

คู่มือเรียนรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



ม.6 เล่ม 5

โดย
สำราญ พุกษ์สุนทร

กศ.ม. เกียรตินิยมอันดับ 1 (เคมี)

กศ.ม. (เคมี)

Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed. and

Research Supervision (University of Sydney, Australia)

เนื้อหาละเอียดครบถ้วน

- เคมีอินทรีย์
- บอสิเมอร์

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย

ปี 2520-ปัจจุบัน ครบทุกบท

พร้อมเฉลยครบถ้วน



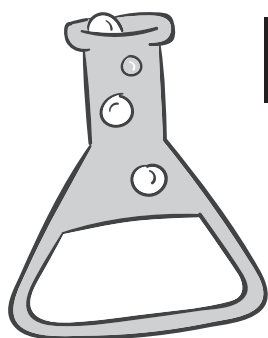
คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม
วิทยาศาสตร์



เคมี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ม.6



เล่ม 5

เนื้อหาสำคัญ

เคมีอินทรีย์

พอลิเมอร์

เนื้อหาทุกเรื่องละเอียดสมบูรณ์



ตามแนวหนังสือเรียน

ของ สสท. ปี 2563



เกินหลักสูตรเพื่อครอบคลุมข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี 2520



ถึงปัจจุบัน

พร้อมเฉลยละเอียด



ครบทุกบท



เรียบเรียงโดย

สำราญ พงษ์สุนทร กศ.บ. เกียรตินิยมอันดับ 1 (เคมี) กศ.ม. (เคมี)

Cert. In Teaching & Learning in Hi - Ed and Research Supervision (University of Sydney Australia)

อาจารย์สอนวิชาเคมี สถาบันกวดวิชาหลายสถาบัน

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ.2558

คู่มือเรียนรัฐเสวิชาเคมี ม. 6 เล่ม 5

ผู้เขียน **สำราญ พฤษสุนทร**

บรรณาธิการ **อรศรี ไรจน์พจนรัตน์**

ผู้ช่วยบรรณาธิการ (ศิลปกรรม) **อมรศักดิ์ บุญเรือง**

พิสูจน์อักษร **สำราญ พฤษสุนทร**

พิสูจน์วิชา **ใบสุวรรณ**

รูปเล่ม **อุไรพรรณ บุญเรือง**

ศิลปกรรม **สิทธิพันธ์ สกฤษฎ์ศิริวิษ**

ปก **อมรศักดิ์ บุญเรือง**



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษรีไซเคิล 50%
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
แนะนำหรือวิจารณ์หนังสือเล่มนี้ได้ที่

www.thaibookrecommend.com

จัดพิมพ์ : บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด

12 ซอยหม่อมแล้ว แยก 3 ถนนพระราม 6 (ซอย 41) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
กรุงเทพมหานคร โทร. 02-279-6222 (อัตรา 15 คู่สาย) โทรสาร 02-279-6203

พิมพ์ที่ : เพ็ญทรัพย์ การพิมพ์

117/22 หมู่ 5 ซอยบางไผ่พัฒนา ถนนนครินทร์ ต. บางไผ่
อ. เมือง จ. นนทบุรี 11000
(ธนวัฒน์ สุขมงคลกุล ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา)



หนังสือเคมี ม. 6 เล่ม 5 ที่จัดทำขึ้นใหม่นี้ ผู้เขียนได้จัดทำตามรายวิชาเคมีเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาตาม แนวหนังสือเรียนของ สสวท. ปี 2563 แต่เนื้อหาละเอียดกว่า เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละเรื่องได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนที่เป็นข้อสอบแต่ละบทมีทั้งข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยปี 2520 ถึงปัจจุบันทุกระบบ พร้อมเฉลยละเอียด

ก่อนเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนได้วิเคราะห์ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยในปีที่ผ่านมา มา เพื่อให้รู้ว่าคุณนักเรียนควรมีความรู้ เรื่องใดมากน้อยแค่ไหน จะได้เป็นแนวทางในการเรียบเรียงครั้งนี้ ดังนั้นเนื้อหาบางตอนหรือบางเรื่องจึงละเอียดกว่าในหนังสือเรียนของ สสวท. ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยที่ผู้เขียนได้วิเคราะห์มานั่นเอง ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยและข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้ก็แยกไว้ท้ายบทเพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวทางข้อสอบได้ง่ายเพื่อประโยชน์ในการสอบครั้งต่อไป ข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้ส่วนหนึ่งได้แปลมาจากตำราต่างประเทศที่เคยมีในข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ข้อสอบโอลิมปิก และอีกส่วนหนึ่งสร้างขึ้นเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาละเอียดทุกแง่มุม การเฉลยข้อสอบแต่ละชุดเฉลยให้ละเอียด เพื่อให้ นักเรียนได้รู้วิธีคิดหรือเหตุผลของการตอบแต่ละข้อ

ผู้เขียนจึงหวังอย่างยิ่งว่า นักเรียนหรือผู้ที่สนใจคงได้รับประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้มากพอสมควร อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้รับประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้อย่างแท้จริง นักเรียนควรทำข้อสอบทุกข้อด้วยตนเองก่อนที่จะดูคำเฉลย หากนักเรียนสงสัยหรือมีปัญหาอะไร สามารถสอบถามได้ที่บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา จำกัด

ด้วยความปรารถนาดี

(สำราญ พฤษสุนทร)



บทที่ 12	เคมีอินทรีย์	1
12.1	พันธะของธาตุคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์	1
12.2	วิธีการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	4
12.3	ไอโซเมอร์ซีมและไอโซเมอร์.	7
12.3.1	ชนิดของไอโซเมอร์	10
12.4	หมู่ฟังก์ชัน	15
12.5	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	17
12.5.1	ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	18
12.5.2	แอลเคน	20
12.5.3	แอลคีน	37
12.5.4	แอลไคน์	45
12.5.5	ไซโคลแอลเคน	51
12.5.6	ไซโคลแอลคีน	54
12.5.7	อะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน	56

12.6	สารประกอบอินทรีย์ที่หมู่ฟังก์ชันมีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	61
12.6.1	แอลกอฮอล์	61
12.6.2	ฟีนอล	68
12.6.3	อีเทอร์	70
12.6.4	แอลดีไฮด์และคีโตน	73
12.6.5	กรดคาร์บอกซิลิก	80
12.6.6	เอสเทอร์	87
12.7	สารประกอบอินทรีย์ที่หมู่ฟังก์ชันมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ	97
12.7.1	เอมีน	97
12.8	สารประกอบอินทรีย์ที่หมู่ฟังก์ชันมีธาตุออกซิเจนและธาตุไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ	102
12.8.1	เอไมด์	102
12.9	สารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน และการนำไปใช้ประโยชน์	106
■	ข้อสอบบทที่ 12 ชุดที่ 1 ข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้	116
■	เฉลยละเอียดข้อสอบบทที่ 12 ชุดที่ 1 ข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้	136
■	ข้อสอบบทที่ 12 ชุดที่ 2 ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520 ถึงปัจจุบัน	151
■	เฉลยละเอียดข้อสอบบทที่ 12 ชุดที่ 2 ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520 ถึงปัจจุบัน	195

บทที่ 13	พอลิเมอร์	233
13.1	พอลิเมอร์และมอนอเมอร์	233
13.1.1	ประเภทของพอลิเมอร์	233
13.2	ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์	234
13.2.1	พอลิเมอร์ไรเซชันแบบรวมตัวหรือแบบเติม	234
13.2.2	พอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น	237
13.3	โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์	248
13.4	พอลิเมอร์อินทรีย์	249
13.5	พลาสติก	251
13.5.1	ประเภทของพลาสติก	251
13.6	เส้นใย	252
13.6.1	เส้นใยธรรมชาติ	252
13.6.2	เส้นใยสังเคราะห์	252
13.7	ยาง	255
13.7.1	ยางธรรมชาติ	255
13.7.2	ยางสังเคราะห์	257
13.8	ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์	258
13.8.1	พลาสติก	258
13.8.2	พลาสติกเติมพลาสติกไฮเซอร์	259

13.8.3	พลาสติกนำไฟฟ้า	260
13.8.4	เส้นใย	261
13.8.5	ยาง	261
13.9	การแก้ปัญหาขยะจากพลาสติกหรือพอลิเมอร์สังเคราะห์	262
■	ข้อสอบบทที่ 13 ชุดที่ 1 ข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้	265
■	เฉลยละเอียดข้อสอบบทที่ 13 ชุดที่ 1 ข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้	271
■	ข้อสอบบทที่ 13 ชุดที่ 2 ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520 ถึงปัจจุบัน	274
■	เฉลยละเอียดข้อสอบบทที่ 13 ชุดที่ 2 ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย ปี 2520 ถึงปัจจุบัน	284
	บรรณานุกรม	291

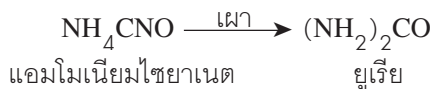




A series of horizontal dashed lines for writing.



ธาตุคาร์บอนเป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติทั้งภาวะอิสระและสารประกอบ ในรูปของธาตุอิสระมีอยู่ 3 รูปคือเพชรและแกรไฟต์และฟูลเลอรีน แต่ส่วนใหญ่จะพบธาตุคาร์บอนอยู่ในรูปของสารประกอบ สารประกอบที่พบในธรรมชาติและที่นักเคมีสังเคราะห์ขึ้นส่วนมากเป็นสารประกอบของคาร์บอน ในสมัยแรกๆ นักเคมีเชื่อว่าสารประกอบของคาร์บอนได้มาจากสิ่งมีชีวิตหรือเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตเท่านั้นจึงเรียกว่า สารอินทรีย์ (Organic Compound) (สารประกอบที่ไม่ได้จากสิ่งมีชีวิตเรียกว่า สารอนินทรีย์ (Inorganic Compound)) แต่ต่อมาในปี พ.ศ.2371 นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ ฟรีดริช เวอเลอร์ (Friedrich Wöhler) ได้ค้นพบว่ายูเรีย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ได้จากแอมโมเนียมไซยาเนตซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ดังสมการ

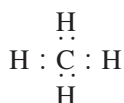


ตั้งแต่นั้นมาความรู้เกี่ยวกับสารอินทรีย์ได้เจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็ว และได้มีการแยกเรื่องสารอินทรีย์เป็นสาขาหนึ่งของวิชาเคมีเรียกว่า **เคมีอินทรีย์** ซึ่งในปัจจุบันเป็นสาขาหนึ่งของวิชาเคมีที่สำคัญมาก เพราะเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น พลาสติก ยาง ยารักษาโรค ผ้า ผงซักฟอก กระดาษ น้ำมันเชื้อเพลิง หรือเชื้อเพลิงอย่างอื่น อาหารประเภทต่างๆ ฯลฯ ล้วนเป็นสารอินทรีย์ทั้งสิ้น

ปัจจุบันนี้มีสารประกอบอินทรีย์หลายล้านชนิด ซึ่งทุกชนิดประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและเกือบทุกชนิดประกอบด้วยคาร์บอนกับไฮโดรเจน ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่พบในสารอินทรีย์ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน ฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน เป็นต้น เนื่องจากสารอินทรีย์ทุกชนิดประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ดังนั้นสารอินทรีย์จึงอาจเรียกว่า **สารประกอบของคาร์บอน** แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบไม่ได้เป็นสารอินทรีย์เสมอไปเพราะมีสารประกอบของคาร์บอนส่วนหนึ่งเป็นสารประกอบอนินทรีย์ สารประกอบดังกล่าว ได้แก่ ออกไซด์ของคาร์บอนคือ CO CO_2 C_3O_2 สารประกอบคาร์บอนเนต เช่น CaCO_3 Na_2CO_3 สารประกอบไฮโดรเจนคาร์บอนเนต เช่น $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ NaHCO_3 สารประกอบคาร์ไบด์ เช่น CaC_2 สารประกอบไซยาไนด์ เช่น KCN สารประกอบไซยาเนต เช่น NH_4CNO KCNO สารประกอบไทโอไซยาเนต เช่น NH_4SCN KSCN อื่นๆ เช่น CS_2

12.1 พันธะของธาตุคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์

คาร์บอนเป็นธาตุอยู่ในหมู่ 4 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 ดังนั้นเมื่อธาตุคาร์บอนรวมกับธาตุอื่นก็จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งสี่ร่วมกับอะตอมของธาตุอื่น เพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 เช่นเดียวกับนีออนซึ่งเป็นแก๊สเฉื่อย คาร์บอน 1 อะตอมจึงสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์เดี่ยวได้สูงสุด 4 พันธะ เช่น เมื่อคาร์บอนรวมตัวกับไฮโดรเจน 4 อะตอมเกิดเป็นมีเทนเขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้



สูตรแบบจุดของคาร์บอน

สูตรแบบจุดของมีเทน

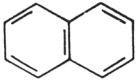
สูตรแบบจุดของนีออน

ธาตุคาร์บอนนอกจากสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของธาตุอื่นแล้ว ยังสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างคาร์บอนอะตอมด้วยกัน นอกจากนี้การสร้างพันธะโคเวเลนต์ของคาร์บอนอะตอมยังมีทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม เนื่องจากคาร์บอนรวมตัวกับธาตุอื่น หรือรวมตัวกันเองโดยการสร้างพันธะโคเวเลนต์ ดังนั้นสารประกอบส่วนใหญ่ของคาร์บอน จึงเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ (ดูตัวอย่างในตาราง 12.1)

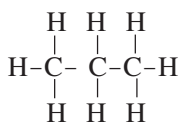
ตารางที่ 12.1 สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

ลำดับที่	สารประกอบ	สูตรโครงสร้างลิวอิส		สูตรโครงสร้างอย่างย่อ	สถานะที่ 25 °C
		สูตรโครงสร้างแบบจุด	สูตรโครงสร้างแบบเส้น		
1.	มีเทน	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \dot{\text{C}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	CH_4	แก๊ส
2.	อีเทน	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} : \dot{\text{C}} : \dot{\text{C}} : \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH_3CH_3	แก๊ส
3.	เอทิลีน	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} :: \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	แก๊ส
4.	อะเซทิลีน	$\text{H} : \text{C} :: \text{C} : \text{H}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	$\text{CH} \equiv \text{CH}$	แก๊ส
5.	คาร์บอนเตตระคลอไรด์	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{Cl}}: \\ \\ :\ddot{\text{Cl}} : \dot{\text{C}} : \ddot{\text{Cl}}: \\ \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	CCl_4	ของเหลว
6.	คลอโรฟอร์ม	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ :\ddot{\text{Cl}} : \dot{\text{C}} : \ddot{\text{Cl}}: \\ \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	CHCl_3	ของเหลว
7.	เอทานอล	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} : \dot{\text{C}} : \dot{\text{C}} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	ของเหลว
8.	กรดแอซิก	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} : \dot{\text{C}} : \dot{\text{C}} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	CH_3COOH	ของเหลว



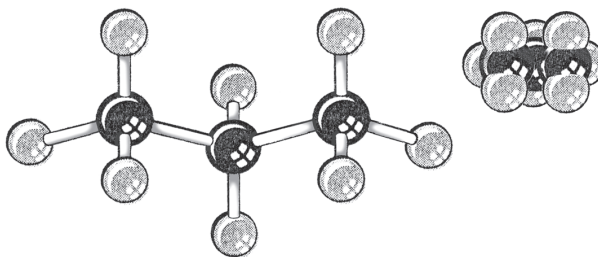
ลำดับที่	สารประกอบ	สูตรโครงสร้างลิวอิส		สูตรโครงสร้างอย่างย่อ	สถานะที่ 25 °C
		สูตรโครงสร้างแบบจุด	สูตรโครงสร้างแบบเส้น		
9.	ฟอร์แมลดีไฮด์	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \vdots \\ \text{H} : \text{C} : \text{H} \end{array}$	$\text{H} - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{H}$	HCHO	แก๊ส
10.	แอซีโตน	$\begin{array}{ccccc} & \text{H} & \text{:O:} & \text{H} & \\ & \vdots & \vdots & \vdots & \\ \text{H} & : \text{C} & : \text{C} & : \text{C} & : \text{H} \\ & \vdots & \vdots & \vdots & \\ & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$	$\begin{array}{ccccc} & \text{H} & & \text{O} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - \text{C} - \text{H} \\ & & & & \\ & \text{H} & & & \text{H} \end{array}$	CH ₃ COCH ₃	ของเหลว
11.	ยูเรีย	$\begin{array}{ccccc} & & \text{:O:} & & \\ & & \vdots & & \\ \text{H} & : \text{N} & : \text{C} & : \text{N} & : \text{H} \\ & \vdots & \vdots & \vdots & \\ & \text{H} & & \text{H} & \end{array}$	$\begin{array}{ccccc} & & \text{O} & & \\ & & & & \\ \text{H} & & \text{N} & - \text{C} & - \text{N} & \text{H} \\ & & & & \\ & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$	NH ₂ CONH ₂	ของแข็ง
12.	ไดเอทิล-อีเทอร์	$\begin{array}{ccccc} \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} : \text{C} : \text{O} : \text{C} : \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{ccccc} \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{C} - \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$	CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	ของเหลว
13.	เมทิลเอมีน	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H} : \text{C} : \text{N} : \text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H} - \text{C} - \text{N} - \text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	CH ₃ NH ₂	แก๊ส
14.	เบนซีน	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \quad \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \quad \\ \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \end{array}$		ของเหลว
15.	แนพทาลิน	$\begin{array}{ccccc} \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{C} : \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{ccccc} \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{H} & & & & \\ & & & & \\ \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$		ของแข็ง

การเขียนสูตรโครงสร้างดังแสดงในตาราง 12.1 เป็นเพียงวิธีปฏิบัติเพื่อความสะดวกเท่านั้น ไม่ได้หมายความว่าอิเล็กตรอนต่างๆ เหล่านั้นจะอยู่ ณ ที่นั้นถาวร นอกจากนั้นสูตรโครงสร้างแบบเส้นเป็นเพียงวิธีที่นักเคมีใช้แสดงว่าจะต่อมต่าง ๆ เก่า ๆ กันอย่างไรในลักษณะ 2 มิติ แต่ความเป็นจริงแล้ว การวางตำแหน่งของหมู่ธาตุนั้นเป็นลักษณะ 3 มิติ ซึ่งอาจเขียนแบบจำลองของโมเลกุลแทนได้ ตัวอย่าง เช่น โพรเพน (C₃H₈) เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและแบบจำลองของโมเลกุลแทนได้ดังนี้



สูตรโครงสร้างแบบเส้น

2 มิติของโพรเพน



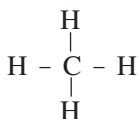
แบบจำลองของโมเลกุลแบบ 3 มิติของโพรเพน

รูปที่ 12.1 แสดงสูตรโครงสร้างและแบบจำลองโครงสร้างของโมเลกุลโพรเพน

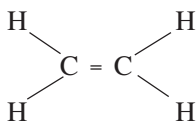
12.2 วิธีการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

ก. **วิธีเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์** สูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบของคาร์บอนมีวิธีเขียนดังนี้

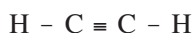
1. ถ้าคาร์บอนเกิดพันธะเดี่ยวทั้งหมดให้เขียนเส้นตรง 4 เส้น ซี่งออกจากอะตอมของคาร์บอนแทนพันธะเดี่ยวทั้ง 4 พันธะ เช่น มีเทน (CH_4) เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้ดังนี้



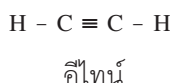
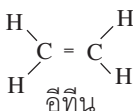
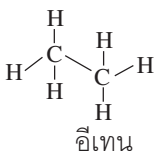
2. ถ้าคาร์บอนเกิดพันธะคู่ให้เขียนเส้นตรงสองเส้น (เส้นคู่) แทนพันธะคู่ ส่วนพันธะเดี่ยวที่เหลือก็เขียนแทนด้วยเส้นเดียว เช่น เอทิลีน (C_2H_4) เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้ดังนี้



3. ถ้าคาร์บอนเกิดพันธะสามให้เขียนเส้นตรงสามเส้นแทนพันธะสาม ส่วนพันธะเดี่ยวที่เหลือก็เขียนแทนด้วยเส้นเดียว เช่น อะเซทิลีน (C_2H_2) เขียนโครงสร้างแบบเส้นได้ดังนี้



4. ถ้าคาร์บอนเกิดสารประกอบที่มีคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่าหนึ่งอะตอมต่อกันเป็นสายยาว การเขียนตำแหน่งของคาร์บอนอาจเขียนเป็นเส้นตรงหรือเส้นซิกแซก แต่ตามความเป็นจริงแล้วอะตอมของคาร์บอนที่ต่อกันเป็นสายยาวไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรง เนื่องจากทิศทางของการเกิดพันธะของคาร์บอนบังคับอยู่ เช่น ถ้าคาร์บอนเกิดพันธะเดี่ยวทั้งหมด จะได้รูปทรงสี่หน้า แต่ถ้าธาตุคาร์บอนเกิด 3 พันธะ คือ พันธะเดี่ยว 2 พันธะและพันธะคู่ 1 พันธะ จะได้รูปสามเหลี่ยมแบนราบและถ้าธาตุคาร์บอนเกิด 2 พันธะ คือ พันธะคู่ทั้งสองพันธะ หรือพันธะสาม 1 พันธะ และพันธะเดี่ยว 1 พันธะ จะได้รูปเส้นตรง เป็นต้น ตัวอย่างเช่น สูตรโครงสร้างของอีเทน (C_2H_6) อีทีน (C_2H_4) และอีไน์ (C_2H_2) เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้ดังนี้





ข. การเขียนสูตรโครงสร้างอย่างย่อของสารประกอบอินทรีย์

เมื่อคาร์บอนเกิดสารประกอบที่มีโมเลกุลมีขนาดใหญ่ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นอย่างสมบูรณ์ (โครงสร้างลิวอิส) จะยุ่งยากและเสียเวลามาก จึงนิยมเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อแทน ซึ่งมีวิธีการเขียนดังนี้

1. ธาตุอื่นๆ ที่เกิดพันธะกับธาตุคาร์บอนไม่ต้องเขียนเส้นแสดงพันธะ ถ้าเกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอมใดให้เขียนติดกับคาร์บอนอะตอมนั้นๆ พร้อมทั้งมีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมด้วย ถ้ามีมากกว่า 1 อะตอม
2. คาร์บอนที่เกิดพันธะเดียวอาจเขียนเส้นแสดงพันธะหรือไม่เขียนก็ได้ แต่ถ้าเกิดพันธะคู่ หรือพันธะสามต้องเขียนเส้นแสดงพันธะด้วย
3. หมู่อะตอมที่เหมือนกันและเกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอมเดียวกันอาจเขียนรวมกันและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนหมู่อะตอมนั้นๆ
4. หมู่อะตอมที่เหมือนกันและเรียงต่อกัน อาจเขียนรวมกันและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนหมู่อะตอมนั้นๆ
5. โมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นแบบวงพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมที่เป็นพันธะเดียวให้เขียนแสดงด้วยและเขียนแสดงพันธะตามรูปเหลี่ยม

ตาราง 12.2 แสดงตัวอย่างการเขียนสูตรโครงสร้างอย่างย่อของสารอินทรีย์บางชนิด

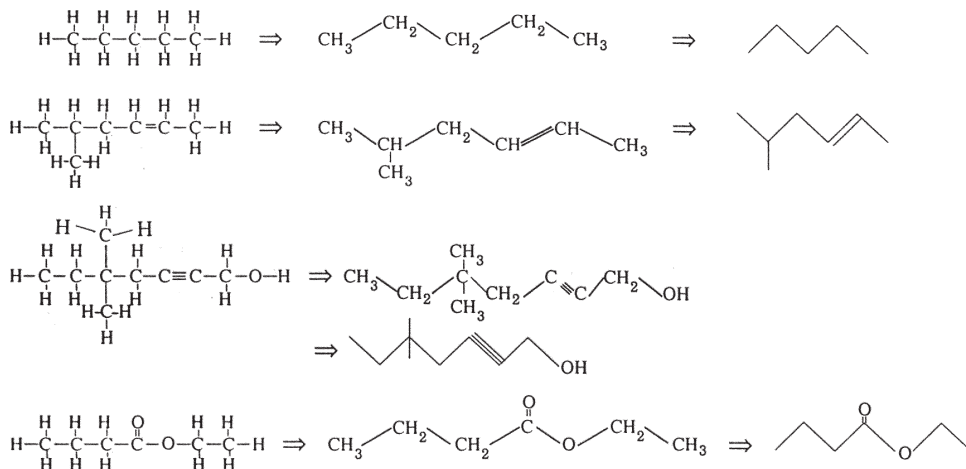
สาร	สูตรโครงสร้างแบบเส้น (โครงสร้างลิวอิส)	สูตรโครงสร้างอย่างย่อ
บิวเทน	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ หรือ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$
ไอโซเฮกเซน (2-เมทิลเพนเทน)	$ \begin{array}{ccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & & & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & & \\ & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\ & & & & & & \\ & & & \text{H} & & & \end{array} $	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ หรือ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$
เอทานอล	$ \begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}- & \text{O}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \end{array} $	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ หรือ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
นีโอเฮกเซน (2,2-ไดเมทิล) บิวเทน	$ \begin{array}{ccccccc} & & \text{H} & & & & \\ & & & & & & \\ & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ & & \text{H} & & & & \end{array} $	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ หรือ $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_3$
โพรพีน	$ \begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & =\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & \\ & & \text{H} \end{array} $	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ หรือ $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$
5,5-ไดเมทิล -2-เฮกซีน	$ \begin{array}{ccccccc} & & & & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ & & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & \equiv & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ & & & & \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & & & & & \\ & & & & \text{H} & & \end{array} $	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$ หรือ $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$



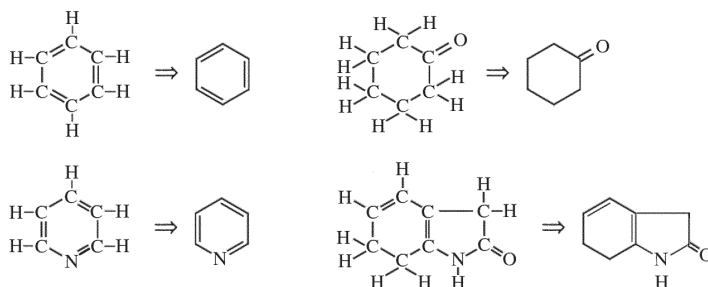
สาร	สูตรโครงสร้างแบบเส้น (โครงสร้างลิวอิส)	สูตรโครงสร้างอย่างย่อ
กรดบิวทิริก	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{O} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{O} - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array} $	$ \begin{array}{l} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \text{ หรือ} \\ \text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{COOH} \text{ หรือ} \\ \text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOH} \end{array} $
โพรพิลแอซีเตต	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{O} & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{O} & - & \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{H} \\ & & & & & & & \\ & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{l} \text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \text{ หรือ} \\ \text{CH}_3 \text{COOCH}_2 \text{CH}_2 \text{CH}_3 \\ \text{หรือ } \text{CH}_3 \text{COO}(\text{CH}_2)_2 \text{CH}_3 \end{array} $
ไซโคลเฮกเซน		
เบนซีน		
โทลูอีน		
ไซโคลเฮกซาโนน		
1,4-แนฟโทควิโนน		

การเขียนสูตรโครงสร้างอย่างย่อของสารอินทรีย์แบบเส้นและมุม (หรือแบบเส้นพันธะ)

การเขียนสูตรโครงสร้างอย่างย่อวิธีนี้จะไม่เขียนสัญลักษณ์ของธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นพันธะกับคาร์บอน แต่จะเขียนเฉพาะพันธะโคเวเลนต์ระหว่างคาร์บอน โดยอะตอมของธาตุคาร์บอนจะอยู่ตรงส่วนปลายของพันธะและตรงมุมของพันธะ ส่วนธาตุอื่นๆ ที่เกิดขึ้นพันธะโคเวเลนต์กับคาร์บอน และธาตุไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่นๆ จะต้องเขียนสัญลักษณ์แสดงด้วย ตัวอย่าง เช่น



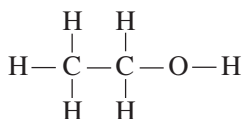
กรณีที่ไม่โมเลกุลของสารอินทรีย์มีโครงสร้างแบบวงให้เขียนแสดงพันธะตามรูปเหลี่ยมนั้น เช่น



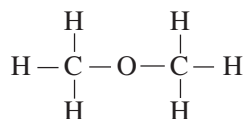
12.3 ไอโซเมอร์ริซึม (Isomerism) และไอโซเมอร์ (Isomer)

ไอโซเมอร์ริซึม หมายถึง ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ส่วน **ไอโซเมอร์** หมายถึง สารแต่ละชนิดที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีโครงสร้างต่างกัน และสารที่เป็นไอโซเมอร์กันจะมีสมบัติต่างกัน ถ้าสารที่เป็นไอโซเมอร์กันเป็นสารต่างประเภทกันจะมีสมบัติต่างกันมาก แต่ถ้าเป็นสารประเภทเดียวกันจะมีสมบัติต่างกันน้อยกว่า ไอโซเมอร์ประเภทนี้เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง (Structural isomer)

ตัวอย่างที่ 1 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (สูตรโมเลกุล) สามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้ 2 แบบ ดังนี้

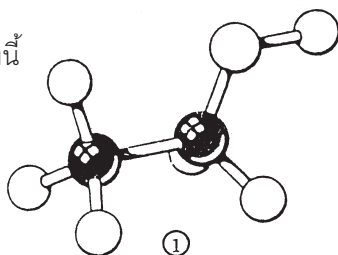


(1)

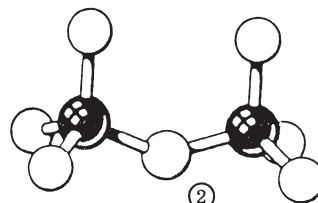


(2)

หรืออาจเขียนแบบจำลองได้ดังนี้



①



②

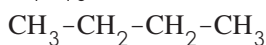


สารทั้งสองเป็นสารต่างประเภทกัน สูตรโครงสร้างที่ 1 หรือแบบจำลองที่ 1 เป็นของเอทานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ส่วนสูตรโครงสร้างที่ 2 หรือแบบจำลองที่ 2 เป็นของไดเมทิลอีเทอร์ซึ่งเป็นอีเทอร์ชนิดหนึ่ง สารทั้งสองมีสมบัติต่างกั้กันดังตารางที่ 12.3

สูตรโครงสร้าง	ชื่อ	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	สถานะที่ 25 °C	ความหนาแน่นที่ 20 °C (g/cm ³)
CH ₃ -CH ₂ -OH	เอทานอล	-114.1	78.5	ของเหลว	0.785
CH ₃ -O-CH ₃	ไดเมทิลอีเทอร์	-138.5	-24	แก๊ส	0.661

ตารางที่ 12.3 แสดงสมบัติบางประการของสารที่มีสูตรโมเลกุล C₂H₆O

ตัวอย่างที่ 2 C₄H₁₀ มีสูตรโครงสร้างได้ 2 แบบ หรือมี 2 ไอโซเมอร์ ดังนี้



นอร์มัลบิวเทน (n-Butane)



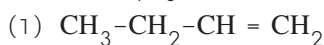
ไอโซบิวเทน (Isobutane)

สารทั้งสองเป็นสารประเภทเดียวกันคือต่างก็เป็นแอลเคน แต่มีสมบัติต่างกัน

สูตรโครงสร้าง	ชื่อ	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	สถานะที่ 25 °C	ความหนาแน่นที่ 20 °C (g/cm ³)
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	นอร์มัลบิวเทน	-138.4	-0.5	แก๊ส	0.578
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	ไอโซบิวเทน	-159.4	-11.7	แก๊ส	0.549

ตารางที่ 12.4 แสดงสมบัติบางประการของสารที่มีสูตรโมเลกุล C₄H₁₀

ตัวอย่างที่ 3 C₄H₈ มีได้ 5 ไอโซเมอร์



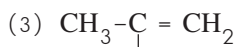
1-บิวทีน

(1-Butene)



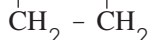
2-บิวทีน

(2-Butene)



2-เมทิล-1-โพรพีน

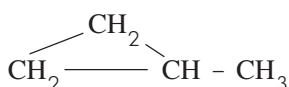
(2-Methyl-1-propene)



ไซโคลบิวเทน

(Cyclobutane)

(5)



เมทิลไซโคลโพรเพน

(Methyl cyclopropane)



โครงสร้าง 1 ถึง 3 เป็นสารประเภทเดียวกันคือ แอลคีน ส่วนโครงสร้างที่ 4 และ 5 เป็นสารประเภทเดียวกันคือ ไฮโดรแอลเคน สารทั้ง 5 ชนิดมีสมบัติต่างกัน

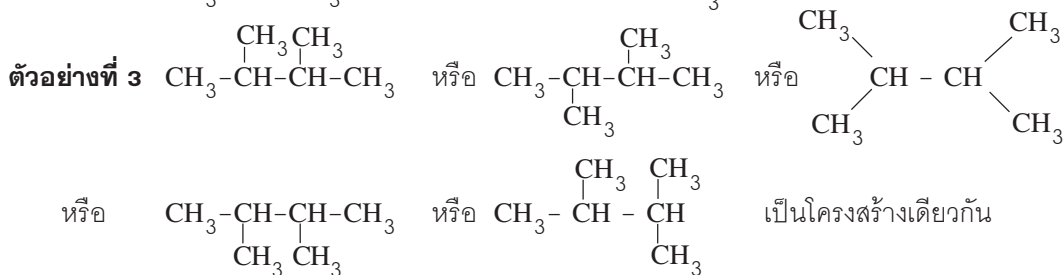
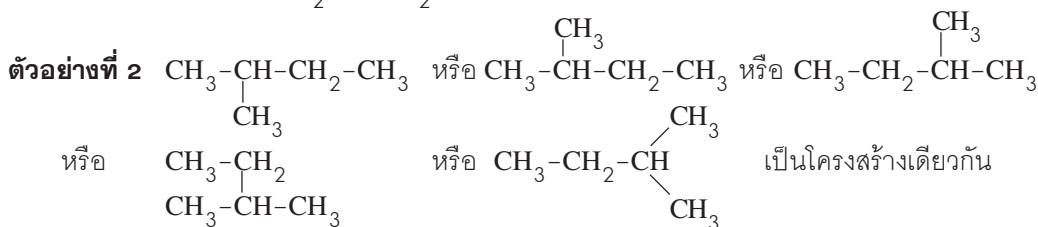
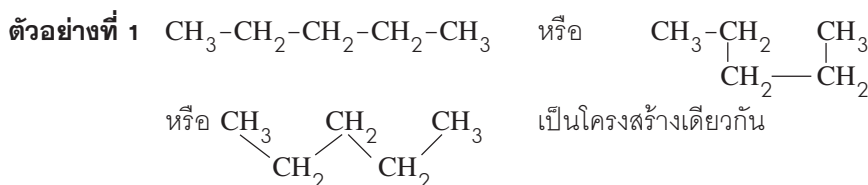
วิธีการพิจารณาว่าสารเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่ มีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาคำนวณธาตุว่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากันให้นับจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดว่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากันทุกธาตุ แสดงว่ามีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน ให้พิจารณาขั้นที่ 2 ต่อ

ขั้นที่ 2 พิจารณาว่ามีโครงสร้างต่างกันหรือไม่ ถ้ามีโครงสร้างต่างกัน แสดงว่าเป็นไอโซเมอร์กัน ในการพิจารณาโครงสร้างว่าเหมือนหรือต่างกัน เป็นเรื่องที่ยาก เพราะสูตรโครงสร้างที่นักเรียนเห็นไม่ใช่โครงสร้างที่แท้จริง แต่เป็นสูตรโครงสร้างที่เขียนเพื่อความสะดวก เป็นโครงสร้างเพียง 2 มิติ แต่ความเป็นจริงเป็นโครงสร้าง 3 มิติเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นสูตรโครงสร้างที่เห็นว่าต่างกันจึงอาจเหมือนกันก็ได้ ในการพิจารณาให้ใช้หลักดังนี้ ถือว่าโครงสร้างทั้งหลายเปรียบเหมือนเส้นลวดที่สามารถดัด พลิก หมุนได้ (เฉพาะส่วนที่เกิดพันธะเดี่ยว) แต่ห้ามตัดต่อ ถ้าดัด พลิก หรือ หมุนแล้วทำให้เหมือนกันแสดงว่าเป็นโครงสร้างเดียวกัน เช่น

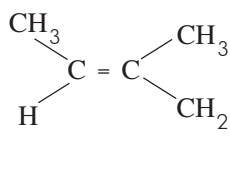


ตัวอย่างสารชนิดเดียวกันมีโครงสร้างเหมือนกัน แต่สังเกตเห็นว่ามีโครงสร้างต่างกัน

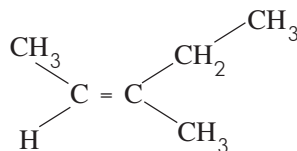




สำหรับตำแหน่งที่คาร์บอนเกิดพันธะคู่หรือพันธะสามไม่สามารถหมุนได้ จึงพิจารณาแตกต่างจากการเกิดพันธะเดี่ยว เช่น



กับ



สารทั้งสองมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน คือ C_6H_{12} แต่มีหมู่อะตอมที่เหมือนกันเกิดพันธะกับคาร์บอนในทิศทางที่ต่างกันจึงเป็นไอโซเมอร์กัน

12.3.1 ชนิดของไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์มี 2 ชนิด คือ

1. **ไอโซเมอร์โครงสร้าง (Structural Isomers)** คือที่สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1.1 Chain Isomers

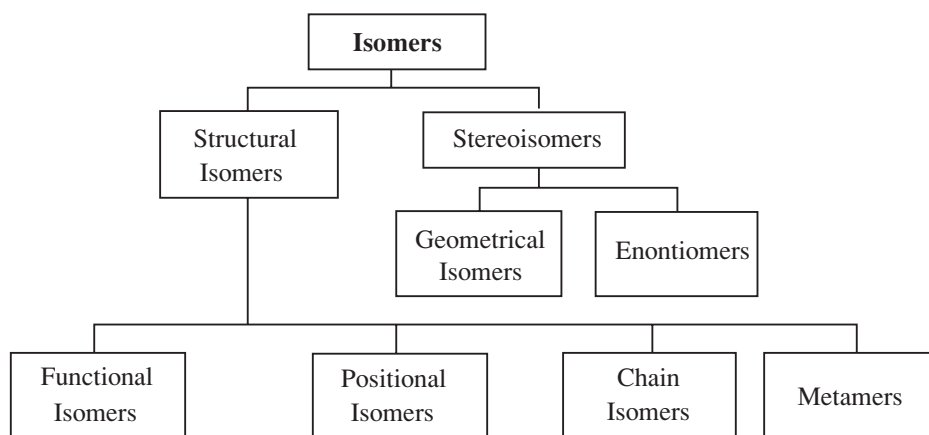
1.2 Positional Isomers

1.3 Functional Isomers

1.4 Metamers

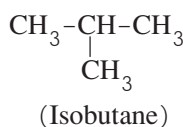
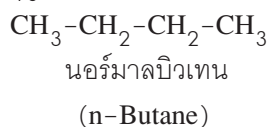
2. **สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereoisomers)** คือสารที่มีสูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้างเหมือนกัน แต่มีการจัดเรียงตัวของอะตอม หรือหมู่อะตอมในที่ว่าง (Space) ต่างกัน แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1 Geometrical หรือ Cis-Trans Isomers 2.2 Enantiomers



รูปที่ 12.2 แสดงแผนภาพการแบ่งชนิดของไอโซเมอร์

Chain Isomers คือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีโครงสร้างของโซ่คาร์บอนแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น C_4H_{10} มี 2 ไอโซเมอร์ คือ





C_4H_9OH มี 2 ไอโซเมอร์ คือ



นอร์มัลบิวทิลแอลกอฮอล์

(n-butyl alcohol)

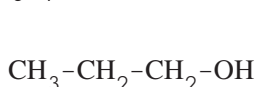


ไอโซบิวทิลแอลกอฮอล์

(Isobutyl alcohol)

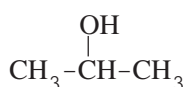
ในกรณีนี้สารที่เป็นไอโซเมอร์กันเป็นสารประเภทเดียวกัน (เช่น n-butane และ isobutane ต่างก็เป็นแอลเคนดูหัวข้อ 12.5.2) แต่มีสมบัติบางประการต่างกัน เช่น n-butane มีจุดเดือด $0^{\circ}C$ ในขณะที่ isobutane มีจุดเดือด $-12^{\circ}C$

Positional Isomers คือสาร 2 ชนิดหรือมากกว่า 2 ชนิด มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีอะตอมหรือหมู่อะตอมซึ่งแทนที่ไฮโดรเจนในโซ่คาร์บอนอยู่ในตำแหน่งต่างกัน ตัวอย่างเช่น โพรพิลแอลกอฮอล์ หรือ โพรพานอล (C_3H_7OH) มี Position isomer 2 ไอโซเมอร์ ดังนี้



นอร์มัลโพรพิลแอลกอฮอล์

(n-Propyl alcohol)



ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

(Isopropyl alcohol)

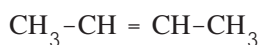
จากสูตรจะเห็นได้ว่า หมู่อะตอมคือหมู่ OH เกิดพันธะกับคาร์บอนในตำแหน่งที่ต่างกัน จึงเป็น Position isomer กัน (หมู่ OH เข้าแทนที่ H ในโซ่คาร์บอนตำแหน่งต่างกัน)

ไอโซเมอร์แบบนี้อาจเกิดจากการที่สารมีพันธะคู่ หรือพันธะสาม อยู่ในตำแหน่งต่างกัน ก็ได้เช่น C_4H_8 มี Position isomer 2 ไอโซเมอร์ คือ



1-บิวทีน

(1-Butene)



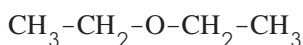
2-บิวทีน

(2-Butene)

กรณีนี้สารที่เป็นไอโซเมอร์กันเป็นสารประเภทเดียวกันเช่น 1-butene และ 2-Butene ต่างก็เป็นแอลคีน (ดูหัวข้อ 12.5.3)

Functional Isomers คือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีหมู่ฟังก์ชัน (หมู่อะตอมที่มีสมบัติเฉพาะ) ต่างกัน ตัวอย่างสารที่เป็น Functional Isomer กัน เช่น

ตัวอย่างที่ 1 ไดเอทิลอีเทอร์ และบิวทิลแอลกอฮอล์ ต่างก็มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_4H_{10}O$ แต่หมู่ฟังก์ชันต่างกัน คือ ไดเอทิลอีเทอร์มี $-O-$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน ส่วนบิวทิลแอลกอฮอล์มีหมู่ OH เป็นหมู่ฟังก์ชัน



ไดเอทิล อีเทอร์

(Diethyl ether)



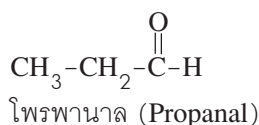
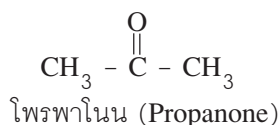
บิวทิลแอลกอฮอล์

(Butyl alcohol)

ตัวอย่างที่ 2 โพรพาโนนและโพรพานาล ต่างก็มีสูตรโมเลกุลเป็น C_3H_6O แต่หมู่ฟังก์ชันต่างกันคือ

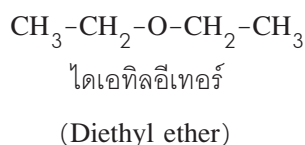
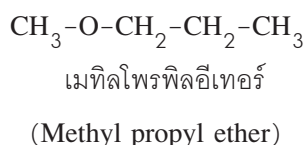


เป็นหมู่ฟังก์ชัน ส่วนโพรพานาลมี $\begin{array}{c} O \\ || \\ -C-H \end{array}$ เป็นหมู่ฟังก์ชัน



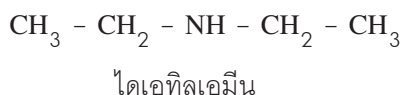
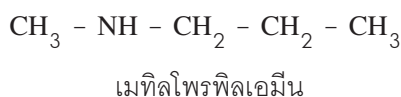
กรณีนี้สารที่เป็นไอโซเมอร์กันเป็นสารต่างประเภทกัน เช่น ในตัวอย่างที่ 1 สารตัวแรกเป็น อีเทอร์ แต่สารตัวที่สองเป็นแอลกอฮอล์ ในตัวอย่างที่ 2 สารตัวแรกเป็นคีโตน แต่สารตัวที่สองเป็นแอลดีไฮด์

Metamers คือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน ซึ่งเกิดพันธะกับหมู่ฟังก์ชัน 2 ข้าง ในโมเลกุลของสารประกอบประเภทเดียวกันไม่เท่ากัน ตัวอย่าง เช่น เมทิลโพรพิลอีเทอร์ และไดเอทิลอีเทอร์ต่างก็มีสูตรโมเลกุลเป็น $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ แต่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เกิดพันธะกับ $-\text{O}-$ สองข้างต่างกัน สารทั้งสองจึงเป็น Metamer กัน



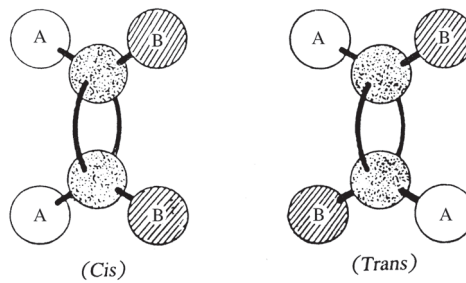
ในเมทิลโพรพิลอีเทอร์สองข้างของ $-\text{O}-$ มีคาร์บอนอะตอมเท่ากับ 1 และ 3 อะตอม ส่วนในไดเอทิลอีเทอร์สองข้างของ $-\text{O}-$ มีคาร์บอนอะตอมเท่ากับ 2 อะตอมเท่ากัน กรณีนี้สารที่เป็นไอโซเมอร์กันเป็นสารประเภทเดียวกัน จากตัวอย่างเมทิลโพรพิลอีเทอร์ และไดเอทิลอีเทอร์ต่างก็เป็นอีเทอร์

ตัวอย่างอื่นเช่น เมทิลโพรพิลเอมีนและไดเอทิลเอมีน มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันคือ $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$ สารทั้งสองชนิดต่างก็เป็นเอมีน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ดังนี้



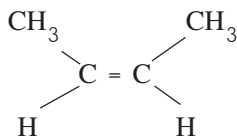
สารทั้งสองชนิดจึงเป็น Metamer กัน

Geometrical Isomers หรือ Cis-trans Isomers คือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีหมู่อะตอมหรืออะตอมที่เหมือนกันเกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะคู่ในทิศทางต่างกัน ถ้าหมู่ที่เหมือนกันซึ่งเกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะคู่อยู่ข้างเดียวกันของพันธะคู่ เรียกว่า **ซิสไอโซเมอร์ (Cis isomer)** แต่ถ้าหมู่ที่เหมือนกันซึ่งเกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะคู่อยู่ด้านตรงกันข้ามของพันธะคู่ เรียกว่า **ทรานส์ไอโซเมอร์ (Trans isomer)**



รูปที่ 12.3 แสดงแบบจำลองของ Cis isomer และ Trans isomer

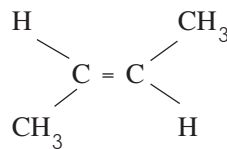
ตัวอย่างเช่น C_4H_8 มี Cis isomer และ Trans isomer ดังนี้



ซีส-2-บิวทีน

(Cis-2-butene)

มีจุดเดือด = 4°C



ทรานส์-2-บิวทีน

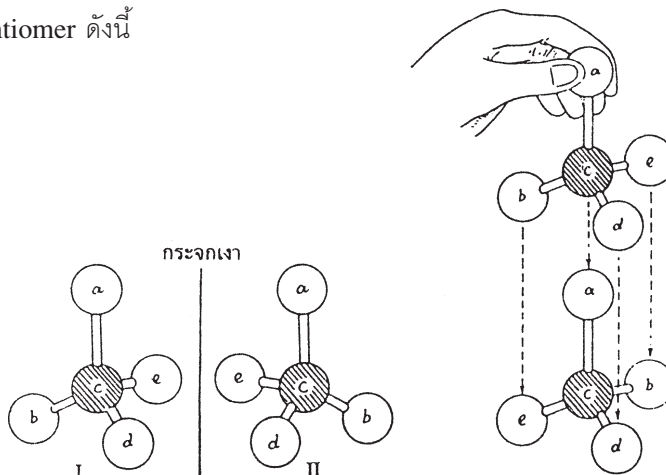
(Trans-2-butene)

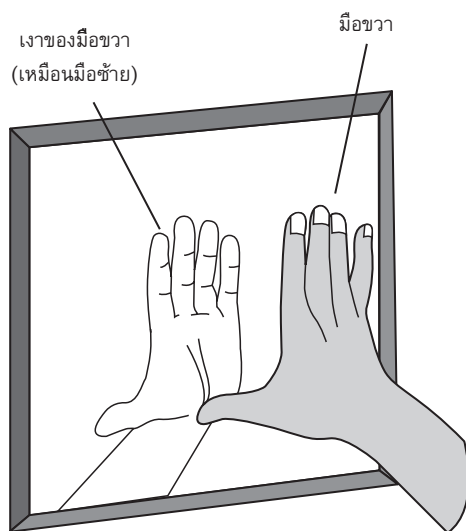
มีจุดเดือด = 1°C

Enantiomers หรือ Optical Isomers คือสาร 2 ชนิดที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน และมีโครงสร้างเป็นเงากระจกกันและกัน แต่โครงสร้างทั้งสองไม่สามารถซ้อนทับกันสนิท เมื่อผ่านแสงโพลาไรซ์ไปยังสารละลายของสารไอโซเมอร์ แสงจะเบนไปจากแนวเดิม ในทิศทางตรงกันข้าม โมเลกุลที่จะมีไอโซเมอร์แบบนี้ อะตอมกลางจะต้องต่อหรือเกิดพันธะอยู่กับอะตอมหรือหมู่อะตอมที่ต่างกัน 4 อะตอม หรือ 4 หมู่

เช่น $\begin{array}{c} \text{a} \\ | \\ \text{b}-\text{C}-\text{e} \\ | \\ \text{d} \end{array}$ C คืออะตอมกลาง a, b, d และ e คืออะตอมหรือหมู่อะตอมที่ต่างกันซึ่งเกิดพันธะกับ C

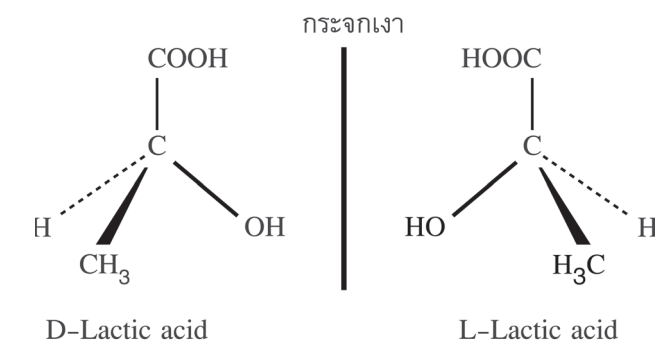
เกิด Enantiomer ดังนี้





รูปที่ 12.4 แสดงการเกิด *Enantiomer*

ตัวอย่างเช่น กรดแลกติก (Lactic acid) มี *Enantiomer* 2 ไอโซเมอร์ ดังนี้



- แทนพันธะที่เข้าไปในระนาบของกระดาษ
 ▴ แทนพันธะที่ชี้ออกนอกระนาบของกระดาษ
 ———— แทนพันธะที่อยู่ระนาบเดียวกับกระดาษ

รูปที่ 12.5 แสดง *Enantiomer* ของ Lactic acid

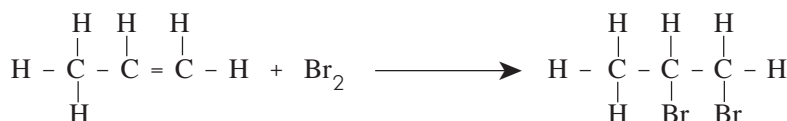
หมายเหตุ

รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่อง *Enantiomers* ไม่ขอกล่าวในที่นี้ เพราะค่อนข้างยุ่งยาก นักเรียนจะได้เรียนในระดับสูงต่อไป



12.4 หมู่ฟังก์ชัน (Functional group)

หมู่ฟังก์ชันหรือหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะ (Functional group) คือ อะตอมหรือหมู่อะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลของสารแล้วทำให้สารนั้นมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากสารอื่น ๆ และหมู่ฟังก์ชันยังสามารถใช้บอกประเภทของสารได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น สารที่มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอน ($C=C$) เป็นหมู่ฟังก์ชันเรียกว่า แอลคีน ส่วนสารที่มีพันธะสามระหว่างคาร์บอน ($C\equiv C$) เป็นหมู่ฟังก์ชันเรียกว่าแอลไคน์ เนื่องจากแอลคีนและแอลไคน์มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน จึงมีสมบัติต่างกัน เช่น แอลไคน์เกิดปฏิกิริยารวมตัวกับโบรมีนได้มากกว่าแอลคีน 2 เท่า

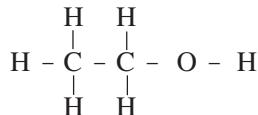


โพรพีน (แอลคีน)

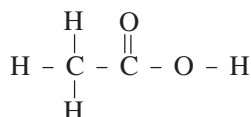


โพรไพน์ (แอลไคน์)

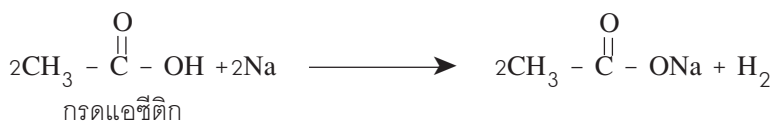
ตัวอย่างอื่นเช่น สารที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) คือ แอลกอฮอล์ เช่น เอทานอลมีสูตรโครงสร้างดังนี้



สารที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คาร์บอกซิล ($-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$) คือ กรดคาร์บอกซิลิก เช่น กรดแอซีติก ซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



เอทานอลและกรดแอซีติกสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมได้ดังสมการ



แต่เมื่อให้เอทานอล และกรดแอซีติกทำปฏิกิริยากับ NaHCO_3 พบว่ากรดแอซีติกเท่านั้นที่ทำปฏิกิริยา





หรือเมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส กรดแอซิดิกจะแสดงสมบัติเป็นกรด แต่เอทานอลเป็นกลางไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสที่เป็นเช่นนั้นอธิบายได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของเอทานอล $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-H}$ ออกซิเจนที่เกิดพันธะโคเวเลนต์เดียวกับไฮโดรเจน มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงมาก อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับออกซิเจนจึงถูกดึงไปอยู่ทางด้านออกซิเจนมากกว่าไฮโดรเจน ทำให้ไฮโดรเจนหลุดไปเป็นโปรตอนได้ เอทานอลจึงแสดงสมบัติเป็นกรดได้ ดังนั้นโลหะโซเดียมจึงสามารถเข้าแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมได้ แต่ความเป็นกรดของเอทานอลน้อยมากจึงไม่ทำปฏิกิริยากับ NaHCO_3 ซึ่งเป็นเบสอ่อนมากหรือไม่ทำปฏิกิริยากับกระดาษลิตมัส จะเห็นได้ว่าเอทานอลหรือแอลกอฮอล์อื่นๆ ขณะเกิดปฏิกิริยาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่หมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) ดังนั้นหมู่ไฮดรอกซิลจึงเป็นหมู่ฟังก์ชัน หรือหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะตัวของเอทานอลและแอลกอฮอล์อื่นๆ

กรณีของกรดแอซิดิก เมื่อพิจารณาโครงสร้าง $\text{CH}_3\text{-}\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{-O-H}$ จะเห็นได้ว่าออกซิเจนที่เกิดพันธะคู่กับคาร์บอนมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกว่าคาร์บอน อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่างออกซิเจนกับคาร์บอนจึงถูกดึงไปอยู่ทางด้านออกซิเจนมากกว่าคาร์บอน คาร์บอนจึงดึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในพันธะเดี่ยว C-O เพื่อมาชดเชยออกซิเจนซึ่งเกิดพันธะกับไฮโดรเจนจึงดึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับออกซิเจนไปอยู่ทางด้านออกซิเจนได้ดีกว่าในเอทานอล ทำให้ไฮโดรเจนอะตอมหลุดไปเป็นโปรตอน (ไฮโดรเจนไอออน) ได้ง่ายกว่าในเอทานอล ทั้งนี้ก็เพราะมี $\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}$ ช่วยดึงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับออกซิเจนนั่นเอง กรดแอซิดิกจึงแสดงความเป็นกรดมากกว่าเอทานอล ดังนั้นกรดแอซิดิกจึงสามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส จากน้ำเงินเป็นแดงหรือทำปฏิกิริยากับ NaHCO_3 ซึ่งเป็นเบสอ่อนได้ จะเห็นได้ว่ากรดแอซิดิกหรือกรดคาร์บอกซิลิกอื่นๆ ขณะเกิดปฏิกิริยา จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่หมู่คาร์บอกซิล ($-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{-OH}$) ดังนั้นหมู่คาร์บอกซิลจึงเป็นหมู่ฟังก์ชันหรือหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะตัวของกรดแอซิดิกหรือกรดคาร์บอกซิลิกอื่นๆ

ดังนั้นโมเลกุลของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเกิดปฏิกิริยา ซึ่งเรียกว่าหมู่ฟังก์ชันกับส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

นอกจากหมู่ไฮดรอกซิล และหมู่คาร์บอกซิลแล้ว ยังมีหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ อีกหลายชนิด จึงทำให้สามารถแบ่งสารอินทรีย์ออกได้หลายประเภทตามชนิดของหมู่ฟังก์ชัน หมู่ฟังก์ชันที่พบบ่อยๆ มี 11 ชนิดดัง ตาราง 12.5

ตารางที่ 12.5 แสดงหมู่ฟังก์ชันบางชนิด และชนิดของสารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นองค์ประกอบ

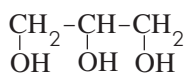
ชนิดของสารประกอบ	หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อของหมู่ฟังก์ชัน	ตัวอย่าง
แอลเคน	$-\text{C}-\text{C}$	พันธะเดี่ยว	$\text{CH}_3\text{-CH}_3$ (อีเทน)
แอลคีน	$\text{C}=\text{C}-$	พันธะคู่	$\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$ (โพรพีน)
แอลไคน์	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	พันธะสาม	$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$ (โพรพีน)
แอลกอฮอล์	$-\text{OH}$	ไฮดรอกซิล	$\text{CH}_3\text{-OH}$ (เมทานอล)
อีเทอร์	$-\text{O}-$	ออกซี	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ (ไดเอทิลอีเทอร์)



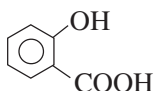
ชนิดของสารประกอบ	หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อของหมู่ฟังก์ชัน	ตัวอย่าง
แอลดีไฮด์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	คาร์บอกซาลดีไฮด์	$\text{H}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{H}$ (ฟอร์มัลดีไฮด์ หรือเมทานาล) $\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{H}$ (แอซีแทลดีไฮด์หรือเอทานาล)
คีโตน	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	คาร์บอนิล	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{CH}_3$ (โพรพาโนน)
กรดคาร์บอกซิลิก	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	คาร์บอกซิล	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{OH}$ (กรดแอซติก)
เอสเทอร์	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	แอลคอกซีคาร์บอนิล	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{O}-\text{CH}_3$ (เมทิลแอซีเตต)
เอมีน	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \\ \\ -\text{N}- \\ \\ -\text{N}- \end{array}$	อะมิโน อิมิโน -	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N}-\text{H} \end{array}$ (เมทิลเอมีน) $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$ (ไดเมทิลเอมีน) $\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N}-\text{CH}_3 \end{array}$ (ไตรเมทิลเอมีน)
เอไมด์	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{N}-\text{H} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \quad \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{N}-\text{H} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \quad \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$	เอไมด์หรืออะมิโด - -	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{NH}_2$ (เอทานาไมด์) $\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ \text{C}-\text{N}-\text{CH}_3 \end{array}$ (เอ็น-เมทิลเอทานาไมด์) $\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\ \parallel \quad \\ \text{C}-\text{N}-\text{CH}_3 \end{array}$ (เอ็น,เอ็น-ไดเมทิลเอทานาไมด์)

หมายเหตุ วิธีเรียกชื่อสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ ให้อ่านในหัวข้อย่อยของสารนั้นๆ

สารประกอบของคาร์บอนบางชนิดอาจมีหมู่ฟังก์ชันเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งหมู่ หรือมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้ สมบัติของสารประกอบนั้นๆ ก็จะเป็นไปตามสมบัติของหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบ เช่น



กลีเซอรอล เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ เป็นหมู่ฟังก์ชัน



กรดซาลิซิลิก มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และ หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน

12.5 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Compounds)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน หมายถึง สารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุเพียงสองชนิด คือ คาร์บอน กับไฮโดรเจน เนื่องจากคาร์บอนอะตอมสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของไฮโดรเจน และกับคาร์บอนด้วยกันเอง รวมทั้งมีไอโซเมอร์ด้วย จึงทำให้ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้มากมาย



12.5.1 ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาจแบ่ง

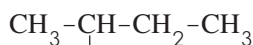
ออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. **อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบโซ่เปิด (Aliphatic Hydrocarbon)** หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ภายในโมเลกุลมีอะตอมของคาร์บอนต่อกันแบบโซ่เปิด ซึ่งอาจเป็นโซ่ตรงแบบไม่มีกิ่ง (Straight Chain) หรือ โซ่ที่มีกิ่ง (Branched chain) และพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม หรือมีพันธะมากกว่าหนึ่งชนิดผสมกันก็ได้ ตัวอย่างเช่น



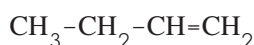
(นอร์มัลเพนเทน)

(n-Pentane)



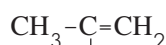
ไอโซเพนเทน

(Isopentane)



1-บิวทีน

(1-Butene)



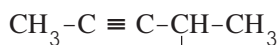
2-เมทิลโพรพีน

(2-Methyl propene)



อะเซทิลีน

(Acetylene)



4-เมทิล-2-เพนไทน์

(4-Methyl-2-pentyne)

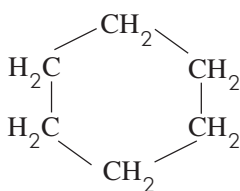
ไฮโดรคาร์บอนแบบโซ่เปิด แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1.1 แอลเคน (Alkane)

1.2 แอลคีน (Alkene)

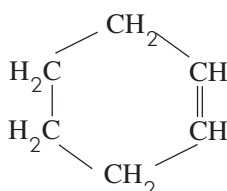
1.3 แอลไคน์ (Alkyne)

2. **อะลิไซคลิกไฮโดรคาร์บอนหรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบวง (Alicyclic Hydrocarbon)** หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สายยาวหรือโซ่ของคาร์บอนต่อกันเป็นวง เช่น



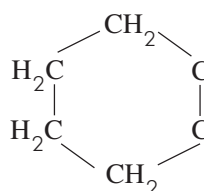
ไซโคลเฮกเซน

(Cyclohexane)



ไซโคลเฮกซีน

(Cyclohexene)



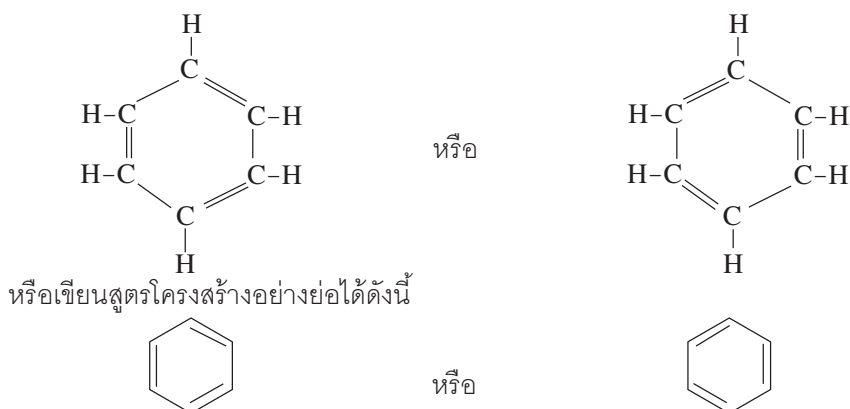
ไซโคลเฮกไซน์

(Cyclohexyne)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบวง ได้แก่ ไซโคลแอลเคน ไซโคลแอลคีน และไซโคลแอลไคน์

3. **อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon)**

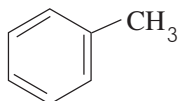
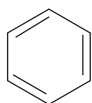
อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่คาร์บอนต่อกันเป็นวง พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ต่อกันเป็นวง มีค่าอยู่ระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่ หรือถ้าเขียนสูตรโครงสร้างจะมีพันธะเดี่ยวสลับกับพันธะคู่ หรืออะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนคือ สารประกอบที่มีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นวงลักษณะต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งวง



โครงสร้างที่แสดงดังกล่าว คือ สูตรโครงสร้างของ**เบนซีน** (C_6H_6)

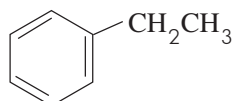
อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน เบนซีน คือ สารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_6 หรือมีโครงสร้างดังกล่าวข้างต้น ส่วนอนุพันธ์ของเบนซีน คือ เบนซีนที่มีธาตุหรือหมู่ธาตุเข้าแทนที่ ไฮโดรเจนอะตอมในตัวอย่างอนุพันธ์ของเบนซีนที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น



เมทิลเบนซีนหรือโทลูอีน

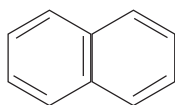
(Methylbenzene or Toluene)



เอทิลเบนซีน

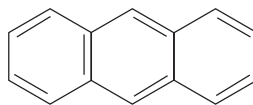
(Ethylbenzene)

2. พอลีนิวเคลียร์อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน คือ อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่มีวงของคาร์บอนมาเชื่อมกับวงของเบนซีนตั้งแต่หนึ่งวงขึ้นไป เช่น



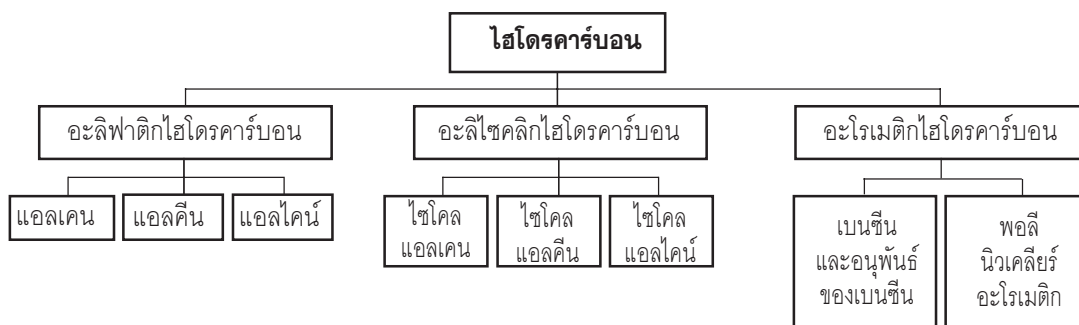
แนฟทาลีน

(Naphthalene)



แอนทราซีน

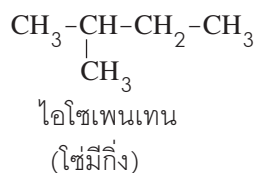
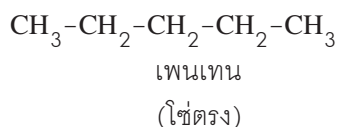
(Anthracene)



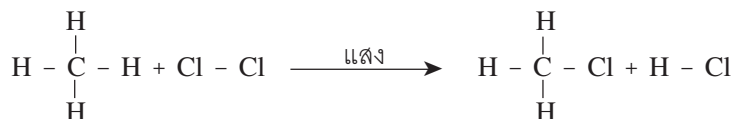
รูปที่ 12.6 แสดงแผนผังการแบ่งประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน



7. โครงสร้างของแอลเคนมีทั้งแบบโซ่ตรงและโซ่มีกิ่ง เช่น

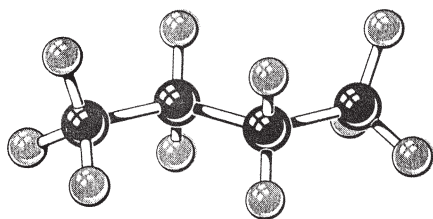
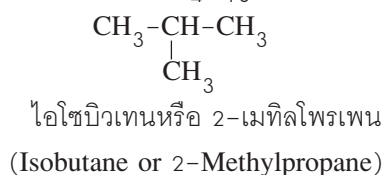
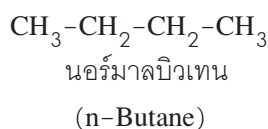


8. ปฏิกิริยาเคมีของแอลเคนส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาแทนที่ (Substitution reaction) คือธาตุอื่นเข้าแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่เกิดพันธะกับคาร์บอนอะตอม เช่น

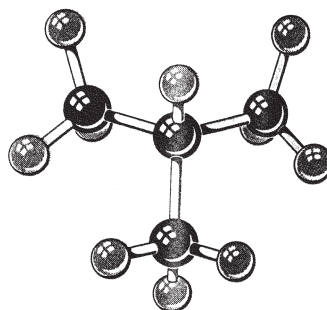


Cl เข้าแทนที่ H ซึ่งเกิดพันธะกับ C ใน CH_4

9. แอลเคนที่มีคาร์บอน 4 อะตอมขึ้นไปมีไอโซเมอร์ เช่น C_4H_{10} มี 2 ไอโซเมอร์ ดังนี้



นอร์มัลบิวเทน



ไอโซบิวเทน

รูปที่ 12.8 แสดงแบบจำลองไอโซเมอร์ของบิวเทน

C_5H_{12} มี 3 ไอโซเมอร์ ดังนี้

