



หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศิริขวัญ หินรัตน์ ปร.ด.(เภสัชศาสตร์ชีวภาพ),
วท.บ.(เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ผู้ตรวจ

ดร.พันธุ์วดี วัฒนสิน ปร.ด.(เคมีวิเคราะห์), วท.บ.(เคมี)
ดร.ปิยวรรณ พันสี ปร.ด.(เคมีวิเคราะห์), วท.บ.(เคมี)
ดร.สุริยา จันทะ ปร.ด.(เคมี), วท.ม.(เทคนิคการแพทย์),
วท.บ.(เทคนิคการแพทย์)

บรรณาธิการ

ดร.พูนทวี แซ่เตีย ปร.ด.(เคมีวิเคราะห์), วท.ม.(เคมีอินทรีย์),
วท.บ.(เคมี)

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓ พิมพ์ครั้งที่ ๑ จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม ISBN : 978-616-07-2035-4

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

❖ **ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายการเงินและบัญชี, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง :**

๖๙/๑๐๙ หมู่ ๑ ซ.พระแม่การุณย์ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐
โทร. ๐ ๒๕๙๔ ๕๙๙๙, ๐ ๒๕๙๔ ๕๙๙๓, ๐ ๒๕๑๖ ๔๕๙๐-๒ โทรสาร ๐ ๒๕๑๑ ๕๕๙๓

❖ **ฝ่ายวิชาการ :**

๙๗/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐
โทร. ๐ ๒๕๕๔ ๔๙๑๙-๒๐, ๐ ๒๕๕๓ ๙๑๖๙-๙ โทรสาร ๐ ๒๕๙๐ ๒๙๒๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

คำนำ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๑ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๒ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย
เคมีอินทรีย์ และสารชีวโมเลกุล นอกจากนี้ ในหนังสือยังมี QR Code
(Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** หรือแอปพลิเคชัน
สำหรับอ่าน QR Code เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่นๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๑ เล่มนี้ จะอำนวยความสะดวก
ต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนา
เต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

การศึกษาเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ ตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในชีวิต
ประจำวัน พันธะของคาร์บอน ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเขียนสูตรโครงสร้างของ
สารประกอบอินทรีย์ การเกิดไอโซเมอร์ในสารอินทรีย์ การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การ
เรียกชื่อ (Nomenclature) คุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด
กรดนิวคลีอิก

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึง
ประสงค์ พร้อมทั้งคุณธรรมและจริยธรรม การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ และตระหนักถึงวิทยาศาสตร์
ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม



ผลการเรียนรู้

- 1 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบ
ในชีวิตประจำวัน
- 2 เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์
- 3 วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน
- 4 เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่
ตามระบบ IUPAC
- 5 เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ
- 6 วิเคราะห์ และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน
ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน
- 7 ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยา
กับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
- 8 เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยา
ไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
- 9 ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

สารบัญ



หน่วยการเรียนรู้ที่



1 เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry)	1
เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry)	2
สารประกอบอินทรีย์	4
ตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน	6
พันธะของสารประกอบอินทรีย์	7
พันธะของคาร์บอน	8
ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	9
การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	12
การเกิดไอโซเมอร์ในสารอินทรีย์	15
การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	23
การเรียกชื่อ (Nomenclature)	28
คุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	
(Hydrocarbon Compound)	41
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	63

หน่วยการเรียนรู้ที่



2 สารชีวโมเลกุล (Biomolecules)	70
โปรตีน (Proteins)	71
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)	83
ลิพิด (Lipid)	89
กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid)	98
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	103
บรรณานุกรม	108

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1



เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry)



สาระการเรียนรู้

- 1 สารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน
- 2 สูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์
- 3 โครงสร้าง และประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน
- 4 โครงสร้างและชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC
- 5 ไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ
- 6 จุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน
- 7 ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
- 8 ปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
- 9 การทดสอบปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน



แนวคิด

เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry) เป็นแขนงวิชาที่มีความสำคัญในการศึกษาทางเคมี โดยเป็นการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและแตกต่างกัน เช่น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนโดยเป็นการศึกษาผ่านสูตรโครงสร้างรูปแบบต่างๆ เพื่อทำความเข้าใจคุณสมบัติและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ตลอดจน นำความรู้ที่ได้ไปใช้วิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน



ผลการเรียนรู้

- 1 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน
- 2 เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์
- 3 วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน
- 4 เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC
- 5 เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ
- 6 วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน
- 7 ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
- 8 เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
- 9 ทดสอบปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry)

เคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry)



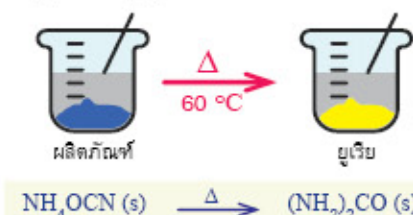
เคมีอินทรีย์เป็นสาขาวิชาสำคัญที่เริ่มมีการพัฒนาขึ้นอย่างจริงจังในคริสต์ศตวรรษที่ 19 แม้ว่า ก่อนหน้านั้น มนุษยชาติจะรู้จักเรียนรู้ที่จะใช้ความรู้ทางเคมีอินทรีย์อยู่บ้าง เช่น การสกัดสารจากเปลือกไม้วิลโลว์ (พืชตระกูลหลิว) เพื่อระงับความเจ็บปวด หรือตัวอย่างที่รู้จักกันดีกว่านั้น คือ การสกัดสารจากเปลือกของต้นชิงโคนา (Cinchona) มาทำยารักษาโรคมาลาเรียที่เรียกกันว่า “ยาควินิน” (Quinine) แต่การสกัดควินินแบบใช้เทคนิคทางเคมีเพิ่งเริ่มต้นในคริสต์ศตวรรษที่ 19 เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม “เคมีอินทรีย์” ในรูปแบบที่คล้ายคลึงกับวิชาเคมีอินทรีย์ปัจจุบันนี้ เริ่มต้นจาก การทดลองของเวอเลอร์ (Wöhler) ที่สามารถสังเคราะห์ “สารประกอบอินทรีย์” (Organic Compound) โดยไม่ต้องพึ่งพาสิ่งมีชีวิตตามแนวคิดแบบดั้งเดิมอีกต่อไป การค้นพบดังกล่าวเป็นการปฏิวัติความคิดของนักเคมีสมัยนั้นที่มีต่อการสังเคราะห์สารอินทรีย์ก็ว่าได้โดยเวอเลอร์ ในปี ค.ศ. 1828 ทำการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองสังเคราะห์ยูเรียของเวอเลอร์

ขั้นตอนที่ 1 : ผสมสารละลายซิลเวอร์ไซยาเนต (AgOCN) กับสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ : สารละลายแอมโมเนียมไซยาเนต (NH_4OCN), ซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl)
สถานะของแข็ง



ขั้นตอนที่ 2 : ให้ความร้อนแก่สารละลายแอมโมเนียมไซยาเนต (NH_4OCN) และเกิดของซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl)
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ : ยูเรีย ($\text{NH}_2)_2\text{CO}$ สถานะของแข็ง



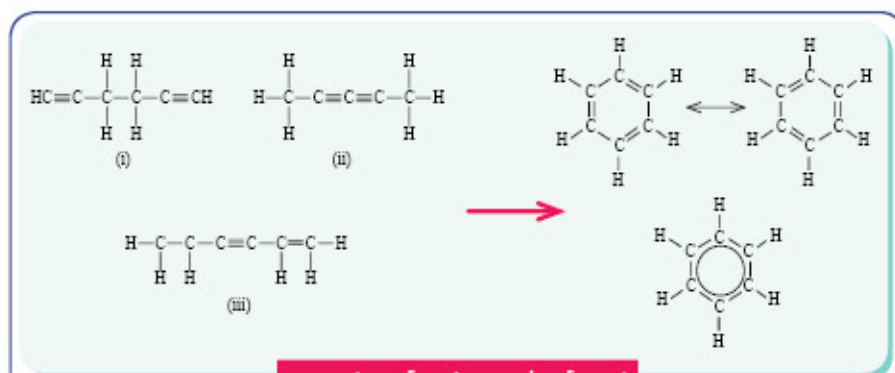
จากผลการทดลองข้างต้นเป็นการยืนยันว่า เวอเลอร์สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์ได้สำเร็จ เขาตีพิมพ์การค้นพบดังกล่าวในวารสารทางวิทยาศาสตร์ Annalen der Physik und Chemie ในปี ค.ศ. 1828 เพื่ออธิบายวิธีการสังเคราะห์ยูเรียจากสิ่งไม่มีชีวิต (อนินทรีย์) แต่ที่น่าสนใจกว่านั้น หากนักเรียนสังเกตสูตรโมเลกุลของสารละลายแอมโมเนียมไซยาเนต (NH_4OCN) กับสูตรโมเลกุลของยูเรีย ($\text{NH}_2)_2\text{CO}$ จะพบว่ามีความเหมือนกันด้วย ดังนั้น เวอเลอร์และเพื่อนนักเคมีจึงเสนอแนวคิดใหม่อีกแนวคิดหนึ่ง นั่นคือ ไอโซเมอร์ (Isomer) หมายถึง สารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ดังรูป



หมายเหตุ การสังเคราะห์ยูเรียอาจทำได้ด้วยปฏิกิริยาอื่นอีก เช่น แอมโมเนียกับแก๊ส CO_2



แม้เวอเลอร์จะพบว่า สารอินทรีย์อาจสังเคราะห์ได้จากสารอนินทรีย์ก็ตาม แต่การศึกษาเคมีอินทรีย์ยังคงให้ความสนใจกับคุณสมบัติของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยในปี ค.ศ. 1865 เกกูลี (Kekulé) ทำการวิจัยคุณสมบัติของเบนซีน (C_6H_6) พบว่าสูตรโครงสร้างของเบนซีนสามารถเขียนได้มากกว่า 1 แบบ ข้อสรุปดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องไอโซเมอร์ของเวอเลอร์ จึงทำให้เกิดการศึกษาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกันอย่างจริงจังตามมา และเพื่อให้ง่ายต่อการสื่อความเกกูลีได้เสนอวิธีเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 6 อะตอมและไฮโดรเจน 6 อะตอมในรูปของวง (Cyclic) ซึ่งนักเรียนจะพบสัญลักษณ์หกเหลี่ยมดังกล่าวนี้ในสูตรโครงสร้างแบบวงในหัวข้อต่อไป



ภาพการเขียนสูตรโครงสร้างแบบวงที่เสนอโดยเกคูลี

ข้อค้นพบของเกคูลีเป็นจุดเริ่มต้นให้เกิดการวิเคราะห์โครงสร้างที่แตกต่างกันของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยนักเคมีพบว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารอินทรีย์ที่พบได้เสมอในธรรมชาติ และมีสมบัติที่น่าสนใจ คือได้ว่า “วิชาเคมีอินทรีย์” ที่ได้รับอิทธิพลจากเกคูลีควรนิยามว่าเป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยที่แต่ละโครงสร้างจะถูกนิยามด้วยชื่อหรือหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันและมีสมบัติเฉพาะตัว

สารประกอบอินทรีย์



สารประกอบอินทรีย์ หมายถึง สารประกอบจากคาร์บอน ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะกับคาร์บอนด้วยกันเองและธาตุอื่นๆ นอกจากนี้พันธะระหว่างคาร์บอนยังมีหลายรูปแบบ ได้แก่ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม

ในอดีตนักเคมีเชื่อว่า สารประกอบอินทรีย์จะเตรียมได้จากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น เช่น ยูเรียจากน้ำปัสสาวะ แต่การทดลองของเวเลอร์ช่วยยืนยันแล้วว่า สารประกอบอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ได้จากสารประกอบอนินทรีย์ได้และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนจึงต้องเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ ดังตาราง

ตารางที่ 1

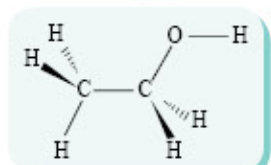
การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับอนินทรีย์

สมบัติ	สารประกอบอินทรีย์	สารประกอบอนินทรีย์
1. แหล่งที่พบ	ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต	พบโดยทั่วไป
2. ธาตุองค์ประกอบ	ธาตุ C และ H เป็นส่วนใหญ่ และธาตุอื่นๆ เช่น O, S, N, P หรือ Cl (F, Br, I)	ประกอบขึ้นจากธาตุทุกชนิด
3. ลักษณะอนุภาค	โมเลกุล	ส่วนใหญ่เป็นไอออน
4. ชนิดของพันธะ	พันธะโควาเลนต์	ส่วนใหญ่เป็นพันธะไอออนิก บางพันธะเป็นโควาเลนต์
5. สภาพขั้วของพันธะ	โดยทั่วไปไม่มีขั้ว	ส่วนใหญ่เป็นพันธะไอออนิก หรือพันธะโควาเลนต์แบบมีขั้ว ส่วนน้อยเป็นโควาเลนต์ไม่มีขั้ว
6. การละลายน้ำ	ละลายน้ำได้น้อย ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน (C ₆ H ₁₄)	ละลายน้ำได้ดี
7. สถานะของสาร	มี 3 สถานะ คือ ของแข็ง, ของเหลว และแก๊ส	เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง
8. จุดเดือด	จุดเดือดต่ำ (ต่ำติดลบ)	จุดเดือดสูง
9. จุดหลอมเหลว	จุดหลอมเหลวต่ำ (ต่ำติดลบ)	จุดเดือดสูง
10. การนำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า หรือนำไฟฟ้าได้น้อยมาก ยกเว้นกรดอินทรีย์	นำไฟฟ้าได้ดี
11. การเผาไหม้	ติดไฟง่าย อาจมีเขม่า	ติดไฟยาก ต้องใช้อุณหภูมิสูง
12. กลิ่น	มีกลิ่นเฉพาะตัว	ไม่มีกลิ่น
13. อัตราการเกิดปฏิกิริยา	เกิดปฏิกิริยาช้า	เกิดปฏิกิริยาเร็ว
14. ตัวเร่งปฏิกิริยา	ส่วนใหญ่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	ส่วนใหญ่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน

เอทานอล (Ethanol) สูตรเคมี C_2H_5OH

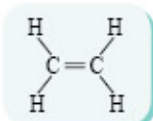
เป็นแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักพืช พลังงาน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ซึ่งนำไปผ่าน กระบวนการกลั่นจนได้ความบริสุทธิ์และนำไปผสม ในน้ำมันเพื่อใช้เติมรถยนต์ หรือนักเรียนรู้จักใน ชื่อ “น้ำมันแก๊สโซฮอล์”



เอทานอลโครงสร้างพันธะเดี่ยว

แก๊สเอทิลีน (Ethylene) สูตรเคมี C_2H_4

เป็นแก๊สที่เกิดจากการสังเคราะห์ในเนื้อเยื่อพืชที่สุก เช่น กล้วยที่สุกงอมจะผลิตเอทิลีนออกมา ปริมาณสูงจะทำให้พืชมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจนเกิดการสลายตัวของสาร เช่น ผลไม้เปลี่ยนสี หรือเนื้ออ่อนนุ่มขึ้น



เอทิลีนโครงสร้างพันธะคู่

แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene) สูตรเคมี C_2H_2

เป็นแก๊สเชื้อเพลิงใช้ในงานตัดโลหะโดยอาศัยความร้อนจากแก๊สอะเซทิลีนในรูปเปลวไฟ (ราว 900 °C) และยังใช้ในงานเชื่อมโลหะหรือที่เรียกกันว่า “เชื่อมแก๊ส” นักเรียนสามารถสังเกต การใช้ประโยชน์ของอะเซทิลีนได้จากแผนกอุตสาหกรรมในสถานศึกษา หรือวิทยาลัยอาชีวศึกษา หรือร้านเชื่อมโลหะทั่วไป



อะเซทิลีนโครงสร้างพันธะสาม



พันธะของสารประกอบอินทรีย์



ในการพิจารณาพันธะของสารประกอบอินทรีย์มักพิจารณาพันธะของสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งถือว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามอาจมีธาตุอื่นร่วมพันธะบ้าง ดังต่อไปนี้

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและ ไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบแต่มีพันธะระหว่างธาตุคาร์บอนแตกต่างกัน เช่น พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม รวมถึงหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน ได้แก่ แอลเคน แอลคีน แอลไคโน และอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

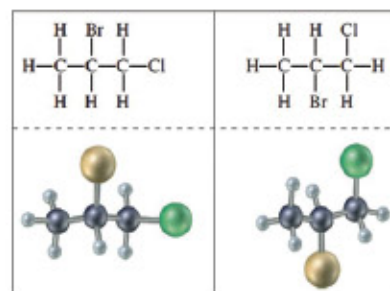
พันธะของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ของธาตุคาร์บอนที่ใช้ อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ 2 คู่ หรือ 3 คู่ จนเกิดเป็น พันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือ พันธะสาม ซึ่งทำให้อะตอม ของคาร์บอนแต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต และมีพันธะกับธาตุไฮโดรเจน

ตารางที่ 2 พันธะระหว่างธาตุที่เกิดขึ้นในสารประกอบอินทรีย์

ธาตุ	จำนวน พันธะ	รูปร่างทางเรขาคณิตของโมเลกุล			
		พันธะเดี่ยว	พันธะคู่	พันธะคู่	พันธะสาม
คาร์บอน (C)	4	 ทรงสี่หน้า (Tetrahedral) 109.5°	 สามเหลี่ยมแบนราบ (Trigonal Planar) 120°	 เส้นตรง (Linear) 180°	 เส้นตรง (Linear) 180°
ไฮโดรเจน (H)	1	H—			
ธาตุแฮโลเจน	1	:X—			
ออกซิเจน (O)	2	 มุมงอ (Bent Structure)			
ไนโตรเจน (N)	3	 พีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Trigonal Pyramidal)	 เชิงมุม (Angular Structure)		

ตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอื่นร่วมพันธะ

โบรโมคลอโรโพรเพน (C_3H_5BrCl) เป็นไอโซเมอร์ที่มีการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมและห้องทดลองปฏิบัติการทางพันธุกรรม หนึ่งไดโบรโมคลอโรโพรเพนเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์

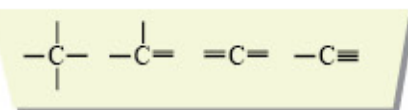


พันธะของคาร์บอน



เนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเมื่อเชื่อมของธาตุคาร์บอนเป็นโครงสร้างหลัก เพราะฉะนั้น ในการศึกษาพันธะของสารประกอบอินทรีย์จึงจะพิจารณาพันธะคาร์บอนผ่านสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบเส้น ดังต่อไปนี้

คาร์บอนเป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ 4A คาบที่ 2 ในตารางธาตุ การจัดอิเล็กตรอนของคาร์บอน มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น $1s^2 2s^2 2p^2$ เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นอีก 4 อิเล็กตรอนเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ได้ 4 พันธะ โดย C สามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้ตั้งแต่ 1 คู่ 2 คู่ หรือ 3 คู่ นั่นคือ เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยว (Single Bond) พันธะคู่ (Double Bond) หรือ พันธะสาม (Triple Bond) เพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต



ภาพโครงสร้างการเกิดพันธะชนิดต่าง ๆ ของอะตอมคาร์บอน

ตารางที่ 3

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

ชื่อสาร / สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง	
	โครงสร้างลิวอิส	โครงสร้างแบบย่อ
เพนเทน C_5H_{12}		$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ หรือ $CH_3(CH_2)_3CH_3$
เพนทีน C_5H_{10}		$CH_2 = CHCH_2CH_2CH_3$
ไซโคลเฮกเซน C_6H_{12}		
ไซโคลเฮกซีน C_6H_{10}		
โพรพาโนน (แอซิโตน) C_3H_6O		CH_3COCH_3 หรือ $(CH_3)_2CO$

ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน



การที่อะตอมของคาร์บอนสามารถยึดเหนี่ยวกันได้หลายรูปแบบจนเกิดเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ดังที่ยกตัวอย่างไปแล้ว ทำให้เกิดการจัดประเภทและเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามชนิดของพันธะที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

การแบ่งประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามพันธะ

- 1 กรดไขมันของคาร์บอนเกิดพันธะเดี่ยว จะเรียกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นว่า **แอลเคน (Alkanes)** มีสูตรโมเลกุลเป็น C_nH_{2n+2} เช่น methane (CH_4 ; $C_1H_{2(1)+2}$)
- 2 กรดไขมันของคาร์บอนเกิดพันธะคู่ จะเรียกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นว่า **แอลคีน (Alkenes)** มีสูตรโมเลกุลเป็น C_nH_{2n} เช่น ethene (C_2H_4 ; $C_2H_{2(2)}$)
- 3 กรดไขมันของคาร์บอนเกิดพันธะสาม จะเรียกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นว่า **แอลไคน์ (Alkynes)** มีสูตรโมเลกุลเป็น C_nH_{2n-2} เช่น ethyne (C_2H_2 ; $C_2H_{2(2)-2}$)

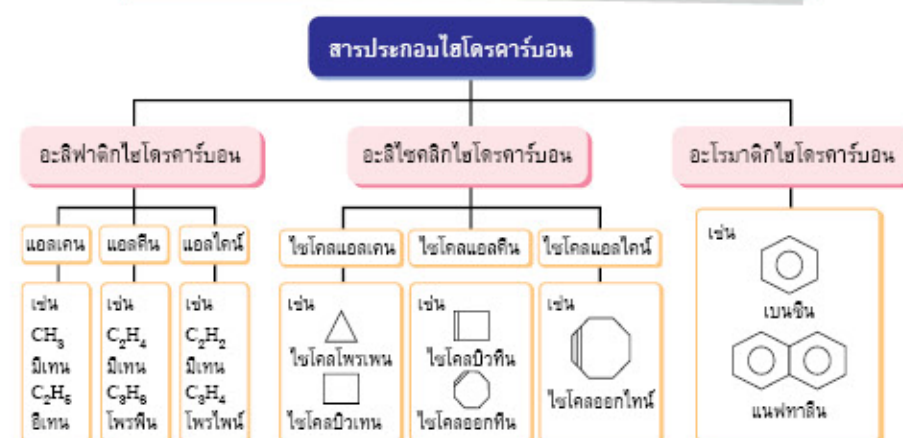
โมเลกุลที่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีเบนซีน (C_6H_6) หรือวงเบนซีน ($\bigcirc$) เป็นองค์ประกอบ จะเรียกสารประกอบนั้นว่า **“อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน” (Aromatic Hydrocarbon)** เช่น เมทิลเบนซีน (โทลูอีน), อะมิโนเบนซีน (อะนิลีน), ไฮดรอกซีเบนซีน (ฟีนอล) เป็นต้น

ในหัวข้อต่อไป เมื่อนักเรียนศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เขียนเป็นวง หรือที่ต่อไปจะเรียก **“โซ่” (Chain)** แล้ว จะทำให้สามารถจัดประเภทใหม่ตามลักษณะโครงสร้างได้ด้วย

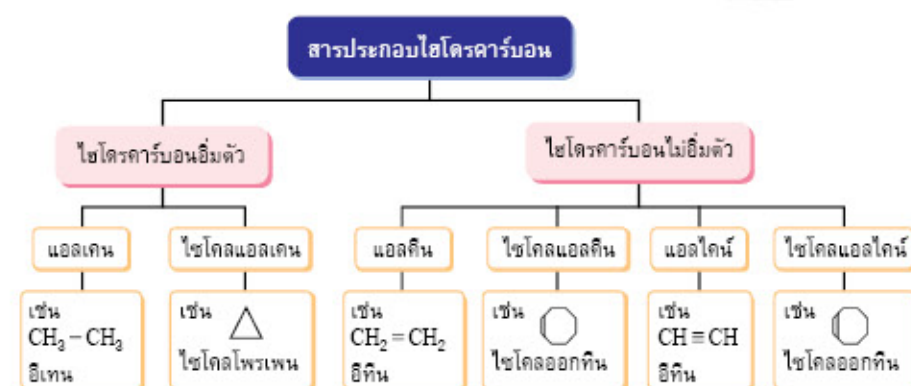
การแบ่งประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามโครงสร้าง

1. **อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbon)** เป็นไฮโดรคาร์บอนที่คาร์บอนต่อกันแบบโซ่เปิด อาจเป็นได้ทั้งโซ่ตรงและโซ่กิ่ง แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ
 - 1) พวกอิ่มตัว (Saturated) : แอลเคน (Alkane; C_nH_{2n+2})
 - 2) พวกไม่อิ่มตัว (Unsaturated) : แอลคีน (Alkene; C_nH_{2n}) และแอลไคน์ (Alkyne; C_nH_{2n-2})
2. **อะลิไซคลิกไฮโดรคาร์บอน (Alicyclic Hydrocarbon)** เป็นไฮโดรคาร์บอนที่คาร์บอนต่อกันแบบโซ่ปิด (แบบวง) ได้แก่ ไฮโคแอลเคน (Cycloalkane) ไฮโคแอลคีน (Cycloalkene) และไฮโคแอลไคน์ (Cycloalkyne)
3. **อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon)** เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีวงเบนซีน (C_6H_6) เป็นโครงสร้างหลัก โดยมีพันธะเดี่ยวสลับพันธะคู่แบบวงปิดและเกิดเป็นเรโซแนนซ์ได้

แผนภาพแสดงการจัดประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามโครงสร้าง (โซ่)



แผนภาพแสดงการจัดประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามความอิ่มตัว



ทำไมแอลเคนจึงเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ?

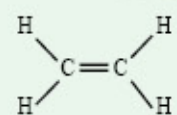
การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์



1 สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

สูตรโครงสร้าง เป็นสูตรที่บอกให้ทราบว่าโมเลกุลของสารประกอบนั้นประกอบด้วยธาตุใดบ้างอย่างละกี่อะตอม และแต่ละอะตอมยึดเหนี่ยวกันอย่างไร ซึ่งการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ แบ่งเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

สูตรโครงสร้างของสัณฐาน (expanded form)

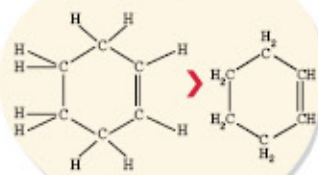
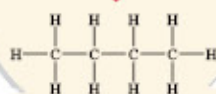
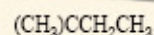


เป็นการเขียนสูตรโครงสร้างโดยใช้เส้นขีด (-) แทน [อิเล็กตรอน 2 ตัวหรือ 1 คู่] ในพันธะโคเวเลนต์

ข้อดี: สามารถพิจารณาโครงสร้างได้ง่าย

ข้อเสีย: ใช้พื้นที่มาก ยุ่งยาก ใช้เวลาในการเขียนมาก

สูตรโครงสร้างแบบย่อ (condensed form)

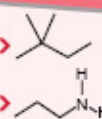
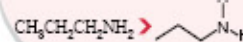
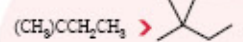


- แสดงเฉพาะพันธะคู่ หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน
- อะตอมอื่นที่สร้างพันธะกับ C จะเขียนไว้ข้าง C และไม่แสดงพันธะ มีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมกำกับไว้
- ถ้ามีกลุ่มอะตอมเหมือนกันมากกว่าหนึ่งหมู่ จะเขียนไว้ในวงเล็บ และระบุจำนวนกลุ่มอะตอม

ข้อดี: ใช้เนื้อที่น้อย เขียนได้สะดวก รวดเร็ว

ข้อเสีย: พิจารณาโครงสร้างของโมเลกุลได้ยากและอาจทำให้เกิดความสับสนได้

สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม (bond - line form)

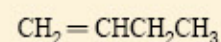


- ใช้เส้นตรงแทนพันธะระหว่างคาร์บอน ถ้ามีจำนวนคาร์บอนต่อกัน มากกว่า 2 อะตอม จะใช้เส้นต่อกันแบบซิกแซก
- ถ้าโมเลกุลมีหมู่อะตอมแยกออกมาจากสายโซ่ของคาร์บอน จะลากเส้นต่อออกมาจากสายโซ่
- โมเลกุลที่มีโครงสร้างแบบวงให้เขียนแสดงพันธะตามรูปเหลี่ยม

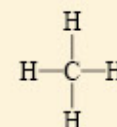
หลักการหาสูตรทั่วไปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

- 1) ถ้าสารมีสูตรโครงสร้างเป็นเส้นตรงหรือโซ่กิ่ง (แอลเคน) แต่ไม่มีพันธะ $C=C$ และ $C\equiv C$ โมเลกุล จะมีสูตรทั่วไป คือ C_nH_{2n+2}
- 2) ถ้ามีพันธะ $C=C$ เพิ่มขึ้น 1 พันธะ : อะตอม H จะลดลง 2 อะตอม
- 3) ถ้ามีพันธะ $C\equiv C$ เพิ่มขึ้น 1 พันธะ : อะตอม H จะลดลง 4 อะตอม
- 4) ถ้ามีสูตรโครงสร้างเป็นวง 1 วง : อะตอม H จะลดลง 2 อะตอม

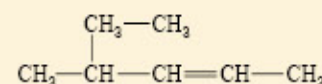
ตัวอย่าง การเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม



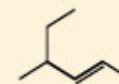
เขียนเป็น



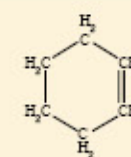
เขียนเป็น



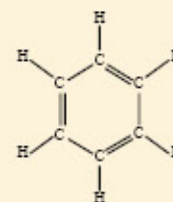
เขียนเป็น



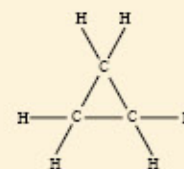
ตัวอย่าง การเขียนโมเลกุลที่เป็นวง ให้เขียนพันธะแสดงตามรูปเหลี่ยมที่เป็นวงนั้น



เขียนเป็น



เขียนเป็น



เขียนเป็น



การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุคาร์บอนกับธาตุคาร์บอนด้วยกันเองและกับธาตุอื่นๆ
ในสารประกอบอินทรีย์บางชนิด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4

การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

โครงสร้างสัณฐาน	โครงสร้างแบบย่อ	โครงสร้างแบบเส้นและมุม
	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
	$\text{BrCH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COCl}$ หรือ $\text{BrCH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COCl}$	
	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	
	CH_3COOH OR $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	

การเกิดไอโซเมอร์ในสารอินทรีย์



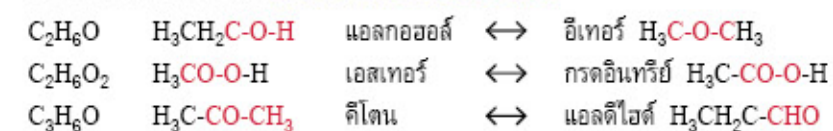
ไอโซเมอร์ซึม (Isomerism)

ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีโครงสร้างต่างกัน สมบัติอาจจะคล้ายกันหรือต่างกันก็ได้

ไอโซเมอร์ (Isomer)

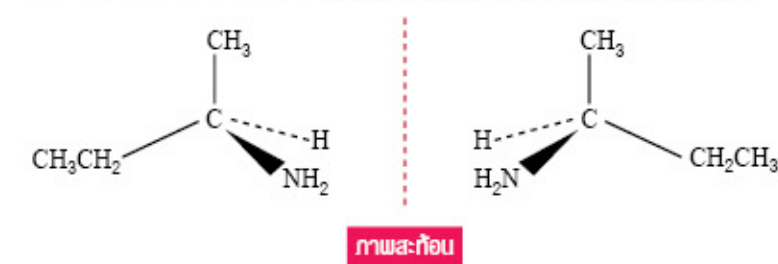
สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน และสมบัติทางกายภาพต่างกัน

ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้าง : ต่างที่ “การต่อกันของอะตอม”



สเตอริโอไอโซเมอร์ :

การต่อกันของอะตอมเหมือนกัน ต่างกันที่ “การวางตัวของอะตอมในที่ว่าง”

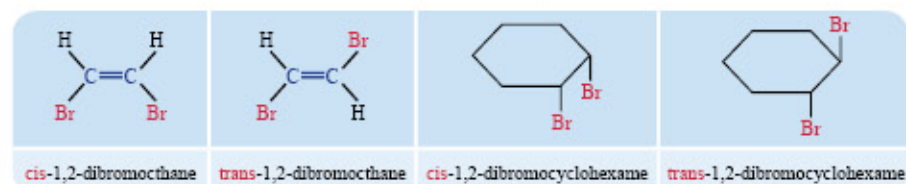


ไอโซเมอร์เชิงเรขาคณิต :

การต่อกันของอะตอมเหมือนกัน ต่างกันที่ “การวางตัวของอะตอมในที่ว่าง” ของสารประกอบที่มี $\text{C}=\text{C}$ หรือสารประกอบที่เป็นวง

คำศัพท์

- ♦ **cis** คือ สารที่มีโครงสร้างที่มีหมู่เหมือนกันอยู่ด้านเดียวกันของระนาบของ $C = C$
- ♦ **trans** คือ สารที่มีโครงสร้างที่มีหมู่เหมือนกันอยู่ด้านตรงข้ามของระนาบของ $C = C$



สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก จะมีจำนวนไอโซเมอร์น้อยกว่าสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และเมื่อมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น ก็จะมีจำนวนไอโซเมอร์เพิ่มขึ้นด้วย เช่น

- สารที่มีสูตรโมเลกุล C_4H_{10} จัดเรียงตัวได้ 2 แบบ (มี 2 ไอโซเมอร์)
- สารที่มีสูตรโมเลกุล C_5H_{12} จัดเรียงตัวได้ 3 แบบ (มี 3 ไอโซเมอร์)
- สารที่มีสูตรโมเลกุล C_6H_{14} จัดเรียงตัวได้ 5 แบบ (มี 5 ไอโซเมอร์)

เมื่อพิจารณา C_4H_{10} ซึ่งจัดเรียงตัวได้ 2 แบบ (2 ไอโซเมอร์) จะมีสมบัติแตกต่างกัน

	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array}$
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}C$)	-138.3	-159.4
จุดเดือด ($^{\circ}C$)	-0.5	-11.7
ความหนาแน่นที่ 20 ($^{\circ}C$) (g/cm^3)	0.573	0.551

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของ C_4H_{10} พบว่า

- แบบที่ 1 อะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาว โครงสร้างแบบนี้เรียกว่า **โซ่ตรง**
- แบบที่ 2 มีหมู่ $-CH_3$ ต่อกับอะตอมของคาร์บอนที่เป็นสายยาว เรียกว่า **โซ่กิ่ง**
- ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่ตรงและโซ่กิ่ง จะเรียกว่า **โซ่เปิด**



สรุป

- 1) โครงสร้างแบบโซ่ตรงมีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นสูงกว่าแบบโซ่กิ่ง
- 2) สมบัติของสารประกอบอินทรีย์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล
- 3) สารประกอบอินทรีย์มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสมบัติแตกต่างกัน จะเป็นไอโซเมอร์กัน

การเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

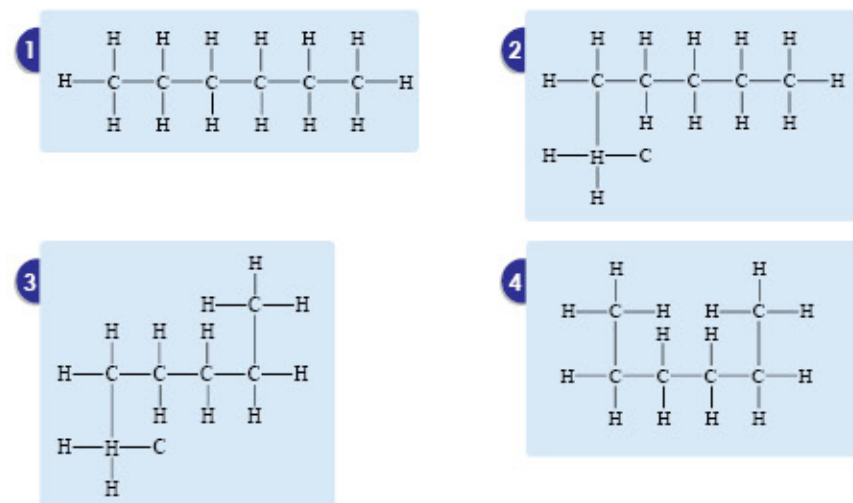
1. พิจารณาจากสูตรโมเลกุลก่อนว่าเป็นสารประเภทใด
2. เมื่อทราบว่าเป็นสารประเภทใดแล้วจึงนำมาเขียนไอโซเมอร์
3. ถ้าเป็นสารพหุโซ่เปิด (Open chain หรือ Acyclic) มักจะเริ่มเขียนไอโซเมอร์จากตัวที่มี C ต่อกันเป็นสายตรงยาวที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงลดความยาวของ C สายตรงลงครั้งละอะตอม
4. ในกรณีที่เป็ไฮโดรคาร์บอนแบบวง (Cyclic chain) มักจะเริ่มจากวงที่เล็กก่อน คือ เริ่มจาก C 3 อะตอม แล้วจึงเพิ่มเป็น 4 อะตอม ตามลำดับ

หมายเหตุ : การเขียนให้เขียนเฉพาะคาร์บอนอะตอมก่อน แล้วจึงเติมไฮโดรเจนทีหลัง

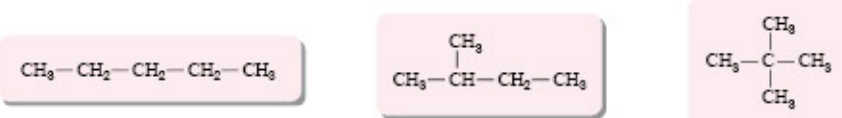
การพิจารณาว่าสารคู่หนึ่งเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่

1. ถ้าประกอบด้วยธาตุชนิดต่างกัน จะไม่เป็นไอโซเมอร์กัน
2. ถ้าประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวกัน และจำนวนอะตอมเท่ากัน จะต้องพิจารณาขั้นต่อไป

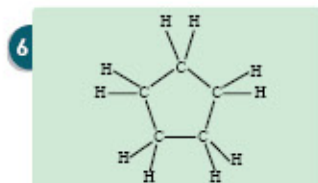
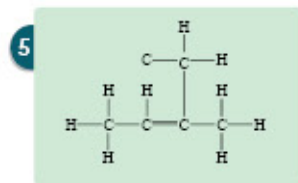
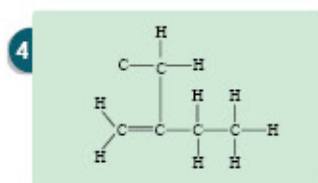
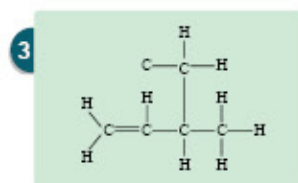
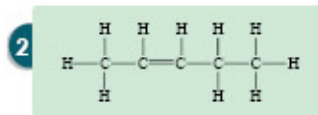
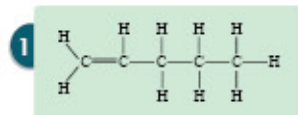
1) ถ้าสูตรโครงสร้างเหมือนกัน จะเป็นสารชนิดเดียวกัน ไม่เป็นไอโซเมอร์กัน เช่น



2) ถ้าสูตรโครงสร้างต่างกัน จะเป็นไอโซเมอร์กัน เช่น สารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} มี 3 ไอโซเมอร์ ดังนี้



สำหรับสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_{10} มีไอโซเมอร์ที่เป็นไซเคิล 6 ไอโซเมอร์ โดยเป็นไซเคิลตรง 2 ไอโซเมอร์ และไซเคิลกิ่ง 3 และแบบวงอีก 1 ไอโซเมอร์ (ไม่นับมาคิด isomer เพราะเป็นแบบวง) ดังนี้

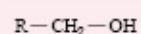


สารที่เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกัน

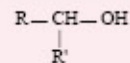
- 1) แอลคีนและไอโซแอลเคน : มีสูตรทั่วไปเหมือนกัน คือ C_2H_{2n}
- 2) แอลไคน์, แอลคาไดอิน, ไซโคลแอลคีน และแอลเคนที่มี 2 วงติดกัน : มีสูตรทั่วไป คือ C_2H_{2n-2} , $n \geq 5$
- 3) แอลกอฮอล์และอีเทอร์ : มีสูตรทั่วไป คือ $C_2H_{2n+2}O$
- 4) แอลดีไฮด์และคีโตน : มีสูตรทั่วไป คือ $C_2H_{2n}O$
- 5) กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์ : มีสูตรทั่วไป คือ $C_2H_{2n}O_2$

หลักการเขียนไอโซเมอร์ของแอลกอฮอล์ ($R-OH$)

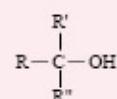
สามารถเขียนได้ 3 ลักษณะ ดังนี้



1° แอลกอฮอล์



2° แอลกอฮอล์



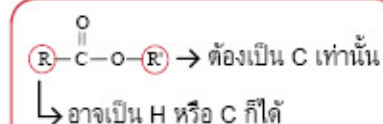
3° แอลกอฮอล์

หลักการเขียนไอโซเมอร์ของกรดคาร์บอกซิลิก ($R-COOH$)

- 1) ให้เขียนหมู่ฟังก์ชัน $-COOH$ ก่อน
- 2) นำอะตอม C ที่เหลือไปเขียนเป็นสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยกรดคาร์บอกซิลิกจะเริ่มมีไอโซเมอร์เมื่อมีจำนวน C อะตอม ≥ 4

หลักการเขียนไอโซเมอร์ของเอสเทอร์ ($R-COOR'$)

- 1) ให้เขียนหมู่ฟังก์ชัน $-COO^-$ ก่อน ซึ่งพบว่ามี 1 C อะตอม
- 2) จากนั้นนำอะตอม C ทั้งหมดในโมเลกุลลบออก 1 C อะตอม (C อะตอมในหมู่ฟังก์ชัน)

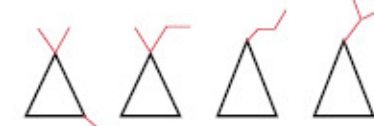


- 3) แบ่งจำนวน C อะตอมที่เหลือออกเป็น 2 ส่วน เพื่อนำไปเขียนเป็นหมู่แอลคิลทั้ง 2 ข้าง
- 4) ถ้าหมู่ R หรือ R' มีจำนวนอะตอม C ≥ 3 ให้พยายามเขียนสูตรโครงสร้างให้แตกต่างกัน ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- 5) อย่าลืม! เขียนสูตรโครงสร้างที่มีหมู่ $HCOO^-$

ควรรู้

1. แขนเกิน (ต่อที่เดียวกัน แต่แขนห้ามเกิน)
2. เกินหน้าเกินตาพวกเดียวกัน
3. เหลือให้วิ่ง 2
4. จับหมู่ฟังก์ชันอยู่เนืองๆ
5. แบ่งครึ่ง ก่อนทำตลอด

พวกโครงสร้างวงที่ขอบลิ้ม!



ต่อสูงหลายชั้นและแตกกิ่งได้ด้วย



จำนวน C อะตอม	จำนวน Isomer										
	Alkane	Alkene	Alkyne	Aldehyde	Ketone	Alcohol	Ether	Carboylic acid	Ester	Amine	Amide
C ₃	-	-	-	-	-	2	-	-	-	4	4
C ₄	2	3	2	2	1	4	3	2	2	8	8
C ₅	3	5	3	4	3	8	6	4	4	17	18
C ₆	5	13	7	8	6	17	15	8	9	-	-
C ₇	9	27	13	17	15	36	-	17	20	-	-
C ₈	18	64	31	36	-	-	-	36	-	-	-

2 หมู่ฟังก์ชัน

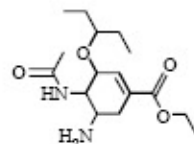
การจำแนกสารประกอบอินทรีย์นั้นสามารถแบ่งตามหมู่ฟังก์ชันของสารที่เป็นอะตอมหรือกลุ่มของอะตอมบนโมเลกุลนั้นๆ หมู่ฟังก์ชันเป็นตัวแทนสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ สมบัติของการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้นจึงอาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ เช่น

- กรดอะซิติก (Acetic acid) : CH_3COOH หมู่ฟังก์ชัน คือ คาร์บอกซิลิก (-COOH) มีสมบัติเป็น “กรด”
- ไตรเอทิลามีน (Triethylamine) : $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$ หมู่ฟังก์ชัน คือ อะมิโน (-N-) มีสมบัติเป็น “เบส”



Thinking

เมื่อร่างกายนักเรียนติดเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ A คุณหมอจ่ายยาต้านไวรัสที่ชื่อ โอเซลทามิเวียร์ (Oseltamivir) ซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



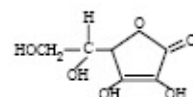
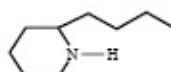
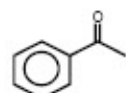
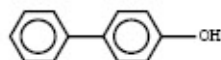
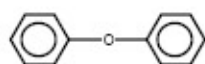
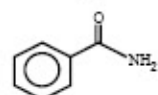
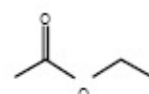
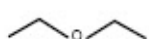
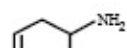
นักเรียนทราบหรือไม่ว่ายาต้านไวรัสชนิดนี้มีหมู่ฟังก์ชันทั้งหมดกี่ชนิด อะไรบ้าง?

5 หมู่ฟังก์ชัน ได้แก่
เอสเทอร์ เอไมด์ เอมีน
อีเทอร์ และแอลคีน

ตารางที่ 5

แสดงตัวอย่างหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบบางชนิด

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่างสารประกอบ	
			ชื่อ	สูตรโครงสร้าง
-	-	แอลเคน (Alkane)	มีเทน (Methane)	CH_4
$\text{C}=\text{C}$	พันธะคู่ระหว่าง C	แอลคีน (Alkene)	อีthin (Ethene)	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
$\text{C}\equiv\text{C}$	พันธะสามระหว่าง C	แอลไคน์ (Alkyne)	อีไทน์ (Ethyne)	$\text{HC}\equiv\text{CH}$
-OH	ไฮดรอกซิล (Hydroxyl)	แอลกอฮอล์ (Alcohol)	เอทานอล (Ethanol)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
		ฟีนอล (Phenol)	ฟีนอล (Phenol)	
$\text{R}-\text{O}-\text{R}$	แอลคอกซี (Alcoxy)	อีเทอร์ (Ether)	เมทอกซีมีเทน (Methoxymethane) ไดเมทิลอีเทอร์ (Dimethylether)	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$
	คาร์บอกซิล (Carboxyl)	กรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอกซิลิก (Carboylic Acid)	กรดเอทานอิก (Ethanoic Acid) กรดอะซิติก (Acetic acid)	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$
	แอลคอกซี คาร์บอนิล (Alcoxy Carbonyl)	เอสเทอร์ (Ester)	เมทิลเอทานอยด์ (เมทิลอะซิเตต)	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$
	คาร์บอกซาลดีไฮด์ (Carboxaldehyde)	แอลดีไฮด์ (Aldehyde)	เมทานาล (Methanal)	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$
	คาร์บอนิล (Carbonyl)	คีโตน (Ketone)	โพรพานอน (Propanone)	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$
$-\text{NH}_2$	อะมิโน (Amino)	เอมีน (Amine)	อะมิโนมีเทน (Aminomethane)	CH_3-NH_2
	เอไมด์ (Amide)	เอไมด์ (Amide)	เมทานาไมด์ (Methanamide)	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$



1. หมู่ฟังก์ชัน คือ Carbonyl $\rightarrow$ Ketone
2. หมู่ฟังก์ชัน คือ Amino $\rightarrow$ Amine
3. หมู่ฟังก์ชัน คือ Alcoxy $\rightarrow$ Ether
4. หมู่ฟังก์ชัน คือ Alcoxy carbonyl $\rightarrow$ Ester
5. หมู่ฟังก์ชัน คือ Amide $\rightarrow$ Amide
6. หมู่ฟังก์ชัน คือ Alcoxy $\rightarrow$ Ether
7. หมู่ฟังก์ชัน คือ Hydroxyl $\rightarrow$ Phenol
8. หมู่ฟังก์ชัน คือ Carbonyl $\rightarrow$ Ketone
9. หมู่ฟังก์ชัน คือ Amino $\rightarrow$ Amine
10. หมู่ฟังก์ชัน คือ Carbonyl / Hydroxyl

$\downarrow$
ketone

$\downarrow$
Alcohol / phenol



การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จะเรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยใช้จำนวนนับในภาษากรีก ระบุน้ำหนักอะตอมของคาร์บอน และลงท้ายเสียงด้วยคำแสดงชนิด (หมู่ฟังก์ชัน)

หลักการอ่านชื่อ

1. เลือกใช้หลัก (Parent chain) ที่มีอะตอมคาร์บอนที่ยาวสุดที่มีหมู่ฟังก์ชันเกาะอยู่ นับจำนวนอะตอมคาร์บอนในโซ่หลักเรียกและใช้คำนำหน้า (Prefix) ดังตารางที่ 6 โดยเขียนไว้ ส่วนหน้าของชื่อหลักหรือโซ่หลัก (Parent chain)

ตารางที่ 6

การเรียกชื่อตามจำนวนอะตอม

อะตอม C	ชื่อภาษาไทย	ชื่ออังกฤษ	อะตอม C	ภาษาไทย	ชื่ออังกฤษ
1	มีท	meth-	6	เฮกซ	hex-
2	อีทหรือเอท	eth-	7	เฮปท	hept-
3	โพรพ	prop-	8	ออกท	oct-
4	บิวท	but-	9	โนน	non-
5	เพนท	pent-	10	เดกท	dec-

2. คำต่อท้าย (Suffix) ใช้ระบุชนิดของสารอินทรีย์เขียนไว้ท้ายของจำนวนคาร์บอนลงท้ายด้วย -ane ไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวเป็นพื้นฐานเดี่ยว

แอลเคน (Alkane C-C : R-R)	เช่น	CH ₄	Methane
		CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	Propane
			Cyclobutane

ลงท้ายด้วย -ene ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว เป็นพันธะสอง

แอลคีน (Alkene $C=C: R=R$)	เช่น	$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	1- Butene
		$CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$	2- Pentene
			Cyclobutene

ลงท้ายด้วย -yne ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว เป็นพันธะสาม

แอลไคโน (Alkyne $C \equiv C : R \equiv R$) เช่น $CH \equiv C-CH_3$ 1-Propyne
 $CH_3-CH_2-C \equiv C-CH_2-CH_3$ 3-Hexyne

-yl ไฮโดรคาร์บอนหรืออัลเคนที่มีไฮโดรเจนหายไปหนึ่งอะตอมจะเรียกว่า หมู่อัลคิล (Alkyl group) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการเรียกชื่อหมู่แอลคิล

จำนวน อะตอม C	ชื่อของแอลเคน	สูตรโครงสร้างของแอลเคน	สูตรโครงสร้างของหมู่แอลคิล	ชื่อของหมู่ แอลคิล
1	มีเทน (methane)	CH_4	CH_3-	เมทิล (methyl)
2	อีเทน (ethane)	CH_3CH_3	CH_3CH_2-	เอทิล (ethyl)
3	โพรเพน (propane)	$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2-$	โพรพิล (propyl)
4	บิวเทน (butane)	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$	บิวทิล (butyl)
5	เพนเทน (pentane)	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2-$	เพนทิล (pentyl)
6	เฮกเซน (hexane)	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-$	เฮกซิล (hexyl)

เพิ่มเติม

ชื่อหมู่แอลคิล	สูตรโครงสร้าง	ชื่อหมู่แอลคิล	สูตรโครงสร้าง
n-propyl	$-CH_2CH_2CH_3$	isopropyl	$-CHCH_3$ CH_3
n-butyl	$-CH_2CH_2CH_2CH_3$	isobutyl	$-CH_2CHCH_3$ CH_3
sec-butyl	$CH_3CHCH_2CH_3$ CH_3	tert-butyl	CH_3 $-CCH_3$ CH_3

3. คำต่อท้ายที่ใช้ตามหลังคำต่อท้ายของไฮโดรคาร์บอนชื่อหลักกรณีที่มีหมู่ฟังก์ชัน
 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การอ่านชื่อต่อท้ายของสารประกอบอินทรีย์

คำต่อท้าย (Suffix)	คำนำหน้า (Prefix)	หมู่ฟังก์ชัน (Functional group)	ชนิดสารอินทรีย์ (Class)
-ol	Hydroxyl	$-OH$	แอลกอฮอล์ (Alcohol)
-one	Oxo	$-C=O$ หรือ (CO)	คีโตน (Ketone)
-al	Oxo / Formyl	$H-C=O$ หรือ (CHO)	แอลดีไฮด์ (Aldehyde)
-oic acid	Carboxy	$-COOH$ หรือ (COOH)	กรดอินทรีย์ (Carboxylic acid)
-amine	Amino	$-NH_2$	เอมีน (Amine)
-amide		$-CONH_2$	เอไมด์ (Amide)
-oate		$\begin{array}{c} C \\ \\ -C-O \end{array}$ หรือ (COO)	เอสเทอร์ (Ester)

4. สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นวง (Cyclic) เติมคำว่า "ไซโคล" "Cyclo" นำหน้าชื่อหลักดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การอ่านชื่อโครงสร้างเป็นวง

โครงสร้าง	จำนวน C	Prefix + Suffix = IUPAC NAME
	3 เรียกว่า Prop-	Cycloprop + ane = Cyclopropane
	4 เรียกว่า But-	Cyclobut + ane = Cyclobutane
	5 เรียกว่า Pent-	Cyclopent + ane = Cyclopentane
	5 เรียกว่า Pent-	Cyclopent + ene = Cyclopentene
	6 เรียกว่า Hex-	Cyclohex + ane = Cyclohexane

5. คำนามนำใช้บอกหมู่ฟังก์ชันที่เกาะ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การอ่านชื่อพาดำของสารประกอบอินทรีย์

หมู่ฟังก์ชัน (Functional group)	คำนำหน้า (Prefix)
- R	Alkyl
- OR	Alkoxy
- OH	Hydroxy
- NH ₂	Amino
- NO ₂	Nitro
- X	Hala
Cl	Chloro
Br	Bromo
F	Fluoro
I	Iodo

6. กรณีที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันมากกว่าหนึ่งหมู่มาเกาะกับโซ่หลักเดียวกัน ให้ใช้คำนำหน้าเพื่อแสดงจำนวนหมู่ฟังก์ชันนั้นไว้ข้างหน้าชื่อหมู่ฟังก์ชันนั้น และแสดงตำแหน่งที่หมู่ฟังก์ชันนั้นเกาะทั้งหมด ดังตารางที่ 11

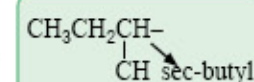
ตารางที่ 11 แสดงการเรียกชื่อหมู่ที่ซ้ำกัน

จำนวนหมู่ฟังก์ชัน (Number of functional group)	การเรียกจำนวนหมู่ฟังก์ชัน
2	Di -
3	Tri -
4	Tetra -
5	Penta -

ต้องรู้!

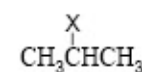
Alkyl halides : IUPAC

- ▶ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_3$: 2-bromo propane / isopropyl bromide
 $\text{Br} \rightarrow$ โซ่หลักจับ C กลาง *iso
- ▶ $(\text{CH}_3)_3\text{CBr}$: 2-bromo - 2 methyl propane / tert - butyl bromide
- ▶ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Cl}$: 1-Chloro - 2 methyl propane / isobutyl chloride
- ▶ $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{Br}$: 1-bromo - 2, 2- dimethyl propane /neopentyl bromide
- ▶ $\text{CH}_2 = \text{CH}-$ Vinyl- $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$ allyl- -R phenyl

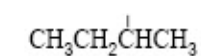


จำไว้

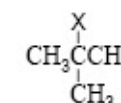
Common name



1-methylethyl (isopropyl)



1-methylpropyl (sec-butyl)



1-methylethyl (tert-butyl)