

บทที่ 6

ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

6.1 ความหมาย

ไฮโดรคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุเพียงสองธาตุคือคาร์บอนและไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอนแบ่งได้เป็นสองประเภทตามลักษณะโครงสร้าง คือประเภทอะลิเฟติก (aliphatic) และประเภทอะโรมาติก (aromatic) สารประเภทอะโรมาติกจะได้อีกกล่าวถึงในบทที่ 7 สารประเภทอะลิเฟติกยังแบ่งเป็นชนิดอิ่มตัว (saturated hydrocarbon) และไม่ิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) ดังนี้

1. ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

ก. อัลเคนและไซโคลอัลเคน โมเลกุลของอัลเคน (alkane) มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นเชิงเส้นตรง ส่วนโมเลกุลของไซโคลอัลเคน (cycloalkane) มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวง ทั้งอัลเคนและไซโคลอัลเคนอาจมีโซ่กิ่งแตกออกไปได้ พันธะที่เชื่อมต่อกันของคาร์บอนเป็นชนิดพันธะเดี่ยวเท่านั้น อัลเคนมีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n+2} ส่วนไซโคลอัลเคนมีไฮโดรเจนน้อยกว่าอัลเคนอยู่สองอะตอม มีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n}

2. ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่หรือพันธะสามในโมเลกุล

ก. อัลคีนและไซโคลอัลคีน โมเลกุลของอัลคีน (alkene) มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นเชิงเส้นตรง ส่วนโมเลกุลของไซโคลอัลคีน (cycloalkene) มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวง ทั้งอัลคีนและไซโคลอัลคีนอาจมีโซ่กิ่งแตกออกไปได้ มีพันธะที่เชื่อมต่อยกเว้นคาร์บอนคู่หนึ่งเป็นพันธะคู่ นอกนั้นเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ในอัลคีนและไซโคลอัลคีนเป็นตำแหน่งที่จะเกิดปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า หมู่ฟังก์ชันนัล (functional group) อัลคีนมีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n} ซึ่งเป็นไอโซเมอร์ทางโครงสร้าง (structural isomer) ของไซโคลอัลเคน ส่วนไซโคลอัลคีนมี

ไฮโดรเจนน้อยกว่าอัลคีนอยู่สองอะตอม มีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n-2}

ข. อัลไคน์ อัลไคน์มีพันธะที่เชื่อมต่อกันระหว่างคาร์บอนอะตอมคู่หนึ่งเป็นพันธะสาม นอกนั้นเป็นพันธะเดี่ยว อัลไคน์มีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n-2} ซึ่งมีจำนวนไฮโดรเจนน้อยกว่าอัลคีน และอัลเคนในขณะที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน

6.2 สมบัติทางกายภาพ

อะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลของอัลเคนยึดกันด้วยพันธะ โคเวเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะซิกมา (σ bond) พันธะซิกมาส่วนหนึ่งในอัลเคนจะเชื่อมระหว่างอะตอมของคาร์บอนซึ่งมีความสามารถในการดึงอิเล็กตรอน (electronegativity) เท่ากันจึงเป็นพันธะที่ไม่มีขั้ว (nonpolar bond) พันธะซิกมาอีกส่วนหนึ่งในโมเลกุลของอัลเคนจะเชื่อมระหว่างอะตอมของคาร์บอนและอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนต่างกันเล็กน้อยจึงเป็นพันธะที่มีขั้ว (polar bond) เล็กน้อย เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลของอัลเคนมีลักษณะสมมาตร (symmetry) จึงทำให้ความมีขั้วของพันธะเหล่านี้เกิดหักล้างกันทำให้อัลเคนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว

พันธะคู่ในอัลคีนจะประกอบด้วยพันธะซิกมาหนึ่งพันธะและพันธะพายหนึ่งพันธะ เนื่องจากพันธะพาย (π bond) สามารถมีสภาพความเป็นขั้ว (polarizability) ได้ง่าย จึงเป็นพันธะที่มีขั้ว แต่ความเป็นขั้วจะมากกว่าอัลเคนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นอัลคีนจึงจัดว่าเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้วเช่นเดียวกับอัลเคน

พันธะสามในอัลไคน์ประกอบด้วยพันธะซิกมาหนึ่งพันธะและพันธะพายสองพันธะ พันธะพายทั้งสองมีสภาพความเป็นขั้วได้เล็กน้อยจึงทำให้อัลไคน์เป็นสารประกอบที่มีขั้วเล็กน้อย โดยทั่ว ๆ ไปอัลไคน์มีสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับอัลคีนและอัลเคน

แรงยึดกันระหว่างโมเลกุล (intermolecular force) ของสารประกอบที่ไม่มีขั้ว (nonpolar molecule) หรือมีขั้วแต่น้อยมากคือแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) แรงดึงดูดชนิดนี้เป็นแรงดึงดูดที่มีแรงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดึงดูดของพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) แรงดึงดูดระหว่างสารประกอบที่มีขั้ว (dipole attraction) และแรงดึงดูดระหว่างไอออน (ionic attraction) แรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงดึงดูดชั่วขณะหนึ่งของขั้วไฟฟ้าต่างชนิดซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำเมื่อโมเลกุลสองโมเลกุลหรือปลายทั้งสองของโมเลกุลเดียวกันมาแตะกัน โมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นจะมีพื้นผิวมากขึ้น ทำให้มีแรงแวนเดอร์วาลส์มากขึ้น แรงดึงดูดระหว่าง

โมเลกุลเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความสามารถในการละลาย (solubility) ของสารประกอบต่าง ๆ

6.2.1 ความสามารถในการละลาย การละลายเกิดขึ้นเมื่อแรงดึงดูดระหว่างตัวละลาย (solute) และตัวทำละลายมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวละลาย หรือมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายเอง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการทำนายความสามารถในการละลายของสารประกอบใด ๆ อาศัยหลักที่กล่าวว่า สารประเภทเดียวกันละลายในสารประเภทเดียวกัน (like dissolves like) ดังนั้นสารประกอบที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และสารประกอบที่ไม่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว

น้ำเป็นของเหลวที่มีขั้วที่แรงมากและสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ จึงสามารถละลายสารประกอบที่มีขั้วหรือสารประกอบที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ เบนซีน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นตัวอย่างของตัวทำละลายประเภทไม่มีขั้วจึงสามารถละลายสารประกอบที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วเล็กน้อยได้

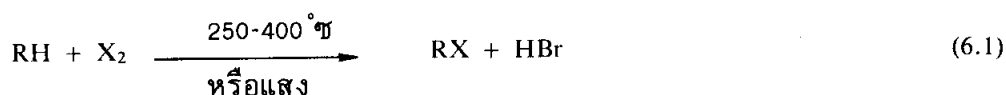
การทดลองที่ 1 ความสามารถในการละลาย

วิธีทำ เตรียมหลอดทดลองสามหลอด หลอดที่หนึ่งใส่น้ำ 1 มล. หลอดที่สองใส่โทลูอีน 1 มล. หลอดที่สามใส่เอทานอล 1 มล. หยดอัลเคนลงไปหลอดทดลองทั้งสามหลอด ๆ ละ 2 หยด เขย่า สังเกตความสามารถในการละลายของอัลเคนในตัวทำละลายทั้งสามชนิด

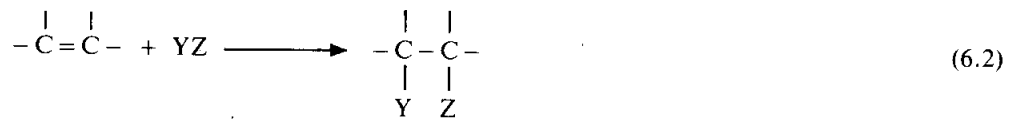
ทำการทดลองซ้ำโดยใช้อัลคีนแทนอัลเคน

6.3 สมบัติทางเคมี

อัลเคนเป็นสารประกอบที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรดาสารอินทรีย์อื่น ๆ อัลเคนจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่แรงมากหรือในสภาวะที่รุนแรงคือที่อุณหภูมิสูงหรือความดันมากเท่านั้น เช่น ปฏิกิริยาแทนที่ด้วยแฮโลเจนหรือปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน (halogenation) ในที่มีแสงสว่างหรือมีความร้อนสูง ดังสมการ 6.1



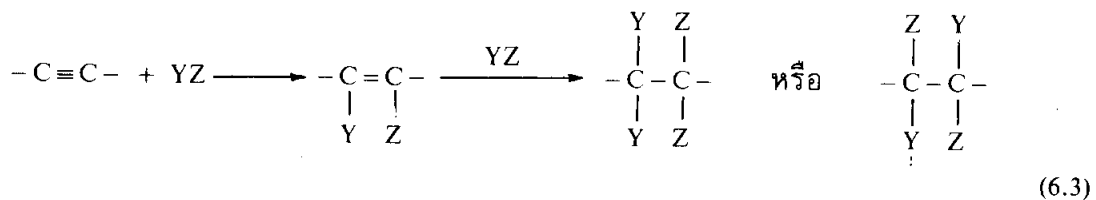
ปฏิกิริยาเคมีของอัลคีนเป็นปฏิกิริยาการเพิ่ม (addition reaction) ที่เกิดที่พันธะคู่ซึ่งประกอบด้วยพันธะซิกมาและพันธะพาย หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วพันธะพายในอัลคีนจะแตกหักกลายเป็นพันธะซิกมาดังสมการ 6.2



นอกจากพันธะคู่แล้ว อัลคีนส่วนใหญ่ยังมีส่วนอื่นในโมเลกุลเดียวกันที่มีโครงสร้างแบบอัลเคน ดังนั้นอัลคีนจึงสามารถทำปฏิกิริยาแทนที่ดังเช่นอัลเคนได้อีกด้วย

ปฏิกิริยาของไซโคลอัลเคนและไซโคลอัลคีนที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอมหรือมากกว่า จะคล้ายกับของอัลเคนและอัลคีนตามลำดับ

อัลไคน์มีพันธะสามซึ่งประกอบด้วยพันธะพายสองพันธะและพันธะซิกมาอีกหนึ่งพันธะ ปฏิกิริยาเคมีของอัลไคน์จึงเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีของอัลคีนคือเป็นปฏิกิริยาการเพิ่มซึ่งอาจเกิดขึ้นครั้งเดียวหรือสองครั้งแล้วแต่สภาวะของปฏิกิริยา ดังแสดงในสมการ 6.3



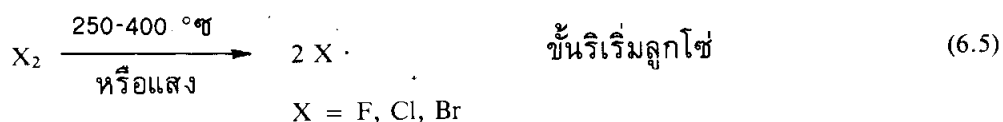
นอกจากปฏิกิริยาการเพิ่มแล้ว อัลไคน์ยังมีปฏิกิริยาที่แตกต่างไปจากปฏิกิริยาของอัลคีนคือปฏิกิริยาที่เกิดจากความเป็นกรดของไฮโดรเจนที่ปลายโซ่และอยู่ติดกับอะตอมของคาร์บอนที่มีพันธะสาม เมื่อให้อัลไคน์ที่มีพันธะสามที่ปลายสุดของโซ่ทำปฏิกิริยากับเบสแก่ จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ 6.4



6.3.1 ปฏิกิริยาการแทนที่ในอัลเคน

6.3.1.1 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยแฮโลเจน อัลเคนทำปฏิกิริยากับแฮโลเจนในที่ที่มีแสง

อัลตราไวโอเล็ตหรือที่อุณหภูมิ 250-400 °ซ จะเกิดการแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนด้วยอะตอมของแฮโลเจนและให้ก๊าซไฮโดรเจนแฮไลด์ แฮโลเจนที่สามารถเกิดปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันในสภาวะดังกล่าวข้างต้นคือ ฟลูออรีน คลอรีน และโบรมีน ไอโอดีนจะไม่เกิดปฏิกิริยาไอโอดิเนชันในสภาวะดังกล่าว อัลเคนจะไม่ทำปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันในที่มืดเลย กลไกของปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

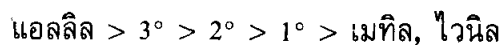


ขั้นแรกซึ่งเรียกว่าขั้นริเริ่มลูกโซ่ (chain-initiating step) เป็นขั้นที่เกิดการแตกของพันธะซิกมาในโมเลกุลของแฮโลเจนเกิดเป็นอนุมูลอิสระของอะตอมของแฮโลเจน ขั้นตอนนี้ต้องการพลังงานเพื่อทำลายพันธะซิกมาในโมเลกุลของแฮโลเจน พลังงานนี้ได้มาจากพลังงานแสงหรือความร้อน

ในขั้นตอนที่สองซึ่งเรียกว่าขั้นแพร่ลูกโซ่ (chain-propagating step) นั้น อะตอมของแฮโลเจนจะดึงอะตอมของไฮโดรเจนให้หลุดออกจากอัลเคนเกิดเป็นไฮโดรเจนแฮไลด์ ส่วนอัลเคนก็จะกลายเป็นอนุมูลอิสระอัลคิลซึ่งสามารถดึงอะตอมของแฮโลเจนออกจากโมเลกุลของแฮโลเจนเกิดเป็นอัลคิลแฮไลด์ อนุมูลอิสระของอะตอมของแฮโลเจนที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะทำหน้าที่ดึงไฮโดรเจนจากอัลเคนตัวอื่นต่อไป

ปฏิกิริยาลูกโซ่จะสิ้นสุดลงเมื่ออนุมูลอิสระสองอนุมูลมารวมกันเป็นโมเลกุลเดียวกัน อนุมูลอิสระทั้งสองอาจจะเหมือนกันหรือต่างกันได้ ขั้นตอนนี้เรียกว่า ขั้นสิ้นสุดลูกโซ่ (chain-terminating step)

ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันแต่ละครั้งอาจให้สารผลิตภัณฑ์หลายชนิดเพราะมีไฮโดรเจนหลายชนิดในโมเลกุลเดียวกัน สารผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักจะมีปริมาณที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับความเสถียรของอนุมูลอิสระของอัลคิล ไฮโดรเจนที่เกาะกับคาร์บอนชนิดแอลลิล (allyl carbon) จะถูกดึงหลุดออกไปได้ง่ายที่สุดเพราะทำให้เกิดอนุมูลอิสระแอลลิลที่เสถียรมาก ซึ่งจะให้สารผลิตภัณฑ์ปริมาณมากด้วย รองลงไปก็เป็นไฮโดรเจนที่เกาะกับคาร์บอนชนิดตติยภูมิ (3°) ทุติยภูมิ (2°) และปฐมภูมิ (1°) ซึ่งจะให้อนุมูลอิสระอัลคิลตติยภูมิ อนุมูลอิสระอัลคิลทุติยภูมิ และอนุมูลอิสระอัลคิลปฐมภูมิที่เสถียรน้อยลงตามลำดับ ไฮโดรเจนของมีเทนและของไวนิลจะว่องไวน้อยที่สุด เพราะอนุมูลอิสระเมทิลและอนุมูลอิสระไวนิลไม่เสถียร ความเสถียรของอนุมูลอิสระของอัลคิลเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้

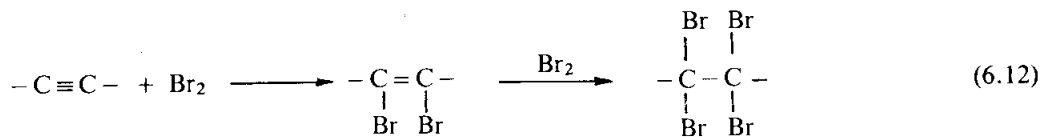
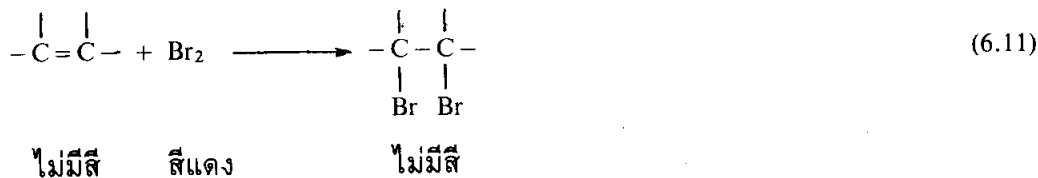


การทดลองที่ 2 ปฏิกิริยาการแทนที่ในอัลเคนด้วยโบรมีน

วิธีทำ ใส่สารละลายของโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 2% จากบิวเรต (buret) ลงในหลอดทดลองสองหลอด ๆ ละ 5 หยด หยดอัลเคนลงในหลอดทดลองทั้งสองหลอด ๆ ละ 1 มล. ปิดด้วยจุกคอร์ก เขย่า รีบน้ำหลอดที่หนึ่งไปวางไว้ในตู้ที่ไม่มีแสง นำอีกหลอดหนึ่งไปตั้งไว้ในที่มีแสง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที นำหลอดทดลองทั้งสองมาเปรียบเทียบสีของสารละลายในหลอดทดลอง เปิดจุกคอร์กออกทีละหลอด รีบอังที่ปากหลอดทดลองด้วยกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินที่ชื้นเพื่อทดสอบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนโบรไมด์เกิดขึ้นหรือไม่
หมายเหตุ คาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีแต่อย่างใด

6.3.2 ปฏิกิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ อัลคีนและอัลไคน์ทำปฏิกิริยาการเพิ่มกับอิเล็กโทรไฟล์ (electrophile) ที่พันธะพายซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่าพันธะซิกมา

6.3.2.1 ปฏิกิริยากับแฮโลเจน สารประกอบที่ไม่อิ่มตัวคืออัลคีนและอัลไคน์ทำปฏิกิริยาการเพิ่มกับคลอรีนและโบรมีนอย่างรวดเร็วได้สารผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอิ่มตัวที่มีแฮโลเจนสองอะตอมอยู่ใกล้กันดังสมการ 6.11 และ 6.12 ปฏิกิริยาการเพิ่มด้วยแฮโลเจนจึงมีประโยชน์ในการเตรียมสารประกอบที่มีแฮโลเจนสองอะตอมที่เกาะกับคาร์บอนสองอะตอมที่ติดกัน (vicinal dihalide) โดยทั่วไปแล้วไอโอดีนจะไม่เกิดปฏิกิริยาการเพิ่มที่พันธะพาย



ปฏิกิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ด้วยคลอรีนหรือโบรมีนเกิดได้เร็วมากที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องและไม่ต้องการแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อทำการทดลองปฏิกิริยานี้ไม่ควรให้สารละลายถูกแสงมากเกินไปหรือไม่ควรได้รับความร้อนมากเกินไปและไม่ควรใช้สารละลายของแฮโลเจนมากเกินไปเพราะจะเกิดปฏิกิริยาแทนที่แทรกซ้อนขึ้นมาได้

ปฏิกิริยาการเพิ่มโดยใช้โบรมีนมีประโยชน์ในการทดสอบว่ามีพันธะคู่อยู่ในสารตัวอย่างหรือไม่ เนื่องจากสารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์มีสีแดงและสารผลิตภัณฑ์จากการเพิ่มเข้าของโบรมีนเป็นสารไม่มีสี การพอกสีโบรมีนในปฏิกิริยายอมแสดงว่ามีพันธะคู่หรือพันธะสามในสารตัวอย่างนั้น

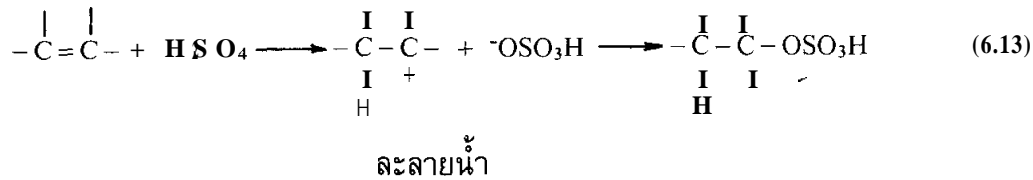
การทดลองที่ 3 ปฏิกิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ด้วยโบรมีน

วิธีทำ ใส่อัลคีน 1 มล. ลงในหลอดทดลอง หยดสารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 2% ลงไปที่ละหยดจนครบ 5 หยด เขย่าหลอดทดลองแรง ๆ 2-3 ครั้งหลังจากที่เติมสารละลายโบรมีนแต่ละหยด สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

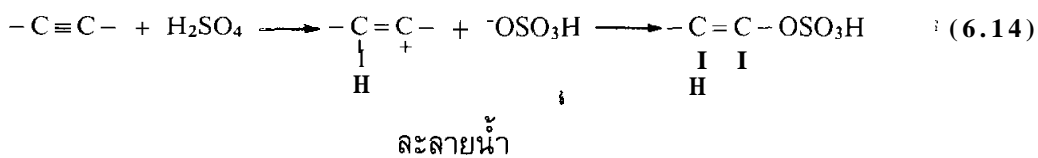
ทำการทดลองซ้ำโดยผ่านกาชอะเซทิลีนลงไปหลอดทดลองที่มีคาร์บอนเตตระคลอไรด์ 1 มล. เป็นเวลา 30 วินาที แล้วหยดด้วย 2% โบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ที่ละหยดจนครบ 5 หยด เขย่าหลอดทดลองทุกครั้งที่ได้เติมสารละลายโบรมีน สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง

6.3.2.2 ปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก อัลคีนทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นให้สารประกอบที่มีสูตรทั่วไปคือ ROSO_3H ซึ่งเรียกว่า อัลคิลไฮโดรเจนซัลเฟต สารผลิตภัณฑ์

นี้ได้จากการเกาะของไฮโดรเจนจากกรดซัลฟิวริกที่คาร์บอนอะตอมข้างหนึ่งของพันธะคู่ในอัลคีน และการเกาะของอนุมูลไฮโดรเจนซัลเฟตที่คาร์บอนอีกอะตอมหนึ่งของพันธะคู่ในอัลคีน ดังสมการ 6.13 การเพิ่มของกรดซัลฟิวริก ที่พันธะคู่ในอัลคีนจะเป็นไปตามกฎของมาร์คอฟนิกอฟ ซึ่งกล่าวว่า ไฮโดรเจนของกรดซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้จะไปเกาะที่อะตอมของคาร์บอนของพันธะคู่ในอัลคีนข้างที่มีจำนวนไฮโดรเจนมากกว่า



อัลไคน์ทำปฏิกิริยาการเพิ่มกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นได้เช่นเดียวกับอัลคีน ดังสมการ 6.14

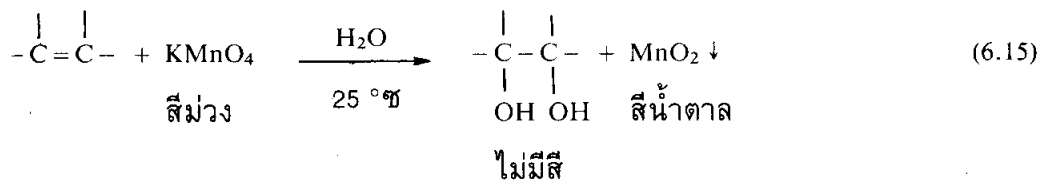


เราสามารถสังเกตได้ว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยที่อัลคีนและอัลไคน์จะละลายเป็นเนื้อเดียวกับกรดซัลฟิวริก นอกจากนี้สีของสารละลายอาจเปลี่ยนไปและอาจมีความร้อนเกิดขึ้น อัลคีนไม่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกจึงไม่ละลายในกรดซัลฟิวริก ปฏิกิริยานี้จึงใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างสารประกอบอิ่มตัวและสารประกอบไม่อิ่มตัวได้

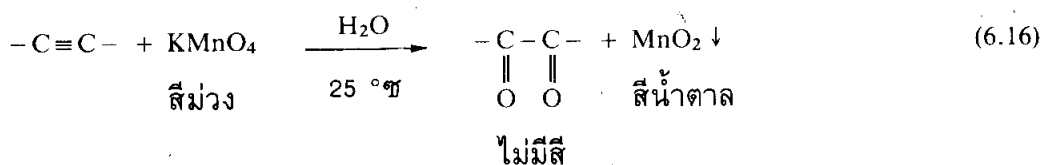
การทดลองที่ 4 ปฏิกิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ด้วยกรดซัลฟิวริก

วิธีทำ ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหลอดทดลอง 2 มล. ค่อย ๆ หยดอัลคีนลงไป 5 หยด เขย่าเบา ๆ หรือใช้แท่งแก้วคนให้ทั่ว สังเกตการละลาย มีความร้อนหรือสีเปลี่ยนไปหรือไม่ ทำการทดลองซ้ำโดยใช้อัลคีนและอัลไคน์แทนอัลคีน

6.3.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน อัลคีนถูกออกซิไดซ์โดยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เป็นกลางและเจือจางได้สารผลิตภัณฑ์ประเภทไกลคอล (glycol) ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลสองหมู่เกาะที่อะตอมทั้งสองของคาร์บอนที่มีพันธะคู่ ดังสมการ 6.15



อัลคีนถูกออกซิไดซ์โดยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เป็นกลางและเจือจางได้สารผลิตภัณฑ์ประเภทแอลฟาไดคีโตน (α -diketone) ดังสมการ 6.16



ปฏิกิริยาของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เจือจางและเป็นกลางกับอัลคีนและอัลคีน จะทำให้สีม่วงของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจางหายไป และมีตะกอนสีน้ำตาลของแมงกานีสไดออกไซด์มาแทนที่ อัลคีนไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เมื่อทดสอบอัลคีนด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะพบว่าสีม่วงของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตไม่จางหายไปและไม่ปรากฏสีน้ำตาลของแมงกานีสไดออกไซด์

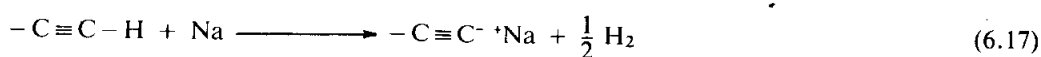
สารละลายของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เป็นกลางและเจือจางนี้เรียกว่า สารละลายไบย์เออร์ (Bayer's reagent) การทดสอบโดยใช้สารละลายไบย์เออร์เรียกว่าปฏิกิริยาไบย์เออร์ (Bayer's Test) ซึ่งมีประโยชน์ใช้ทดสอบว่าสารตัวอย่างเป็นสารประกอบที่อิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัว

การทดลองที่ 5 ปฏิกริยาไบย์เออร์

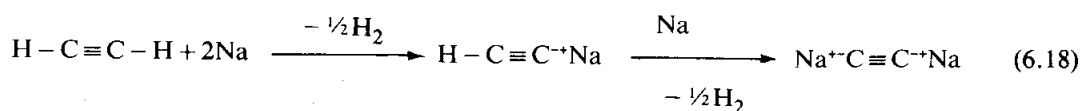
วิธีทำ ใส่อัลเคนลงในหลอดทดลอง 10 หยด หยดสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีความเข้มข้น 0.5% ลงไปที่หลอดจนครบ 10 หยด เขย่าหลอดทดลองแรง ๆ ทุกครั้งที่เติมด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลองทำการทดลองซ้ำโดยใช้อัลคีนและอัลไคน์แทนอัลเคนตามลำดับ

6.3.4 ปฏิกริยาของอัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ปลายสุดของโซ่ ทั้งอัลคีนและอัลไคน์ทำปฏิกริยากับโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์และทำปฏิกริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เป็นกลางและเจือจางได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นสารละลายของโบรมีนและสารละลายของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจึงไม่สามารถใช้ทดสอบว่าสารตัวใดเป็นอัลคีนและสารตัวใดเป็นอัลไคน์ แต่อัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ที่ปลายสุดของโซ่ (terminal alkyne) จะมีปฏิกริยาพิเศษเพิ่มขึ้นจากปฏิกริยาของอัลไคน์ชนิดอื่น ๆ คือ มีความเป็นกรดและสามารถทำปฏิกริยากับไอออนของโลหะหนักได้

6.3.4.1 ความเป็นกรดของอะเซทิลีน ไฮโดรเจนที่เกาะอยู่กับอะตอมของคาร์บอนที่มีพันธะสามที่ปลายสุดของโซ่จะแสดงความเป็นกรด ดังนั้นเมื่อให้อัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ที่ปลายสุดของโซ่ทำปฏิกริยากับโลหะโซเดียมจะเกิดกาซไฮโดรเจนและเกลือของโซเดียมอัลไคนิลไลด์ (sodium alkynylide) ดังสมการ 6.17



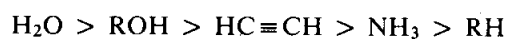
อะเซทิลีนมีไฮโดรเจนสองอะตอมเกาะอยู่กับคาร์บอนที่มีพันธะสาม ดังนั้นไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมนี้จึงแสดงความเป็นกรด เมื่อให้ทำปฏิกริยากับโลหะโซเดียมที่มากเกินไปจึงได้กาซไฮโดรเจนและเกลือไดโซเดียมอะเซทิลไลด์ ดังสมการ 6.18



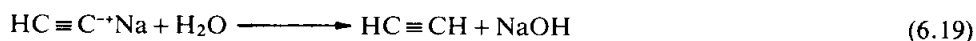
ดังนั้นปฏิกริยานี้จึงใช้ทดสอบอัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ปลายสุดของโซ่ โดยให้ทำ

ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม แล้วสังเกตฟองก๊าซที่เกิดขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบความเป็นกรดของอะเซทิลีนกับสารประกอบชนิดอื่น จะพบว่าลำดับความเป็นกรดเป็นดังนี้



เนื่องจากอะเซทิลีนเป็นกรดอ่อนกว่าน้ำ ดังนั้นเมื่อให้เกลือโซเดียมอะเซทิลด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ จะเกิดการแทนที่โลหะด้วยไฮโดรเจน ดังสมการ 6.19



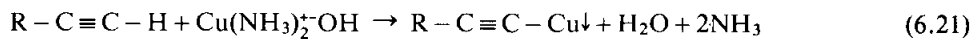
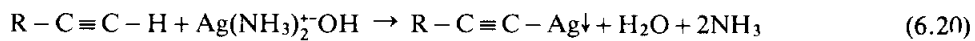
การทดลองที่ 6 ความเป็นกรดของอะเซทิลีน

วิธีทำ ใส่เบนซีนที่ปราศจากน้ำประมาณ 2 มล. ลงในหลอดทดลองที่สะอาดและแห้ง ผ่านก๊าซอะเซทิลีนลงไปใ้เบนซีนนานประมาณ 1 นาที ใส่ชิ้นโลหะโซเดียมชิ้นเล็ก ๆ หนึ่งชิ้นซึ่งซับให้แห้งแล้วโดยใช้กระดาษกรอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น วางทิ้งไว้จนปฏิกิริยาลิ้นสุดลง รินเฉพาะสารละลายลงบนกระดาษฟิคา ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งเบนซีนระเหยไปหมด สังเกตลักษณะของสารที่เหลืออยู่บนกระดาษฟิคา เติมน้ำลงไป 2-3 หยด ทดสอบสารละลายบนกระดาษฟิคาด้วยกระดาษลิตมัส บันทึกผลการทดลอง

ข้อควรระวัง 1. โลหะโซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำได้อย่างรุนแรงอาจลุกเป็นไฟได้ ดังนั้นหลอดทดลองที่ใช้ทดสอบจึงต้องแห้ง

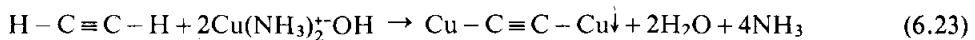
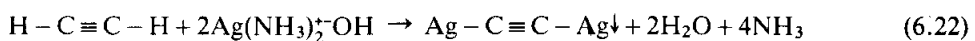
2. ชิ้นโลหะโซเดียมที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองให้ทำลายโดยการเติมเอทานอลลงไปประมาณ 1-2 มล. ตั้งทิ้งไว้จนโลหะโซเดียมละลายหมดจึงเททิ้งได้

6.3.4.2 ปฏิกิริยากับไอออนของเงินและทองแดง อัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ที่ปลายสุดของโซ่สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายของเงินไนเตรตในแอมโมเนีย (ammoniacal silver nitrate) หรือสารละลายของทองแดงคลอไรด์ในแอมโมเนีย (ammoniacal cuprous chloride) ได้ตะกอนของเงินอัลไคน์ (silver alkynide) หรือทองแดงอัลไคน์ (cuprous alkynide) ตามลำดับ ดังสมการ 6.20 และ 6.21 โลหะอัลไคน์มีพันธะระหว่างคาร์บอนและโลหะเป็นพันธะ



โคเวเลนต์จึงไม่ละลายน้ำ อัลไคน์ที่ไม่มีพันธะสามอยู่ที่ปลายสุดของโซ่จะไม่ให้ตะกอนในสารละลายของเงินหรือทองแดงที่มีแอมโมเนีย

อะเซทิลีนมีไฮโดรเจนที่แสดงความเป็นกรดได้สองอะตอม จึงสามารถให้โลหะแทนที่ไฮโดรเจนได้ทั้งสองอะตอมดังสมการ 6.22 และ 6.23



สารละลายเงินในเตรตในแอมโมเนียและสารละลายทองแดงคลอไรด์ในแอมโมเนียจึงใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอัลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ที่ปลายสุดของโซ่และอัลไคน์ที่มีพันธะสามที่ตำแหน่งอื่นได้โดยสังเกตการเกิดของตะกอน

ข้อควรระวัง ตะกอนของโลหะอัลโคไนด์เมื่อทิ้งไว้ให้แห้งจะระเบิดได้ จึงควรทำลายทันทีด้วยกรดไนตริกเจือจางแล้วอุ่นในเครื่องอังน้ำ

การทดลองที่ 7 ปฏิกริยาของอะเซทิลีนกับไอออนของเงิน

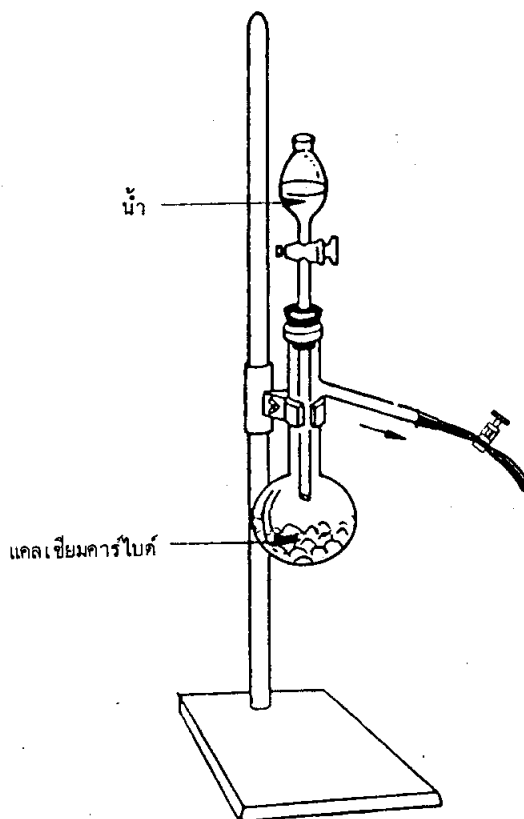
วิธีทำ สารละลายของเงินในเตรตในแอมโมเนียไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการใช้ มีวิธีเตรียมดังนี้ ใส่สารละลายเงินในเตรตที่มีความเข้มข้น 5% ลงในหลอดทดลองจำนวน 1 มล. หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10% ลงไปหนึ่งหยด จะมีตะกอนเกิดขึ้น ค่อย ๆ เติมสารละลายของแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5% ลงไปในหลอดทดลองนั้นทีละน้อยพร้อมทั้งเขย่าจนกระทั่งตะกอนละลายเกือบหมด (ไม่ควรใส่สารละลายของแอมโมเนียมากเกินไป)

ใส่สารละลายเงินในเตรตในแอมโมเนียที่เตรียมได้จำนวน 2 มล. ลงในหลอดทดลองอีกหลอดหนึ่ง ผ่านก๊าซอะเซทิลีนลงไปนานประมาณ 30 วินาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนกัน เทเฉพาะสารละลายที่ใสทิ้ง เติมกรดไนตริกเจือจางลงในหลอดทดลองที่มีตะกอนค้างอยู่ที่ก้นหลอด อุ่นจนกระทั่งตะกอนละลายหมดจึงเททิ้ง

หมายเหตุ อะเซทิลีนเป็นก๊าซเตรียมได้จากปฏิกิริยาของแคลเซียมคาร์ไบด์ (calcium carbide) กับน้ำ ดังสมการ 6.24 เครื่องมือที่ใช้เตรียมอะเซทิลีนคือเครื่องมือของกิพฟ์ (Kipp's apparatus)



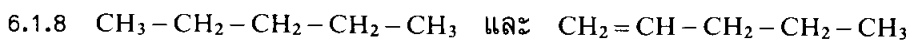
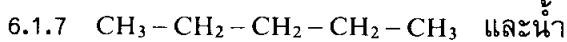
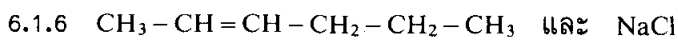
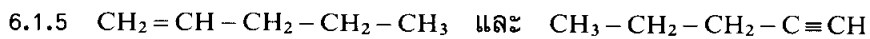
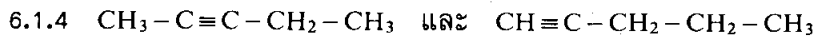
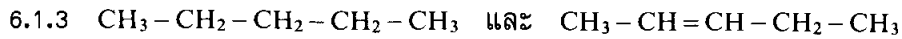
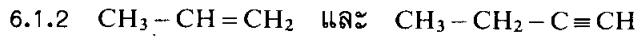
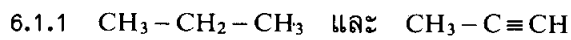
หรือเครื่องมือที่ได้รับการดัดแปลงมาใช้ดังภาพ 6.1 เมื่อต้องการใช้อะเซทิลีน ให้จุ่มปลายหลอดนำก๊าซลงในสารละลายที่ใช้ทดสอบในหลอดทดลอง แล้วหยดน้ำจากกรวยแยกลงบนแคลเซียมคาร์ไบด์ที่สะสม จนกระทั่งมีก๊าซพุ่งออกจากปลายหลอดนำก๊าซในหลอดทดลอง ปล่อยให้ก๊าซอะเซทิลีนผ่านลงในสารละลายเป็นเวลาประมาณ $\frac{1}{2}$ - 1 นาที เนื่องจากอะเซทิลีนเป็นก๊าซพิษจึงต้องทำการทดลองในตู้ควัน เมื่อไม่ใช้ก๊าซอะเซทิลีนต้องปิดท่อนำก๊าซและอย่าหยดน้ำลงบนแคลเซียมคาร์ไบด์มากเกินไปจนเกิดการ



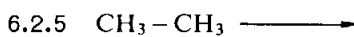
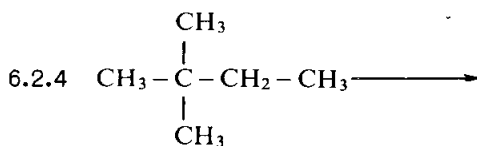
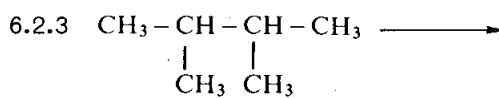
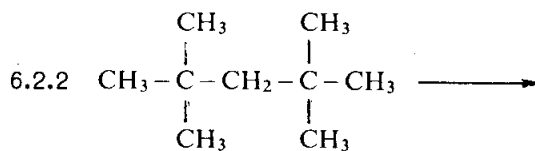
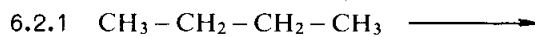
ภาพ 6.1 การเตรียมอะเซทิลีนในห้องทดลอง

คำถามบทที่ 6

6.1 จงบอกชื่อสารเคมีและวิธีสังเกตเพื่อทดสอบความแตกต่างของสารประกอบแต่ละคู่ต่อไปนี้พร้อมเขียนสมการที่เกิดขึ้นด้วย

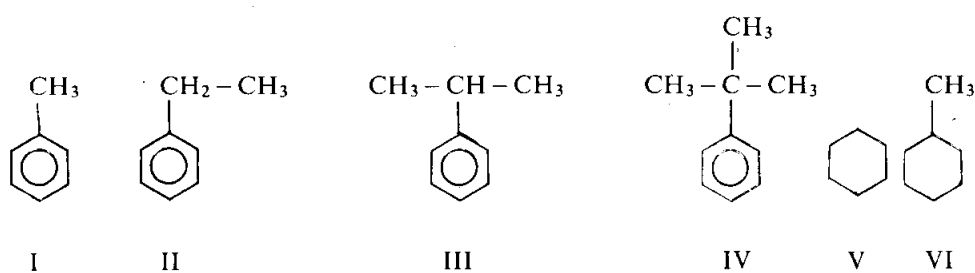


6.2 จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาของโบรมีนในที่มืดกับอัลเคนต่อไปนี้

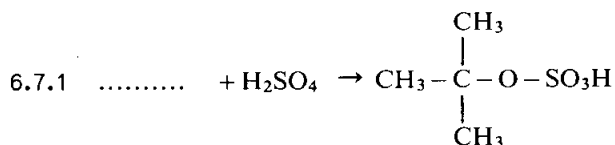


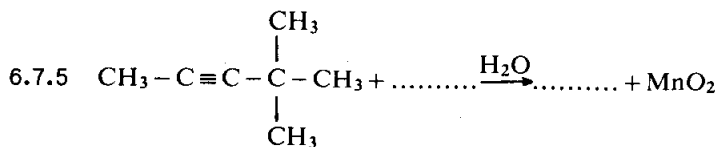
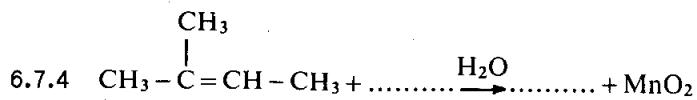
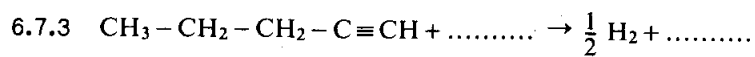
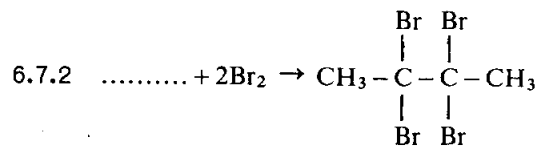
6.3 จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาของ $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ กับสารประกอบต่อไปนี้

- 6.3.1 หนึ่งโมลของโบรมีน
- 6.3.2 หนึ่งโมลของ HCl
- 6.3.3 สองโมลของ HCl
- 6.3.4 หนึ่งโมลของ HCl และเปอร์ออกไซด์
- 6.3.5 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2 \text{OH}$
- 6.4 จงบอกวิธีทางเคมีที่ใช้ทดสอบความแตกต่างของอัลเคนและอัลคีนมา 3 วิธี พร้อมทั้งเขียนสมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
- 6.5 จงเรียงลำดับสารต่อไปนี้ตามความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ในที่มีแสงจากความว่องไว้น้อยที่สุดไปหาความว่องไว้มากที่สุด



- 6.6 จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาของโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์หนึ่งโมลและสารต่อไปนี้
- 6.6.1 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ในที่มีแสง
- 6.6.2 $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ในที่มีด
- 6.6.3 $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ในที่มีด
- 6.7 จงเติมสูตรโครงสร้างบนช่องว่างของปฏิกิริยาต่อไปนี้





6.8 จงเตรียมสารต่อไปนี้จากอะเซทิลีน

6.8.1 เอทิลีน (ethylene)

6.8.2 อีเทน (ethane)

6.8.3 1,1-ไดโบรโมอีเทน (1,1-dibromoethane)

6.8.4 ไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride)

6.8.5 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-dichloroethane)

แบบรายงานการทดลองบทที่ 6

ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

ผู้เขียนรายงาน..... รหัส.....
 ผู้ร่วมงาน..... รหัส.....
 วันที่ทำการทดลอง..... กลุ่มที่.....

ไฮโดรคาร์บอนที่ใช้ในการทดลอง

อัลเคนที่ใช้คือ.....

อัลซีนที่ใช้คือ.....

อัลไคน์ที่ใช้คือ.....

การทดลองที่ 1 ความสามารถในการละลาย

ไฮโดรคาร์บอน	น้ำ	โทลูอิน	เอทานอล
อัลเคน
อัลซีน

การทดลองที่ 2 ปฏิกิริยาการแทนที่ในอัลเคนด้วยโบรมีน

ไฮโดรคาร์บอน	โบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์	
	ในที่มืด	ในที่มีแสง
อัลเคน กระดาษลิตมัส..... กระดาษลิตมัส.....

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

การทดลองที่ 3 ปฏิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ด้วยโบรมีน

ไฮโดรคาร์บอน	โบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์
อัลคีน
อัลไคน์

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

การทดลองที่ 4 ปฏิริยาการเพิ่มในอัลคีนและอัลไคน์ด้วยกรดซัลฟิวริก

ไฮโดรคาร์บอน	กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
อัลคีน
อัลไคน์

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

การทดลองที่ 5 ปฏิกริยาไบยเออร์

ไฮโดรคาร์บอน	สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่เจือจางและเป็นกลาง
อัลเคน
อัลคีน
อัลไคน์

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

การทดลองที่ 6 ความเป็นกรดของอะเซทิลีน

ขั้นตอนการทดลอง	ผลการทดลอง
เมื่อใส่โลหะโซเดียม เมื่อเบนซีนระเหยหมด	เกิด ลักษณะของสิ่งที่เหลืออยู่.....
เมื่อเติมน้ำลงไป 2-3 หยด	มีสูตรโครงสร้างคือ สารละลายที่ได้คือ..... ลิตมัส

เมื่อเติมน้ำลงไปสารละลายที่ได้คือ.....

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

เมื่อใส่โลหะโซเดียม.....

เมื่อเบนซีนระเหยหมดแล้วเติมน้ำ.....

การทดลองที่ 7 ปฏิริยาของอะเซทิลีนกับไอออนของเงิน

ไฮโดรคาร์บอน	สารละลายเงินไนเตรตในแอมโมเนีย
อัลไคน์

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

เมื่ออะเซทิลีนทำปฏิกิริยากับสารละลายของเงินไนเตรตในแอมโมเนีย.....

เมื่อตะกอนที่ได้ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกเจือจางแล้วอุ่น.....

ตอบคำถาม

.....

.....