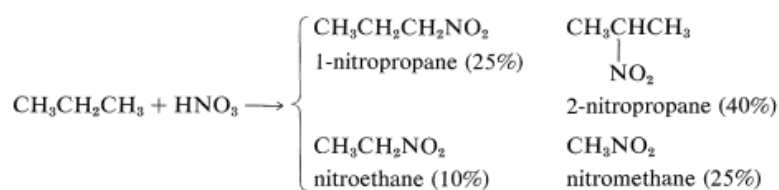
โดยมีกลไกดังนี้



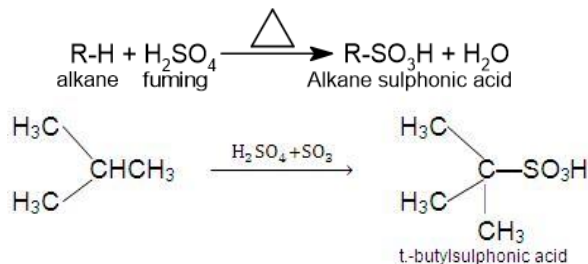
1.3) ไนเตรชัน (nitration) เมื่อนำไอของแอลเคนผสมกับไอของกรดไนตริกและให้ความร้อนระหว่าง 150-475°C จะเกิดผลผลิตผสมของไนโตรแอลเคน สมการทั่วไป



เช่น ถ้าใช้โพรเพน ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$) ทำปฏิกิริยาจะได้ 1-nitropropane, 2-nitropropane, nitroethane และ nitromethane

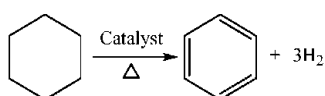
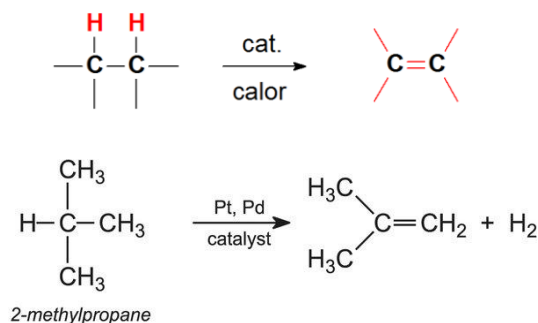


1.4) ซัลโฟเนชัน (sulphonation) ปฏิกิริยานี้ อะตอมของไฮโดรเจนของพันธะ C-H ถูกแทนที่ด้วยหมู่ $-\text{SO}_3\text{H}$

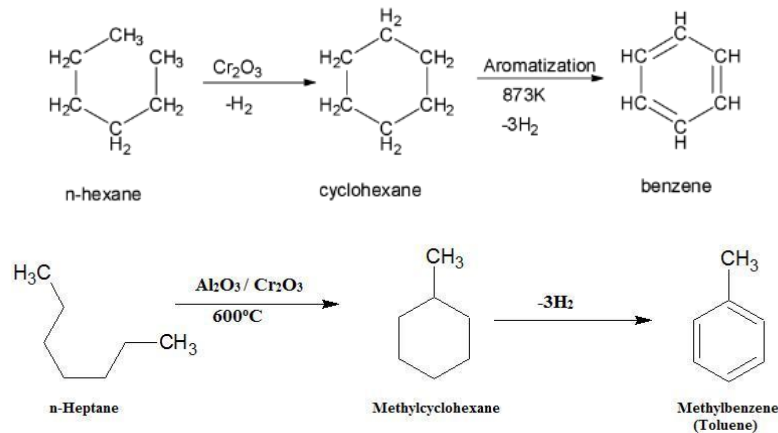


1.5) ปฏิกิริยาการกำจัด

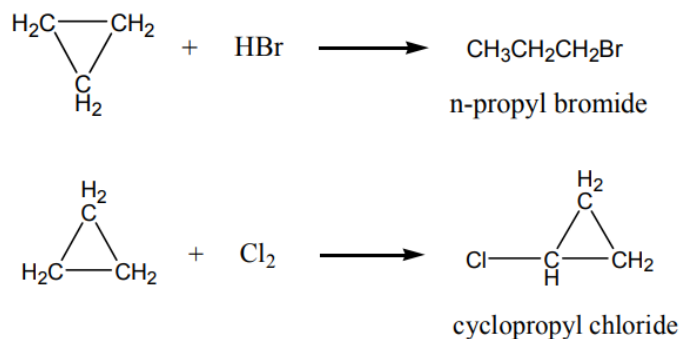
1.5.1) การกำจัดไฮโดรเจน (hydrogenation) แอลเคนเกิดปฏิกิริยาการกำจัดไฮโดรเจนในสถานะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา



1.5.2) การเกิดวงแอรอแมติก (aromatization, hydroforming หรือ catalytic reforming) การเปลี่ยนโครงสร้างจากแอลิฟาติกเป็นแอรอแมติก โดยแอลเคนที่มีคาร์บอน 6 อะตอมหรือมากกว่า เมื่อได้รับความร้อนที่ 600°C ในสถานะที่มีตัวเร่ง เช่น Cr₂O₃ หรือ Pt



ไซโคลแอลเคนส่วนมากมีปฏิกิริยาเคมีคล้ายคลึงกับแอลเคน ยกเว้น ไซโคลโพรเพนและไซโคลบิวเทน การที่ไซโคลโพรเพนและไซโคลบิวเทนมีปฏิกิริยาแตกต่างออกไปนั้น เพราะว่ามีมุมระหว่างพันธะ 60° ซึ่งน้อยกว่ามุมของพันธะชนิดตรงสี่หน้า ซึ่งถือว่าเป็นเสถียร (มีมุม 109° 28' มุมของพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอนที่ควรจะเป็น) จึงทำให้วงแหวนของไซโคลโพรเพนมีความเครียด ความเครียดของวงแหวนจะลดลงเมื่อวงแหวนถูกเปิด ไซโคลโพรเพนจึงเกิดปฏิกิริยาให้ผลผลิตชนิดวงแหวนเปิด

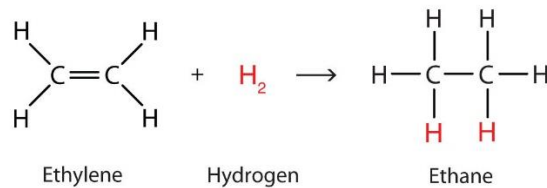


2) แอลคีน

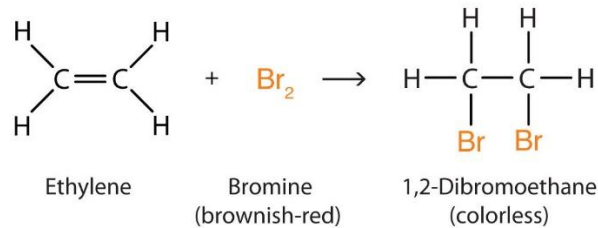
ปฏิกิริยาของแอลคีนส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับพันธะโอสีฟีนิก คือปฏิกิริยาการเติมอเล็กโทรไฟล์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์ และอื่นๆ

2.1) ปฏิกิริยาการเติม

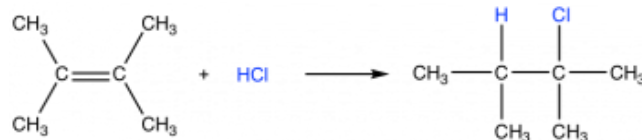
2.1.1) ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน คือปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนให้กับแอลคีนจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยาและอยู่ภายใต้บรรยากาศของแก๊สออกซิเจน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพจะเป็นพวกผงโลหะ เช่น แพลทินัม (Pt) แพลเลเดียม (Pd) หรือนิกเกิลซับบนถ่านไม้เพื่อทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาและใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 250-300°C



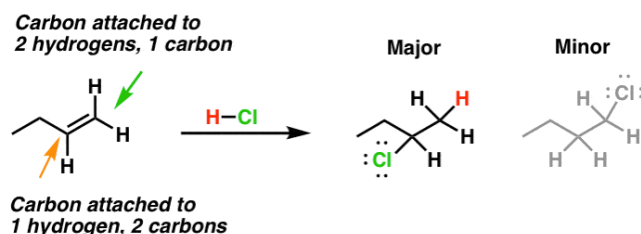
2.1.2) ปฏิกิริยาการเติมแฮโลเจน แอลคีนจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับแฮโลเจนในตัวทำละลายที่เฉื่อย เช่น CS₂, CCl₄ และอื่นๆ ได้ผลผลิตเป็น vicinal dihalides ที่อุณหภูมิต่ำ



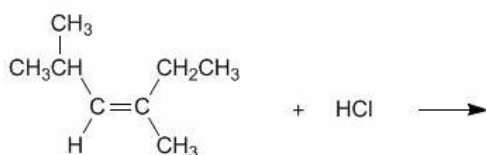
2.1.3) ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนแฮไลด์ เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนแฮไลด์ของแอลคีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วให้ผลผลิตเป็นแอลคิลแฮไลด์ (alkyl halides)



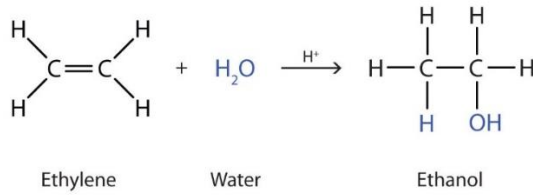
ปฏิกิริยาการเติมนี้เป็นชนิดการเติมอิเล็กโทรไฟล์ โดยกลไกเกิดผ่านกระบวนการเกิดคาร์บอนเนียมไอออนที่เสถียร (carbonium ion) และการเติม HX ให้กับแอลคีนไม่สมมาตร (R-CH=CH₂) เป็นไปตามกฎของกฎของมาร์คอฟนิคอฟ (Markownikoff's rule) ซึ่งกล่าวว่า “ส่วนที่เป็นลบจะถูกเติมที่อะตอมคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมไฮโดรเจนน้อยกว่า”



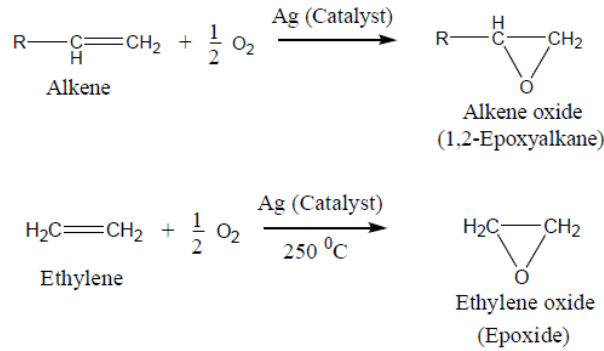
ตัวอย่างที่ 4.1 จงทำนายผลิตภัณฑ์หลัก



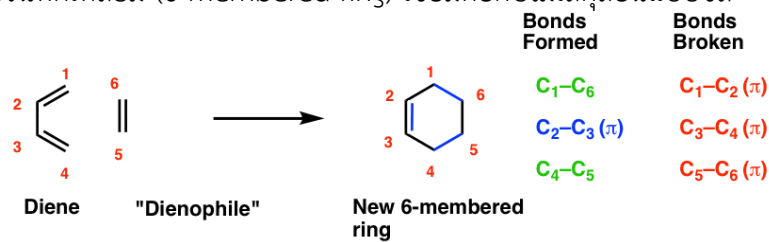
2.1.4) ปฏิกิริยาการเติมน้ำ (hydration) เป็นปฏิกิริยาที่แอลคีนทำปฏิกิริยากับ H₂O ในกรด H₂SO₄ จะได้เป็นแอลกอฮอล์ โดยในตอนแรกแอลคีนจะรวมตัวกับ H₂SO₄ ได้เป็น alkyl hydrogen sulfate ซึ่งทำปฏิกิริยาต่อน้ำ ได้เป็นแอลกอฮอล์



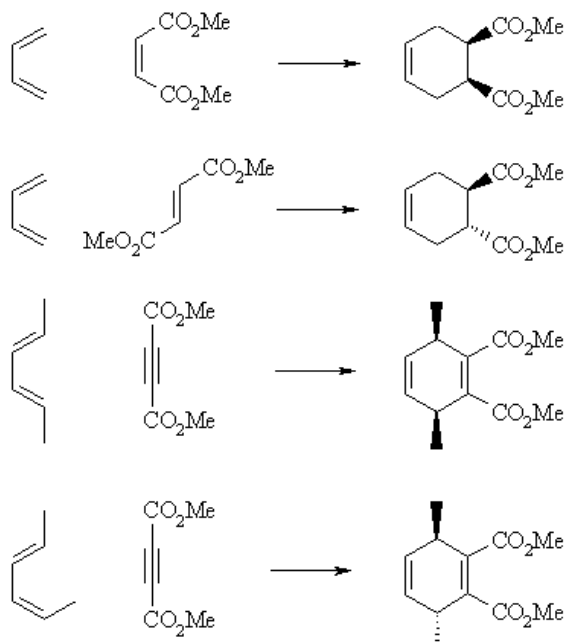
2.1.5) การเติมออกซิเจน (oxygenation) แอลคีนโมเลกุลเล็ก เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสภาวะที่มีตัวเร่ง จะได้ผลผลิตเป็นอีพอกไซด์ (epoxides หรือ oxiranes)



2.1.6) ปฏิกิริยาการเติมแบบเป็นวง (cycloaddition reaction) กลไกการเติมแบบเป็นวงเกิดได้น้อยกว่าการเพิ่มแบบไอออนหรือแบบอนุมูลอิสระ ซึ่งกลไกของปฏิกิริยานี้เกิดผ่านสถานะทรานซิชันแบบวง (cyclic transition state) จึงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาการเติมแบบเป็นวง ปฏิกิริยา Diels-Alder เป็นปฏิกิริยาการเติมเป็นวงและเป็นปฏิกิริยาที่เป็นประโยชน์ในการสังเคราะห์วงแหวนหกเหลี่ยม (6-membered ring) เชื่อมต่อกับโมเลกุลอื่นแบบซิส



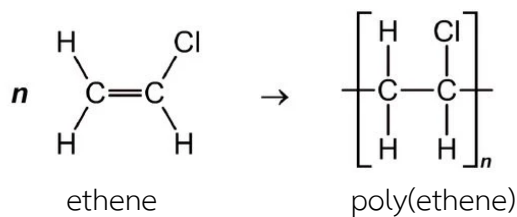
ตัวอย่างที่ 4.2 ปฏิกิริยา Diels-Alder



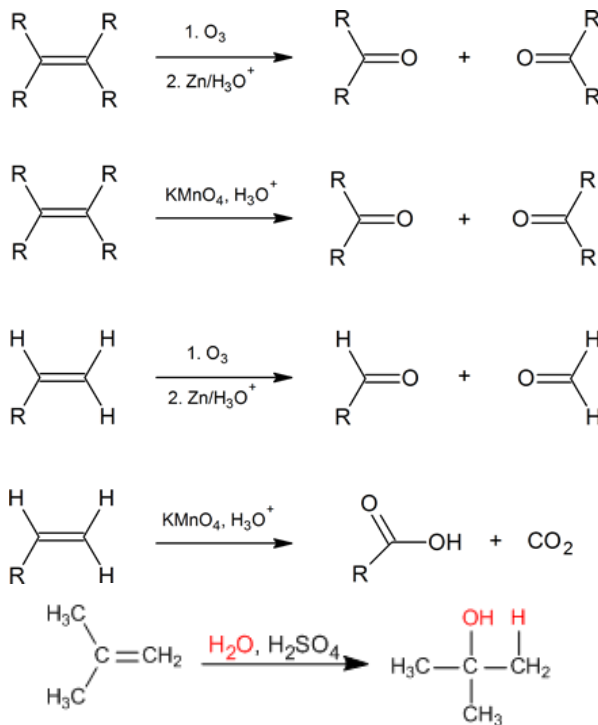
2.2) ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization reaction) เป็นปฏิกิริยารวมตัวอีกแบบหนึ่งเกิดจากแอลคีนโมเลกุลเล็ก ๆ หลายๆ โมเลกุลเกิดปฏิกิริยารวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาความดันและความร้อนจะเกิดตรงบริเวณพันธะคู่ เนื่องจากส่วนนี้มีพลังงานสูงจึงว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าส่วนอื่น ๆ

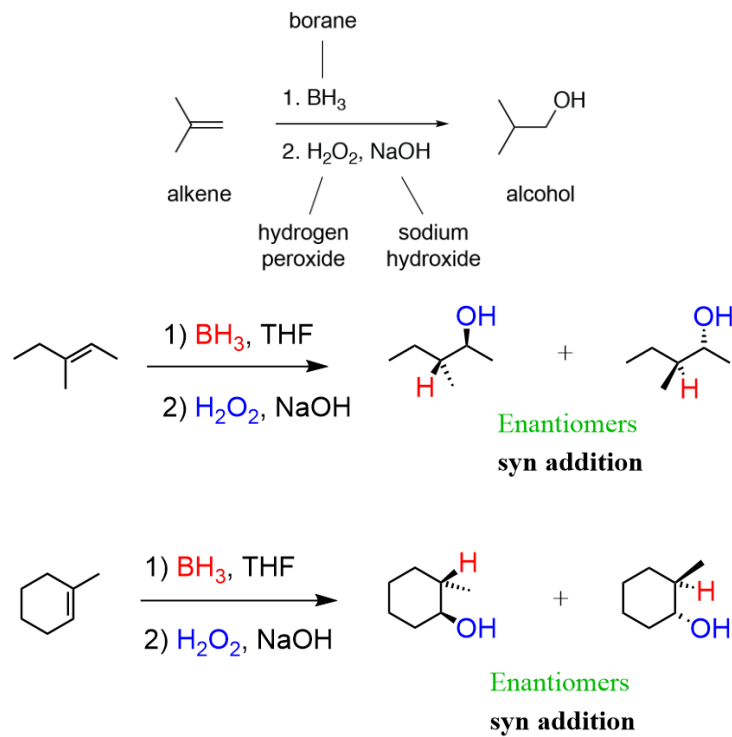
แอลคีนโมเลกุลเล็กๆที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเรียกว่ามอนอเมอร์ (monomer) เช่น $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ หรือ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ เป็นต้น โมเลกุลใหญ่ที่เกิดขึ้นเรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามชนิดของมอนอเมอร์ เช่น ถ้าใช้เอทิลีนเป็นมอนอเมอร์ จะเรียกว่า พอลิเอทิลีน ถ้าใช้โพรพิลีนเป็นมอนอเมอร์ จะเรียกว่า พอลิโพรพิลีน เป็นต้น



2.3) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีน (oxidation) แอลคีนถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็ว ด้วยตัวออกซิไดส์หลายชนิด ผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ความแรงของตัวออกซิไดส์และสภาวะที่ใช้ทำปฏิกิริยา ตัวออกซิไดส์ที่ไม่รุนแรง โดยใช้สภาวะที่เย็นสารละลายที่เจือจางของ KMnO_4 (Baeyer's reagent) แอลคีนจะถูกเติมหมู่ไฮดรอกซีในตำแหน่งเดียวกัน (cis-hydroxylated) ได้ผลผลิตเป็นสารประกอบไดไฮดรอกซี หรือที่เรียกว่า ไกลคอล (glycol)



ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และโบเรน (BH_3) เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรโบเรชัน (hydroboration reaction) เกิดเป็นแอลกอฮอล์ที่ตำแหน่งหมู่แอลคิลที่มีอะตอม H น้อยกว่า



3) แอลไคน์

ปฏิกิริยาของแอลไคน์ เหมือนกับแอลคีน

สรุปท้ายบทเรียน

ตัวเข้าทำปฏิกิริยาประเภทนิวคลีโอไฟล์ คือพวกที่โมเลกุลมีตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูง เนื่องจาก มีคู่อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ร่วม พันธะที่มีขั้วแบบ δ^- มีไพอิเล็กตรอน (π) ของ $C=C$ เรียกตัวเข้าทำปฏิกิริยานี้ว่า นิวคลีโอไฟล์ หรือตัวให้อิเล็กตรอน แบ่งชนิดเป็นนิวคลีโอไฟล์ที่มีประจุ เช่น $-OH$, $-OR$, CH_3COO^- , $-N_3^-$, $-CN$, $HC\equiv C^-$, Cl^- , Br^- , I^- , HS^- , RS^- และนิวคลีโอไฟล์ที่ไม่มีประจุ เช่น H_2O , NH_3 , $R-NH_2$, H_2S , $R-SH$ ตัวเข้าทำปฏิกิริยาประเภทอิเล็กโทรฟิลิก คือพวกที่โมเลกุลมีตำแหน่งขาดอิเล็กตรอน เนื่องจาก มีตำแหน่งที่รับคู่อิเล็กตรอนได้มาก พันธะที่มีขั้วแบบ δ^+ เรียกตัวเข้าทำปฏิกิริยานี้ว่า อิเล็กโทรไฟล์หรือตัวรับอิเล็กตรอน

ปฏิกิริยาของสารอินทรีย์มีหลายประเภท ปฏิกิริยาการแทนที่เป็นปฏิกิริยาที่อะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลหนึ่งถูกแทนที่โดยอะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันอื่นที่ต่างออกไป ปฏิกิริยาการเติมเป็นปฏิกิริยาที่สารสองโมเลกุลทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น สารที่เข้าทำปฏิกิริยาตัวใดตัวหนึ่งต้องเป็นสารไม่อิ่มตัว (มีพันธะคู่ หรือ พันธะสาม) ปฏิกิริยาการจัดเป็นปฏิกิริยาที่มีการกำจัดโมเลกุลเล็ก ๆ ออกจากโมเลกุลสารตั้งต้น โดยอะตอมหรือโมเลกุลที่หลุดออกต้องอยู่ที่คาร์บอนที่ติดกัน และปฏิกิริยาการจัดเรียงตัวใหม่ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดเนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่ของสารตั้งต้นโดยมีการถ่ายโอน (transfer) หมู่เล็ก ๆ ภายในโมเลกุล

กิจกรรม

ขั้นตอน	วิธีการ
แนะนำโจทย์ปัญหา (P)	แจกใบกิจกรรม 5.1
ไตร่ตรองทางแก้ไขเฉพาะตน (E)	แต่ละคนบอกวิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา (5 นาที)
ระดมสมองโดยกลุ่ม (T)	ให้รวมกลุ่ม มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่มระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการร่วมแสดงความคิดเห็น (10 นาที)
สื่อสารทางออก (C)	ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย (10 นาที)
ถอดรหัสปรับใช้ (D)	ผู้สอนสรุป ความถูกต้องและความผิดพลาด โดยเพิ่มเติมประเด็นที่เกี่ยวข้องให้สมบูรณ์

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Averil, B.A. (2012). *Principles of General Chemistry* (Online ed.).
<https://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0m/index.html>
- Brown, L.S., & Holme, T.A. (2018). *Chemistry for Engineering Students* (4th ed.). Thomson Brook Cole.
- Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Murphy, C.J., Woodward, P.M. & Stoltzfus, M.W. (2017). *Chemistry: The Central Science* (14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Chang, R., & Goldsby, K.A. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Ebbing, D.D., & Gammon, S.D. (2017). *General Chemistry* (11th ed.). Cengage Learning.
- Jespersen, N.D., Brady, J.E., & Hyslop, A. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc
- Petrucci, R.H., Herring, F.G., Madura, D.J., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Overby, J. & Chang, R., (2022). *Chemistry* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Silberberg, M.S. (2013). *Principle of General Chemistry* (3rd ed.). McGraw-Hill Publishing Company.
- Silberberg, M.S. & Amateis, P.G. (2021). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (9th ed.). McGraw-Hill Publishing Company.

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 9

หน่วยที่ 5 ปฏิบัติเคมีอินทรีย์เบื้องต้น
บทเรียนที่ 5.2 ปฏิบัติของแอมโรแมติก

จำนวนชั่วโมง 3

จุดประสงค์การสอน (จุดประสงค์ทั่วไป)

1. เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับกลไกปฏิกิริยาอย่างง่าย

ผลการเรียนรู้ (จุดประสงค์เฉพาะ)

1. อธิบายกลไกปฏิกิริยาการแทนที่
2. อธิบายกลไกปฏิกิริยาการเติม
3. อธิบายกลไกปฏิกิริยาการจัด

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. การบรรยาย และอภิปราย
2. กิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน (Work@class)

สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน

1. เอกสารคำสอน รายวิชาเคมีสำหรับสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
2. เอกสาร power point
3. https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=11425
4. <https://www.facebook.com/chemographics>
5. <https://www.slideshare.net/woravith>

การวัดผล

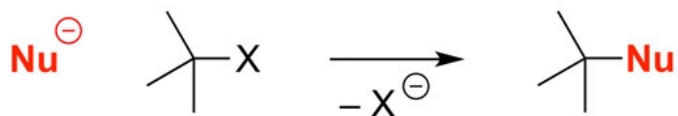
1. ประเมินจากกิจกรรมในชั้นเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมแบบฝึกหัด หรืองานที่มอบหมาย
3. ประเมินจากการสรุปประเด็นสำคัญ หรือการนำเสนอผลของการสืบค้นที่ได้รับมอบหมาย
4. ประเมินจากการสอบย่อยรายหน่วยเรียน

บทเรียนที่ 5.2 กลไกปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์อย่างง่าย

5.2.1 กลไกปฏิกิริยาการแทนที่

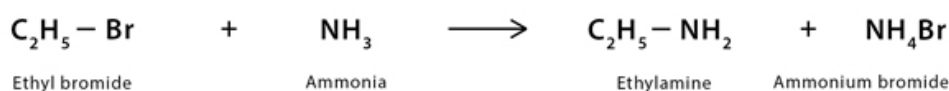
1) ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์

เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ที่มีนิวคลีโอไฟล์ทำหน้าที่เข้าเกาะกับสารตั้งต้น

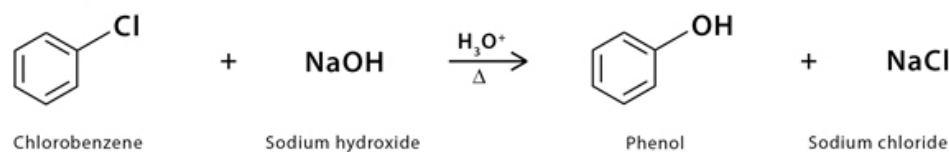


เราสามารถจำแนกปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ ตามชนิดของสารตั้งต้น คือ ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ในสารแอลิฟาติก และปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ในสารแอโรแมติก ดังตัวอย่างปฏิกิริยา

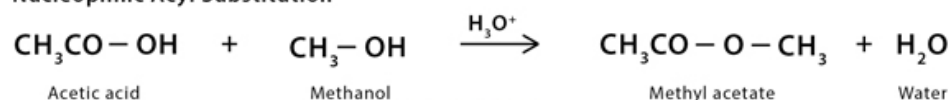
Nucleophilic Aliphatic Substitution



Nucleophilic Aromatic Substitution



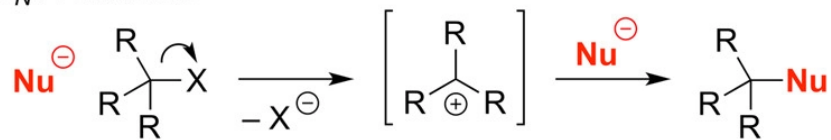
Nucleophilic Acyl Substitution



ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ในสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวเกิดขึ้นได้สองแบบ คือ SN1 และ SN2

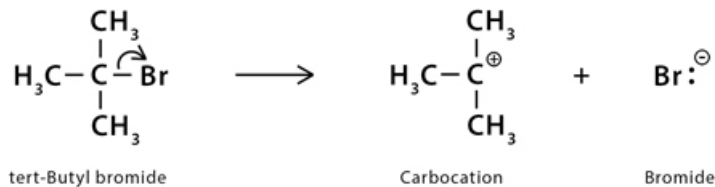
1.1) SN1 (Substitution Nucleophilic Unimolecular) กลไกจะเกิดปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการแตกตัวของสารตั้งต้น เป็นขั้นกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ขั้นที่สองเป็นการทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ระหว่างคาร์โบแคตไอออนซึ่งเป็นสารมัธยันต์กับนิวคลีโอไฟล์

S_N1 Reaction:

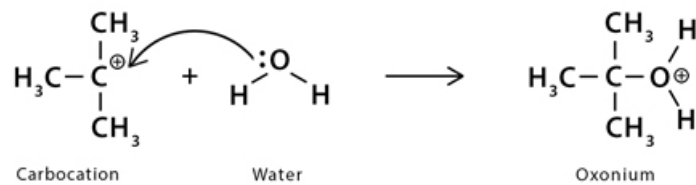


ภาพที่ 5.9 กลไก S_N1

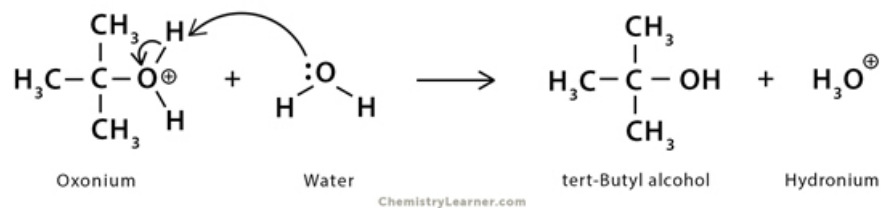
Step 1: Formation of a tert-butyl carbocation by separation of a bromide anion from the carbon atom of tert-butyl bromide.



Step 2: Nucleophilic attack of the carbocation by a water molecule, resulting in an oxonium ion intermediate.

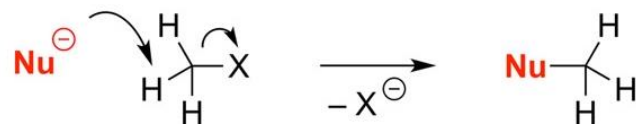


Step 3: Deprotonation of the protonated nucleophile by a second water molecule, which acts as a base, resulting in an alcohol and a hydronium ion.



1.2) S_N2 (Substitution Nucleophilic Bimolecular) กลไกจะเกิดปฏิกิริยา 1 ขั้นตอน ไม่เกิดสารมัธยันต์

S_N2 Reaction:



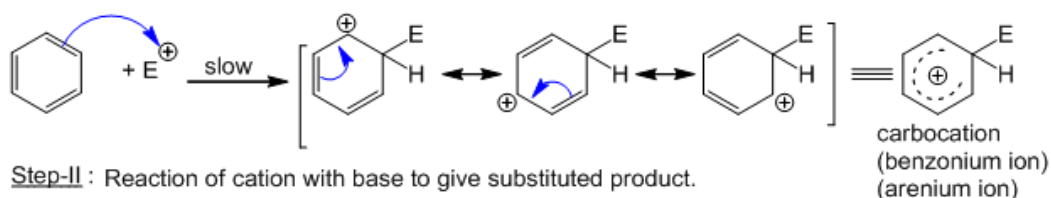
ภาพที่ 5.10 กลไก S_N2

2) ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์

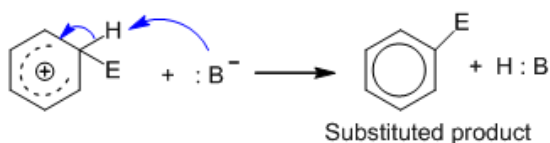
ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ จำแนกตามชนิดของสารตั้งต้นได้สองแบบคือ การแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ในสารประกอบแอลิฟาติก และการแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ในสารประกอบแอโรแมติก

การแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ในสารประกอบแอโรแมติก คือปฏิกิริยาที่อิเล็กโทรไฟล์เข้าแทนที่อะตอมไฮโดรเจนที่เกาะกับวงเบนซีน กลไกปฏิกิริยามีสองขั้นตอน ขั้นแรก อิเล็กโทรไฟล์เข้าเกาะกับวงเบนซีน กลายเป็นคาร์โบแคตไอออน ซึ่งเรียกว่า แอรินเนียมไอออน (arenium ion) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ขั้นที่สองเป็นขั้นที่โปรตอนหลุดออกไปทำให้ได้วงเบนซีนกลับคืนมา

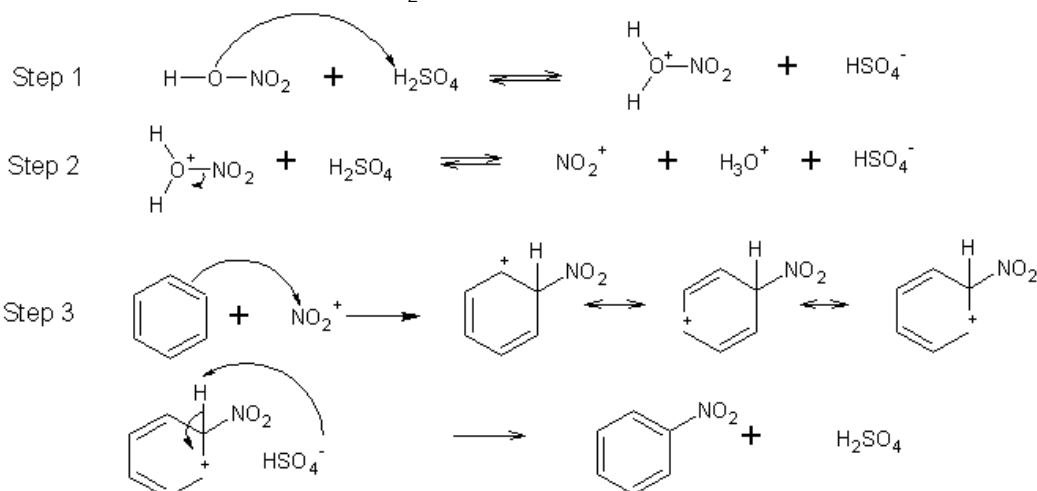
Step-I : Reaction of electrophile with benzene to give intermediate cation.



Step-II : Reaction of cation with base to give substituted product.



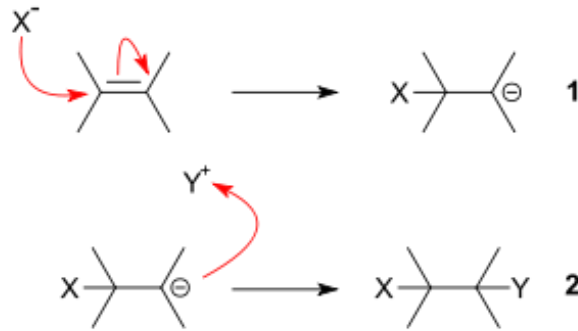
ตัวอย่างกลไกการแทนที่ด้วย NO_2



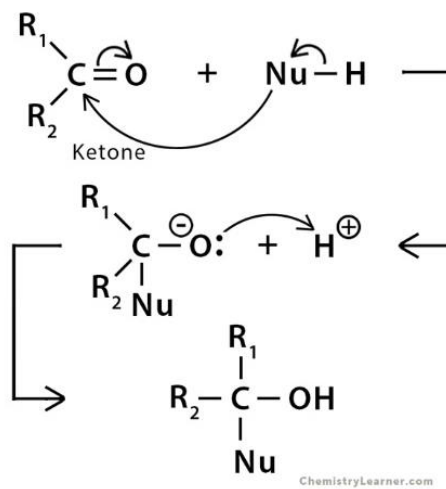
5.2.2 กลไกปฏิกิริยาการเติม

1) ปฏิกิริยาการเติมนิวคลีโอไฟล์

ในขั้นแรกนิวคลีโอไฟล์ซึ่งนำอิเล็กตรอนมาคู่หนึ่ง จะเข้าเกาะกับคาร์บอนข้างใดข้างหนึ่งของพันธะคู่หรือพันธะสามเพื่อสร้างพันธะใหม่ ทำให้อิเล็กตรอนไปรวมอยู่ที่คาร์บอนอีกข้างหนึ่งของพันธะคู่หรือพันธะสาม ในขั้นนี้จะให้สารมัธยันต์เป็นคาร์แบนไอออน ในขั้นที่สองคาร์แบนไอออนจะให้อนุมูลไฟฟ้าบวกมาก่อน

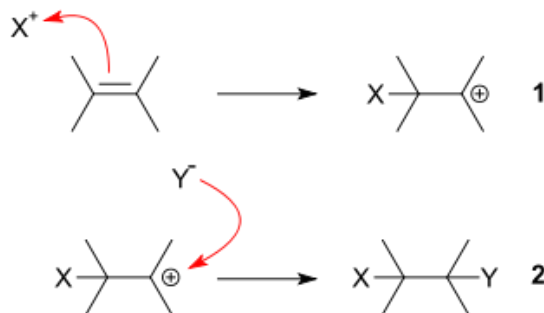


ภาพที่ 5.11 กลไกปฏิกิริยาการเติมด้วยนิวคลีโอไฟล์

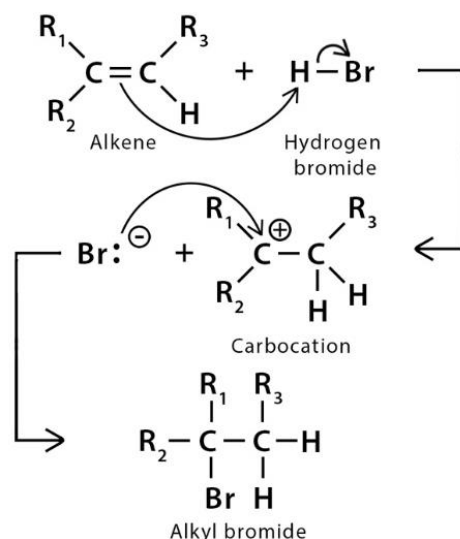


2) ปฏิกิริยาการเติมด้วยอิเล็กโตรไฟล์

กลไกปฏิกิริยาในขั้นแรก อนุมูลไฟฟ้าบวก จะเข้าเกาะที่พันธะคู่หรือพันธะสาม ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นพันธะไพ เป็นพันธะซิกมา เกิดเป็นคาร์โบแคตไอออน ในขั้นที่สอง อนุมูลที่มีอิเล็กตรอนคู่อิสระ หรืออนุมูลที่มีประจุไฟฟ้าลบ จะเข้าเกาะกับคาร์โบแคตไอออน



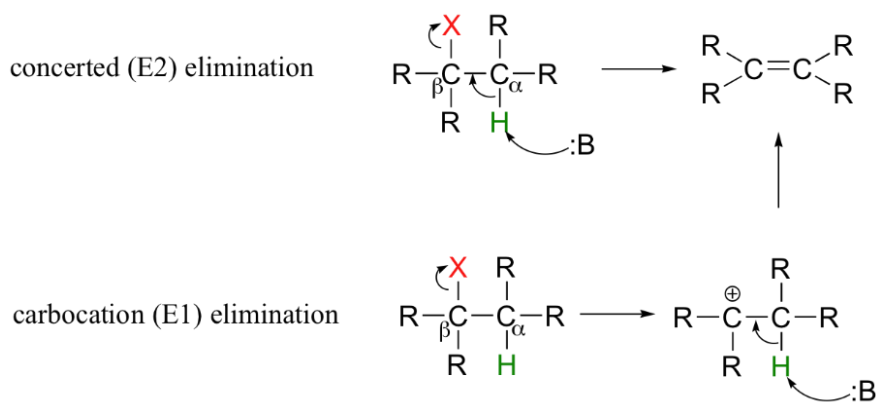
ภาพที่ 5.12 ปฏิกิริยาการเติมด้วยอิเล็กโตรไฟล์



5.2.3 กลไกปฏิกิริยาการกำจัด

กลไกการกำจัดแบบ E2 เป็นการกำจัดชนิดสองโมเลกุล กล่าวคือ อะตอมหรือหมู่อะตอมทั้งสองหลุดออกไปพร้อมกัน โดยมีเบสช่วยดึงโปรตอนให้หลุดออกไป กลไกการกำจัดแบบ E2 เกิดขึ้นในขั้นตอนเดียว

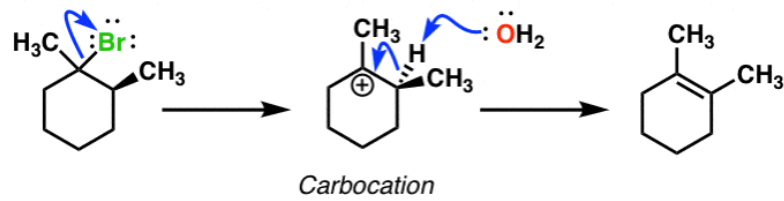
ส่วนกลไกกำจัดแบบ E1 มีสองขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งเป็นขั้นที่หมู่หลุด (leaving group) ออกไปจากสารตั้งต้น ทำให้สารตั้งต้นกลายเป็นคาร์โบแคตไอออน ขั้นที่สอง คาร์โบแคตไอออน จะให้โปรตอนแก่เบส



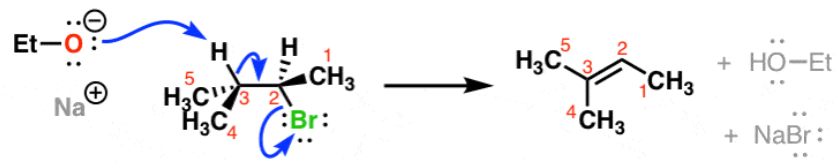
ภาพที่ 5.13 กลไกปฏิกิริยาการกำจัด

The E₁ Mechanism

Step 1: Loss of leaving group Step 2: Deprotonation

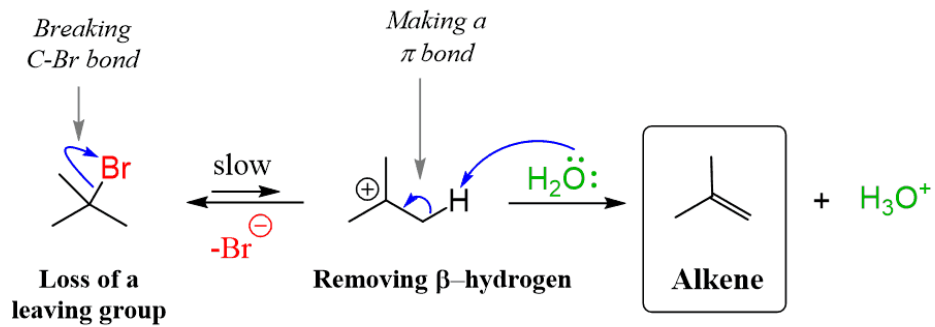


The E₂ Mechanism

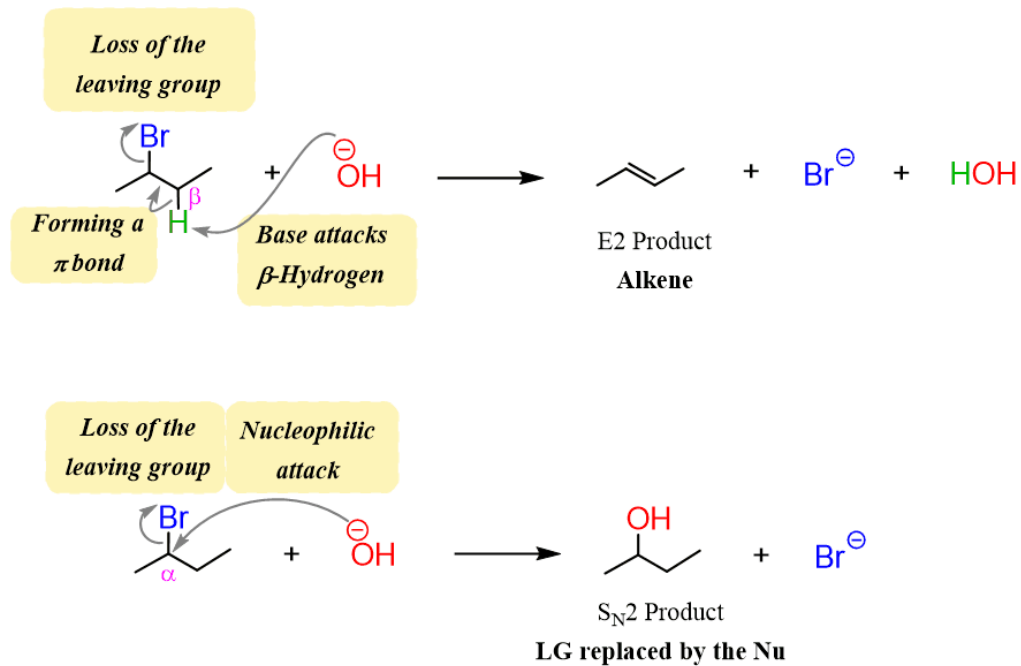


One step! Hydrogen removed must be "anti" to the leaving group (dihedral angle 180°)

The E₁ is a stepwise mechanism



The mechanisms of E2 Elimination and S_N2 Nucleophilic Substitution Reactions



สรุปท้ายบทเรียน

ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ในสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวเกิดขึ้นได้สองแบบ คือ SN1 และ SN2 กลไกจะเกิดปฏิกิริยา SN1 เกิดสองขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการแตกตัวของสารตั้งต้น ขั้นที่สองเป็นการทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ระหว่างคาร์โบแคตไอออนซึ่งเป็นสารมัธยันต์กับนิวคลีโอไฟล์ ส่วนกลไก SN2 จะเกิดปฏิกิริยา 1 ขั้นตอน ไม่เกิดสารมัธยันต์

ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ จำแนกตามชนิดของสารตั้งต้นได้สองแบบคือ การแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ในสารประกอบแอลิฟาติก และการแทนที่ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ในสารประกอบแอโรแมติก

กิจกรรม

ขั้นตอน	วิธีการ
แนะนำโจทย์ปัญหา (P)	แจกใบกิจกรรม 5.2
ไตร่ตรองทางแก้ไขเฉพาะตน (E)	แต่ละคนบอกวิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา (10 นาที)
ระดมสมองโดยกลุ่ม (T)	ให้รวมกลุ่ม มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่มระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการร่วมแสดงความคิดเห็น (10 นาที)
สื่อสารทางออก (C)	ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย (10 นาที)
ถอดรหัสปรับใช้ (D)	ผู้สอนสรุป อภิปรายสรุป ความถูกต้องและความผิดพลาด โดยเพิ่มเติมประเด็นที่เกี่ยวข้องให้สมบูรณ์

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Averil, B.A. (2012). *Principles of General Chemistry* (Online).
<https://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0m/index.html>
- Brown, L.S., & Holme, T.A. (2018). *Chemistry for Engineering Students* (4th ed.). Thomson Brook Cole.
- Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Murphy, C.J., Woodward, P.M. & Stoltzfus, M.W. (2017). *Chemistry: The Central Science* (14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Chang, R., & Goldsby, K.A. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Crystallographic Defects*. (n.d.). <https://www.tec-science.com/material-science/structure-of-metals/crystallographic-defects/>
- Ebbing, D.D., & Gammon, S.D. (2017). *General Chemistry* (11th ed.). Cengage Learning.
- Jespersen, N.D., Brady, J.E., & Hyslop, A. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc
- Petrucci, R.H., Herring, F.G., Madura, D.J., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Overby, J. & Chang, R., (2022). *Chemistry* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Silberberg, M.S. (2013). *Principle of General Chemistry* (3rd ed.). McGraw-Hill Publishing Company.
- Silberberg, M.S. & Amateis, P.G. (2021). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (9th ed.). McGraw-Hill Publishing Company.