

เคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

6

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

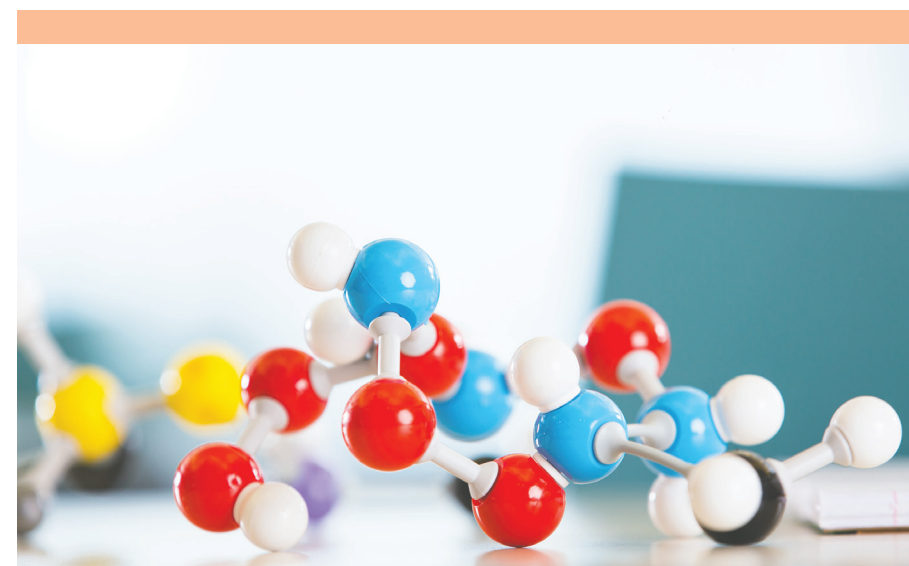
นายพงศธร นันทนเศ
นางพรพรหม ชัยฉัตรพรสุข
นายสุนทร ภูรีปรีชาเลิศ
ดร.ศิริศักดิ์ โล่ห์พิมาน

ผู้ตรวจ

รศ. ดร. นวลจิตต์ เขาวงกิตพงศ์
ผศ. ดร. ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ
ผศ. สันติ ศรีประเสริฐ

บรรณาธิการ

นางสาวจันจิรา รัตนันทเดช



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 20,000 เล่ม

ISBN : 978-616-606-083-6

รหัสสินค้า 3618013

A+ อักษร

www.aksorn.com

จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย

บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด

142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

โทร. 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)

พิมพ์ที่: บริษัท ไทยรับเกล้า จำกัด โทร. 0 2903 9101-6



คำแนะนำในการใช้สื่อ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยดำเนินการจัดทำให้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งเสริม การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจสังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

Big Question

คำถามกระตุ้น การเรียนรู้ ก่อนเข้าสู่เนื้อหา เพื่อให้เกิด กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้

เคมีอินทรีย์
ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันและที่อยู่รอบตัวเรา รวมทั้งร่างกายมนุษย์และสัตว์ จะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ นักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่า สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จะได้อาการมีชีวิตที่แน่นอน และเรียกสารเหล่านี้ว่า สารประกอบอินทรีย์ แต่ในปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ สารประกอบอินทรีย์ขึ้นเองได้โดยไม่ต้องใช้พืช

Check for Understanding
พิจารณาโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- พันธะเดี่ยวมีอยู่กี่ชนิด? พันธะคู่มีกี่ชนิด? พันธะสามมีกี่ชนิด?
- พันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของธาตุชนิดใด? พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุชนิดใด?
- สารประกอบอินทรีย์มีลักษณะอย่างไร? ยกตัวอย่างประกอบ
- เมื่อสารประกอบอินทรีย์ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วจะเกิดอะไรขึ้น? ยกตัวอย่างประกอบ
- สารประกอบอินทรีย์มีอยู่กี่ชนิด? ยกตัวอย่างประกอบ

Check for Understanding

คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ก่อนเข้าสู่การเรียนการสอน

Key Question
สารประกอบอินทรีย์คืออะไร? และสิ่งใดที่ประกอบประกอบของสารประกอบอินทรีย์?

ตัวอย่างของสารประกอบอินทรีย์ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบแอลกอฮอล์ สารประกอบเอสเตอร์ สารประกอบคาร์บอนิล สารประกอบไนโตรเจน สารประกอบออกซิเจน สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบฮาโลเจน

Chemistry Focus
การประกอบอินทรีย์เป็นส่วนสำคัญของเคมีอินทรีย์ ในปัจจุบันเคมีอินทรีย์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันอย่างมาก เพราะสารประกอบอินทรีย์มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และในสิ่งมีชีวิต สารประกอบอินทรีย์มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และในสิ่งมีชีวิต สารประกอบอินทรีย์มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และในสิ่งมีชีวิต

Key Question

คำถามสำคัญของเนื้อหาแต่ละหัวข้อ เพื่อนำไปสู่การสรุปสาระสำคัญ

H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ

Extra Activity

กิจกรรมเสริมช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

Core Concept

เชื่อมโยงให้ผู้เรียนได้สรุปสาระสำคัญในแต่ละหัวข้อ

Chemistry Focus

ความรู้เสริมจากเนื้อหา เพื่อขยายความรู้ของผู้เรียน

Concept Question?

คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนระหว่างเรียน

Topic Questions

คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนระหว่างเรียน

Chemistry in Real Life

เชื่อมโยงความรู้จากเคมีสู่ชีวิตประจำวัน



QR Code ใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสแกนเข้าสู่สื่อดิจิทัลเพิ่มเติม

เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัด เพื่อให้ผู้เรียนฝึกฝนจนเกิดความเชี่ยวชาญ

การทดลอง

การทดลองให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนสาระสำคัญประจำหน่วยการเรียนรู้

Apply Your Knowledge

กิจกรรมให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่กำหนด

Self Check

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง

Unit questions

แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แนวข้อสอบ A-Level

แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

กิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

Unit questions 1

แนวข้อสอบ A-Level

การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

เรื่อง การจำแนกชนิดของพลาสติกโดยคิดค้นวิธีวัดประจำวัน

พลาสติกที่พบในชีวิตประจำวันมีมากมายหลายชนิด ซึ่งพลาสติกบางชนิดจะใช้งานในการย่อยสลายได้ และพลาสติกบางชนิดจะใช้งานในการย่อยสลายไม่ได้ ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นวิธีวัดประจำวันเพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของพลาสติก โดยวิธีวัดประจำวันนี้เรียกว่า วิธีวัดประจำวัน และใช้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้แทน

ให้ดูตัวอย่างพลาสติกชนิดต่าง ๆ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?
- พลาสติกชนิดใดที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน?

ตารางแสดง ความหนาแน่นของพลาสติก (g/cm³)

พลาสติก	ความหนาแน่นของพลาสติก (g/cm ³)
PET	1.38-1.39
HDPE	0.92-0.95
LDPE	0.91-0.94
PP	0.90-0.91
PS	1.05-1.07
PC	1.20-1.22

หมายเหตุ: พลาสติกบางชนิดมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน แต่สามารถแยกแยะได้โดยใช้วิธีวัดประจำวัน



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี เล่ม 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง

สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม เขียนสูตรโครงสร้าง ลิวอิสสูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์ วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ตามระบบ IUPAC เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือด และการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาการไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์และแนวทางแก้ไข

โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้ และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดการกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม



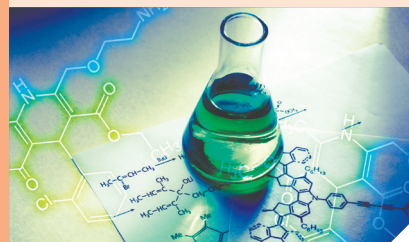
ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน
2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์
3. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน
4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC
5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ
6. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน
7. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
10. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม
11. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์
12. วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์
13. ทดสอบ และระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์
14. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์
15. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์และแนวทางแก้ไข

รวม 15 ผลการเรียนรู้

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1



เคมีอินทรีย์

2-97

สารประกอบอินทรีย์

3

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

18

- การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ 4
- ไอโซเมอร์ซีม 11
- หมู่ฟังก์ชัน 13
- แอลเคน 21
- แอลคีน 30
- แอลไคน์ 37
- อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 42

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

49

- แอลกอฮอล์ 49
- ฟีนอล 53
- อีเทอร์ 54
- แอลดีไฮด์ 56
- คีโตน 59
- กรดคาร์บอกซิลิก 61
- เอสเทอร์ 66

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

72

- เอมีน 72

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจน

77

และธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

77

- เอไมด์ 77

การใช้ประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์

81

- น้ำมันดิบ 81
- แก๊สธรรมชาติ 85
- ปิโตรเคมีภัณฑ์ 86

Unit questions 1

94

แนวข้อสอบ A-Level

97

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2



พอลิเมอร์

98-122

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

99

โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

105

ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์

107

- พลาสติก 107
- ยาง 111

ผลกระทบที่เกิดจากการใช้

115

และกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์

115

Unit questions 2

121

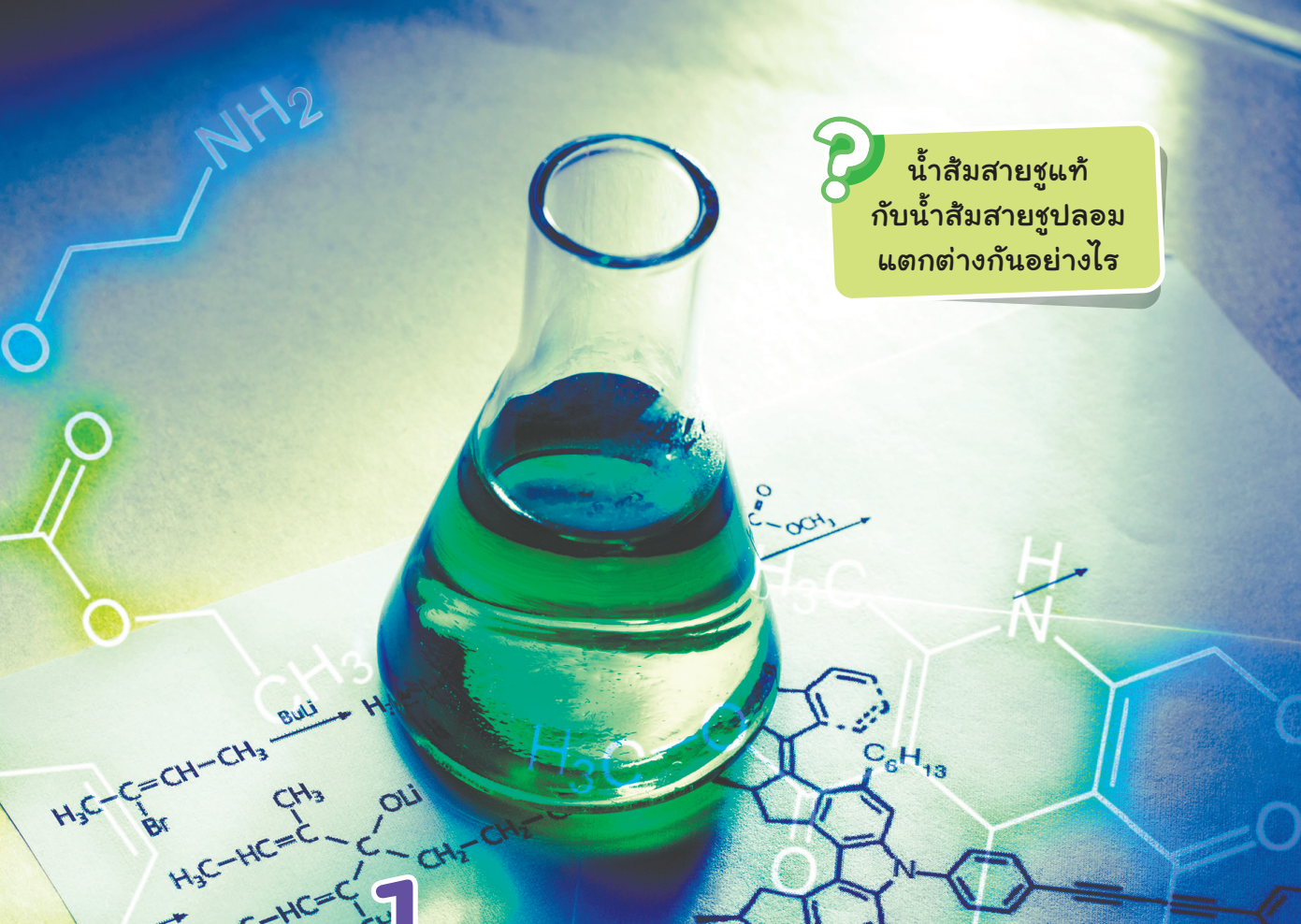
แนวข้อสอบ A-Level

122

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) บรรณานุกรม

123

124



น้ำส้มสายชูแท้
กับน้ำส้มสายชูปลอม
แตกต่างกันอย่างไร

หน่วยการเรียนรู้ที่

1

เคมีอินทรีย์

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันและที่อยู่รอบตัวเรา รวมทั้งร่างกายมนุษย์และสัตว์ จะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ นักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่า สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จะได้จากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น และเรียกละแ่นนี้ว่า สารประกอบอินทรีย์ แต่ในปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ สารประกอบอินทรีย์ขึ้นเองได้ในห้องปฏิบัติการ

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก	ถูก/ผิด
1. พันธะเคมีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ	
2. พันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมหรือกลุ่มของอะตอมมาสร้างพันธะกัน โดยอะตอมหรือกลุ่มของอะตอมหนึ่งให้อิเล็กตรอนกลายเป็นประจุบวก ในขณะที่อีกอะตอมหรือกลุ่มของอะตอมหนึ่งได้รับอิเล็กตรอนกลายเป็นประจุลบ	
3. ธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์	
4. เมื่อธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนมาสร้างพันธะกัน ธาตุคาร์บอนจะเสียอิเล็กตรอน และธาตุไฮโดรเจนจะรับอิเล็กตรอน	
5. ธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะไอออนิกกับธาตุไนโตรเจนและธาตุออกซิเจนได้	

Key Question

สารประกอบอินทรีย์
คืออะไร และสิ่งใดใช้
ระบุประเภทของ
สารประกอบอินทรีย์

1 สารประกอบอินทรีย์

สารประกอบอินทรีย์ (organic compound) หมายถึง สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และอาจประกอบด้วยธาตุอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ อาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตหรือเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้น ตัวอย่างของสารประกอบอินทรีย์ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน

สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ โดยใช้อิเล็กตรอนร่วมกันตั้งแต่ 1 คู่ 2 คู่ หรือ 3 คู่ เกิดเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ตามลำดับ

พันธะเดี่ยว

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

พันธะคู่

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

พันธะสาม

$$\text{H}-\text{C} \equiv \text{C}-\text{H}$$

นอกจากนี้ ธาตุคาร์บอนยังสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่นๆ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน แฮโลเจน ได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น

คาร์บอนสร้างพันธะกับออกซิเจน

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ | \quad || \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

คาร์บอนสร้างพันธะกับไนโตรเจน

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{N}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

คาร์บอนสร้างพันธะกับคลอรีน

$$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$$

Chemistry Focus

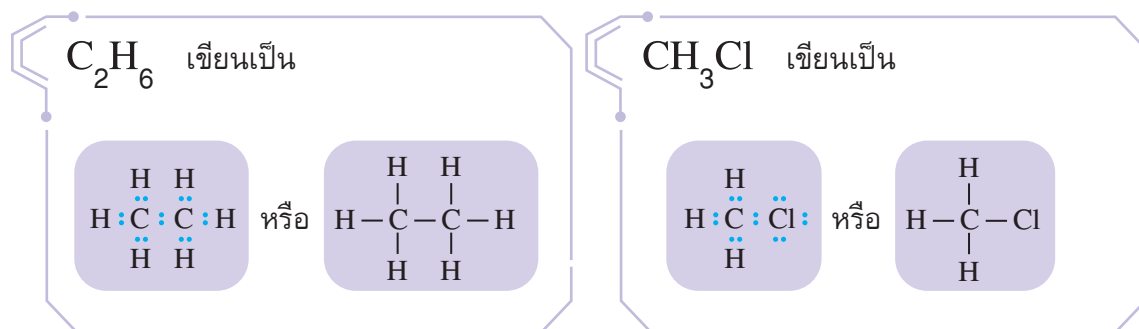
สมบัติของสารประกอบอินทรีย์

- สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ จึงมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ
- ยกเว้นสารประกอบอินทรีย์ประเภทพอลิเมอร์บางชนิดจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง สารประกอบอินทรีย์มีทั้งที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ เมื่อติดไฟจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือเขม่าดำ
- เป็นผลิตภัณฑ์

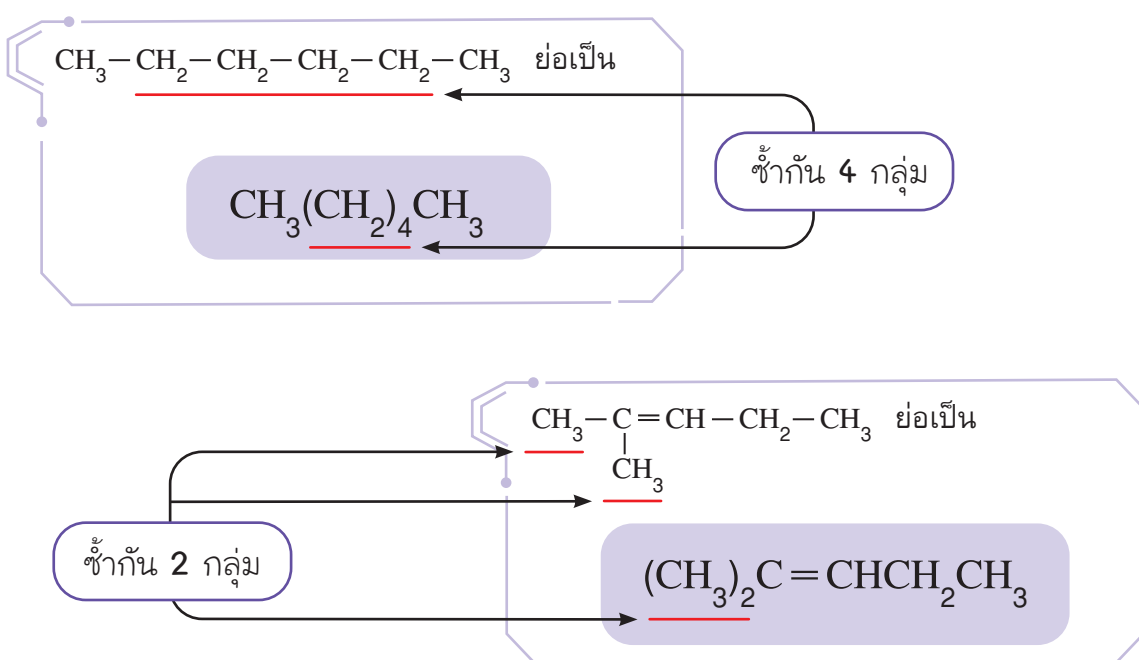
1.1 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์เป็นสูตรที่แสดงการจัดเรียงอะตอมของธาตุองค์ประกอบในโมเลกุลของสารนั้น 1 โมเลกุล ซึ่งสามารถเขียนได้หลายแบบ ดังนี้

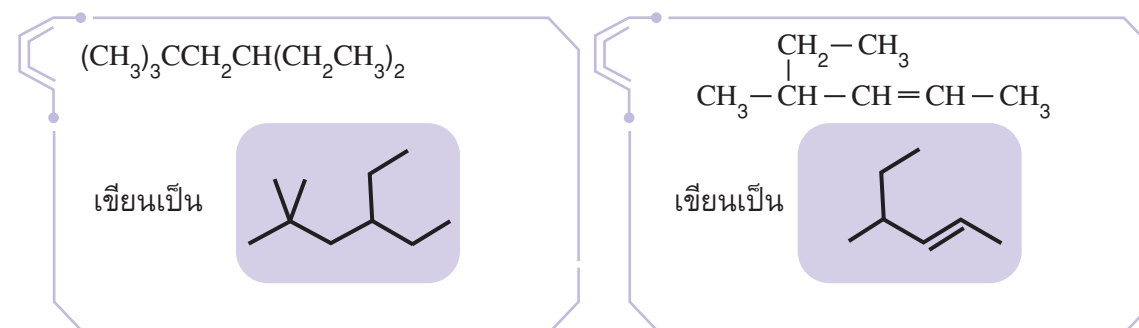
1. สูตรโครงสร้างลิวอิส (Lewis structure) เป็นสูตรโครงสร้างที่ใช้เส้นหรือจุดแทนอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมของธาตุที่มาสรางพันธะกัน ซึ่งเส้น 1 เส้น จะแทนอิเล็กตรอน 2 ตัว หรือ 1 คู่



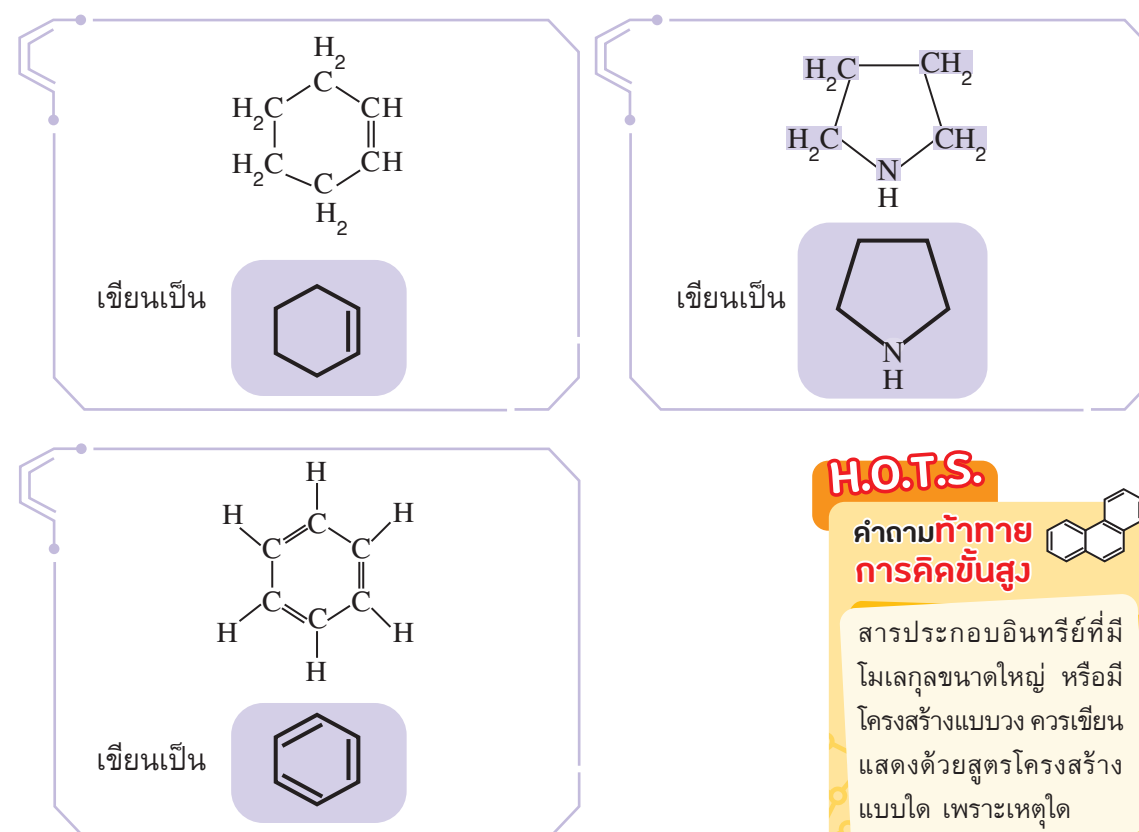
2. สูตรโครงสร้างแบบย่อ (condensed structural formula) เป็นสูตรที่แสดงเฉพาะพันธะคู่หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน ส่วนอะตอมของธาตุอื่นที่สร้างพันธะกับอะตอมของคาร์บอน ให้เขียนไว้ข้างอะตอมของคาร์บอนโดยไม่ต้องแสดงพันธะ แล้วเขียนตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมกำกับไว้ ถ้ามีกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันมากกว่า 1 หมู่ ให้เขียนไว้ในวงเล็บ แล้วระบุจำนวนกลุ่มอะตอมกำกับไว้เช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น



3. สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม (line-angle formula) เป็นสูตรที่แสดงโครงสร้างตามลักษณะการจัดเรียงตัวของอะตอมใน 3 มิติ โดยใช้เส้นตรงแทนโซ่ของคาร์บอน ถ้ามีจำนวนคาร์บอนต่อกันมากกว่า 2 อะตอม ให้ใช้เส้นต่อกันแบบซิกแซกแทนโซ่ของคาร์บอนที่ปลายเส้นตรงและที่แต่ละมุมของโซ่ หมายถึง อะตอมของคาร์บอนที่ต่ออยู่กับไฮโดรเจนในจำนวนที่ทำให้อะตอมของคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบแปด ถ้าโมเลกุลมีหมู่อะตอมแยกออกมาจากโซ่ของคาร์บอน ให้ลากเส้นต่อออกมาจากมุมของโซ่และให้จุดตัดของเส้นแทนอะตอมของคาร์บอน ตัวอย่างเช่น



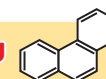
ส่วนโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นวง ให้เขียนแสดงพันธะตามรูปเหลี่ยมนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น



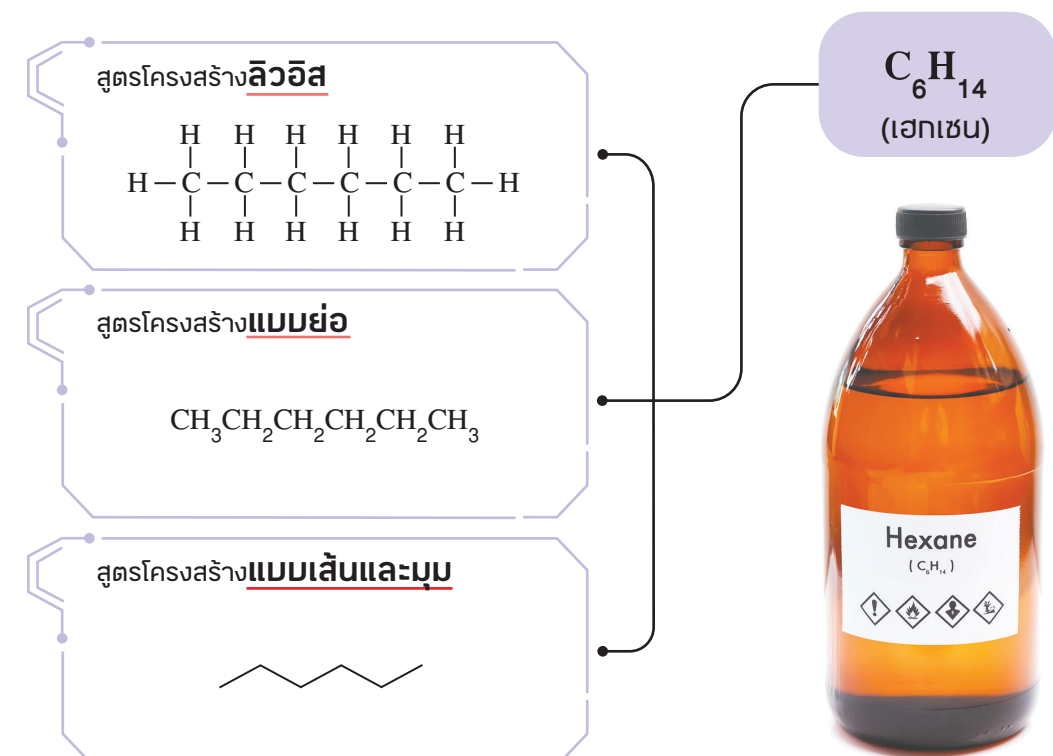
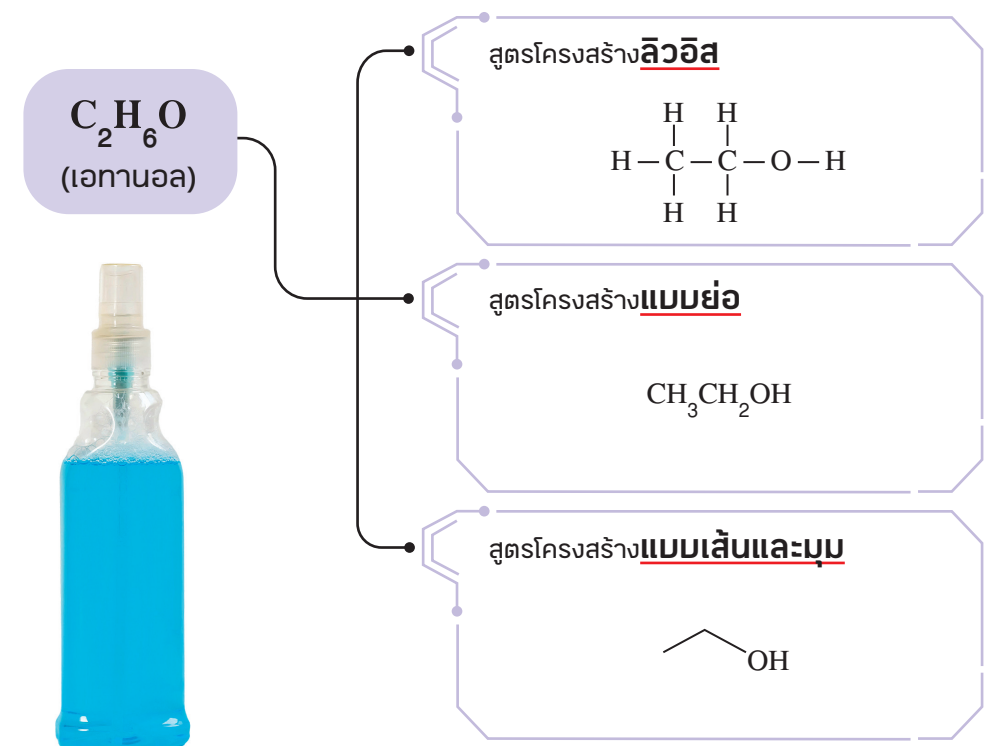
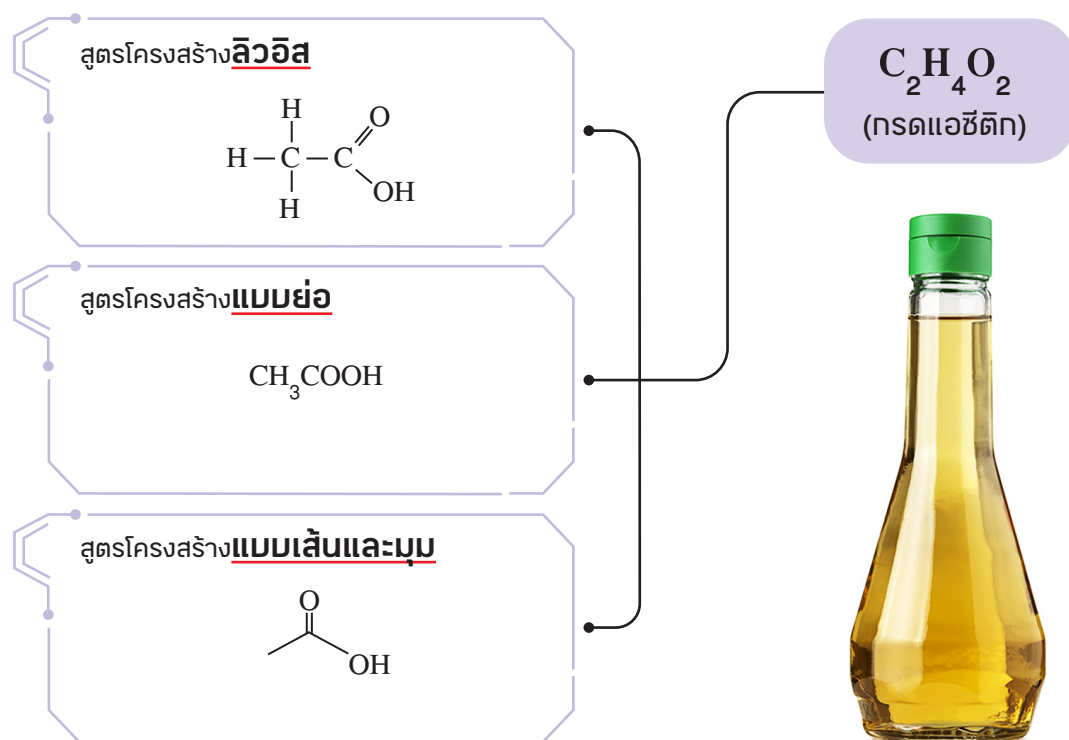
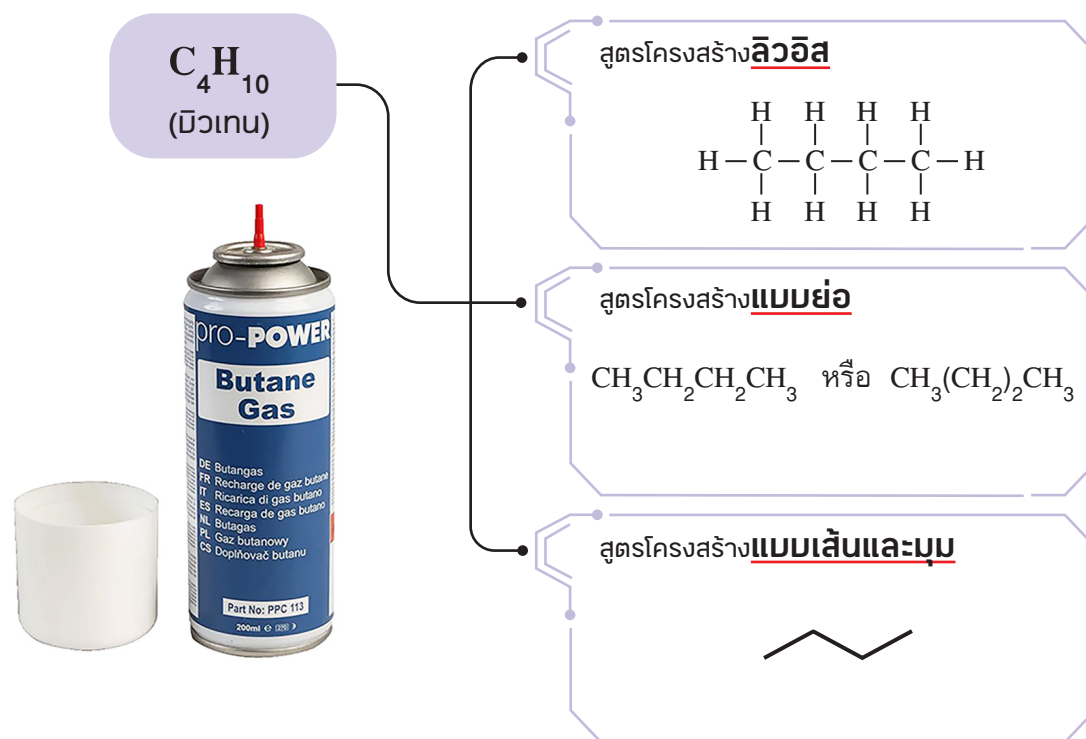
H.O.T.S.

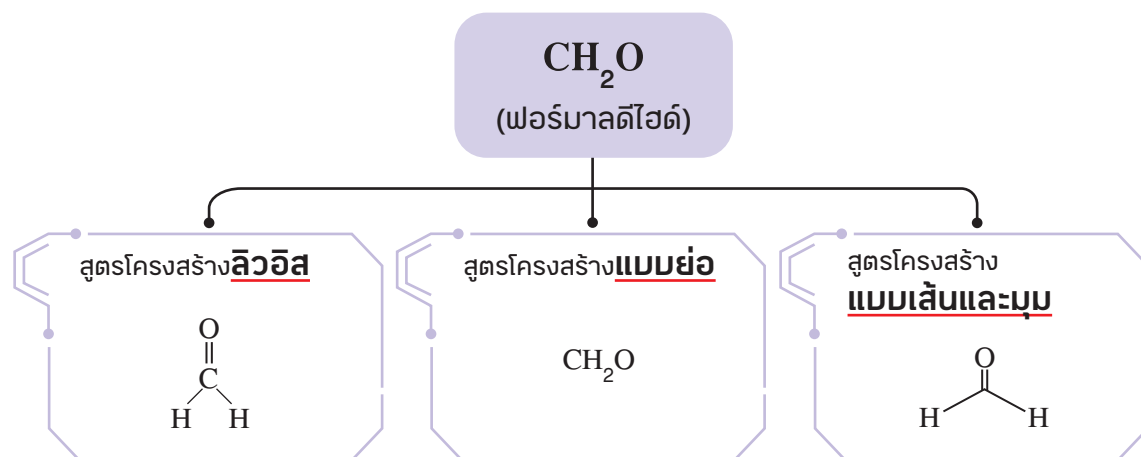
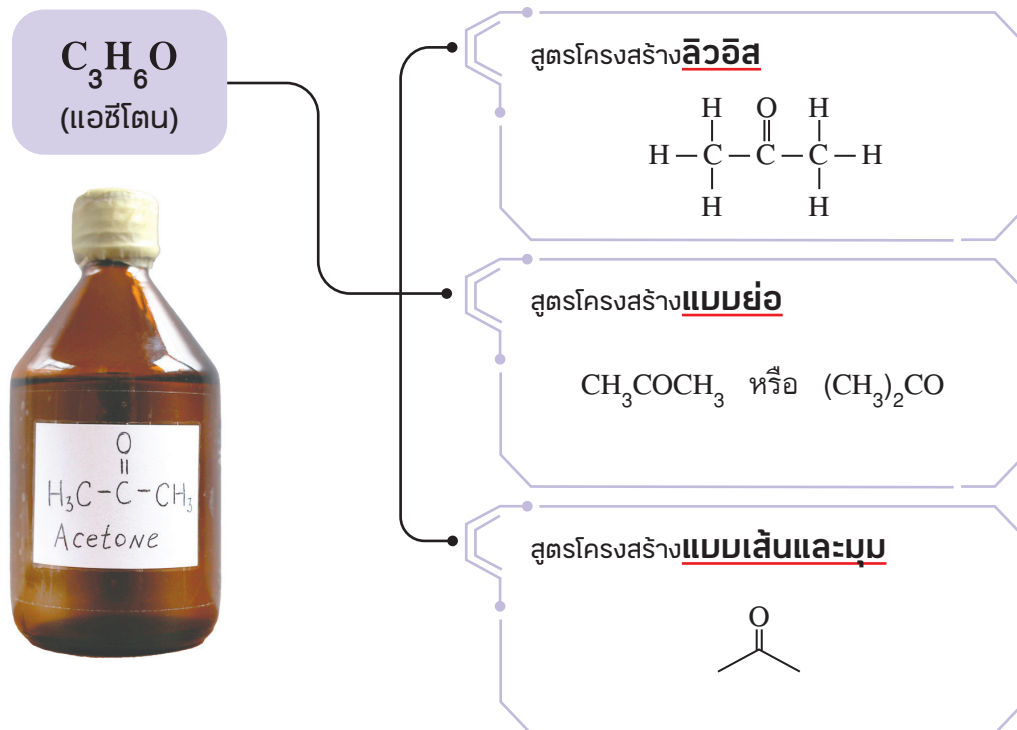
คำถามท้าทาย
การคิดขั้นสูง

สารประกอบอินทรีย์ที่มี
โมเลกุลขนาดใหญ่ หรือมี
โครงสร้างแบบวง ควรเขียน
แสดงด้วยสูตรโครงสร้าง
แบบใด เพราะเหตุใด



การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวันบางชนิด





การเขียนสูตรโครงสร้างแบบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว จะแสดงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในลักษณะ 2 มิติเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงอะตอมของธาตุในโมเลกุลจะมีการจัดเรียงตัวในลักษณะ 3 มิติ



Extra Activity

การจัดเรียงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

วัสดุอุปกรณ์

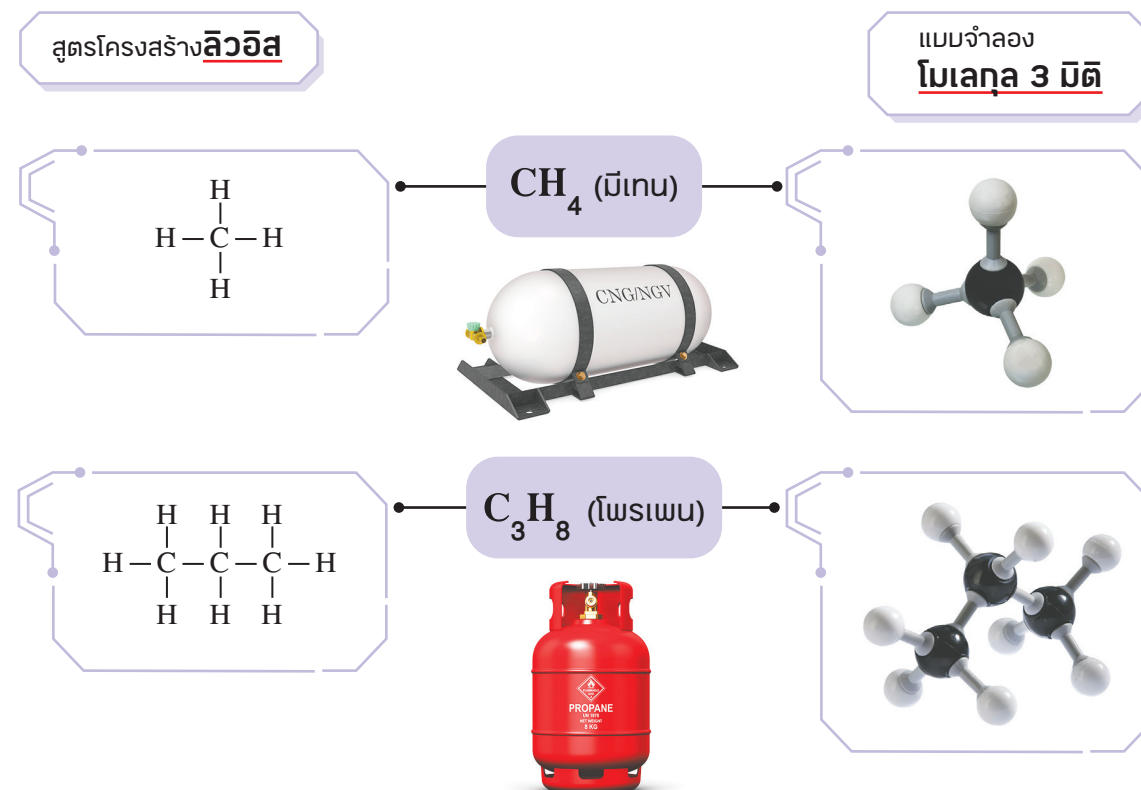
แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ (อาจจะใช้ลูกพลาสติกกลมกับก้านพลาสติกแทน)

วิธีปฏิบัติ

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน แล้วศึกษาโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่กลุ่มสนใจ กลุ่มละ 5 ชนิด จากนั้นใช้แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ มาต่อเป็นโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ชนิดนั้น ๆ แล้วสังเกตลักษณะของโครงสร้างและการสร้างพันธะ

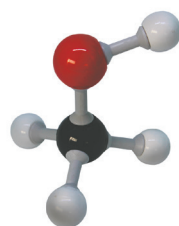
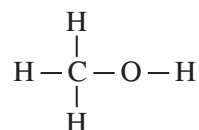
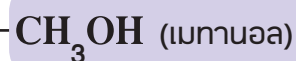
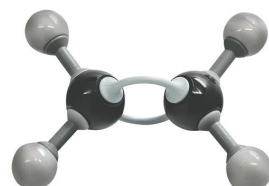
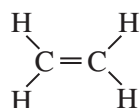
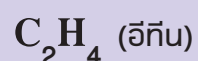
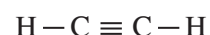
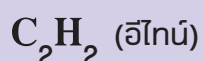
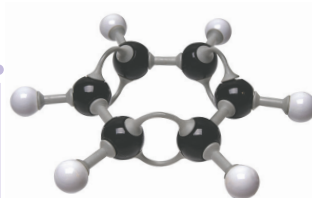
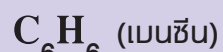
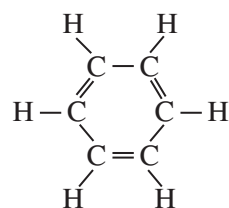


สูตรโครงสร้างลิวอิสและแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของสารประกอบอินทรีย์บางชนิด



สูตรโครงสร้างลิ่วอิส

แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ

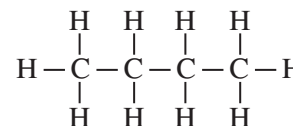


เมื่อพิจารณาแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ พบว่า การจัดเรียงตัวส่วนใหญ่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน ซึ่งจะถูกกำหนดโดยทิศทางของพันธะรอบอะตอมของคาร์บอน เนื่องจากจะต้องจัดเรียงตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด โดยโมเลกุลที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมดจะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 109.5° และมีรูปร่างโมเลกุลเป็นทรงสี่หน้า โมเลกุลที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ จะมีมุมระหว่างพันธะประมาณ 120° และมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ ส่วนโมเลกุลที่มีพันธะสาม จะมีมุมระหว่างพันธะเท่ากับ 180° และมีรูปร่างเป็นเส้นตรง

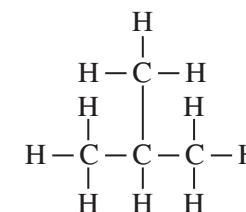
1.2 ไอโซเมอร์

สารประกอบ C_4H_{10} สามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้ 2 แบบ

บิวเทน

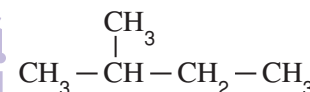
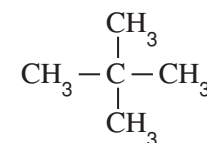


2-เมทิลโพรเพน



ซึ่งพบว่า สารทั้งสองมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **ไอโซเมอริซึม (isomerism)**

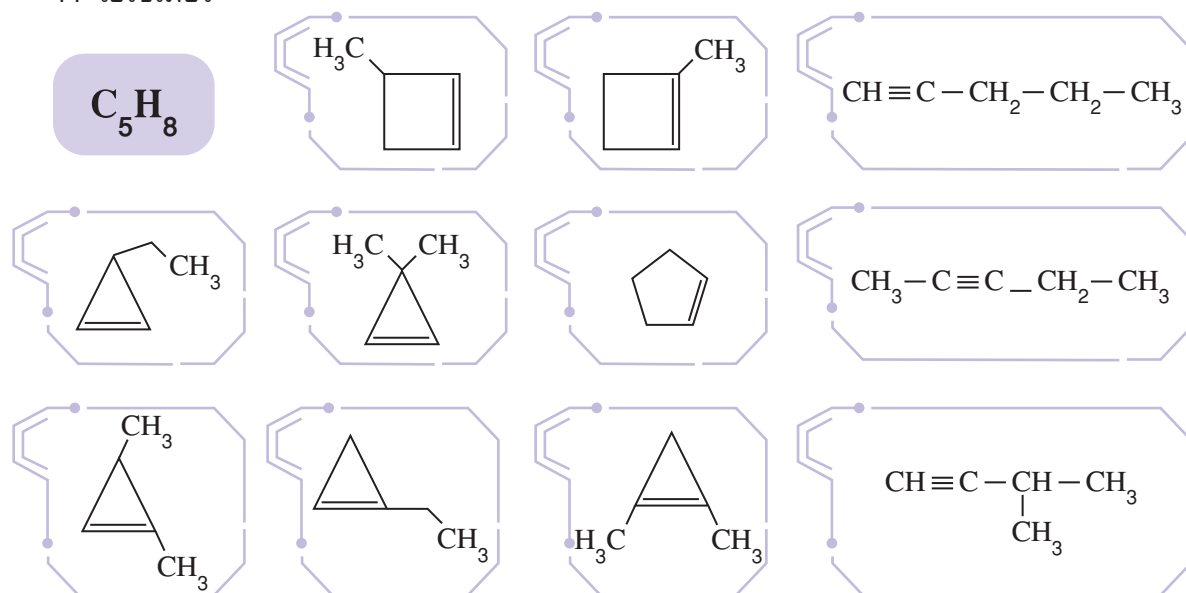
ไอโซเมอร์ (isomer) คือ สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมีโครงสร้างเป็นได้ทั้งโครงสร้างที่เป็นโซ่เปิด (โซ่ตรงหรือโซ่กึ่ง) และโครงสร้างที่เป็นแบบวง ตัวอย่างสารที่เป็นไอโซเมอร์กัน



สารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} จะมีไอโซเมอร์ได้ทั้งหมด 3 ไอโซเมอร์



สารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_8 จะมีไอโซเมอร์ได้ทั้งหมด 30 ไอโซเมอร์ ซึ่งต่อไปนี้ นักเรียนจะได้ศึกษาตัวอย่างการเขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล C_5H_8 จำนวน 11 ไอโซเมอร์



จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน จากโซ่ตรงเป็นโซ่กิ่ง และจากโซ่เปิดเป็นแบบวง รวมทั้งการเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่ พันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน จะทำให้เกิดโครงสร้างใหม่ซึ่งต่างก็เป็นไอโซเมอร์กัน ดังนั้น การเกิดไอโซเมอร์จึงนับว่าเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

ลักษณะสำคัญของไอโซเมอร์ มีดังนี้

- สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กัน จะมีสมบัติบางประการแตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น
- ไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ที่คาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาว จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่าไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ที่คาร์บอนต่อกันเป็นโซ่กิ่ง เพราะไอโซเมอร์ที่คาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาวจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล หรือแรงแวนเดอร์วาลส์สูงกว่าไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ที่คาร์บอนต่อกันเป็นโซ่กิ่ง

หลักในการเขียนไอโซเมอร์ คือ ให้พิจารณาจากสูตรโมเลกุลก่อนว่าเป็นสารประเภทใด เมื่อทราบว่าเป็นสารประเภทใดแล้ว จึงนำมาเขียนเป็นไอโซเมอร์ ในกรณีที่โซ่เปิด มักจะเริ่มเขียนไอโซเมอร์จากตัวที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นสายตรงยาวที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงลดความยาวของคาร์บอนสายตรงลงครั้งละอะตอม ในกรณีที่โซ่ปิดมักจะเริ่มจากวงขนาดเล็กก่อน คือ เริ่มจากคาร์บอน 3 อะตอม แล้วจึงเพิ่มจำนวนคาร์บอนครั้งละอะตอม ตามลำดับ

Concept Question?

เขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ C_5H_{10} ที่เป็นไปได้ทั้งหมด

1.3 หมู่ฟังก์ชัน

สารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิดอาจมีสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาที่เหมือนหรือแตกต่างกัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ให้ศึกษาจากการทดลองต่อไปนี้



การทดลอง

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การทดลอง
- การลงความเห็นจากข้อมูล

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรอบคอบ



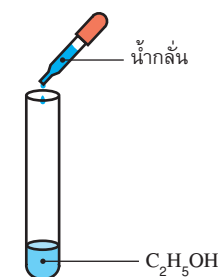
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. คีมคีบ | 9. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน |
| 2. หลอดหยด | 10. น้ำกลั่น |
| 3. โลหะโซเดียม (Na) | 11. กระบอกตวง |
| 4. จุกที่มีหลอดนำแก๊ส | 12. กระดาษฟิคา |
| 5. เอทานอล (C_2H_5OH) | 13. แท่งแก้วคนสาร |
| 6. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 14. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) |
| 7. หลอดทดลองขนาดกลาง | 15. สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) |
| 8. กรดแอซิดิก (CH_3COOH) | |

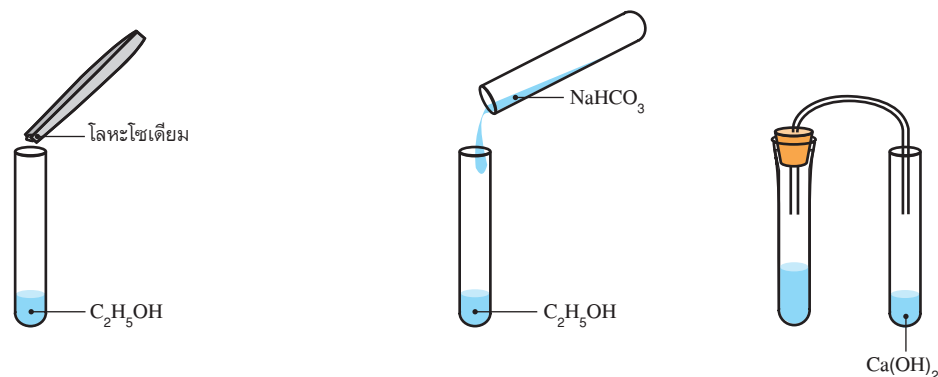


วิธีการทดลอง

1. ใส่เอทานอล 10 หยด ในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 10 หยด จากนั้นเขย่า แล้วสังเกตการละลาย
2. นำเอทานอลไปทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสสีแดง และสีน้ำเงิน แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง



3. คีบโลหะโซเดียมขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียวมา 1 ชิ้น แล้วซับน้ำมันให้แห้ง จากนั้นใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กที่มีเอทานอลอยู่ 0.5 cm^3 แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. เติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 mol/dm^3 จำนวน 2 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดกลางที่มีเอทานอลอยู่ 2 cm^3 จากนั้นปิดด้วยจุกที่มีหลอดนำแก๊สซึ่งต่อลงไปในหลอดทดลองที่มีสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ 2 cm^3 แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง



5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.-4. แต่เปลี่ยนมาใช้กรดแอซิกแทนเอทานอล

คำถามท้ายการทดลอง

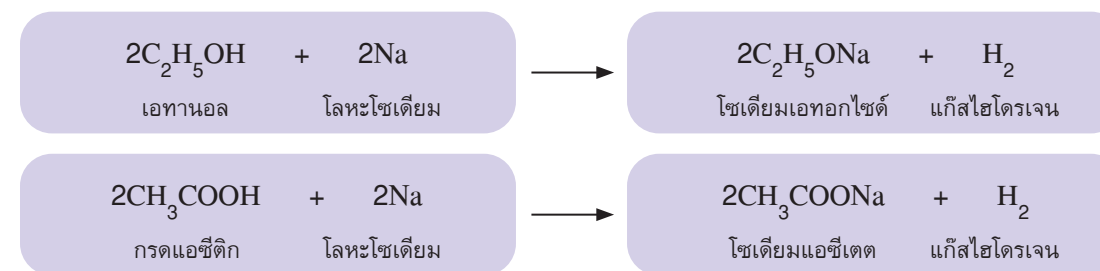
เอทานอลและกรดแอซิกมีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

อภิปรายผลการทดลอง

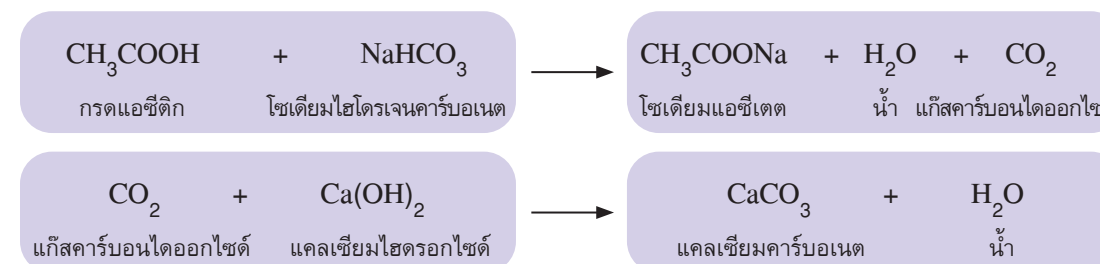
เอทานอลและกรดแอซิกสามารถละลายน้ำได้ เมื่อนำมาทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน พบว่า เอทานอลไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส แต่กรดแอซิกเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินไปเป็นสีแดง เมื่อนำเอทานอลและกรดแอซิกมาทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมจะมีแก๊สเกิดขึ้น แต่กรดแอซิกจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า เมื่อนำเอทานอลและกรดแอซิกมาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์พบว่ามีแก๊สเกิดขึ้น แต่กรดแอซิกจะเกิดปฏิกิริยาที่เร็วกว่า เมื่อนำเอทานอลและกรดแอซิกมาทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะมีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น

จากการทดลอง พบว่า

- เอทานอลและกรดแอซิกเป็นโมเลกุลมีขั้ว เนื่องจากสามารถละลายในน้ำได้ดี
- เอทานอลมีสมบัติเป็นกลาง เพราะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส ส่วนกรดแอซิกมีสมบัติเป็นกรด เพราะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
- เอทานอลและกรดแอซิกสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมได้ และเกิดแก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้



- เอทานอลไม่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น แต่กรดแอซิกทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ เมื่อนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้



สรุปได้ว่า เอทานอลและกรดแอซิกมีส่วนของโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกันและเป็นส่วนที่แสดงเฉพาะสมบัตินั้น ๆ

เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของเอทานอล พบว่า การเกิดปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลกับโลหะโซเดียม จะมีหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) ในโมเลกุลเอทานอลเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง แสดงว่า หมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของเอทานอล รวมทั้งแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ ด้วย

เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของกรดแอซีติก พบว่า กรดแอซีติกสามารถทำปฏิกิริยากับไฮเดียมไฮดรเจนคาร์บอเนตได้ และสามารถเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดงได้ แสดงว่า กรดแอซีติกมีหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะแตกต่างจากเอทานอล พบว่า ส่วนของโครงสร้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ หมู่คาร์บอกซิล ($\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$) แสดงว่า หมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของกรดแอซีติก รวมทั้งกรดคาร์บอกซิลิกอื่น ๆ



หมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ เรียกว่า **หมู่ฟังก์ชัน** (functional group) โดยหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบในสารประกอบนั้นจะเป็นสิ่งที่กำหนดสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบ ดังนั้น จึงใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยตัวอย่างหมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 : หมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อของหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่าง	
			โครงสร้างของสารประกอบ	ชื่อของสารประกอบ
C—C	พันธะเดี่ยว	แอลเคน	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H—C—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	มีเทน
C=C	พันธะคู่	แอลคีน	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	อีthin
C≡C	พันธะสาม	แอลไคน์	H—C≡C—H	อีไทน
—OH	ไฮดรอกซิล	แอลกอฮอล์	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H—C—C—O—H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	เอทานอล
—O—	แอลคอกซี	อีเทอร์	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H—C—C—O—C—C—H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	ไดเอทิลอีเทอร์

ตารางที่ 1.1 : หมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ (ต่อ)

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อของหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ	ตัวอย่าง	
			โครงสร้างของสารประกอบ	ชื่อของสารประกอบ
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—H} \end{array}$	คาร์บอก-ซาลดีไฮด์	แอลดีไฮด์	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ \text{H—C—C—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	เอทานาล
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—} \end{array}$	คาร์บอนิล	คีโตน	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H—C—C—C—C—H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$	เมทิล เอทิล คีโตน
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—OH} \end{array}$	คาร์บอกซิล	คาร์บอกซิลิก	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ \text{H—C—C—OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	กรดแอซีติก
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—O—} \end{array}$	แอลคอกซี-คาร์บอนิล	เอสเทอร์	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H—C—C—O—C—C—H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$	เอทิลแอซีเตต
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{—N—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	อะมิโน	เอมีน	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H—C—C—N—H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	เอทิลเอมีน
$\begin{array}{c} \text{O} & \text{H} \\ & \\ \text{—C—N—H} \end{array}$	เอไมด์	เอไมด์	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{H—C—C—N—H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	แอซีทาไมด์

Core Concept

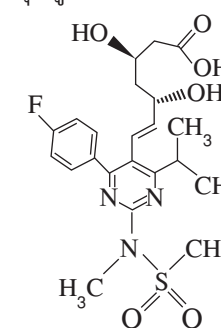
ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่องสารประกอบอินทรีย์

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- จงเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสและสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมของสารต่อไปนี้
 C_6H_{14} $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
- สารที่มีสูตรโมเลกุล $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ จะมีสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้จำนวนกี่ไอโซเมอร์

- ระบุหมู่ฟังก์ชันทั้งหมดของสารต่อไปนี้



หมู่ฟังก์ชัน

Prior Knowledge

ในชีวิตประจำวัน
เราพบสารประกอบ
ไฮโดรคาร์บอนอะไรบ้าง

2 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon compound) ในธรรมชาติพบสารประกอบ

ไฮโดรคาร์บอนในแหล่งต่าง ๆ เช่น ยางไม้ ถ่านหิน ปิโตรเลียม และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้

นักเรียนจะได้ศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากการทดลองต่อไปนี้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ต่อไป

การทดลอง

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การทดลอง
- การลงความเห็นจากข้อมูล

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรอบคอบ

สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

จุดประสงค์

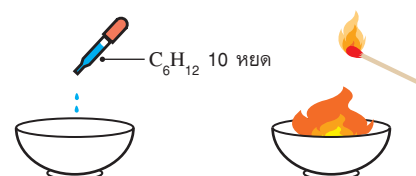
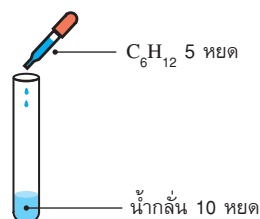
เพื่อศึกษาสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

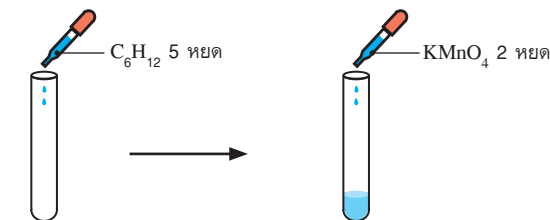
1. น้ำกลั่น
2. หลอดหยด
3. ถ้วยกระเบื้อง
4. เบนซีน (C_6H_6)
5. เฮกซีน (C_6H_{12})
6. เฮกเซน (C_6H_{14})
7. กระดาษลิตมัสสีน้ำเงิน
8. หลอดทดลองขนาดเล็ก
9. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)
10. สารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Br_2/CCl_4)

วิธีการทดลอง

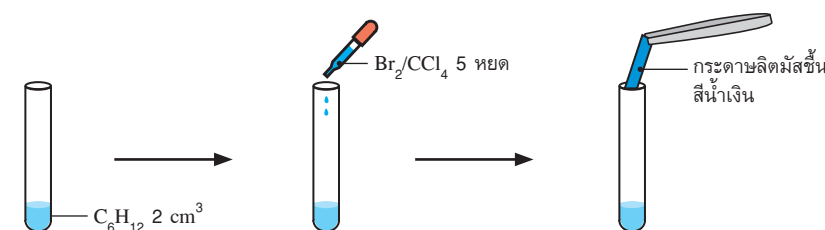
1. หยดน้ำกลั่น 10 หยด และเฮกซีน 5 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกตการละลาย
2. หยดเฮกซีนลงในถ้วยกระเบื้อง 10 หยด แล้วจุดไฟพร้อมสังเกตการลุกไหม้



3. หยดเฮกซีน 5 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วหยดสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตลงไป 2 หยด เขย่าและสังเกตการเปลี่ยนแปลง



4. ใส่เฮกซีนจำนวน 2 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วหยดสารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ลงไป 5 หยด เขย่าให้เข้ากัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง จากนั้นนำกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินมาอังเหนือหลอดทดลองเพื่อทดสอบแก๊สที่เกิดขึ้น โดยต้องทำการทดลองในตู้ดูดควัน และทำการทดลองทั้งในที่มืดและที่มีแสง



5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.-4. แต่เปลี่ยนมาใช้เฮกเซนและเบนซีนแทนเฮกซีน

คำถามท้ายการทดลอง

เฮกเซน เฮกซีน และเบนซีนมีสมบัติที่แตกต่างกันอย่างไร

อภิปรายผลการทดลอง

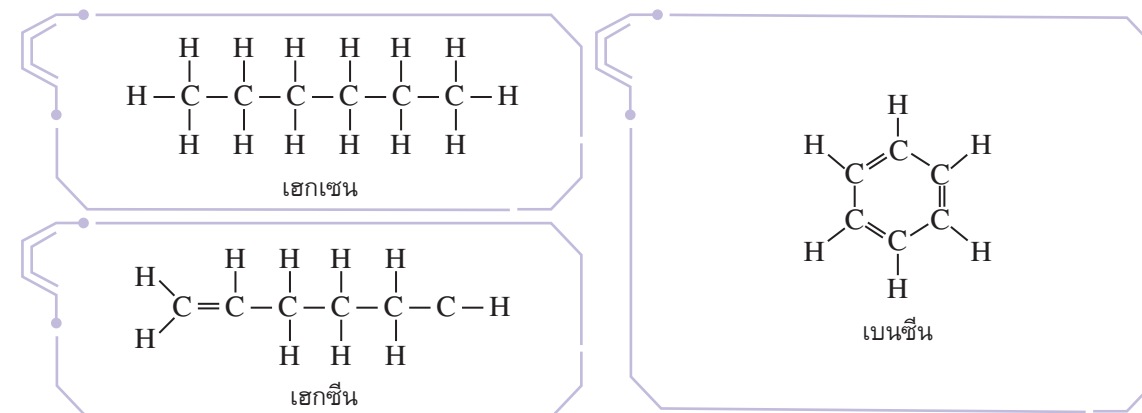
ชนิดของสาร	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้			การทำปฏิกิริยากับสารละลาย Br_2	
	การละลายในน้ำ	การเผาไหม้	ปฏิกิริยากับสารละลาย $KMnO_4$	ที่มีแสงสว่าง	ที่มีมืด
เฮกเซน	แยกเป็น 2 ชั้น เฮกเซนอยู่ชั้นบน	เปลวไฟสว่าง ไม่มีเขม่า	สารละลาย $KMnO_4$ ไม่เปลี่ยนสี	สีส้มของสารละลาย Br_2 จางหายไป และกระดาษลิตมัสเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง	สารละลาย Br_2 มีสีส้มเหมือนเดิม กระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี

ชนิดของสาร	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้			การทำปฏิกิริยากับสารละลาย Br ₂	
	การละลายในน้ำ	การเผาไหม้	ปฏิกิริยากับสารละลาย KMnO ₄	ที่มีแสงสว่าง	ที่มีมืด
เฮกเซน	แยกเป็น 2 ชั้น เฮกเซนอยู่ชั้นบน	เปลวไฟสว่าง มีเขม่าเล็กน้อย	สีของสารละลาย KMnO ₄ จางหายไป	สีส้มของ สารละลาย Br ₂ จางหายไป แต่กระดาษลิตมัส ไม่เปลี่ยนสี	สีส้มของ สารละลาย Br ₂ จางหายไป แต่กระดาษลิตมัส ไม่เปลี่ยนสี
เบนซีน	แยกเป็น 2 ชั้น เบนซีนอยู่ชั้นบน	เปลวไฟสว่าง มีเขม่าเล็กน้อย	สารละลาย KMnO ₄ ไม่เปลี่ยนสี	สารละลาย Br ₂ มีสีส้มเหมือนเดิม กระดาษลิตมัส ไม่เปลี่ยนสี	สารละลาย Br ₂ มีสีส้มเหมือนเดิม กระดาษลิตมัส ไม่เปลี่ยนสี

จากการทดลอง จะเห็นว่า ทั้งเฮกเซน เฮกซีน และเบนซีน จะมีสมบัติทั้งที่เหมือนและแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เฮกเซน เฮกซีน และเบนซีนเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เนื่องจากไม่ละลายน้ำ และมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เพราะแยกตัวอยู่ชั้นบนของน้ำ
2. เฮกเซนเมื่อเผาไหม้แล้วจะไม่มีเขม่า ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างของโมเลกุลเฮกเซนที่มีแต่พันธะเดี่ยว จะใช้พลังงานในการสลายพันธะน้อยกว่าพันธะคู่หรือพันธะสาม ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนเฮกซีนและเบนซีนเมื่อเผาไหม้แล้วจะมีเขม่าเล็กน้อย เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของเฮกซีนและเบนซีนเป็นพันธะคู่ ต้องใช้พลังงานในการสลายพันธะมาก ถ้าหากพลังงานที่ใช้ไม่มากพอจะเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้มีเขม่าเกิดขึ้น
3. เฮกเซนและเบนซีนไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ส่วนเฮกซีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้
4. เฮกเซนจะทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนได้ในที่มีแสงสว่าง แต่ไม่ทำปฏิกิริยาในที่มืด เฮกซีนจะทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนได้ทั้งในที่ที่มีแสงสว่างและในที่มืด ส่วนเบนซีนจะไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนทั้งในที่ที่มีแสงสว่างและในที่มืด

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม แสดงว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ส่งผลให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน

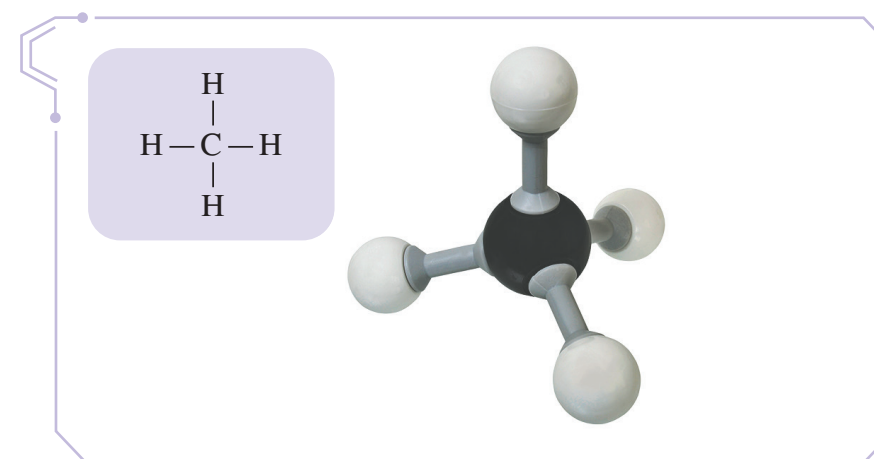


▲ ภาพที่ 1.1 สูตรโครงสร้างของเฮกเซน เฮกซีน และเบนซีน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

โดยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.1 แอลเคน

แอลเคน (alkane) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว มีโครงสร้างเป็นได้ทั้งโซ่ตรงและโซ่กิ่ง โดยแอลเคนโซ่เปิดจะมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n+2} ส่วนแอลเคนโซ่ปิดจะมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n} (เมื่อ n เป็นจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล)



▲ ภาพที่ 1.2 สูตรโครงสร้างและแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุล 3 มิติ ของมีเทน (CH₄)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

สมบัติทางกายภาพของแอลเคน

แอลเคนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 1-4 อะตอม จะมีสถานะเป็นแก๊ส ถ้ามีจำนวนคาร์บอนอะตอม 5-17 อะตอม จะมีสถานะเป็นของเหลว ถ้ามีจำนวนคาร์บอนอะตอมมากกว่า 17 อะตอมขึ้นไป จะมีสถานะเป็นของแข็ง

ไม่นำไฟฟ้าในทุกสถานะ เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอซีโตน ไดเมทิลอีเทอร์

มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ แต่เมื่อแอลเคนมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และจุดเดือดจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลเคนเป็นแรงลอนดอน ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของโมเลกุล ดังนั้น เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น ขนาดของโมเลกุลจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวจึงสูงขึ้น

ตารางที่ 1.2 : จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความหนาแน่น และสถานะของแอลเคนไฮโดรคาร์บอนบางชนิด

จำนวนคาร์บอนอะตอม	สูตรโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20 °C	สถานะที่อุณหภูมิ 20 °C
1	CH ₄	-182.5	-161.5	0.668 g/L	แก๊ส
2	C ₂ H ₆	-182.8	-88.6	1.265 g/L	แก๊ส
3	C ₃ H ₈	-187.7	-42.1	1.867 g/L	แก๊ส
4	C ₄ H ₁₀	-138.3	-0.5	2.493 g/L	แก๊ส
5	C ₅ H ₁₂	-129.7	36.1	0.626 g/mL	ของเหลว
6	C ₆ H ₁₄	-95.3	68.7	0.659 g/mL	ของเหลว
7	C ₇ H ₁₆	-90.6	98.4	0.684 g/mL	ของเหลว
8	C ₈ H ₁₈	-56.8	125.7	0.703 g/mL	ของเหลว
9	C ₉ H ₂₀	-53.6	150.7	0.718 g/mL	ของเหลว
10	C ₁₀ H ₂₂	-29.6	174.1	0.730 g/mL	ของเหลว



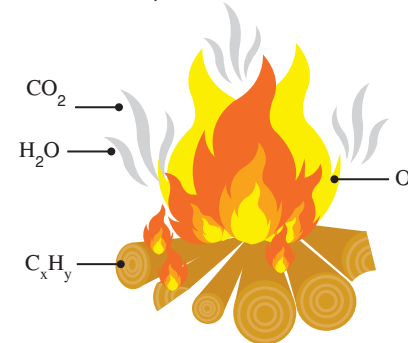
แอลเคน



www.aksorn.com/simulation/sci12100

ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลเคน มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (combustion reaction) ถ้าแอลเคนเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และไอน้ำ (H₂O) เป็นผลิตภัณฑ์ พร้อมให้พลังงานความร้อนออกมา



▲ ภาพที่ 1.3 การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

H.O.T.S.

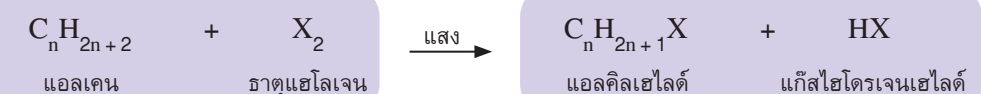
คำถามท้าทาย
การคิดขั้นสูง

สารประกอบแอลเคนที่เป็นไอโซเมอร์กัน สารประกอบที่เป็นโซ่ตรง และสารประกอบที่เป็นโซ่กิ่ง จะเกิดการเผาไหม้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

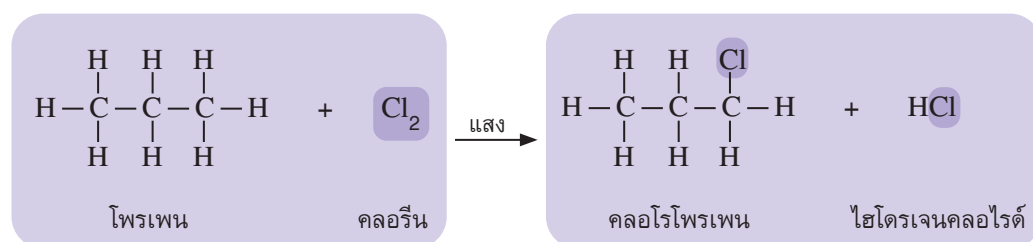
แต่เมื่อแอลเคนเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้เกิดเขม่า แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไอน้ำ (H₂O) และพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานความร้อนที่ได้จะน้อยกว่าปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์



2. ปฏิกิริยาการแทนที่ (substitution reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ไฮโดรเจนอะตอมในแอลเคนถูกแทนที่ด้วยอะตอมของธาตุแฮโลเจน (halogen; F, Cl, Br, I) ได้ในที่ที่มีแสงสว่าง เรียกว่า ปฏิกิริยาแฮโลจีเนชัน (halogenation reaction) โดยอะตอมของแฮโลเจนจะแทนที่อะตอมของไฮโดรเจน 1 อะตอม ไฮโดรเจนที่ถูกแทนที่ จะรวมกับแฮโลเจนเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนเฮไลด์ ซึ่งเป็นแก๊สที่มีสมบัติเป็นกรด จึงเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง แต่แอลเคนจะไม่เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ในที่มืด ปฏิกิริยาการแทนที่มีสมการทั่วไป ดังนี้



ตัวอย่างปฏิกิริยาแทนที่ เช่น



คลอโรโพรเพนที่เกิดขึ้นอาจมีไอโซเมอร์อื่น ๆ ซึ่งเกิดจากอะตอมของคลอรีนเข้ามาแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนที่ต่อกับคาร์บอนตำแหน่งต่าง ๆ โดยอาจมีปริมาณของแต่ละไอโซเมอร์แตกต่างกัน เช่น



ถ้าไฮโดรเจนอะตอมในแอลเคนถูกแทนที่ด้วยคลอรีนจะเรียกว่า ปฏิกิริยาคลอรีเนชัน (chlorination reaction) ถ้าแทนที่ด้วยโบรมีนจะเรียกว่า ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน (bromination reaction)

แอลเคนจะไม่เกิดปฏิกิริยาฟอกจางสี สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและ ไม่เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ในที่มืด

Concept Question?

ถ้าสารประกอบ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ เกิดปฏิกิริยาแทนที่กับ Br_2 มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์ได้กี่ไอโซเมอร์ (ถ้า Br เข้าแทนที่ H ได้เพียง 1 อะตอม)

Chemistry Focus

ปฏิกิริยาการแตกสลาย (cracking or pyrolysis)

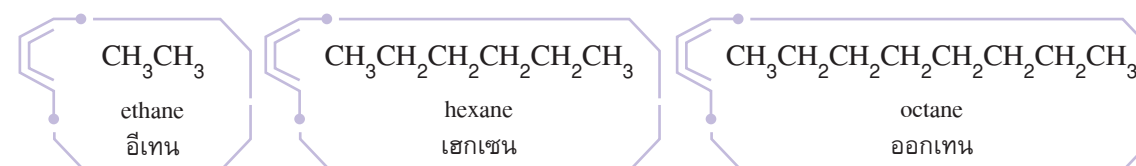
เมื่อเผาสารประกอบแอลเคนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิ 450-550 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะความดันต่ำ และมี $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะเกิดการสลายตัวให้สารไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเล็กกว่าเดิม และได้แก๊สไฮโดรเจนอีกด้วย เรียกว่า ปฏิกิริยาการแตกสลาย กระบวนการนี้นำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยเป็นการเพิ่มเลขออกเทนของน้ำมัน ทำให้น้ำมันมีคุณภาพดีขึ้น

$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2]{450-550} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4$$

การเรียกชื่อแอลเคนตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

1. เรียกชื่อแอลเคนตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยใช้การนับจำนวนในภาษากรีก ระบบจำนวนอะตอมของคาร์บอน และลงท้ายด้วยเสียง -น (-ane) ซึ่งจำนวนนับในภาษากรีก เป็นดังนี้

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1 = มีทหรือเมท (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 = เดกค (dec-) |



2. สำหรับแอลเคนที่มีโซ่กิ่ง หมู่อะตอมที่แยกออกมาจากโซ่หลักของคาร์บอนจะเป็นโมเลกุลของแอลเคนที่สูญเสียไฮโดรเจน 1 อะตอม เรียกว่า หมู่แอลคิล (alkyl group) ซึ่งการเรียกชื่อหมู่แอลคิลใช้หลักการเกี่ยวกับการเรียกชื่อแอลเคน แต่เปลี่ยนเสียงท้ายจาก -น (-ane) เป็น -ิล (-yl)

ตารางที่ 1.3 : สูตรและชื่อของหมู่แอลคิลตามจำนวนอะตอมของธาตุคาร์บอน

จำนวนอะตอมของธาตุคาร์บอน	สูตรโครงสร้างของหมู่แอลคิล	ชื่อของหมู่แอลคิล
1	$-\text{CH}_3$	เมทิล (methyl)
2	$-\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_2\text{H}_5$	เอทิล (ethyl)
3	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_3\text{H}_7$	โพรพิล (propyl)
4	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_4\text{H}_9$	บิวทิล (butyl)
5	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_5\text{H}_{11}$	เพนทิล (pentyl)
6	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_6\text{H}_{13}$	เฮกซิล (hexyl)
7	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_7\text{H}_{15}$	เฮปทิล (heptyl)
8	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_8\text{H}_{17}$	ออกทิล (octyl)
9	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_9\text{H}_{19}$	โนนิล (nonyl)
10	$-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$ หรือ $-\text{C}_{10}\text{H}_{21}$	เดกคิล (decyl)

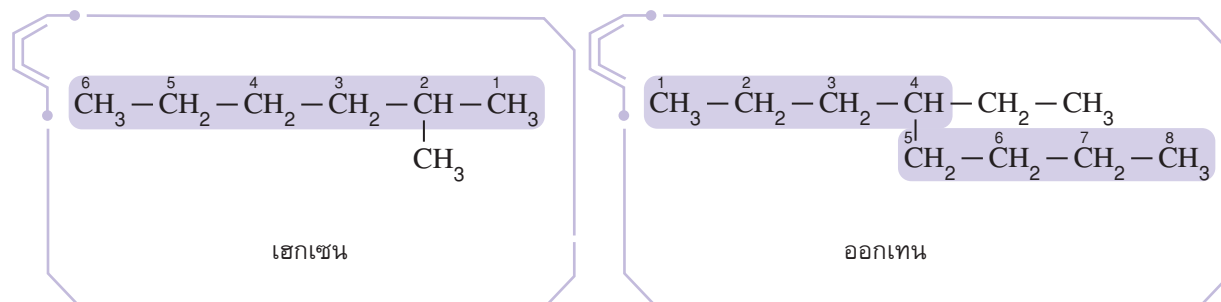


มีเทน

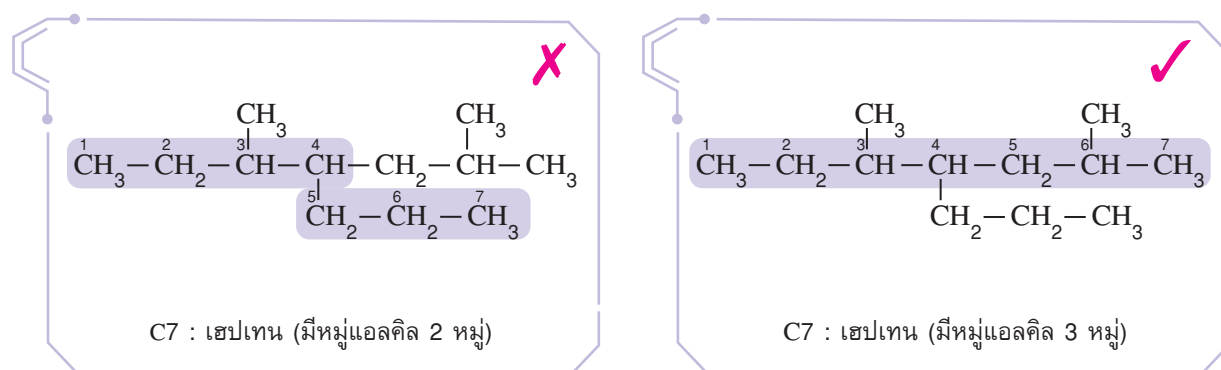


จากนั้นให้เรียกชื่อแอลเคนที่มีโซ่กิ่งตามหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

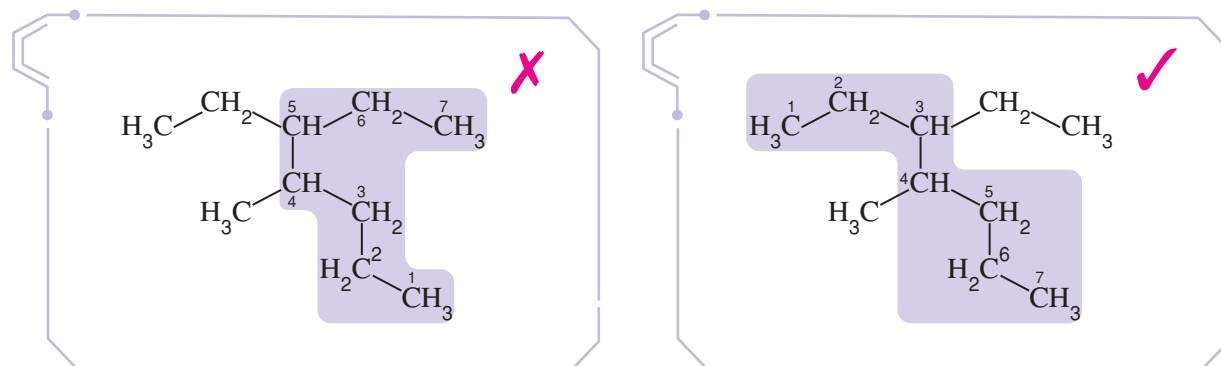
1) เลือกสายโซ่คาร์บอนที่ต่อกันยาวที่สุดเป็นโซ่หลัก ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรง ในแนวเดียวกันตลอด เช่น



ถ้าสามารถเลือกโซ่หลักได้หลายแบบ ให้เลือกแบบที่มีจำนวนหมู่แอลคิลมากกว่าเป็นโซ่หลัก เช่น



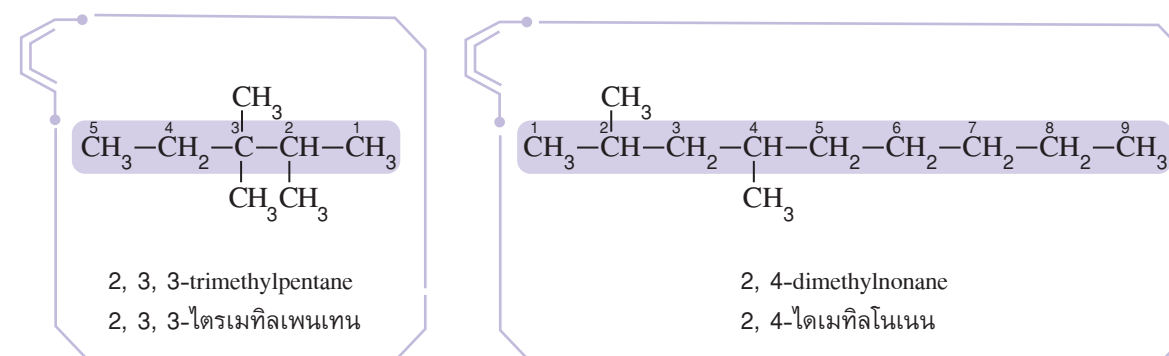
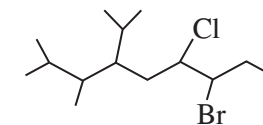
2) กำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยเริ่มจากปลายด้านใดก็ได้ที่ทำให้หมู่แอลคิลอยู่ในตำแหน่งที่มีตัวเลขน้อย ๆ เช่น



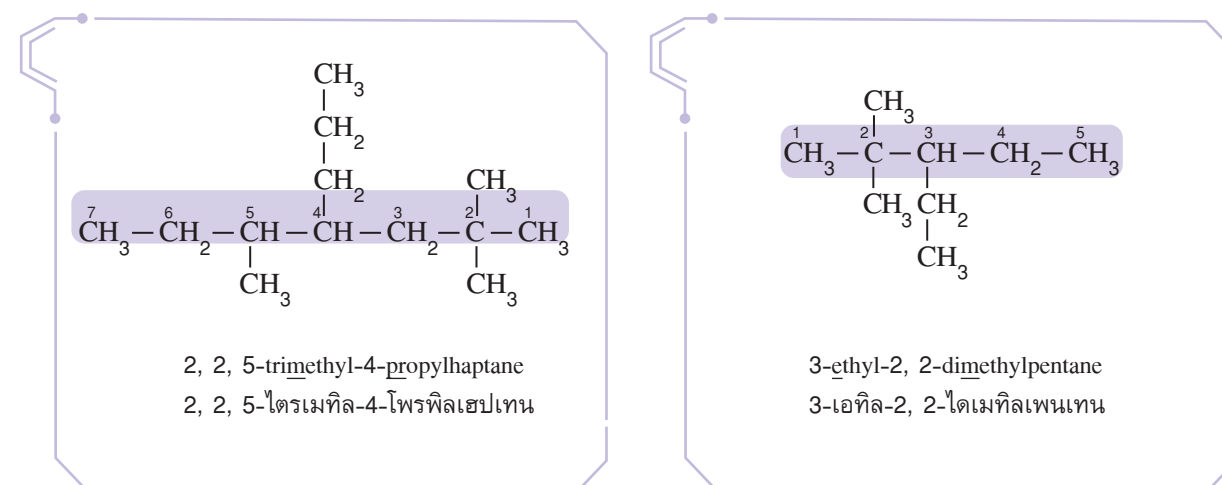
3) เรียกชื่อหมู่แอลคิลนำหน้าชื่อของแอลเคน โดยระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนที่หมู่แอลคิลต่ออยู่ ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักเหมือนกัน ให้ใช้คำนำหน้าแสดงจำนวนหมู่แอลคิลเป็นภาษากรีก เช่น ได (di) ไตร (tri) เตตระ (tetra) แทนจำนวนหมู่แอลคิล 2, 3, 4 หมู่ ตามลำดับ โดยเขียนไว้ระหว่างชื่อของหมู่แอลคิลกับตัวเลขแสดงตำแหน่ง โดยระหว่างตัวเลขให้เขียนคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และระหว่างตัวเลขให้เขียนคั่นด้วยขีด (-) เช่น

Concept Question?

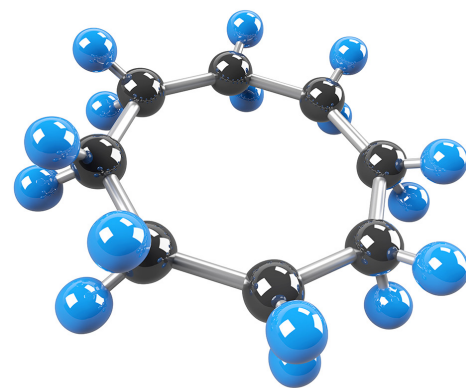
สารประกอบแอลเคนต่อไปนี้ มีชื่อเรียกตามระบบ IUPAC ว่าอย่างไร



ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักไม่เหมือนกัน ให้เรียกชื่อเรียงลำดับหมู่แอลคิลตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษ และระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งไว้หน้าชื่อหมู่แอลคิล เช่น



นอกจากแอลเคนที่มีโครงสร้างแบบโซ่เปิดแล้ว ยังมีแอลเคนที่มีโครงสร้างแบบวง เรียกว่า **ไซโคลแอลเคน (cycloalkane)** โดยประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไป สร้างพันธะเดี่ยวต่อกันเป็นวงรูปเหลี่ยมต่าง ๆ มีสูตรทั่วไป คือ C_nH_{2n} โดยไซโคลแอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวเช่นเดียวกับแอลเคน ดังนั้น สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของไซโคลแอลเคนจะมีแนวโน้มคล้ายกับแอลเคน



▲ ภาพที่ 1.4 โครงสร้าง 3 มิติ ของไซโคลแอลเคน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

สมบัติทางกายภาพของไซโคลแอลเคน มีดังนี้

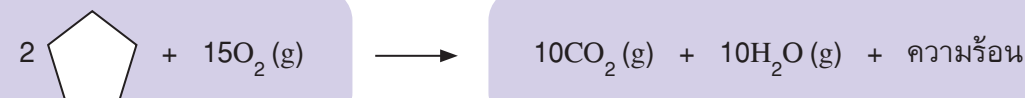
1. ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน อีเทอร์
2. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวจะมีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.4 : จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของไซโคลแอลเคนบางชนิด

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	ไซโคลแอลเคน		จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
	ชื่อ	สูตรโครงสร้าง		
3	ไซโคลโพรเพน	$\begin{array}{c} H_2 \\ \\ C \\ / \quad \backslash \\ H_2C \quad CH_2 \end{array}$ หรือ	-127.6	-32.8
4	ไซโคลบิวเทน	$\begin{array}{cc} H_2C & -CH_2 \\ & \\ H_2C & -CH_2 \end{array}$ หรือ	-90.7	12.6
5	ไซโคลเพนเทน	$\begin{array}{c} H_2 \\ \\ C \\ / \quad \backslash \\ H_2C \quad CH_2 \\ \quad \\ H_2C \quad CH_2 \end{array}$ หรือ	-93.4	49.3
6	ไซโคลเฮกเซน	$\begin{array}{c} H_2 \\ \\ C \\ / \quad \backslash \\ H_2C \quad CH_2 \\ \quad \\ H_2C \quad CH_2 \\ \quad \\ H_2C \quad CH_2 \end{array}$ หรือ	6.6	80.7

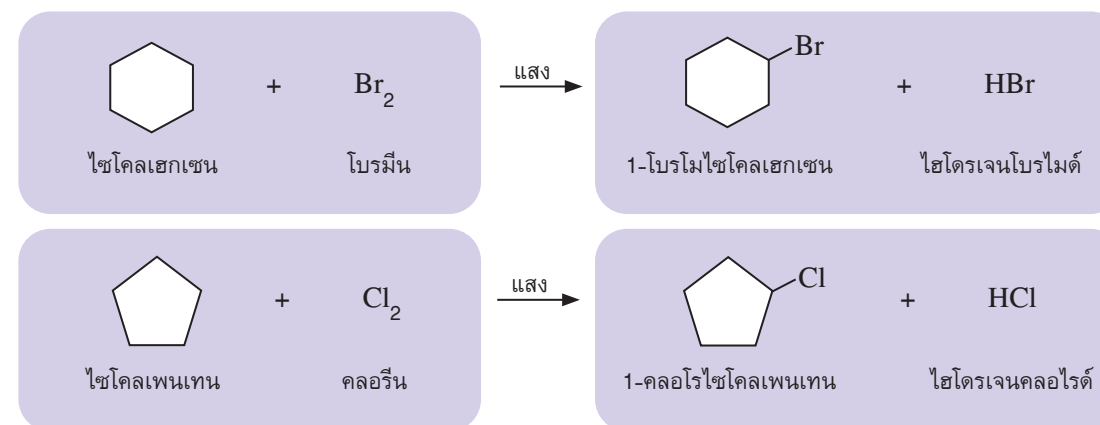
ปฏิกิริยาที่สำคัญของไซโคลแอลเคน มีดังนี้

1. **ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (combustion reaction)** ไซโคลแอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานความร้อนออกมา เช่น

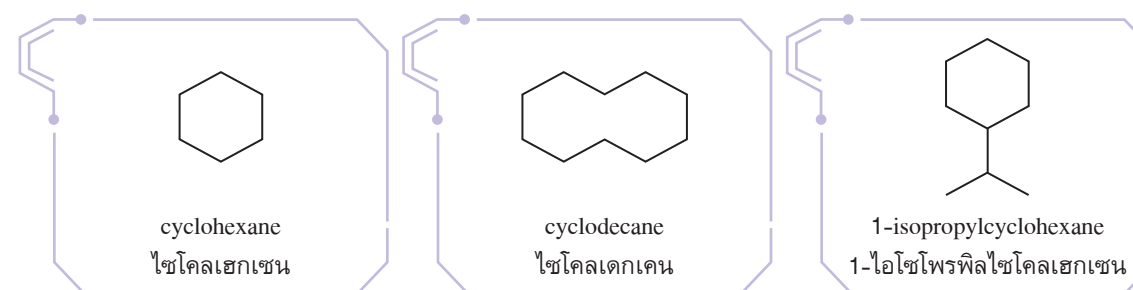


2. **ปฏิกิริยาการแทนที่ (substitution reaction)** เป็นปฏิกิริยาที่ไฮโดรเจนอะตอมในไซโคลแอลเคนถูกแทนที่ด้วยอะตอมของธาตุแฮโลเจน (halogen; F, Cl, Br, I) ได้ในที่มีแสงสว่าง ยกเว้นไซโคลโพรเพนและไซโคลบิวเทน

ถ้าไฮโดรเจนอะตอมในแอลเคนถูกแทนที่ด้วยคลอรีนจะเรียกว่า ปฏิกิริยาคลอรีเนชัน (chlorination reaction) ถ้าแทนที่ด้วยโบรมีนจะเรียกว่า ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน (bromination reaction)

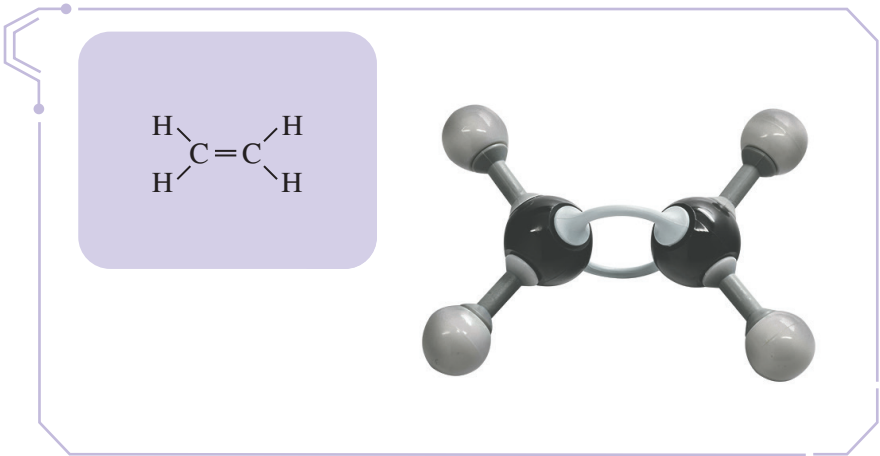


การเรียกชื่อไซโคลแอลเคนทำได้เช่นเดียวกับการเรียกชื่อแอลเคน แต่นำหน้าด้วยคำว่า ไซโคล (cyclo) เช่น



2.2 แอลคีน

แอลคีน (alkene) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ภายในโมเลกุลจะมีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนอย่างน้อย 1 พันธะ โดยแอลคีนโซ่เปิดจะมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n} ส่วนแอลคีนโซ่ปิดจะมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n-2} (เมื่อ n เป็นจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล)



▲ ภาพที่ 1.5 สูตรโครงสร้างและแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของอีthin C_2H_4
ที่มา : คลังภาพ อจท.

สมบัติทางกายภาพของแอลคีน

- แอลคีนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 2-4 อะตอม จะมีสถานะเป็นแก๊ส ถ้ามีจำนวนคาร์บอนอะตอม 5-8 อะตอม จะมีสถานะเป็นของเหลว ถ้ามีจำนวนคาร์บอนอะตอมมากกว่า 8 อะตอมขึ้นไป จะมีสถานะเป็นของแข็ง
- ไม่นำไฟฟ้าในทุกสถานะ เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์
- ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ เมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และจุดเดือดจะมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 1.5 : จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลคีนโซ่ตรงบางชนิด			
จำนวนคาร์บอนอะตอม	สูตรโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
2	C_2H_4	-169.1	-103.8
3	C_3H_6	-185.2	-47.7
4	C_4H_8	-185.3	-6.3
5	C_5H_{10}	-165.1	30.0
6	C_6H_{12}	-139.8	63.5
7	C_7H_{14}	-118.9	93.6
8	C_8H_{16}	-101.7	121.3

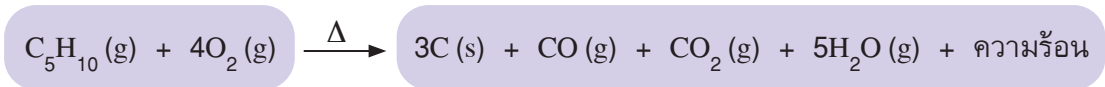
ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลคีน มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (combustion reaction) ปกติจะเกิดเขม่าหรือมีควัน แต่ถ้าเผาในบริเวณที่มีแก๊สออกซิเจนจำนวนมากเกินพอ จะเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ไม่มีเขม่า ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานความร้อนออกมา

ปฏิกิริยาการเผาไหม้สมบูรณ์ เกิดดังสมการ

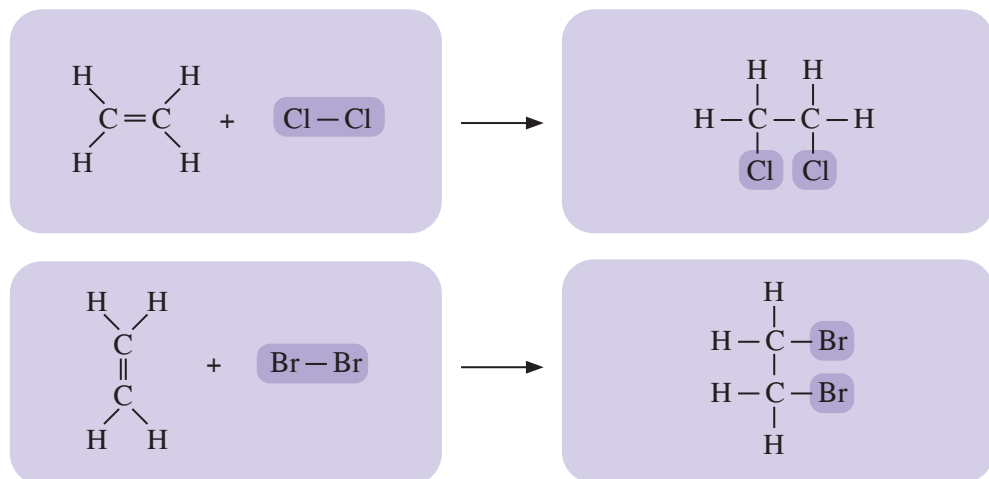


ปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดดังสมการ

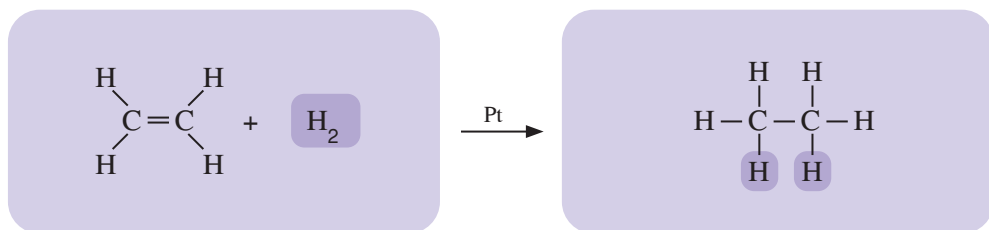


2. ปฏิกิริยาการเติม (addition reaction) เป็นปฏิกิริยาที่แอลคีนสลายพันธะคู่แล้วทำปฏิกิริยากับสารอื่น ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอิ่มตัว เช่น

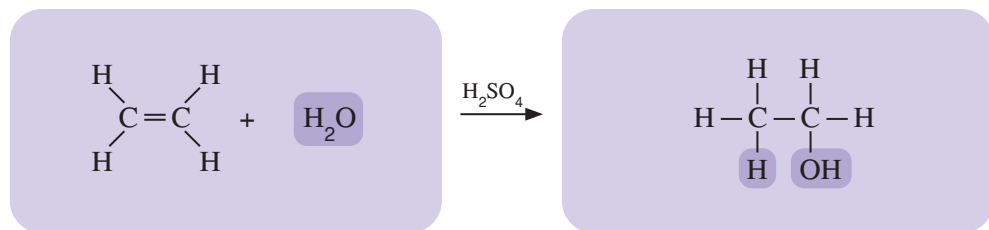
1) ปฏิกิริยาการเติมธาตุแฮโลเจน เรียกว่า ปฏิกิริยาแฮโลจีเนชัน (halogenation reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ Cl_2 หรือ Br_2 สามารถรวมตัวกับแอลคีนตรงพันธะคู่ โดยไม่ต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา และเกิดได้ทั้งในที่ที่มีแสงสว่างและในที่มืด และไม่เกิดแก๊สไฮโดรเจนแฮไลด์ (HX)



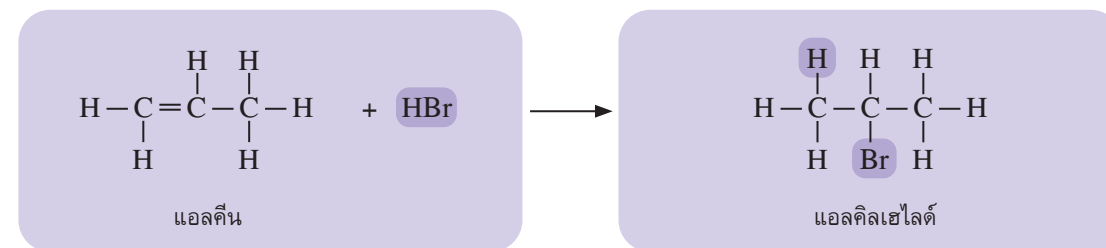
2) ปฏิกิริยาการเติมแก๊สไฮโดรเจน เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation reaction) โดยแอลคีนจะรวมตัวกับ H_2 ได้เป็นแอลเคน โดยมี Pt Ni หรือ Pd เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



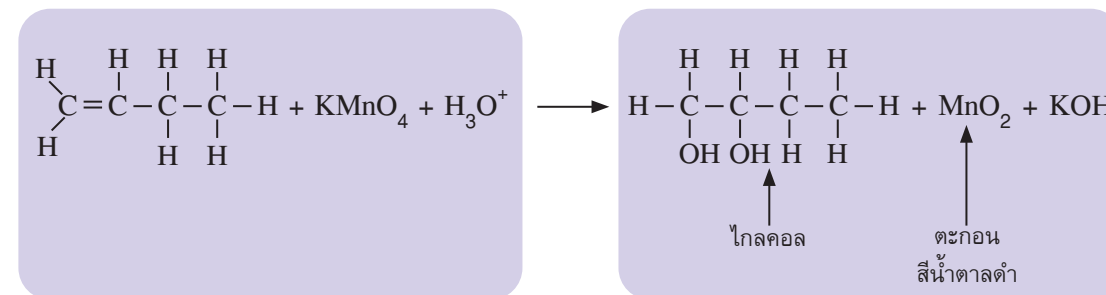
3) ปฏิกิริยาการเติมน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) โดยแอลคีนจะรวมตัวกับ H_2O ได้เป็นแอลกอฮอล์ โดยมีกรด H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



4) ปฏิกิริยาการเติม HCl HBr และ HI เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรแฮโลจีเนชัน (hydrohalogenation reaction) โดยแอลคีนจะรวมตัวกับ HCl HBr หรือ HI ได้เป็นแอลคิลแฮไลด์



3. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) เป็นปฏิกิริยาที่แอลคีนพอกจางสีหรือทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารละลายกรด ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไกลคอล (glycol) และมีตะกอนสีน้ำตาลดำของ MnO_2 เกิดขึ้น



การเรียกชื่อแอลคีนตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

1. เรียกชื่อโครงสร้างหลักตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการเรียกชื่อแอลเคน แต่ลงท้ายเสียงเป็น -ีน (-ene)

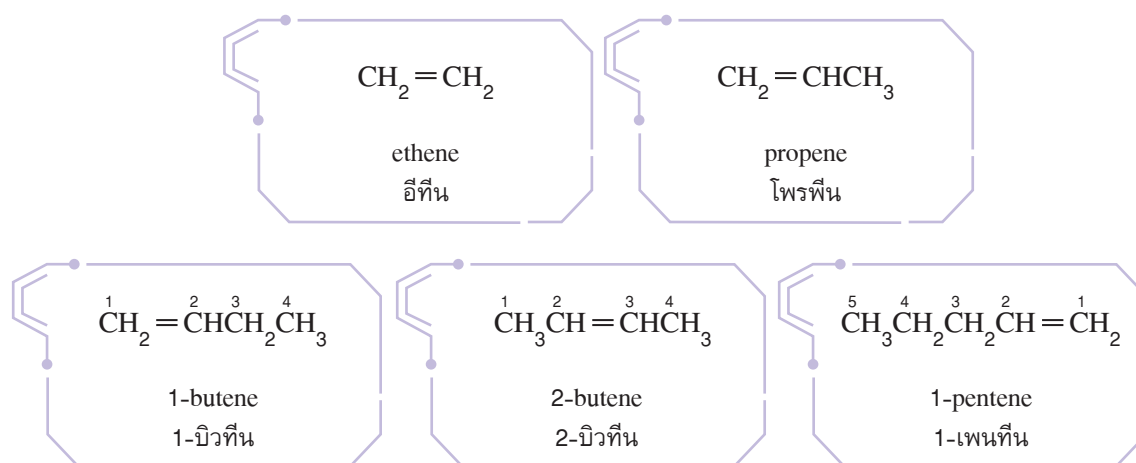
ตารางที่ 1.6 : สูตรและชื่อของสารประกอบแอลคีนไซ่ตรงบางชนิด

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	สูตรโมเลกุล	ชื่อสารประกอบแอลคีน
2	C_2H_4	อีทีน (ethene)
3	C_3H_6	โพรพีน (propene)
4	C_4H_8	บิวทีน (butene)
5	C_5H_{10}	เพนทีน (pentene)
6	C_6H_{12}	เฮกซีน (hexene)

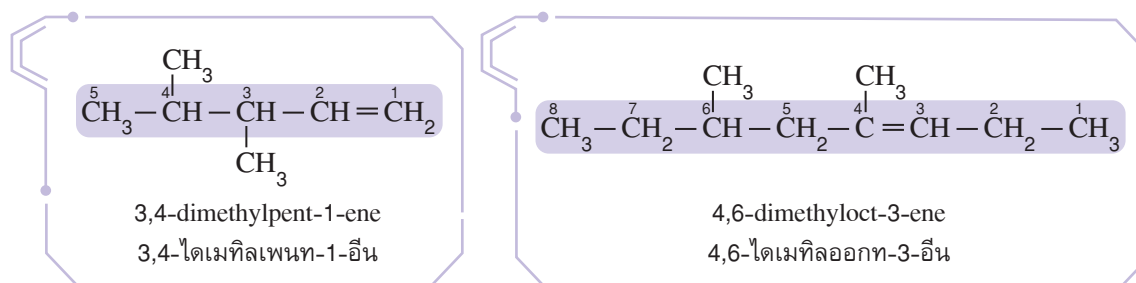
ตารางที่ 1.6 : สูตรและชื่อของสารประกอบแอลคีนไฮโดรคาร์บอนบางชนิด (ต่อ)

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	สูตรโมเลกุล	ชื่อสารประกอบแอลคีน
7	C_7H_{14}	เฮปทีน (heptene)
8	C_8H_{16}	ออกทีน (octene)
9	C_9H_{18}	โนนีน (nonene)
10	$C_{10}H_{20}$	เดซีน (decene)

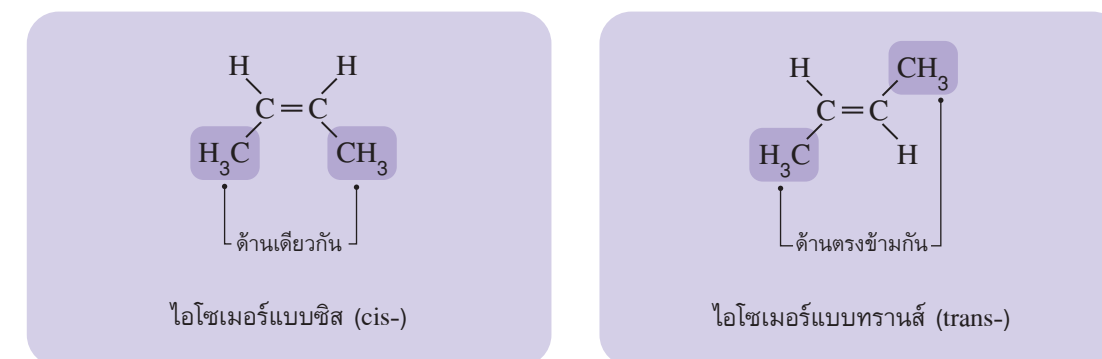
2. แสดงตำแหน่งของพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนซึ่งเริ่มต้นจากปลายโซ่ด้านใดก็ได้ที่ทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่เป็นตัวเลขที่น้อยที่สุด แล้วเขียนตัวเลขไว้หน้าชื่อของแอลคีน ยกเว้นอีทีนและโพรพีนไม่ต้องแสดง



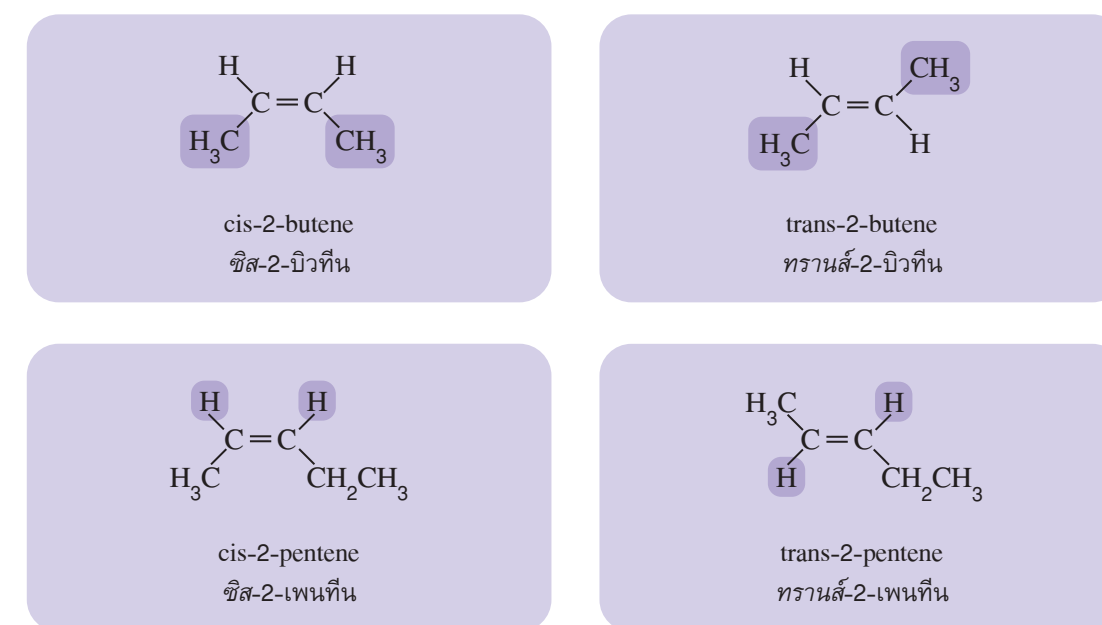
3. การเรียกชื่อแอลคีนไฮโดรคาร์บอนให้ เลือกโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ยาวที่สุดและมีพันธะคู่อยู่ในสายโซ่ เริ่มต้นจากปลายที่ทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่อยู่ในตำแหน่งที่น้อยที่สุด แล้วเรียกชื่อโซ่หลักและระบุตำแหน่งของพันธะคู่ แล้วลงท้ายด้วย -ีน (-ene) หมู่แอลคิลเรียกเหมือนแอลเคน และเขียนไว้ด้านหน้าชื่อ



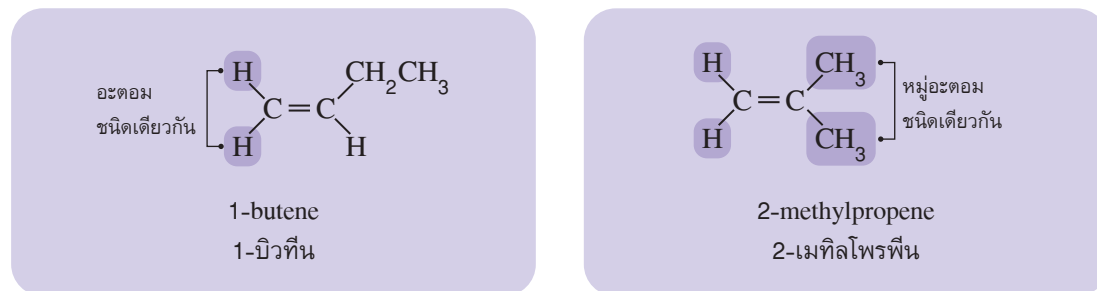
สารประกอบแอลคีนบางชนิดถึงแม้จะมีสูตรโครงสร้างเหมือนกัน แต่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างกัน เนื่องจากอะตอมหรือหมู่อะตอมที่แต่ละด้านของพันธะคู่มีการจัดเรียงตัวใน 3 มิติ แตกต่างกัน ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะนี้จัดเป็นไอโซเมอร์อีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า ไอโซเมอร์เรขาคณิต (geometric isomer) อาจจะเป็นไอโซเมอร์แบบซิสหรือไอโซเมอร์แบบทรานส์ โดยซิส คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดอยู่ด้านเดียวกันของพันธะคู่ ส่วนทรานส์ คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันอยู่ในด้านตรงข้ามกัน



การเรียกชื่อแอลคีนที่มีไอโซเมอร์แบบซิสหรือทรานส์ ให้ใช้คำว่า ซิส- หรือทรานส์- นำหน้าชื่อของแอลคีนและเขียนด้วยตัวเอน

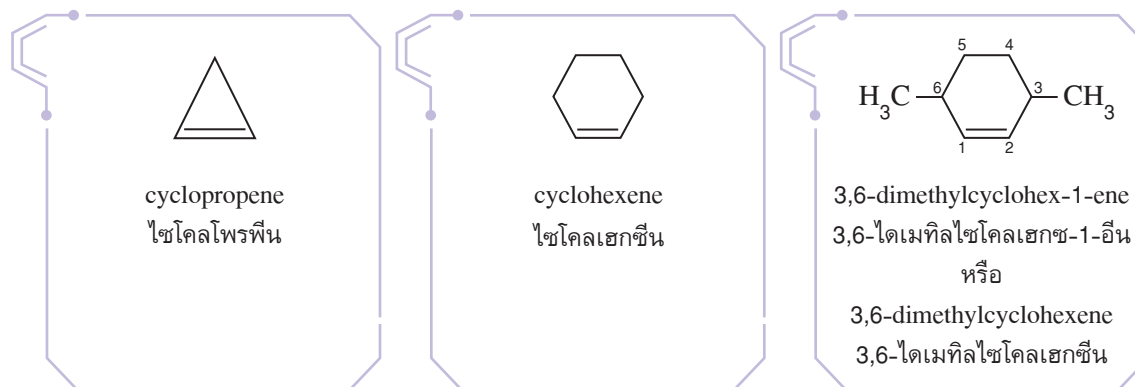


สำหรับแอลคีนที่คาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่มีอะตอมหรือกลุ่มอะตอมชนิดเดียวกัน จะไม่มีไอโซเมอร์เรขาคณิต



แอลคีนที่มีโครงสร้างเป็นวง เรียกว่า **ไซโคลแอลคีน** (cycloalkene) โดยไซโคลแอลคีนที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ จะมีจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนน้อยกว่าแอลคีนที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากันอยู่ 2 อะตอม ดังนั้น จึงมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n-2} ซึ่งสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของไซโคลแอลคีนจะมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับแอลคีน

การเรียกชื่อไซโคลแอลคีนทำได้เช่นเดียวกับการเรียกชื่อไซโคลแอลเคน โดยถ้ามีหมู่แทนที่ ให้ระบุตำแหน่งของพันธะคู่และหมู่แทนที่ด้วย

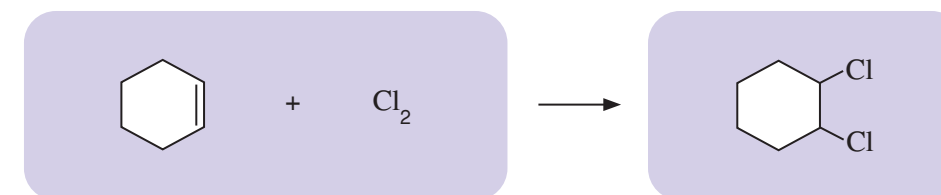


สมบัติทางกายภาพของไซโคลแอลคีน มีดังนี้

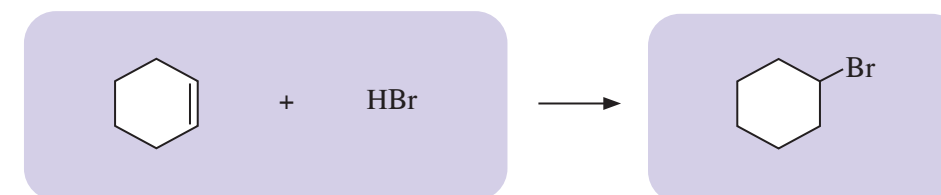
1. ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน อีเทอร์
2. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวจะมีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น

เนื่องจากไซโคลแอลคีนมีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน 1 พันธะ จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีได้คล้ายกับแอลคีน ได้แก่ ปฏิกิริยาการเติมตรงตำแหน่งพันธะคู่ ตัวอย่างเช่น

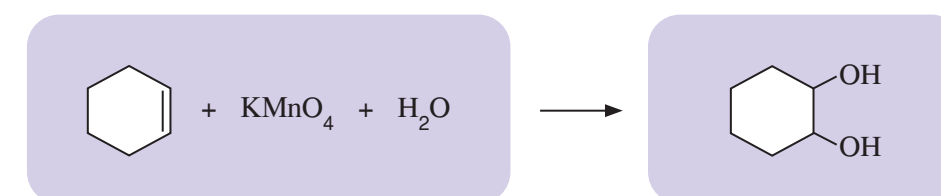
1) ปฏิกิริยาการเติมธาตุแฮโลเจนหรือปฏิกิริยาแฮโลจีเนชัน



2) ปฏิกิริยาไฮโดรแฮโลจีเนชัน

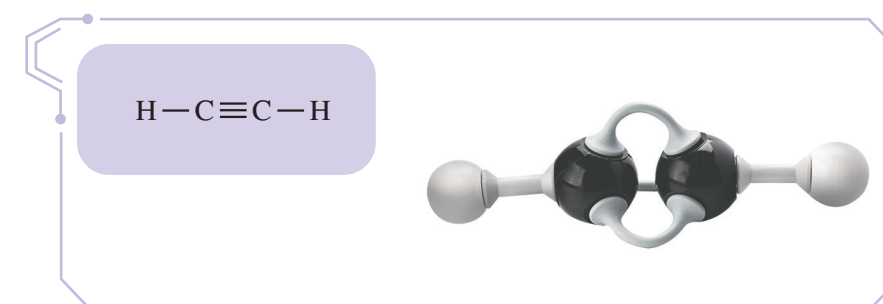


3) ปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต



2.3 แอลไคน์

แอลไคน์ (alkyne) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ภายในโมเลกุลจะมีพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอนอย่างน้อย 1 พันธะ มีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n-2} (เมื่อ n เป็นจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล)



▲ ภาพที่ 1.6 สูตรโครงสร้างและแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของอีไทม์ (C_2H_2)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

สมบัติทางกายภาพของแอลไคน์

เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์

ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ เมื่อแอลไคน์มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวก็จะมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 1.7 : จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลไคน์ใช้ตรงบางชนิด

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	สูตรโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
2	C ₂ H ₂	-80.7*	-84.7**
3	C ₃ H ₄	-102.7	-23.2
4	C ₄ H ₆	-125.7	8.1
5	C ₅ H ₈	-90.0	40.1
6	C ₆ H ₁₀	-131.9	71.3
7	C ₇ H ₁₂	-81.0	99.7
8	C ₈ H ₁₄	-79.3	126.3

หมายเหตุ : *จุดหลอมเหลวภายใต้อุณหภูมิและความดันที่มีทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สอยู่ร่วมกันในภาวะสมดุล

**อุณหภูมิที่เกิดการระเหิด

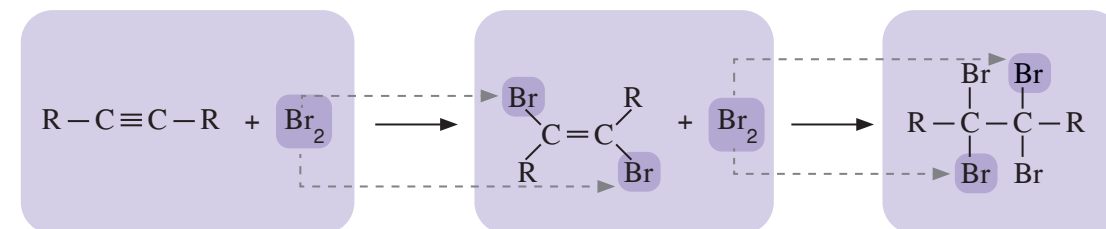
ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลไคน์ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (combustion reaction) การเผาไหม้แอลไคน์ในบรรยากาศปกติหรือมีออกซิเจนน้อย จะให้เขม่ามากกว่าแอลคีน แต่ถ้าเผาในบริเวณที่มีออกซิเจนมากเกินไป จะไม่มีเขม่า ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานความร้อนออกมา เช่น

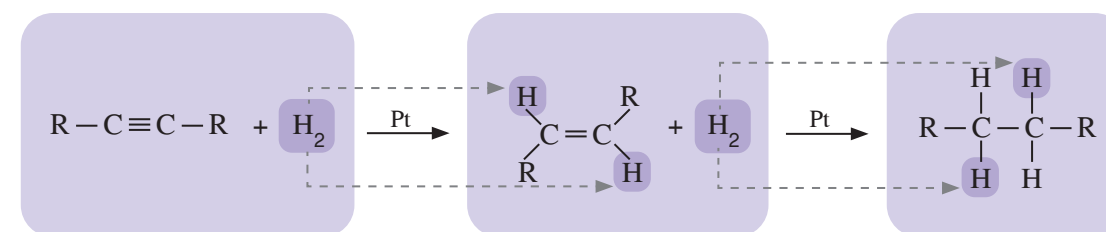


2. ปฏิกิริยาการเติม (addition reaction) เป็นปฏิกิริยาที่แอลไคน์สลายพันธะสาม แล้วทำปฏิกิริยากับสารอื่น ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอิ่มตัว

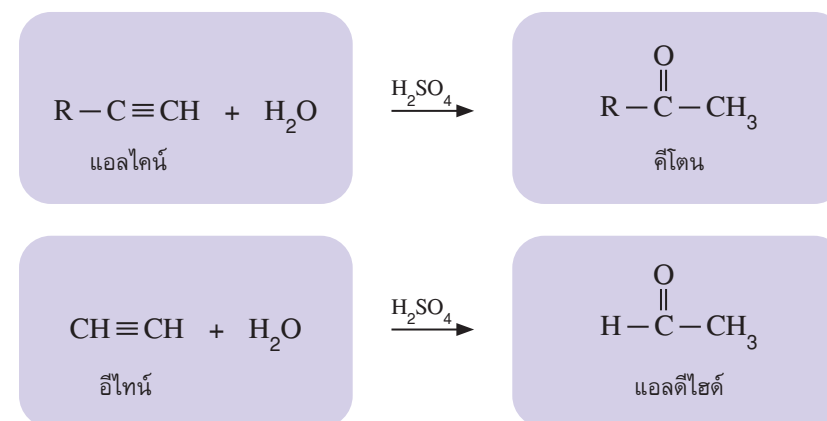
1) ปฏิกิริยาการเติมธาตุแฮโลเจน เรียกว่า ปฏิกิริยาแฮโลจีเนชัน (halogenation reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ Cl₂ Br₂ สามารถรวมตัวกับแอลไคน์ตรงพันธะสาม โดยไม่ต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดได้ทั้งในที่ที่มีแสงสว่างและที่มืด และไม่เกิดแก๊สไฮโดรเจนแฮไลด์ (HX)



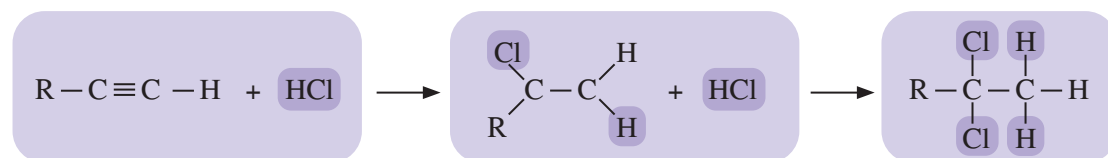
2) ปฏิกิริยาการเติมแก๊สไฮโดรเจน เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation reaction) โดยแอลไคน์จะรวมตัวกับ H₂ ได้เป็นแอลคีนและแอลเคน ตามลำดับ โดยมี Pt Ni หรือ Pd เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



3) ปฏิกิริยาการเติมน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) โดยแอลไคน์จะรวมตัวกับ H₂O โดยมีกรด H₂SO₄ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นคีโตน ยกเว้นอีไทน์จะได้แอลดีไฮด์



4) ปฏิกิริยาการเติม HCl HBr และ HI เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรแฮโลจีเนชัน (hydrohalogenation reaction) โดยแอลไคโน้จะรวมตัวกับ HCl HBr หรือ HI ได้เป็นแอลคิลแฮไลด์ และไดแฮโลแอลเคน

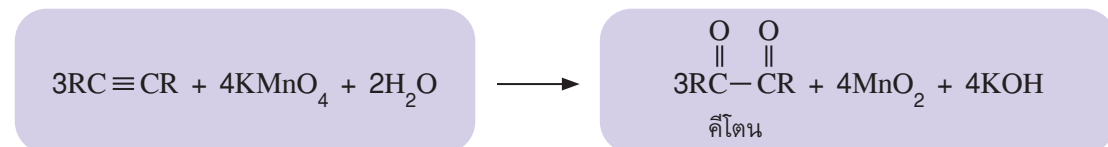


3. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) เป็นปฏิกิริยาที่แอลไคโน้ฟอกจางสีหรือทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เกิดตะกอนสีน้ำตาลดำของ MnO_2

- แอลไคโน้ที่มีพันธะสามอยู่ที่อะตอมของคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 จะเกิดปฏิกิริยา ได้กรดคาร์บอกซิลิก ดังสมการ



- แอลไคโน้ที่มีพันธะสามอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งอื่น เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะได้คีโตน ดังสมการ



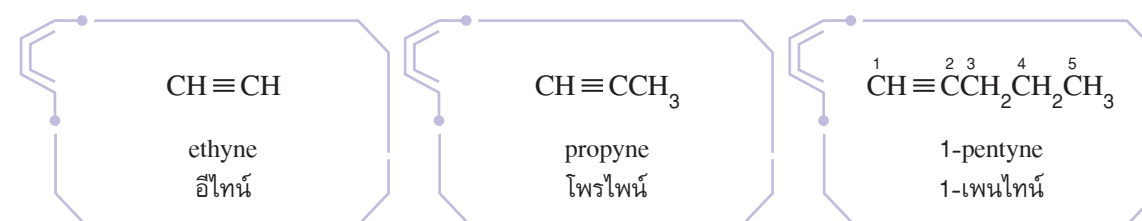
การเรียกชื่อแอลไคโน้ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

1. เรียกชื่อโครงสร้างหลักตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการเรียกชื่อแอลเคนและแอลคีน แต่ลงท้ายเสียงเป็น ไนน์ (-yne)

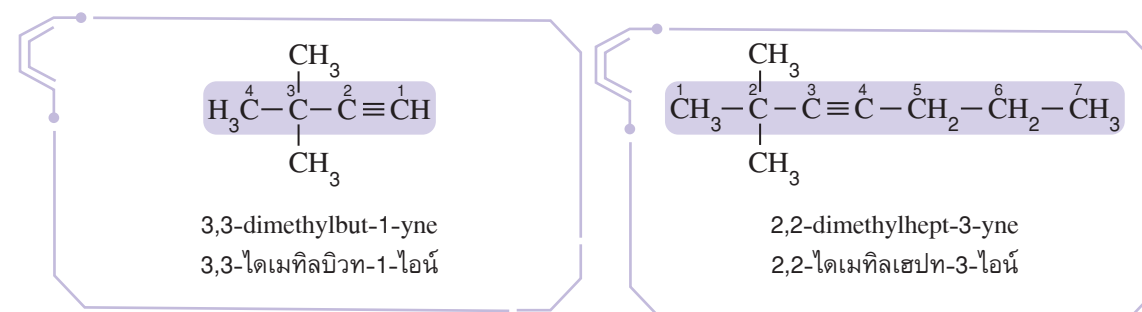
ตารางที่ 1.8 : สูตรและชื่อของสารประกอบแอลไคโน้ตรงบางชนิด

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	สูตรโมเลกุล	ชื่อสารประกอบแอลไคโน้
2	C_2H_2	อีไทน (ethyne)
3	C_3H_4	โพรไพน์ (propyne)
4	C_4H_6	บิวไทน์ (butyne)
5	C_5H_8	เพนไทน์ (pentyne)
6	C_6H_{10}	เฮกไซน์ (hexyne)

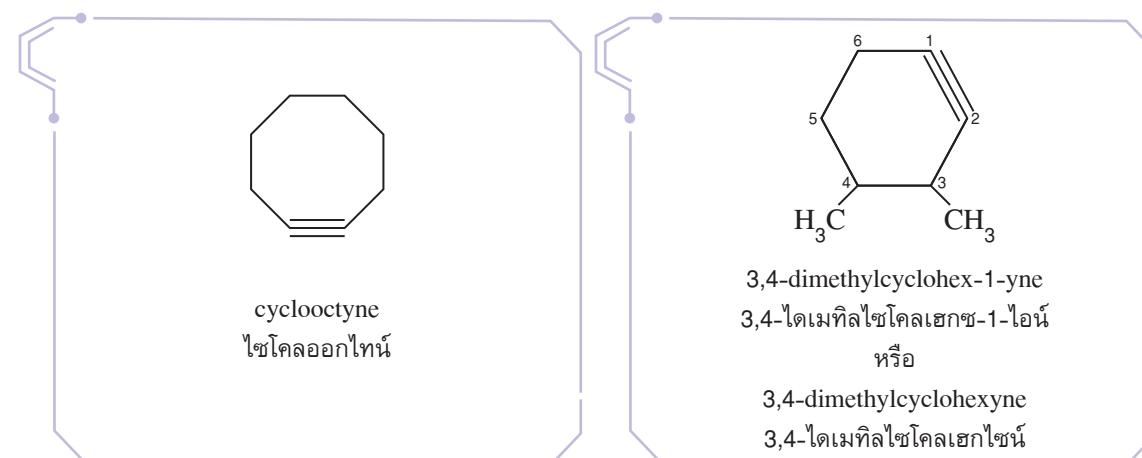
2. แสดงตำแหน่งของพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน ซึ่งเริ่มต้นจากปลายโซ่ด้านใดก็ได้ที่ทำให้ตำแหน่งของพันธะสามเป็นตัวเลขที่น้อยที่สุด แล้วเขียนตัวเลขไว้หน้าชื่อของแอลไคโน้ ยกเว้นอีไทนและโพรไพน์ไม่ต้องแสดง



3. การเรียกชื่อแอลไคโน้โซ่กิ่ง ให้เลือกโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ยาวที่สุดและมีพันธะสามอยู่ในสายโซ่ เริ่มต้นจากปลายที่ทำให้ตำแหน่งของพันธะสามอยู่ในตำแหน่งที่น้อยที่สุด แล้วเรียกชื่อโซ่หลักและระบุตำแหน่งของพันธะสาม แล้วลงท้ายด้วย ไนน์ (-yne) หมู่แอลคิลเรียกเหมือนแอลเคน และเขียนไว้ด้านหน้า



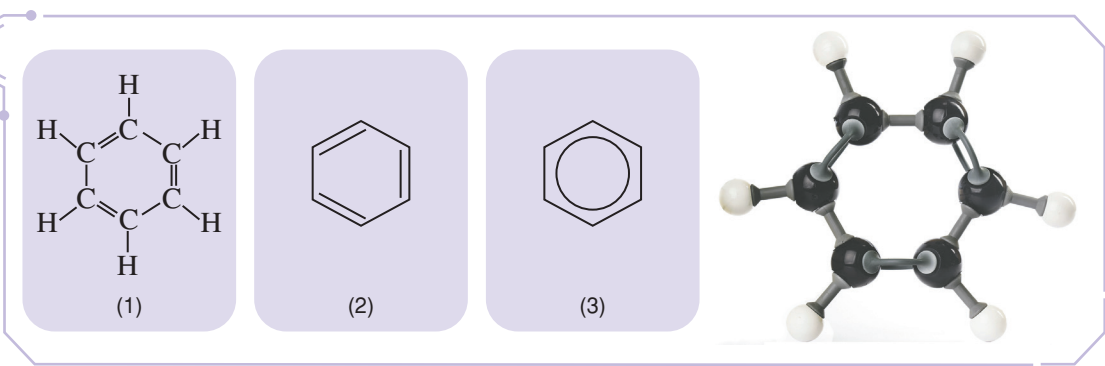
สำหรับแอลไคโน้ที่เป็นวง เรียกว่า **ไซโคลแอลไคโน้** (cycloalkyne) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัวที่มีสมบัติคล้ายแอลไคโน้ การเรียกชื่อไซโคลแอลไคโน้ทำได้เช่นเดียวกับการเรียกชื่อไซโคลแอลเคน โดยถ้ามีหมู่แทนที่ให้ระบุตำแหน่งของพันธะสามและหมู่แทนที่ด้วย



2.4 อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

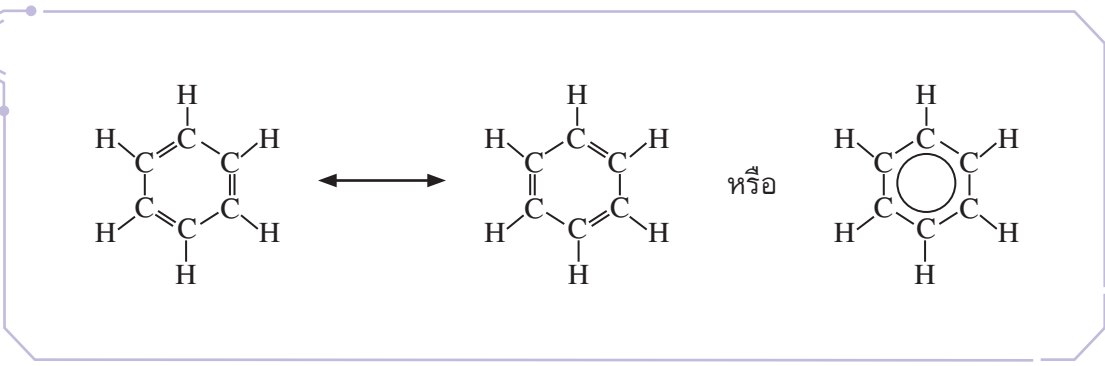
อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีเบนซีนเป็นองค์ประกอบหรือเป็นอนุพันธ์ของเบนซีน

โมเลกุลของเบนซีนประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม ต่อกันเป็นวง โดยคาร์บอนทุกอะตอมอยู่ในระนาบเดียวกัน และต่อกับไฮโดรเจนอีก 1 อะตอม ซึ่งพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนทั้ง 6 พันธะ มีความยาวเท่ากัน คือ 139 พิโกเมตร ซึ่งเป็นค่าระหว่างความยาวพันธะของคาร์บอนที่เป็นพันธะเดี่ยว (154 พิโกเมตร) กับพันธะคู่ (134 พิโกเมตร) และมีมุมระหว่างพันธะเท่ากันทุกมุม คือ 120 องศา เบนซีนจึงมีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_6

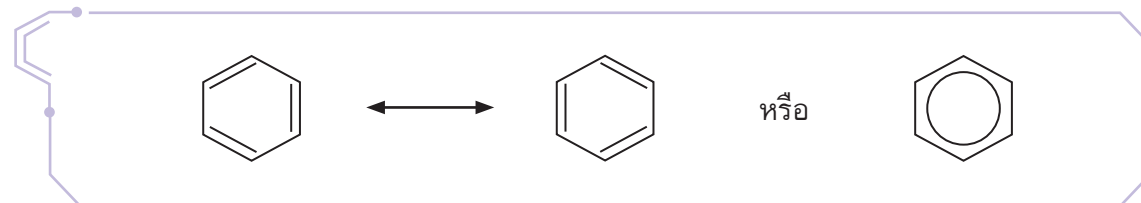


▲ ภาพที่ 1.7 สูตรโครงสร้างและแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของเบนซีน (C_6H_6)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

เนื่องจากอิเล็กตรอนในพันธะคู่ของวงเบนซีนไม่ได้อยู่ประจำที่เหมือนในแอลคีน การเขียนสูตรโครงสร้างของเบนซีนจึงควรเขียนเป็นโครงสร้างเรโซแนนซ์ ดังนี้



หรือเขียนเป็นโครงสร้างแบบเส้นและมุมได้ ดังนี้



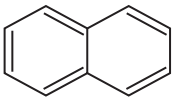
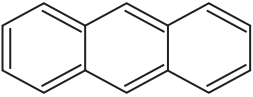
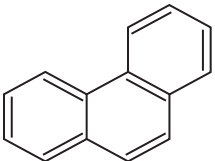
สมบัติทางกายภาพของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

- เป็นของเหลวใส ไม่มีสีจนถึงสีเหลืองอ่อน ๆ และมีกลิ่นเฉพาะตัว
- ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงละลายได้ในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน
- ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ แรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ จึงทำให้จุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่าสารอื่นที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1.9 : จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน				
ชื่อสารประกอบ	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
เบนซีน	C_6H_6		5.5	80.1
เมทิลเบนซีน (โทลูอิน)	C_7H_8		-95	111
เอทิลเบนซีน	C_8H_{10}		-94	136

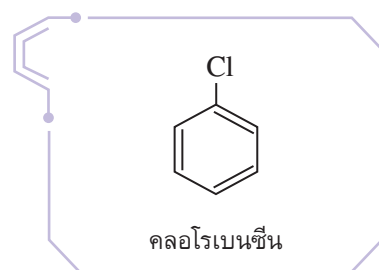
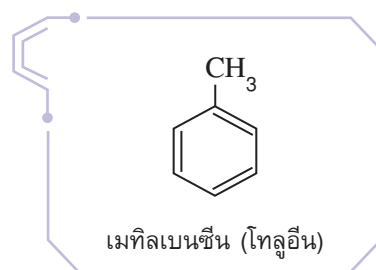


ตารางที่ 1.9 : จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (ต่อ)

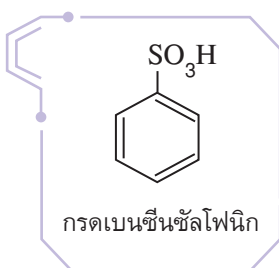
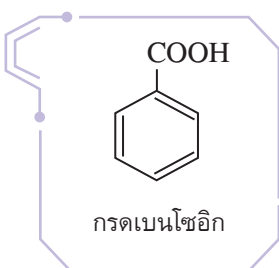
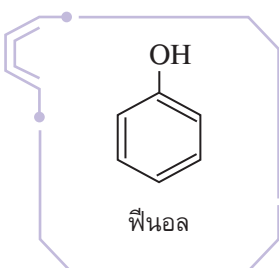
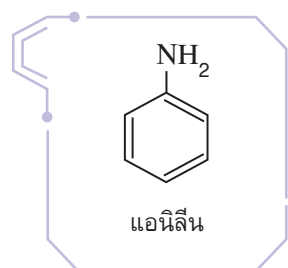
ชื่อสารประกอบ	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
แนฟทาลีน	C ₁₀ H ₈		80.3	217.9
แอนทราซีน	C ₁₄ H ₁₀		215.8	339.9
ฟิแนนทรีน	C ₁₄ H ₁₀		99.2	340.0

การเรียกชื่ออะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

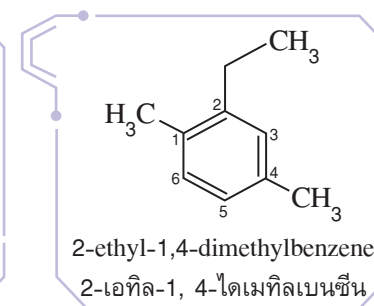
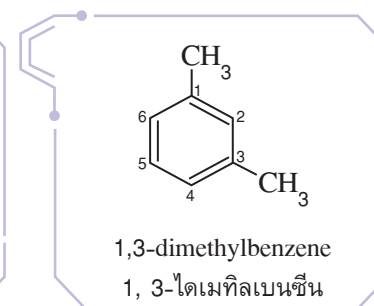
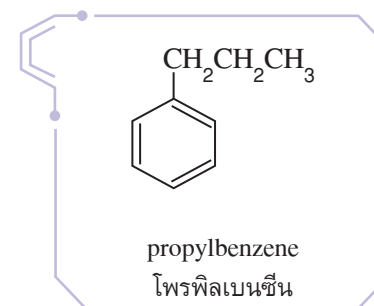
1. เมื่อมีหมู่แอลคิล 1 หมู่ สร้างพันธะกับวงเบนซีน ให้เรียกชื่อส่วนที่มาต่อ แล้วจึงอ่านชื่อเบนซีน หรืออาจเรียกชื่อเฉพาะ เช่น



อนุพันธ์เบนซีนบางตัวมีชื่อเฉพาะ ให้เรียกชื่อเฉพาะนั้น เช่น

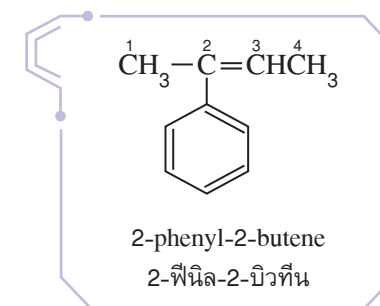


2. ถ้ามีหมู่แอลคิลหรืออะตอมของธาตุอื่นมาสร้างพันธะกับวงเบนซีนมากกว่า 1 หมู่ ให้กำหนดตำแหน่งอะตอมของคาร์บอน โดยเริ่มจากอะตอมที่หมู่แอลคิลต่ออยู่เป็นตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งต่อ ๆ ไป นับไปทางด้านที่มีหมู่แอลคิลที่ต่ออยู่ใกล้กับตำแหน่งที่ 1 มากที่สุด และเรียกชื่อตามหลักการเรียกชื่อของแอลเคนที่มีโซ่กิ่ง แล้วเปลี่ยนเสียงท้ายเป็นเบนซีน เช่น



โมเลกุลของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่เสียอะตอมของไฮโดรเจนตั้งแต่ 1 อะตอมขึ้นไป เรียกว่า หมู่แอริล (aryl group) ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ Ar- หรือ  หรือ C₆H₅- เรียกชื่อว่า หมู่ฟีนิล (phenyl group)

เมื่อเบนซีนเป็นหมู่แทนที่ จะใช้คำว่า ฟีนิล แทนเบนซีน เช่น



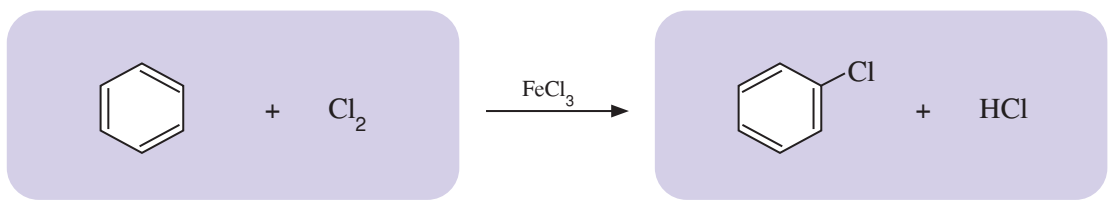
ปฏิกิริยาที่สำคัญของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาเผาไหม้ (combustion reaction) การเผาไหม้อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศปกติหรือมีออกซิเจนน้อย จะให้เขม่ามากกว่าแอลคีนและแอลคีน แต่ถ้าเผาในบริเวณที่มีออกซิเจนมากเกินพอ จะไม่เกิดเขม่า ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานความร้อนออกมา

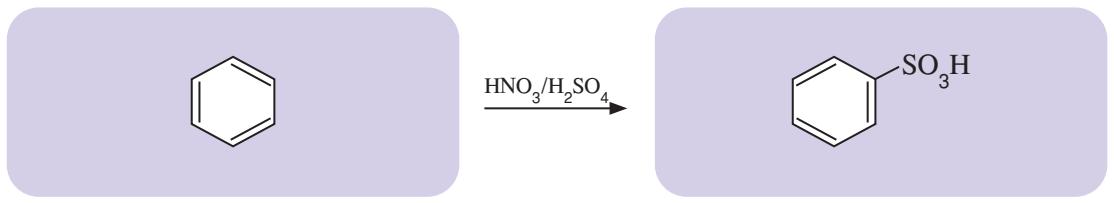


2. ปฏิกิริยาการแทนที่ (substitution reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ไฮโดรเจนอะตอมในอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนถูกแทนที่ด้วยอะตอมของธาตุหรือสารอื่น ตัวอย่างเช่น

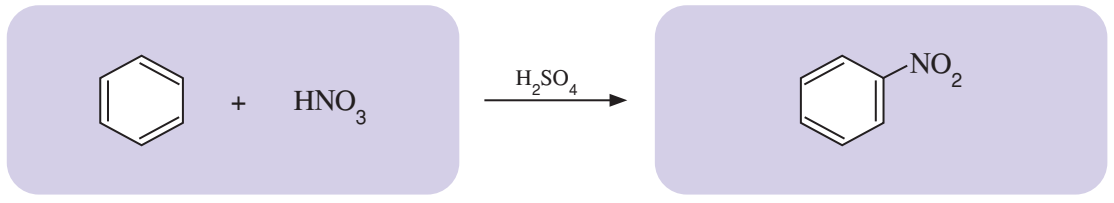
1) ปฏิกิริยาแทนที่ด้วยแฮโลเจน (halogenation reaction) เบนซีนจะทำปฏิกิริยากับ Cl_2 หรือ Br_2 โดยมีผง Fe หรือ FeCl_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก๊สไฮโดรเจนแฮไลด์เป็นผลิตภัณฑ์ ดังนี้



2) ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (sulfonation reaction) เบนซีนจะทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 เข้มข้น ได้กรดซัลโฟนิกเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนี้



3) ปฏิกิริยานิเตรชัน (nitration reaction) เบนซีนจะทำปฏิกิริยากับกรด HNO_3 โดยมีกรด H_2SO_4 เข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ไนโตรเบนซีนเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนี้



สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรม การผลิตยา สีย้อม พลาสติก และใช้เป็นตัวทำละลาย เช่น เมทิลเบนซีนหรือโทลูอีน ใช้เป็นตัวทำละลาย ใช้ทำสี ยา และวัตถุระเบิด ไนโตรเบนซีนใช้ในการผลิตแอนิลีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสีย้อมและยา ฟีนอลใช้ในการผลิตสีย้อม ยา และพลาสติก

จากการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สามารถเปรียบเทียบสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ดังตารางที่ 1.10

ตารางที่ 1.10 : สมบัติและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

สมบัติ/ปฏิกิริยา	แอลเคน	แอลคีน	แอลไคน์	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
สูตรทั่วไป	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	C_nH_{2n}	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	-
สี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	มีกลิ่นเฉพาะตัว	มีกลิ่นเฉพาะตัว	มีกลิ่นเฉพาะตัว
ขั้วโมเลกุล	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
พันธะ	พันธะเดี่ยวทั้งหมด	พันธะคู่อย่างน้อย 1 แห่ง	พันธะสามอย่างน้อย 1 แห่ง	พันธะคู่อย่างน้อย 3 แห่ง
การละลายน้ำ	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
การละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน
จุดเดือด	ต่ำ	ต่ำที่สุด	สูง	สูงที่สุด
ความหนาแน่น	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ
การเผาไหม้	ไม่มีเขม่า	มีเขม่า	มีเขม่ามาก	มีเขม่ามากที่สุด
การฟอกสี Br_2 • ในที่มีด • ในที่สว่าง	ไม่ฟอกสี ฟอกสี	ฟอกสี ฟอกสี	ฟอกสี ฟอกสี	ไม่ฟอกสี ไม่ฟอกสี
การฟอกสี KMnO_4	ไม่ฟอกสี	ฟอกสี	ฟอกสี	ไม่ฟอกสี
ปฏิกิริยากับ H_2/Pt	ไม่เกิด	เกิด	เกิด	ไม่เกิด

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สามารถพบได้ในธรรมชาติ เช่น ยางไม้ ถ่านหิน ปิโตรเลียม และยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ซึ่งแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน คือ ปิโตรเลียม ซึ่งเกิดจากการทับถมและสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่คลุกเคล้าอยู่กับตะกอน ในชั้นกรวดทรายและโคลนตมใต้ผิวโลก เมื่อเวลาผ่านไปนับล้านปี ตะกอนนั้นจะจมตัวลง และถูกอัดด้วยความดันและความร้อนสูงในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนจำกัด ตะกอนจึงสลายตัวกลายเป็นแก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบแทรกอยู่ระหว่างชั้นหินที่มีรูพรุน และจากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ ทำให้แยกองค์ประกอบของน้ำมันดิบได้ ดังนี้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ กลุ่มแอลเคนหรือพาราฟิน กลุ่มแนฟทีนหรือไซโคลพาราฟิน และกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ของกำมะถัน สารประกอบไนโตรเจน สารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสารที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ

Core Concept

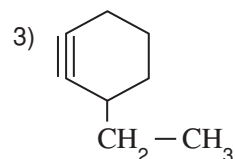
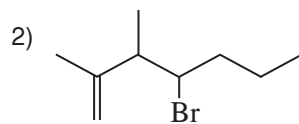
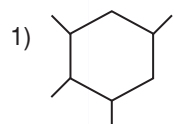
ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่อไปนี้



2. จงเขียนโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่อไปนี้

- 1) 5-เอทิล-2, 8-ไดเมทิลดีเคน
- 2) 1, 1-ไดคลอโร-2, 2-ไดฟลูออโรอีเทน
- 3) 1, 3-ไดเมทิลเบนซีน

3. จงเขียนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาต่อไปนี้

- 1) ปฏิกิริยาระหว่างเฮกเซนกับโบรมีน โดยเกิดในที่ที่มีแสงสว่าง
- 2) ปฏิกิริยาระหว่างอีเทนกับน้ำ โดยมีการดัดแปลงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



Key

Question

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

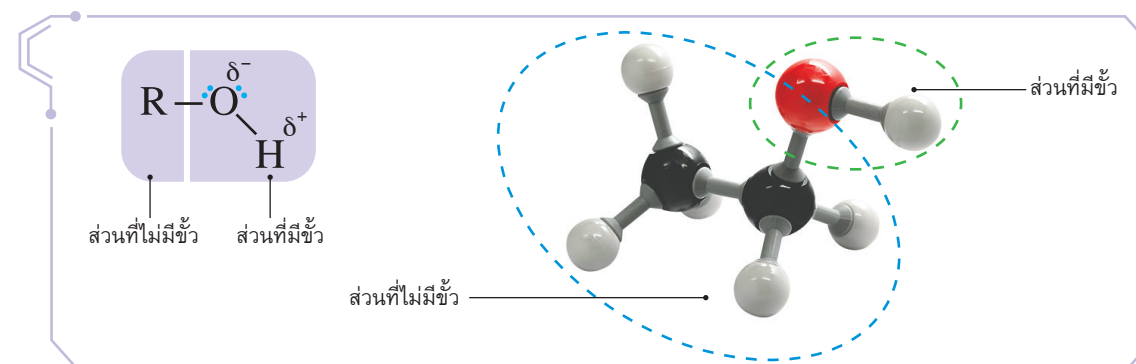
3 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ มีโครงสร้างของโมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน จึงทำให้มีหลายชนิด ได้แก่ แอลกอฮอล์

ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ นักเรียนจะได้ศึกษาสมบัติของสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ในลำดับต่อไป

3.1 แอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ (alcohol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งไฮโดรเจนถูกแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (hydroxyl group; $-\text{OH}$) มีสูตรทั่วไป เป็น $\text{R}-\text{OH}$ โดยโครงสร้างโมเลกุลของแอลกอฮอล์ประกอบด้วยส่วนที่มีขั้วและไม่ขั้ว



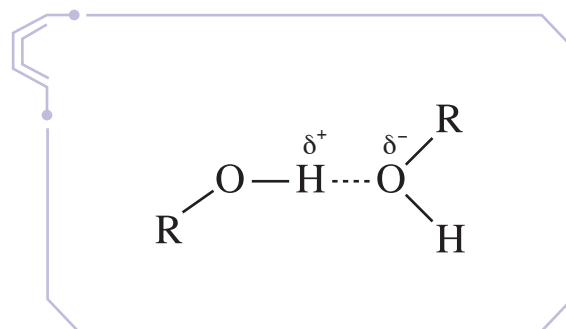
▲ ภาพที่ 1.8 สภาพขั้วในโมเลกุลของแอลกอฮอล์ (ซ้าย) แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (ขวา) ที่มา : คลังภาพ อจท.



สมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์

การละลายน้ำ แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอน 1-3 อะตอม จะละลายน้ำได้ดี เนื่องจากแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้ว จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ แต่เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำจะลดลง เนื่องจากโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีส่วนที่ไม่มีขั้วเพิ่มมากขึ้น สภาพขั้วโมเลกุลจึงลดลง การละลายน้ำจึงลดลงด้วย นอกจากนี้ การละลายน้ำของแอลกอฮอล์ยังขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุล ตำแหน่ง และจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลอีกด้วย

จุดเดือดของแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน เนื่องจากการเพิ่มจำนวนอะตอมของคาร์บอนทำให้แอลกอฮอล์มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น และมีมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีค่าสูงขึ้น ด้วย เนื่องจากแอลกอฮอล์เป็นโมเลกุลมีขั้ว แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจึงมีทั้งแรงลอนดอน และแรงดึงดูดระหว่างขั้ว รวมทั้งหมู่ไฮดรอกซิลยังสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย จึงทำให้แอลกอฮอล์มีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน



▲ ภาพที่ 1.9 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์กับแอลกอฮอล์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลกอฮอล์ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (combustion reaction) แอลกอฮอล์สามารถติดไฟได้ดี ไม่มีเขม่าและควัน ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานความร้อนออกมา เช่น



2. ปฏิกิริยากับโลหะที่ว่องไว แอลกอฮอล์ไม่เกิดปฏิกิริยากับ NaHCO_3 จึงไม่แสดงสมบัติเป็นกรด แต่สามารถเกิดปฏิกิริยากับโลหะที่ว่องไว (active metal) เช่น Na โดยโลหะจะเข้าไปแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนในหมู่ $-\text{OH}$ พร้อมได้แก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น

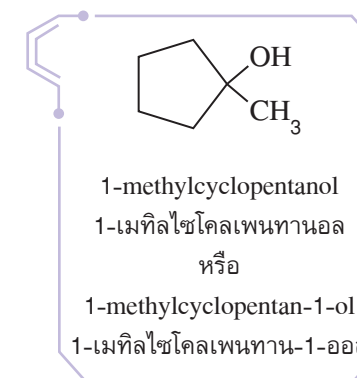
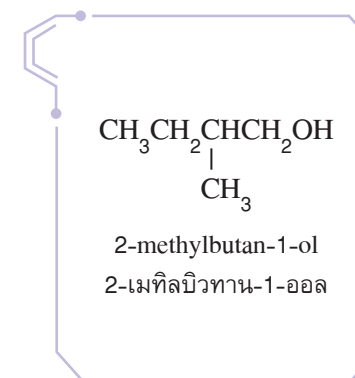
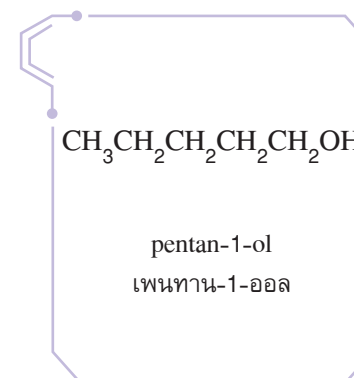
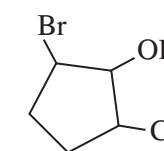


การเรียกชื่อแอลกอฮอล์ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

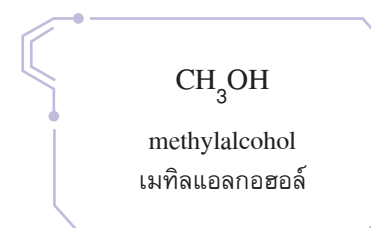
1. เลือกโซ่คาร์บอนที่ยาวที่สุดที่มีหมู่ $-\text{OH}$ เกาะอยู่ด้วยเป็นโซ่หลัก โดยให้คาร์บอนที่มีหมู่ $-\text{OH}$ เกาะอยู่เป็นตำแหน่งที่ต่ำที่สุด
2. เรียกชื่อโซ่หลักด้วยชื่อของแอลเคน ($-\text{ane}$) แต่ตัดตัว e ตัวสุดท้ายออก แล้วระบุตำแหน่งของหมู่ $-\text{OH}$ ตามด้วยคำลงท้าย $-\text{ol}$
3. การเรียกชื่อหมู่แทนที่หรือหมู่แอลคิล จะใช้หลักการเดียวกับการเรียกชื่อของแอลเคน พร้อมทั้งบอกตำแหน่งคาร์บอนที่มีหมู่แอลคิลเกาะอยู่
4. สำหรับโมเลกุลที่เป็นวง ให้ตำแหน่งคาร์บอนอะตอมที่มีหมู่ $-\text{OH}$ เกาะอยู่เป็นตำแหน่งที่ 1 เสมอ

Concept Question?

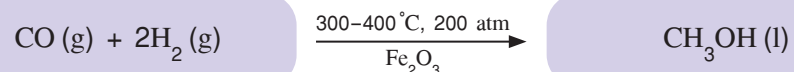
สารประกอบแอลกอฮอล์ต่อไปนี้ มีชื่อเรียกตามระบบ IUPAC ว่าอย่างไร



การเรียกชื่อแอลกอฮอล์ตามระบบสามัญจะนิยมใช้เรียกแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก โดยจะเรียกชื่อหมู่แอลคิลก่อน แล้วลงท้ายด้วยคำว่า แอลกอฮอล์ เช่น



แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนน้อยที่สุด คือ เมทานอลหรือเมทิลแอลกอฮอล์ แต่เดิมสามารถเตรียมเมทานอลได้จากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงในสภาวะที่ปราศจากอากาศ ปัจจุบันในอุตสาหกรรมสามารถเตรียมเมทานอลได้จากการสังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กับแก๊สไฮโดรเจน ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง โดยมีโลหะออกไซด์ เช่น Fe_2O_3 หรือ $\text{ZnO/Cr}_2\text{O}_3$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ



เมทานอลนำมาใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นเชื้อเพลิง และเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติก ยา และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เช่น พอร์มาลดีไฮด์ แต่เมทานอลเป็นสารที่อันตราย ถ้าเข้าสู่ร่างกายจะถูกออกซิไดส์เป็นพอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ ตาบอด และอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

แอลกอฮอล์อีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย คือ เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเตรียมได้จากการหมักน้ำตาลหรือแป้งในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยใช้เอนไซม์หลายชนิดในแบคทีเรียหรือยีสต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสมการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล เป็นดังนี้



สำหรับเอทานอลที่ใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะผลิตจากกระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพจากการหมักน้ำตาลกับยีสต์ เอทานอลนำมาใช้บริโภคในรูปของเหล้า เบียร์ และไวน์ แต่การบริโภคเครื่องดื่มที่มีเอทานอลเป็นองค์ประกอบในปริมาณมากเป็นประจำจะทำให้เกิดอันตรายต่อตับและระบบประสาทได้ นอกจากนี้ เอทานอลยังนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในการผลิตน้ำหอม และยา ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ นำมาผสมกับน้ำมันเบนซินจะได้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสีย้อม ยา เครื่องสำอาง และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เช่น กรดแอสซิดิก



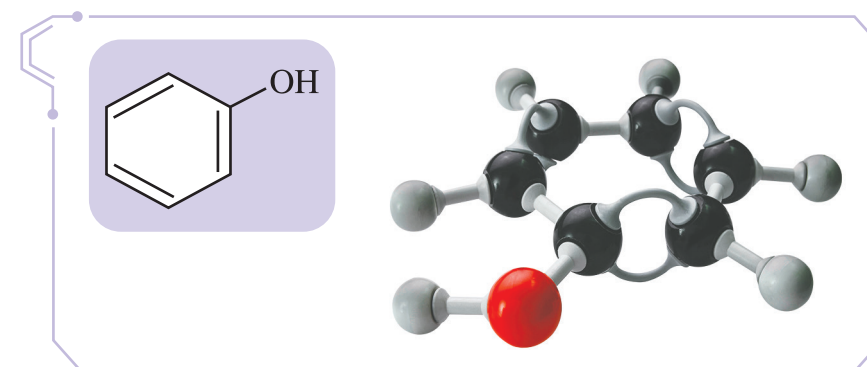
Chemistry Focus

การเตรียมเอทานอลจากการหมัก

เอทานอลที่เตรียมได้จากการหมักสารตั้งต้นต่างชนิดกัน จะมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น เอทานอลที่เตรียมจากน้ำองุ่น (กลูโคส) จะเรียกว่า ไวน์ เอทานอลที่เตรียมจากมันฝรั่ง (แป้ง) จะเรียกว่า วอดก้า เอทานอลที่เตรียมจากข้าวบาร์เลย์หรือข้าวสาลี จะเรียกว่า เบียร์ เอทานอลที่ได้จากกระบวนการหมักจะมีประมาณร้อยละ 12 ในการทำวิสกี้ รัม วอดก้า และอื่น ๆ จะต้องใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 40-60 จึงต้องนำผลผลิตที่ได้จากการหมักทั้งหมดมากลั่นอีกครั้งเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์

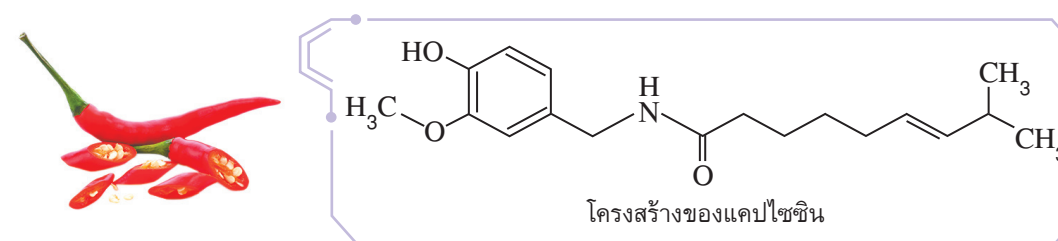
3.2 ฟีนอล

ฟีนอล (phenol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group; $-\text{OH}$) ต่ออยู่กับหมู่แอริล มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{Ar}-\text{OH}$ ซึ่งการที่หมู่ $-\text{OH}$ ต่ออยู่กับหมู่แอริล ทำให้สมบัติส่วนใหญ่ของฟีนอลแตกต่างจากแอลกอฮอล์ โดยฟีนอลจะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีจุดหลอมเหลว 41°C องศาเซลเซียส นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกบางชนิด ทำยา สีย้อม และยาฆ่าเชื้อโรค

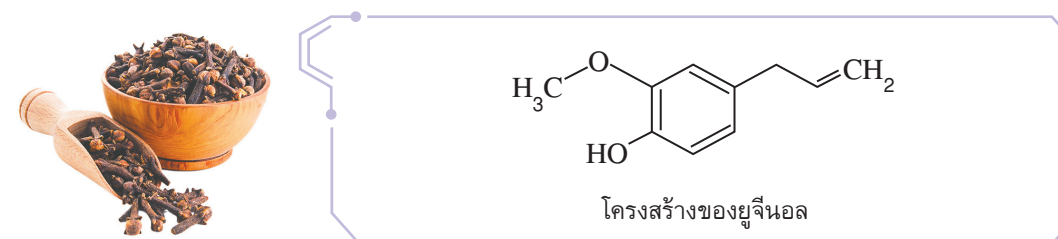


▲ ภาพที่ 1.10 สูตรโครงสร้างและแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ของฟีนอล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น



▲ ภาพที่ 1.11 แคปไซซิน เป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลที่พบมากบริเวณเยื่อแกนกลางสีขาวของพริก
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.12 ยูจีนอล เป็นน้ำมันหอมระเหยที่พบในกานพลู
ที่มา : คลังภาพ อจท.



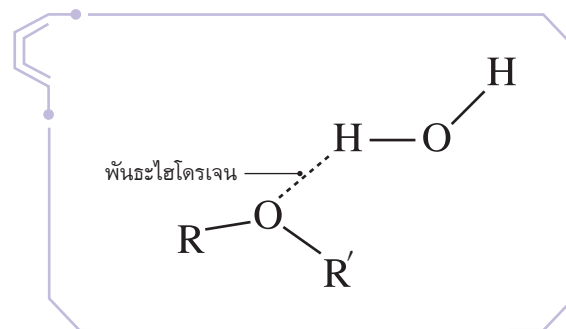
3.3 อีเทอร์

อีเทอร์ (ether) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่แอลคอกซี (alkoxy group; $-O-$) มีสูตรทั่วไปเป็น $R-O-R'$ มีสูตรโมเลกุลเหมือนแอลกอฮอล์และฟีนอล จึงเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับแอลกอฮอล์และฟีนอล

สมบัติทางกายภาพของอีเทอร์

โมเลกุลของอีเทอร์จะมีขั้วเพียงเล็กน้อย จึงมีจุดเดือดใกล้เคียงกับแอลเคนที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่จะมีจุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่เป็นไอโซเมอร์มาก เนื่องจากโมเลกุลของอีเทอร์ไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้เหมือนกับแอลกอฮอล์

อีเทอร์ที่มีมวลโมเลกุลน้อยจะละลายน้ำได้เล็กน้อย เพราะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างออกซิเจนของอีเทอร์กับไฮโดรเจนของน้ำได้



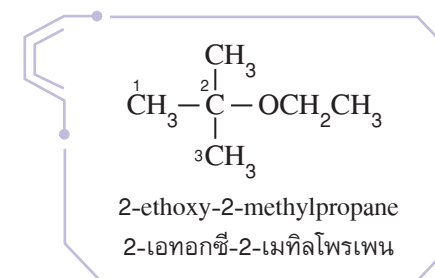
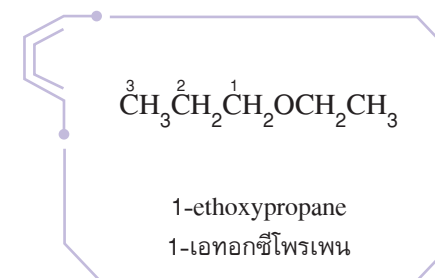
▲ ภาพที่ 1.13 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างออกซิเจนของอีเทอร์กับไฮโดรเจนของน้ำ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ตารางที่ 1.11 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของอีเทอร์บางชนิด

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	สภาพละลายได้ในน้ำที่ 20°C (g/น้ำ 100 g)
เมทอกซีมีเทน	CH_3OCH_3	-24.9	ละลายได้
เมทอกซีอีเทน	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	7.4	ละลายได้
เอทอกซีอีเทน	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	34.5	ละลายได้น้อย
เมทอกซีโพรเพน	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OCH}_3$	39.1	ละลายได้
เมทอกซีบิวเทน	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OCH}_3$	71	ไม่ละลาย

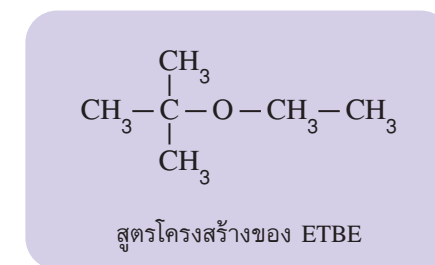
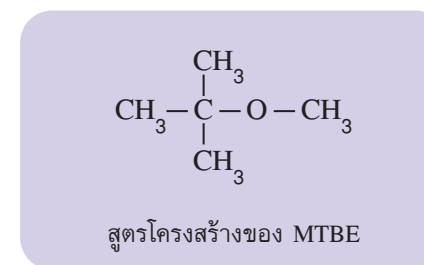
การเรียกชื่ออีเทอร์ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้

1. ให้พิจารณาหมู่ที่ต่อกับออกซิเจนทั้ง 2 หมู่ แล้วให้หมู่ที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่าเป็นชื่อหลัก ส่วนหมู่ที่มีคาร์บอนน้อยกว่าให้เรียกรวมกับออกซิเจนเป็นหมู่แอลคอกซี ($-OR$)
2. กำหนดตัวเลขตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลักที่ต่อกับหมู่ $-OR$ เป็นตัวเลขน้อยที่สุด แล้วเรียกชื่ออีเทอร์โดยระบุตำแหน่งและชื่อของหมู่ $-OR$ โดยลงท้ายด้วย -อกซี ($-oxy$) ตามด้วยชื่อหลักของแอลเคน



ในอดีตมีการนำ 1-เอทอกซีอีเทน ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$) ซึ่งนิยมเรียกว่า อีเทอร์ มาใช้เป็นยาสลบ และยังใช้อีเทอร์เป็นตัวทำละลายในห้องปฏิบัติการและในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังมีอีเทอร์ชนิดอื่น ๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น

เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (methyl tertiary butyl ether; MTBE) เป็นสารประกอบอีเทอร์ที่นำมาเติมลงในน้ำมันเบนซิน เพื่อช่วยเพิ่มค่าออกเทนให้กับน้ำมันเบนซิน แต่น้ำมันเบนซินที่ผสมเมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะทำให้แหล่งน้ำใต้ดินเกิดการปนเปื้อนซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ในปี พ.ศ. 2541 ประเทศไทยจึงจำกัดปริมาณการใช้สารดังกล่าวในน้ำมันเบนซิน โดยให้ใช้เอทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (ethyl tertiary butyl ether; ETBE) แทนซึ่งเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตน้อยกว่า



▲ ภาพที่ 1.14 สูตรโครงสร้างของ MTBE และ ETBE
ที่มา : คลังภาพ อจท.



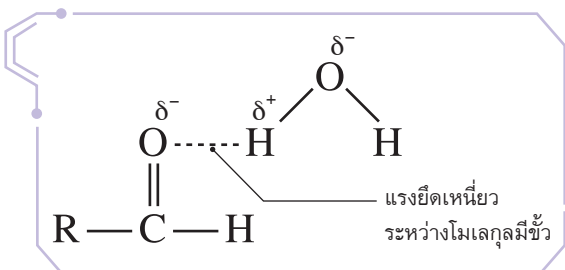
3.4 แอลดีไฮด์

แอลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ (carboxaldehyde; $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$ หรือ —CHO) มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{R—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$ หรือ RCHO หรือ $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ เมื่อ R เป็นหมู่แอลคิลหรือหมู่เอริล

สมบัติทางกายภาพของแอลดีไฮด์

แอลดีไฮด์ที่มีมวลโมเลกุลน้อยหรือมีจำนวนอะตอมคาร์บอนน้อย ๆ จะละลายน้ำได้ดี แต่การละลายน้ำจะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมคาร์บอนเพิ่มขึ้น การที่แอลดีไฮด์ที่มีมวลโมเลกุลน้อยละลายน้ำได้ดี เนื่องจากหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ของแอลดีไฮด์ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนซึ่งมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง และอะตอมของคาร์บอนที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ แอลดีไฮด์จึงเป็นโมเลกุลมีขั้วเช่นเดียวกับโมเลกุลของน้ำทำให้แอลดีไฮด์สามารถละลายน้ำและเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้

จุดเดือดของแอลดีไฮด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมคาร์บอน เนื่องจากจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดโมเลกุลและมวลโมเลกุลของแอลดีไฮด์เพิ่มขึ้น เป็นผลให้แรงลอนดอนเพิ่มขึ้นด้วย



▲ ภาพที่ 1.15 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างออกซิเจนของแอลดีไฮด์กับไฮโดรเจนของน้ำ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

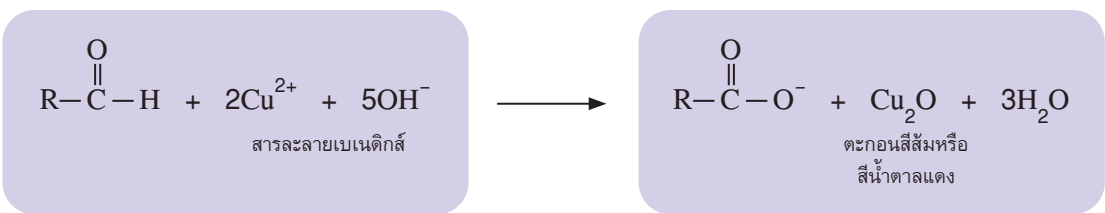
ตารางที่ 1.12 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของแอลดีไฮด์บางชนิด			
ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด (°C)	สภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 °C (g/น้ำ 100 g)
เมทานาล	HCHO	-19.1	ละลายได้ดี
เอทานาล	CH_3CHO	20.1	ละลายได้ดี
โพรพานาล	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	48.0	20
บิวทานาล	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO}$	74.8	7
เพนทานาล	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$	103.0	ละลายได้น้อย

ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลดีไฮด์ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) แอลดีไฮด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในสภาวะที่เหมาะสม จะได้กรดคาร์บอกซิลิก เช่น



2. ปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ หมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ ($\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—H}$) ของแอลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ และได้ตะกอนสีส้มของ Cu_2O ซึ่งในโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะมีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์อยู่ ดังนั้น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจึงทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ได้

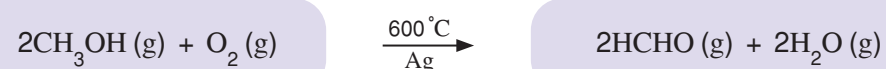


การเรียกชื่อของแอลดีไฮด์ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน โดยให้อะตอมของคาร์บอนที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ต่ออยู่เป็นคาร์บอนลำดับที่ 1 แล้วลงท้ายเสียงด้วย -านาล (-anal)

การเรียกชื่อของแอลดีไฮด์ตามระบบชื่อสามัญ มีหลักการ ดังนี้ ให้เรียกชื่อตามกรดคาร์บอกซิลิกที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน แต่เปลี่ยนคำลงท้ายเป็น -าลดีไฮด์ (-aldehyde)

ตารางที่ 1.13 : การเรียกชื่อแอลดีไฮด์บางชนิด		
ชนิดของแอลดีไฮด์	ชื่อสามัญ	ชื่อ IUPAC
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H—C—H} \end{array}$	ฟอร์มัลดีไฮด์	เมทานาล
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C—C—H} \end{array}$	อะเซทัลดีไฮด์	เอทานาล
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C—C—CH}_2\text{—H} \end{array}$	โพรพิโอนาลดีไฮด์	โพรพานาล

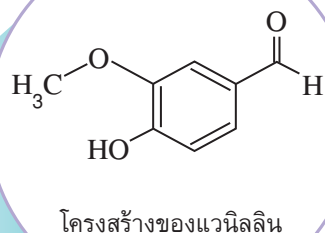
แอลดีไฮด์ที่นิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวาง คือ เมทานอล หรือฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นแอลดีไฮด์ที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง มีกลิ่นฉุน และละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่เรียกว่า ฟอร์มอลิน ซึ่งฟอร์มอลินเข้มข้นร้อยละ 40 โดยมวลต่อปริมาตร นำมาใช้รักษาสภาพศพไม่ให้เน่าเปื่อย ใช้ดองสัตว์และพืชเพื่อศึกษาทางการแพทย์และทางชีววิทยา และใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ ซึ่งในทางอุตสาหกรรมสามารถเตรียมฟอร์มัลดีไฮด์ได้จากปฏิกิริยาระหว่างเมทานอลและออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิสูง โดยมีโลหะเงินเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ



แอลดีไฮด์ในธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นสารที่มีกลิ่นหอม และมักพบในผลไม้หรือพืชต่าง ๆ จึงนำมาใช้เป็นสารปรุงรสและแต่งกลิ่นอาหาร เช่น



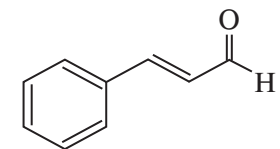
▲ ภาพที่ 1.17 เมล็ดวานิลลา
ที่มา : คลังภาพ อจท.



วานิลลิน พบได้ในเมล็ดของวานิลลา ใช้เป็นสารให้กลิ่นวานิลลา นิยมนำไปใช้ในการแต่งกลิ่นอาหารประเภทของหวานและไอศกรีม และยังถูกนำไปใช้ในการแต่งกลิ่นน้ำหอมอีกด้วย



▲ ภาพที่ 1.18 เปลือกอบเชย
ที่มา : คลังภาพ อจท.



ซินนามาลดีไฮด์ พบได้ในเปลือกของอบเชย น้ำมันอบเชยถูกนำไปใช้แต่งกลิ่นขนมหวาน สบู่ สเปรย์ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ใช้เป็นส่วนผสมในยาขับลมแก้ท้องอืดท้องเฟ้อ



▲ ภาพที่ 1.16 ฟอร์มอลินนำมาใช้ดองสัตว์ เพื่อการศึกษาทางชีววิทยา
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3.5 คีโตน

คีโตน (ketone) เป็นสารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คาร์บอนิล (carbonyl; $\text{C}=\text{O}$ หรือ $-\text{CO}-$) มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$ หรือ RCOR' หรือ $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ เมื่อ R และ R' เป็นหมู่แอลคิลหรือหมู่แอริล โดยคีโตนตัวแรกจะเริ่มต้นที่คาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งจะสังเกตได้ว่าแอลดีไฮด์และคีโตนจะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ดังนั้น แอลดีไฮด์และคีโตนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากันจะเป็นไอโซเมอร์กัน

สมบัติทางกายภาพของคีโตน

จุดเดือดของคีโตนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน

คีโตนที่มีโมเลกุลเล็กจะละลายน้ำได้ดี แต่สภาพการละลายจะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น

H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

เขียนสูตรโครงสร้างของสารที่มีสูตรโมเลกุล $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ พร้อมทั้งระบุประเภทของสาร

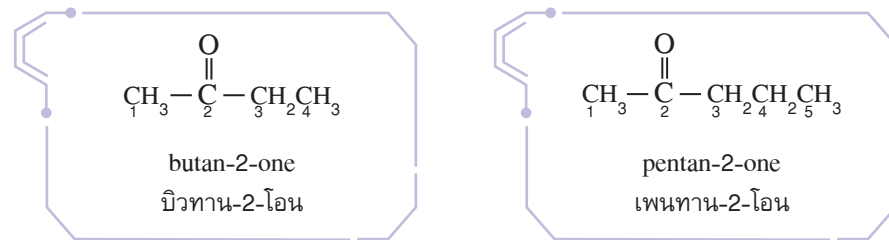
ตารางที่ 1.14 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของคีโตนบางชนิด

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด ($^\circ\text{C}$)	สภาพละลายได้ในน้ำที่ 20°C (g/น้ำ 100 g)
โพรพาโนน	CH_3COCH_3	56.1	ละลายได้ดีมาก
บิวทาโนน	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$	79.6	29.0
2-เพนทาโนน	$\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	102.3	6.0
2-เฮกซาโนน	$\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	127.6	1.4

เมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคน แอลดีไฮด์ คีโตน และแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน พบว่า จุดเดือดของแอลกอฮอล์ > คีโตน > แอลดีไฮด์ > แอลเคน ซึ่งอธิบายได้ว่าแอลดีไฮด์และคีโตนเป็นโมเลกุลมีขั้ว จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าแอลเคน ซึ่งเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว แต่แอลดีไฮด์และคีโตนไม่มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จึงทำให้จุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์



การเรียกชื่อคีโตนตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ กำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยเริ่มจากปลายด้านที่ทำให้ตำแหน่งของหมู่ $\text{C}=\text{O}$ มีตัวเลขน้อยที่สุด เรียกชื่อโซ่หลักด้วยชื่อแอลเคน แต่ตัดตัว e ตัวสุดท้ายออก แล้วระบุตำแหน่งของหมู่ $\text{C}=\text{O}$ ลงท้ายด้วย -one



คีโตนที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง คือ โพรพาโนนหรือแอซีโตน ซึ่งเป็นคีโตนที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด มีสถานะเป็นของเหลว สี ไม่มีสี มีกลิ่นอ่อนๆ และระเหยง่าย ละลายในน้ำ และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ ได้ดี นำมาใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก ยา แอลกอฮอล์ แต่แอซีโตนเป็นสารที่ไวไฟ จึงต้องใช้ความระมัดระวัง หากสูดดมสารนี้เข้าไปในปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการมึนงง ซึม และหมดสติได้ ซึ่งแอซีโตนสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์

นอกจากนี้ ยังมีการบูรซึ่งเป็นคีโตนที่ได้จากธรรมชาติ พบในต้นการบูร โดยผลึกสีขาวของการบูรที่นำมาใช้นั้นจะแทรกอยู่ในเนื้อไม้ของต้นการบูร แต่จะพบมากที่สุดในส่วนแก่นของรากและแก่นของต้น โดยผงการบูรจะเป็นเกล็ดเล็กๆ สีขาว มีความแห้ง หรืออาจจะจับกันเป็นก้อนร่วน แตกง่าย หากทิ้งไว้ในอากาศจะระเหิดไปจนหมด และส่วนของเปลือก ราก กิ่งของต้นการบูรยังสามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยได้ซึ่งการบูรจะนิยมนำไปใช้เป็นสารไล่แมลง และเป็นส่วนผสมในยาต้มและเครื่องสำอาง



▲ ภาพที่ 1.19 ผลึกของการบูรจะแทรกอยู่ในเนื้อไม้ของต้นการบูร
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3.6 กรดคาร์บอกซิลิก

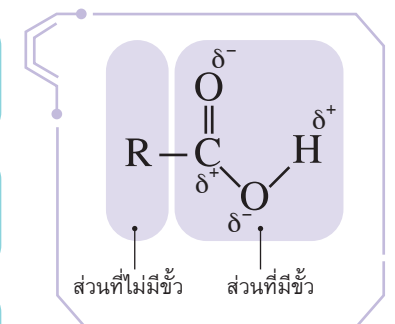
กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl; $\text{C}=\text{O}-\text{O}-\text{H}$ หรือ $\text{C}=\text{O}-\text{OH}$) มีสูตรทั่วไปเป็น RCOOH หรือ $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$ หรือ RCO_2H หรือ $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ เมื่อ R เป็นหมู่แอลคิล หมู่เอريل หรือไฮโดรเจน

สมบัติทางกายภาพของกรดคาร์บอนซิลิก

กรดคาร์บอกซิลิกจัดเป็นกรดอ่อน เพราะเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวให้ H_3O^+ ได้เพียงบางส่วน จึงมีภาวะสมดุลเกิดขึ้น

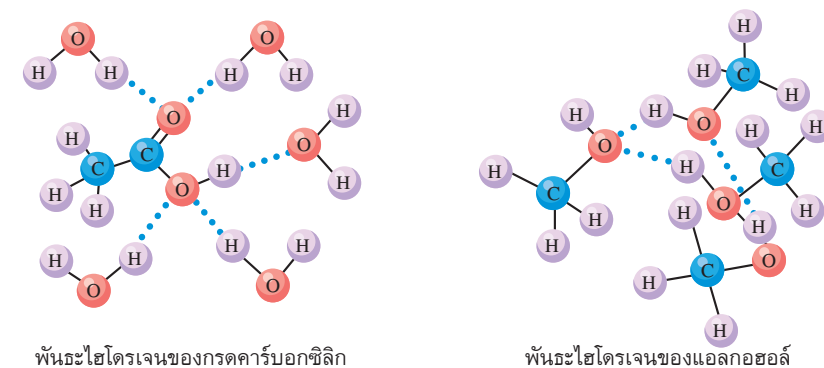
กรดคาร์บอกซิลิกจะมีจุดเดือดสูง และจุดเดือดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน

กรดคาร์บอกซิลิกโมเลกุลเล็กจะละลายน้ำได้ดี แต่สภาพละลายได้จะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น การที่กรดคาร์บอกซิลิกสามารถละลายในน้ำได้ เนื่องจากโมเลกุลมีส่วนที่มีขั้วสูง



▲ ภาพที่ 1.20 สภาพขั้วในโมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กรดคาร์บอกซิลิกจะมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิลซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันในกรดคาร์บอกซิลิกมีออกซิเจน 2 อะตอม และไฮโดรเจน 1 อะตอม ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ ในขณะที่หมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันในแอลกอฮอล์มีออกซิเจนและไฮโดรเจนอย่างละ 1 อะตอม ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนได้ ดังนั้น โมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิกจึงมีโอกาสเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่าโมเลกุลของแอลกอฮอล์ กรดคาร์บอกซิลิกจึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมากกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน จุดเดือดของกรดคาร์บอกซิลิกจึงสูงกว่า



▲ ภาพที่ 1.21 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิกเปรียบเทียบกับพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

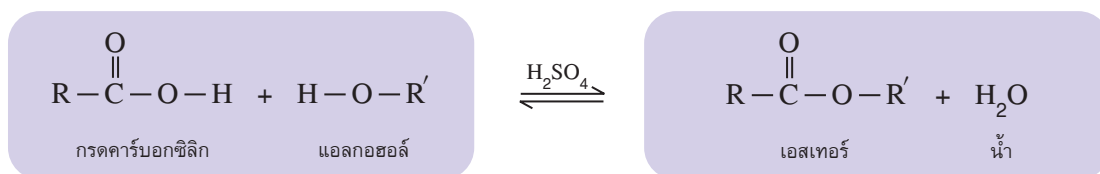


ตารางที่ 1.15 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของกรดคาร์บอกซิลิกบางชนิด

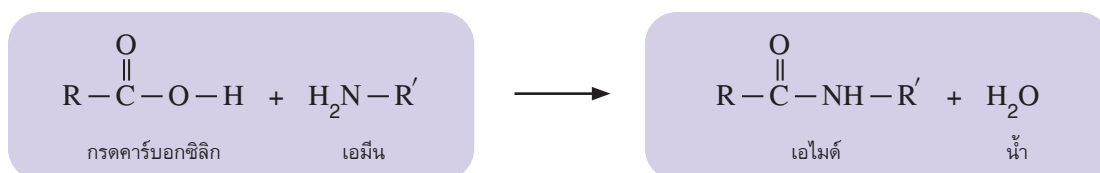
ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด (°C)	สภาพละลายได้ในน้ำ ที่ 20 °C (g/น้ำ 100 g)
กรดเมทาโนอิก	HCOOH	101.0	ละลายได้ดีมาก
กรดเอทาโนอิก	CH ₃ COOH	117.9	ละลายได้ดีมาก
กรดโพรพาโนอิก	CH ₃ CH ₂ COOH	141.2	ละลายได้ดีมาก
กรดบิวทาโนอิก	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	163.8	ละลายได้ดีมาก
กรดเพนทาโนอิก	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	186.1	2.4
กรดเฮกซาโนอิก	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	205.2	1.1

ปฏิกิริยาที่สำคัญของกรดคาร์บอกซิลิก มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ โดยมีสารละลาย H₂SO₄ เข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้เอสเทอร์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



2. ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับหมู่เอมีน (—NH₂) จะได้สารประกอบเอไมด์เป็นผลิตภัณฑ์



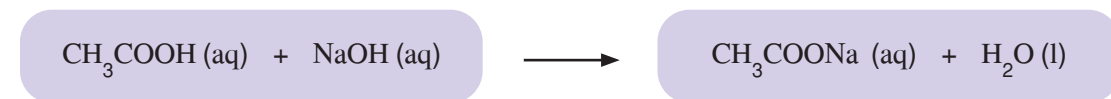
3. ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับโลหะหมู่ 1A เช่น โซเดียม (Na) จะได้เกลือและแก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์



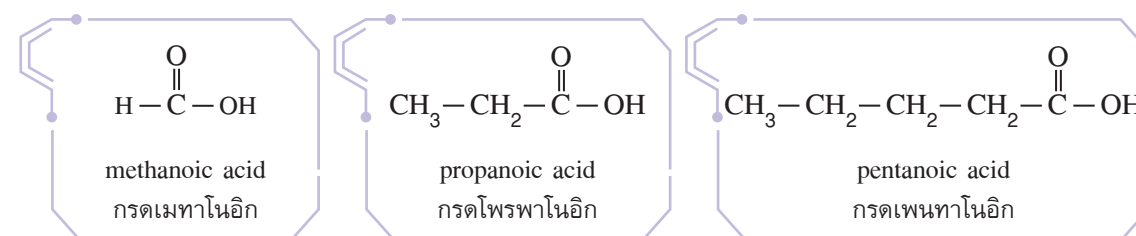
Concept Question?

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่าง CH₃COOH กับ CH₃CH₂OH

4. ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับสารละลายเบส จะได้เกลือของกรดคาร์บอกซิลิกและน้ำเป็นผลิตภัณฑ์



การเรียกชื่อกรดคาร์บอกซิลิกตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แล้วลงท้ายด้วยเสียง -าโนอิก (-anoic acid)



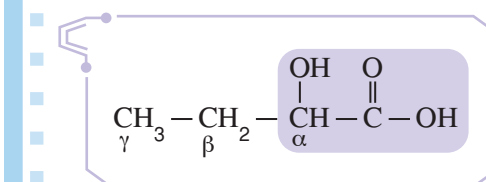
ในธรรมชาติสามารถพบกรดคาร์บอกซิลิกได้ในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวหลายชนิด เช่น ส้ม มะนาว มะขาม และยังมีพบว่า กรดคาร์บอกซิลิกบางชนิดเป็นองค์ประกอบของไขมันและน้ำมัน เช่น กรดไขมันในพืชและสัตว์



Chemistry Focus

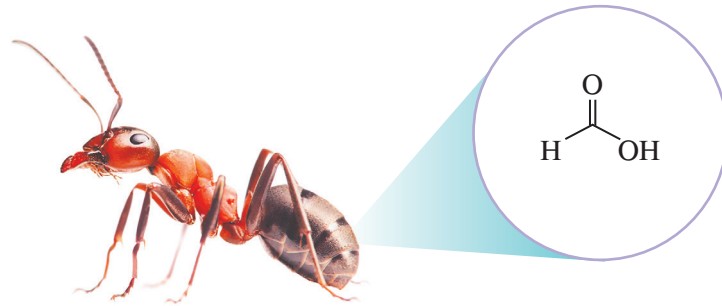
การเรียกชื่อสามัญของกรดคาร์บอกซิลิก

- การเรียกชื่อสามัญของกรดคาร์บอกซิลิกมักจะตั้งตามชื่อของสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งที่พบกรดชนิดนั้น
- เช่น
 - กรดฟอร์มิก มาจากคำว่า ฟอร์ไมกา ในภาษาละตินมีความหมายว่า มด
 - กรดแอซิดิก มาจากคำว่า แอซิดุม ในภาษาละตินที่มีความหมายว่า เปรี้ยว
- นอกจากนี้ การเรียกชื่อสามัญของกรดคาร์บอกซิลิกอาจจะใช้ภาษากรีก เช่น แอลฟา (α) บีตา (β) หรือแกมมา (γ) เพื่อระบุตำแหน่งของคาร์บอนที่ต่ออยู่กับหมู่คาร์บอกซิลิกตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ดังตัวอย่าง



กรดแอลฟาไฮดรอกซี จึงหมายถึง กรดคาร์บอกซิลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับอะตอมคาร์บอนที่ตำแหน่งแอลฟา

ตัวอย่างของกรดคาร์บอกซิลิกที่พบในธรรมชาติ เช่น



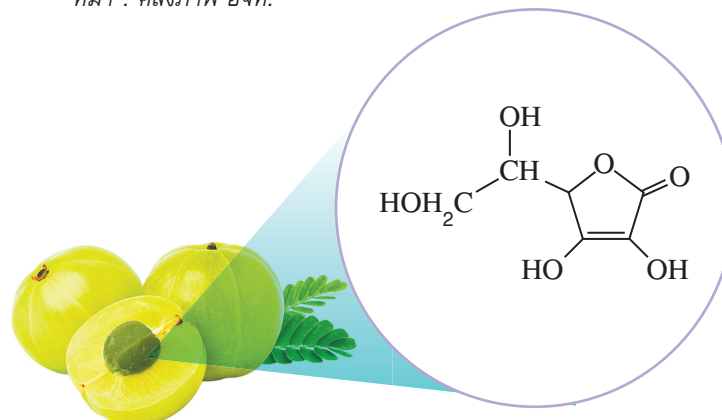
▲ ภาพที่ 1.22 กรดฟอร์มิกหรือกรดเมต พบได้ในเมดและแมลง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กรดฟอร์มิก กรดเมทาโนอิก หรือกรดเมต (HCOOH) พบได้ในแมลง ผึ้ง และมด นำมาใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้าและหนัง ในปัจจุบันกรดฟอร์มิกสังเคราะห์ได้จากการกระบวนการหมักและการเผาไหม้เพื่อการผลิต



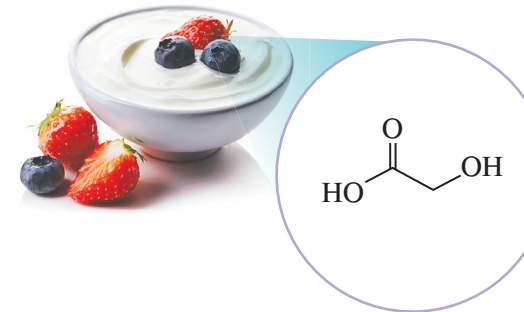
▲ ภาพที่ 1.23 กรดแอซิกหรือกรดน้ำส้ม พบได้ในน้ำผลไม้หมัก เช่น น้ำส้มสายชู
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กรดแอซิก กรดเอทาโนอิก หรือกรดน้ำส้ม (CH₃COOH) พบได้ในน้ำผลไม้หมัก เช่น น้ำส้มสายชู จะมีกรดแอซิกอยู่ร้อยละ 4-5 โดยปริมาตร นำมาใช้เป็นตัวทำละลายในการผลิตพลาสติกและเส้นใยสังเคราะห์



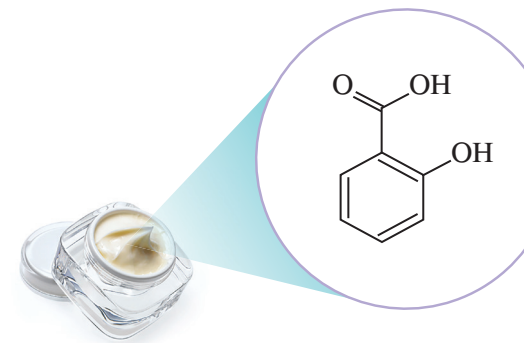
▲ ภาพที่ 1.24 มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีสูง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี พบได้ในผักและผลไม้ โดยพบมากในผลไม้ตระกูลส้ม (citrus) เช่น ฝรั่ง มะขามป้อม เชอร์รี่ มะนาว วิตามินซีจะละลายในน้ำได้ดีและคงตัวในสภาวะที่เป็นกรด สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน วิตามินซีจะช่วยให้ร่างกายแข็งแรง ช่วยในการป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน และช่วยในการสร้างคอลลาเจน



▲ ภาพที่ 1.25 กรดแลกติก พบได้ในนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กรดแอลฟาไฮดรอกซีหรือเอเอชเอ (alpha hydroxy acid; AHA) พบในนมและผลไม้หลายชนิด เช่น กรดแลกติกพบในนมเปรี้ยว กรดไกลโคลิกพบในแอปเปิ้ล ปัจจุบันมีการนำเอเอชเอที่มีความเข้มข้นน้อย ๆ มาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เพื่อเร่งการผลัดเซลล์ผิวเก่าและสร้างเซลล์ผิวใหม่ ทำให้ผิวนุ่มและลดริ้วรอยให้จางลง



▲ ภาพที่ 1.26 กรดซาลิซิลิก พบได้ในครีมบำรุงผิว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

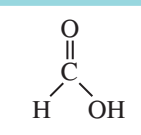
กรดเบตาไฮดรอกซีหรือบีเอชเอ (beta hydroxy acid; BHA) เช่น กรดซาลิซิลิก ซึ่งมีสมบัติทนความร้อน ไม่สลายง่ายเหมือนเอเอชเอ และละลายในน้ำมันได้ดีกว่าเอเอชเอ จึงทำให้ซึมเข้าสู่รูขุมขนได้ดีกว่าเอเอชเอบางชนิด จึงผลัดเซลล์ผิวเก่าได้ดีกว่า แต่จะทำให้ผิวหนังระคายเคือง แสบ และคันได้ง่าย จึงต้องใช้ในความเข้มข้นที่ต่ำมาก

Extra Activity

กรดคาร์บอกซิลิกในชีวิตประจำวัน

วิธีปฏิบัติ

ให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้างกัน แล้วศึกษาเกี่ยวกับกรดคาร์บอกซิลิกที่พบในชีวิตประจำวัน โดยสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากอินเทอร์เน็ตหรือห้องสมุด แล้วบันทึกข้อมูลตามแบบบันทึกข้อมูลต่อไปนี้

ชื่อกรดคาร์บอกซิลิก	สูตรโมเลกุล	สูตรโครงสร้าง	การนำไปใช้ประโยชน์
กรดฟอร์มิก	CH ₂ O ₂		อุตสาหกรรมย้อมผ้าและหนัง

(ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล)



3.7 เอสเทอร์

ผลไม้หรือดอกไม้บางชนิดจะมีกลิ่นเฉพาะตัว เช่น ส้ม กล้วย แอปเปิ้ล สับปะรด ดอกมะลิ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น นำมาสกัดเพื่อทำน้ำหอม ทำสารปรุงแต่งกลิ่นอาหาร สารที่มีกลิ่นหอมนี้จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทใด ให้นักเรียนศึกษาจากการทดลองต่อไปนี้



การทดลอง

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การทดลอง
- การลงความเห็นจากข้อมูล

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรอบคอบ



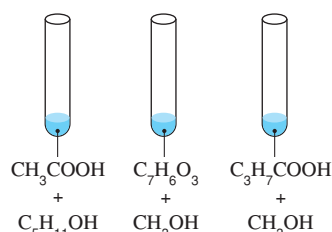
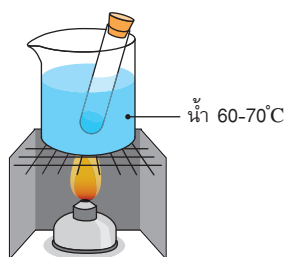
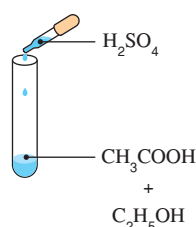
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก
2. หลอดหยด
3. จุกยาง
4. ปีกเกอร์
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์
6. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4)
7. กรดแอซิดิก (CH_3COOH)
8. กรดบิวทาโนอิก (C_3H_7COOH)



วิธีการทดลอง

1. หยดกรดแอซิดิกจำนวน 3 หยด และเอทานอลจำนวน 3 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก จากนั้นหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 1 หยด เขย่าให้เข้ากัน แล้วดมกลิ่น และบันทึกผล จากนั้นนำจุกยางมาปิดหลอดทดลองไว้อย่างหลวม ๆ
2. นำหลอดทดลองในข้อ 1. ไปอุ่นในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ $60-70^{\circ}C$ เป็นเวลา 2-3 นาที จากนั้นปิดจุกยางและดมกลิ่น สารที่ได้ แล้วเปรียบเทียบกับกลิ่นของสารตั้งต้น พร้อมทั้งบันทึกผล
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.-2. แต่ใช้สารคู่ต่อไปนี้แทน
 - กรดแอซิดิกกับเพนทานอล
 - กรดซาลิซิลิกกับเมทานอล
 - กรดบิวทาโนอิกกับเมทานอล



ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์



จุดประสงค์

เพื่อศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์



คำถามท้ายการทดลอง

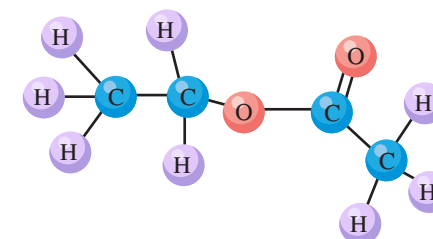
1. จากการทดลอง ทราบได้อย่างไรว่ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น และเกิดสารใดเป็นผลิตภัณฑ์
2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด



อภิปรายผลการทดลอง

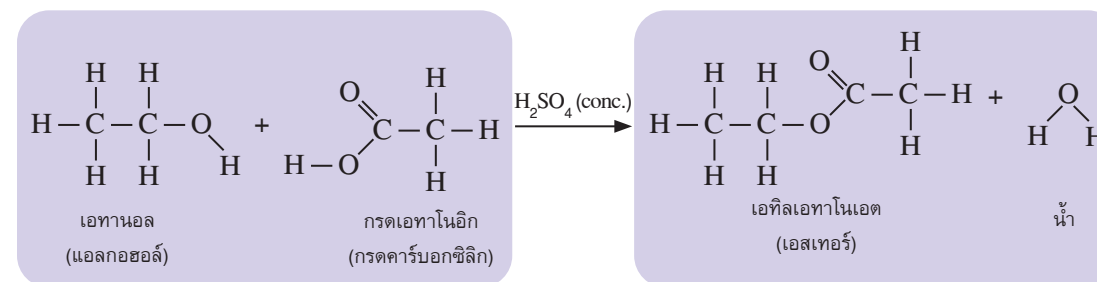
เมื่อนำกรดคาร์บอกซิลิกมาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สารชนิดใหม่ซึ่งมีกลิ่นที่แตกต่างไปจากสารตั้งต้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เรียกว่า เอสเทอร์ และเรียกปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์ว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

เอสเทอร์ (ester) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิล (alcoxy carbonyl; $-C(=O)-O-$) มีสูตรทั่วไปเป็น $R-C(=O)-O-R'$ หรือ $RCOOR'$ หรือ RCO_2R' เมื่อ R เป็นหมู่แอลคิลหรือหมู่แอริลของกรดคาร์บอกซิลิก และ R' เป็นหมู่แอลคิลหรือหมู่แอริลของแอลกอฮอล์



▲ ภาพที่ 1.27 ลักษณะโครงสร้างของสารประกอบเอสเทอร์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

สารประกอบเอสเทอร์ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification reaction)



สมบัติทางกายภาพของเอสเทอร์

เอสเทอร์โมเลกุลเล็กจะละลายน้ำได้เล็กน้อย และสภาพละลายได้จะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่เอสเทอร์ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วต่ำ หรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ เบนซีน

เอสเทอร์เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับกรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์จะมีจุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แต่เอสเทอร์จะมีจุดเดือดต่ำกว่ากรดคาร์บอกซิลิกที่เป็นไอโซเมอร์กัน เนื่องจากเอสเทอร์ไม่มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อยกว่ากรดคาร์บอกซิลิก

เนื่องจากเอสเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีปฏิกิริยาเฉพาะตัว ให้นักเรียนศึกษาปฏิกิริยาที่สำคัญของเอสเทอร์จากการทดลองต่อไปนี้

การทดลอง

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การทดลอง
- การลงความเห็นจากข้อมูล

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรอบคอบ

ปฏิกิริยาของเอสเทอร์

จุดประสงค์

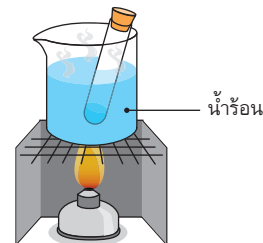
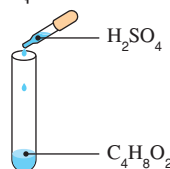
เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของเอสเทอร์

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- | | | |
|----------------------|---|---|
| 1. หลอดทดลองขนาดกลาง | 4. ตะเกียงแอลกอฮอล์ | 7. กรดซัลฟิวริก (H ₂ SO ₄) |
| 2. หลอดหยด | 5. บีกเกอร์ | เข้มข้น 2 mol/dm ³ |
| 3. จุกยาง | 6. เอทิลแอซีเตต (C ₄ H ₈ O ₂) | |

วิธีการทดลอง

- ใส่เอทิลแอซีเตตลงในหลอดทดลองขนาดกลางจำนวน 5 หยด แล้วดมกลิ่น พร้อมทั้งบันทึกผล จากนั้นหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2 mol/dm³ ลงไป 5 หยด แล้วนำจุกยางมาปิดหลอดทดลองไว้อย่างหลวม ๆ
- นำหลอดทดลองในข้อ 1. ไปอุ่นในน้ำร้อนประมาณ 5 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วดมกลิ่น พร้อมทั้งบันทึกผล



คำถามท้ายการทดลอง

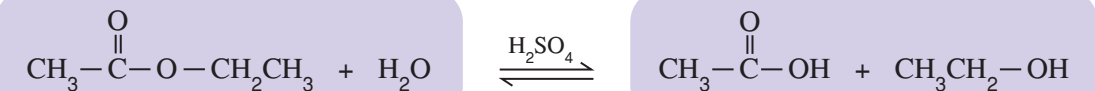
- ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลองคืออะไร
- จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

อภิปรายผลการทดลอง

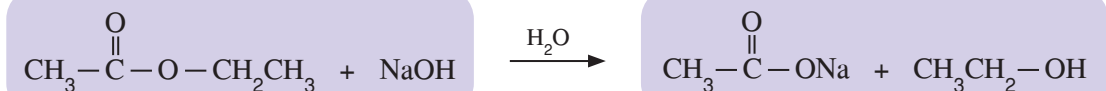
เมื่อนำเอสเทอร์มาทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยมีกรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้กรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์เกิดขึ้น โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการแยกสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาที่สำคัญของเอสเทอร์ มีดังนี้

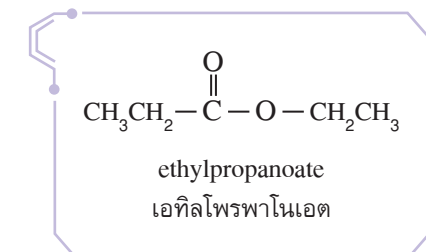
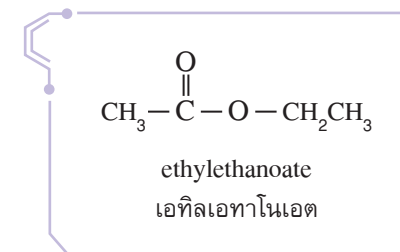
1. ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (hydrolysis reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เอสเทอร์สลายตัวแยกออกเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ โดยมีกรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



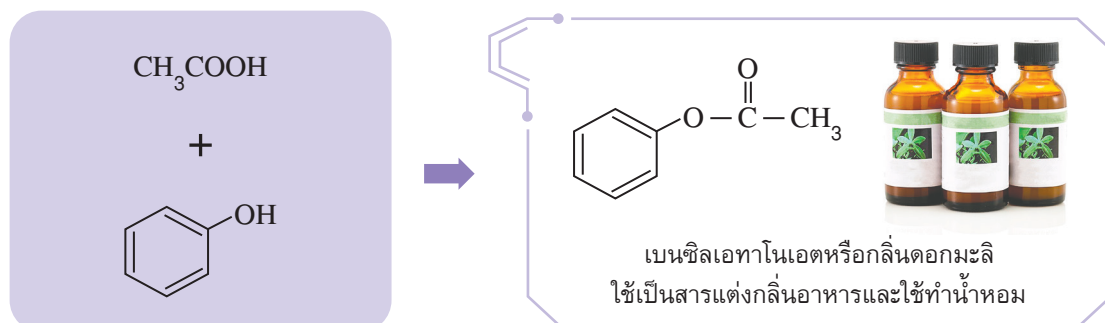
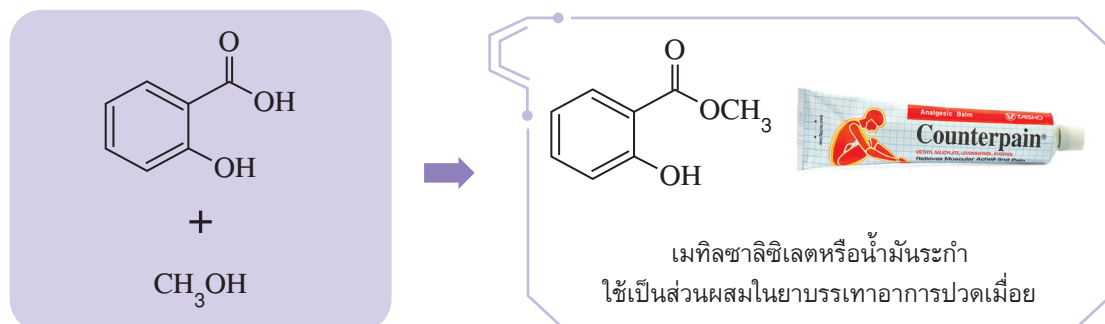
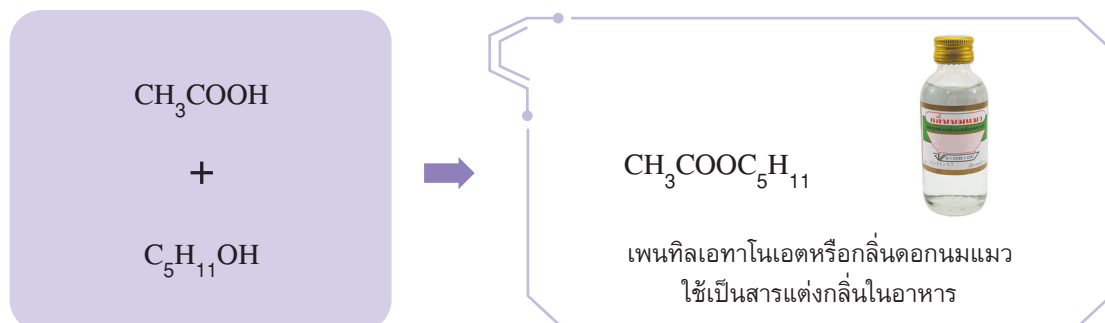
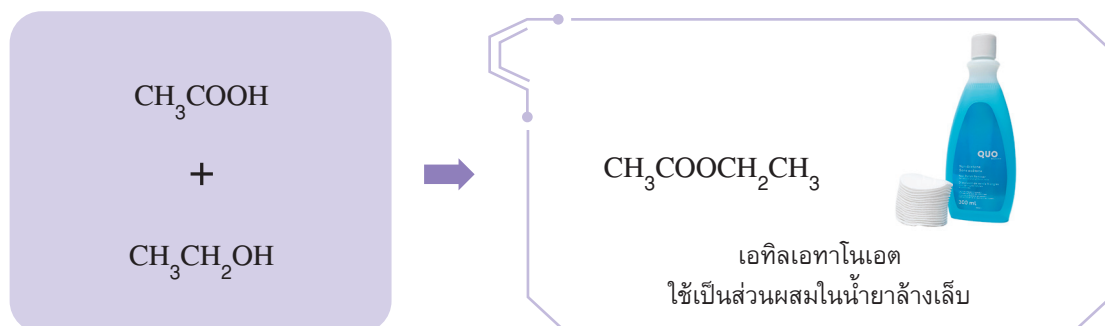
2. ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสที่สภาวะเบส ได้เกลือของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์เป็นผลิตภัณฑ์



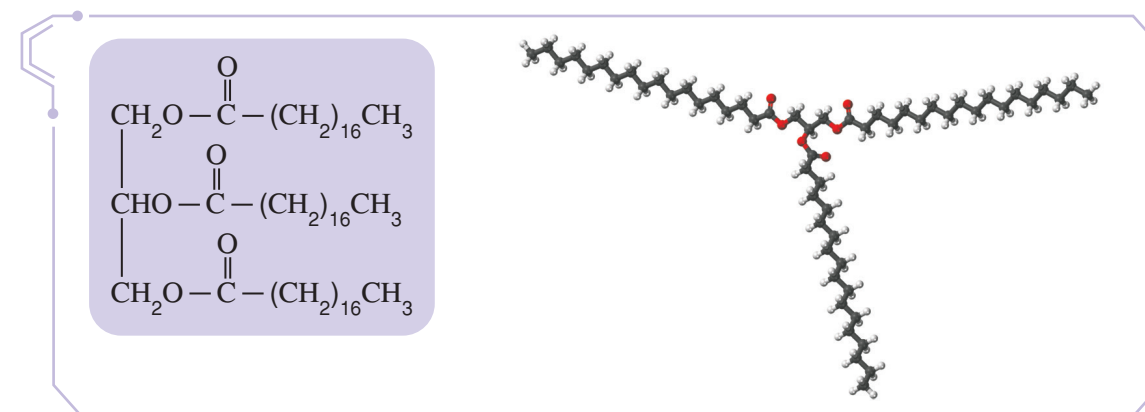
การเรียกชื่อเอสเทอร์ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ ให้เรียกชื่อหมู่แอลคิลหรือแอริลที่มาจากแอลกอฮอล์ แล้วตามด้วยชื่อของกรดคาร์บอกซิลิก โดยเปลี่ยนคำลงท้ายจาก -ิก (-ic) เป็น -เอต (-ate)



เอสเทอร์เป็นสารที่มีกลิ่นหอม โดยจะพบในผลไม้หรือดอกไม้ ซึ่งจะให้กลิ่นต่าง ๆ และเอสเทอร์ยังได้จากการสังเคราะห์ เช่น สังเคราะห์จากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์กับกรดอินทรีย์ ตัวอย่างกลิ่นของเอสเทอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น



นอกจากจะพบเอสเทอร์ในผลไม้หรือดอกไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัวแล้ว ยังพบเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบของไขมันและน้ำมัน เช่น ไตรสเตอริน พบได้ในไขมันพืชและสัตว์ และเอสเทอร์บางชนิดยังถูกมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยอีกด้วย



▲ ภาพที่ 1.28 สูตรเคมีและสูตรโครงสร้าง 3 มิติ ของสารไตรสเตอริน ที่มา : คลังภาพ อจท.

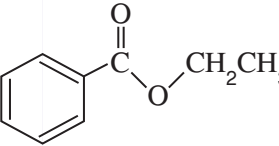
Core Concept

ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- เรียกชื่อพร้อมทั้งเขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้
 - เฮกซานอล
 - โพรพานาล
 - 2-เมทิลบิวทาโนอิกแอซิด
- เปรียบเทียบจุดเดือดของสารต่อไปนี้ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ
 - HCOOH กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
 - CH_3CHO กับ CH_3COCH_3
- เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารต่อไปนี้
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$ กับ H_2O
 -  กับ NaOH



Key

Question

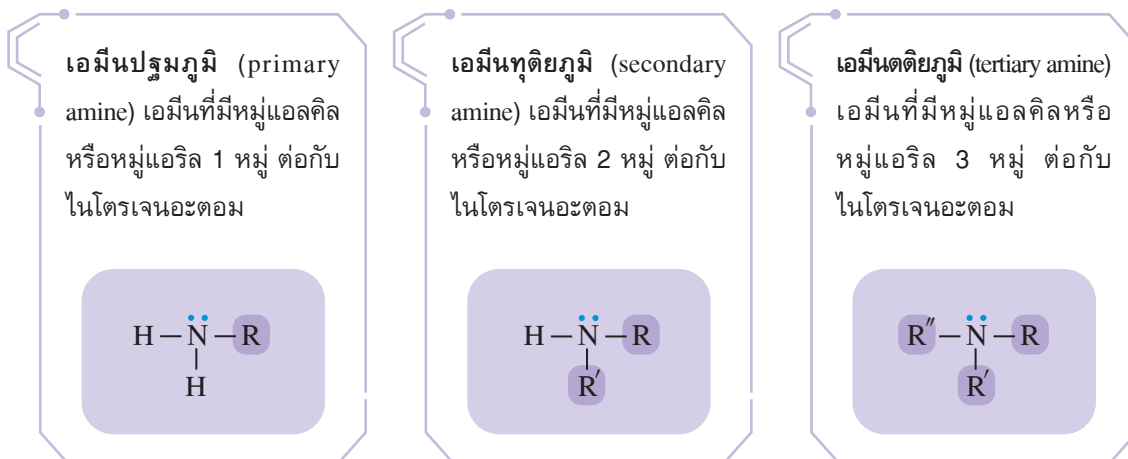
สารประกอบเอมีน
เกิดขึ้นได้อย่างไร

4 สารประกอบอินทรีย์ ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

นักเรียนได้ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ในลำดับต่อไปจะได้ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ประเภทที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

4.1 เอมีน

เอมีน (amine) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากหมู่แอลคิลหรือหมู่แอริลเข้าแทนที่ไฮโดรเจนในโมเลกุลของแอมโมเนีย จึงมีหมู่ฟังก์ชัน คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) แต่การเข้าแทนที่ของไฮโดรเจนในโมเลกุลของแอมโมเนียอาจเกิดได้มากกว่า 1 อะตอม จึงทำให้แบ่งเอมีนออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้



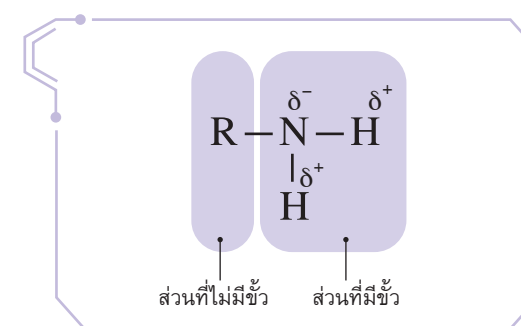
โดยในระดับชั้นนี้จะกล่าวถึงเอมีนปฐมภูมิเท่านั้น

สมบัติทางกายภาพของเอมีน

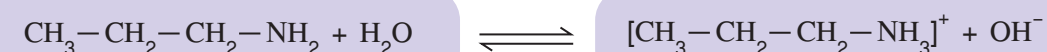
เอมีนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 1-3 อะตอม จะมีสถานะเป็นแก๊ส เมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมมากกว่า 3 อะตอมขึ้นไป จะมีสถานะเป็นของเหลว

เอมีนเป็นโมเลกุลมีขั้ว จึงละลายได้ทั้งในน้ำและตัวทำละลายที่มีขั้ว โดยเอมีนที่มีขนาดเล็กจะละลายในน้ำได้ดี แต่การละลายจะลดลงเมื่อเอมีนมีขนาดใหญ่ขึ้น

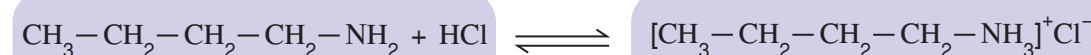
เมื่อเอมีนละลายในน้ำ จะได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากไนโตรเจนมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว จึงรับโปรตอนจากน้ำได้ดี เกิดแอลคิลแอมโมเนียมไอออน (alkyl ammonium ion; $[RNH_3]^+$) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เป็นผลิตภัณฑ์ เช่น



▲ ภาพที่ 1.29 สภาพขั้วในโมเลกุลของเอมีน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

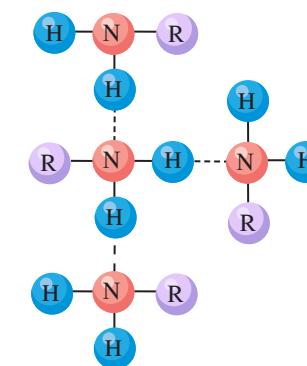


เอมีนมีสมบัติเป็นเบสจึงเกิดปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือเอมีน



เอมีนจะมีแนวโน้มของจุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจึงมีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของเอมีน แอลเคน และแอลกอฮอล์ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน พบว่า เอมีนมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคน แต่ต่ำกว่าแอลกอฮอล์ แสดงว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์ > เอมีน > แอลเคน เนื่องจากแอลเคนเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจึงมีเฉพาะแรงลอนดอน ในขณะที่เอมีนเป็นโมเลกุลมีขั้ว แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจึงมีทั้งแรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ซึ่งสภาพขั้วของเอมีนเกิดที่ไนโตรเจน ซึ่งมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง จึงมีสภาพขั้วไฟฟ้าค่อนข้างลบกับไฮโดรเจนซึ่งมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ จึงมีสภาพขั้วไฟฟ้าค่อนข้างบวก นอกจากนี้ โมเลกุลของเอมีนยังสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้อีกด้วย จึงทำให้เอมีนมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน



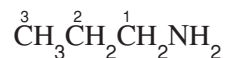
▲ ภาพที่ 1.30 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของเอมีน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ในส่วนของเอมีนและแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้วและเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ทั้งคู่ แต่เอมีนมีสภาพขั้วไฟฟ้าอ่อนกว่าแอลกอฮอล์ จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าแอลกอฮอล์ ทำให้เอมีนมีจุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

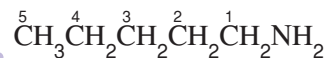
ตารางที่ 1.16 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของเอมีนบางชนิด

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด (°C)	สภาพละลายได้ในน้ำที่ 20°C (g/น้ำ 100 g)
เมทานามีน	CH_3NH_2	-6.3	ละลายได้ดี
เอทานามีน	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	16.5	ละลายได้ดี
โพรพาน-1-เอมีน	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$	47.2	ละลายได้ดี
บิวทาน-1-เอมีน	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$	77.0	ละลายได้ดี
เพนทาน-1-เอมีน	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	104.3	ละลายได้ดี

การเรียกชื่อเอมีนตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ กำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยให้ตำแหน่งของคาร์บอนที่มีหมู่ $-\text{NH}_2$ เป็นตัวเลขน้อยที่สุด เรียกโซ่หลักด้วยชื่อแอลเคน แต่ตัดตัว e ตัวสุดท้ายออก แล้วระบุตำแหน่งของหมู่ $-\text{NH}_2$ ลงท้ายด้วย -amine



propan-1-amine
โพรพาน-1-เอมีน



pentan-1-amine
เพนทาน-1-เอมีน

Chemistry Focus

การเรียกชื่อสามัญของเอมีน

การเรียกชื่อสามัญของเอมีน ให้เรียกชื่อหมู่แอลคิล แล้วเปลี่ยนเสียงท้ายเป็น -ลามีน (-amine)

เช่น



เมทิลามีน



เอทิลามีน



โพรพิลามีน



บิวทิลามีน



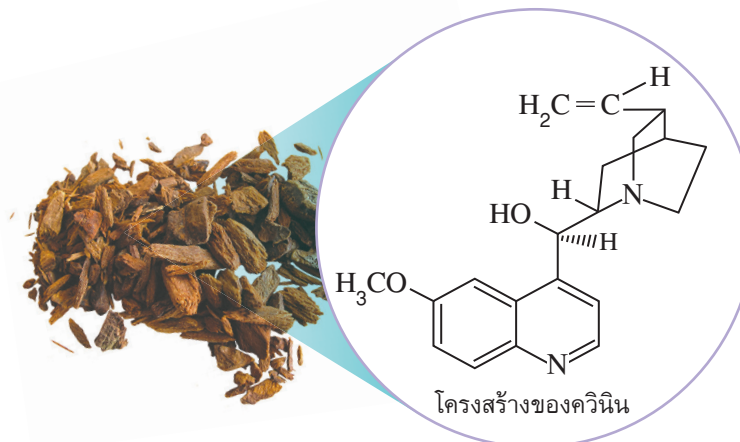
เพนทิลามีน

เอมีนหลายชนิดนำมาใช้ในการผลิตสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช ยาฆ่าเชื้อ ยา สีย้อม สบู่ และเครื่องสำอาง ตัวอย่างเอมีนที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น เอมีนที่พบในพืช เรียกว่า แอลคาลอยด์ พบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เมล็ด เปลือก ราก



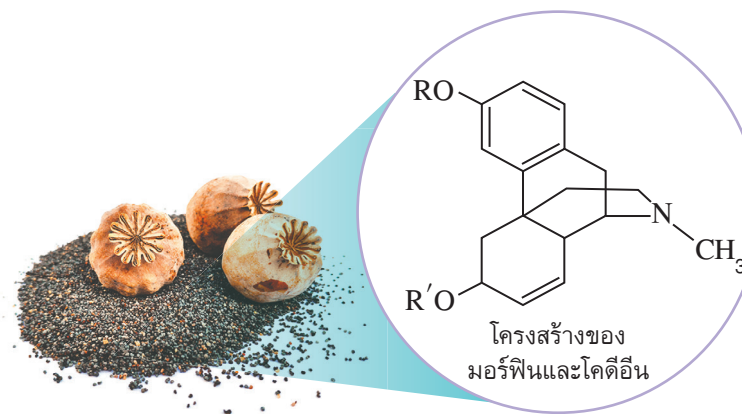
นิโคติน พบได้ในใบยาสูบ ซึ่งจะส่งผลทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น และอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น

▲ ภาพที่ 1.31 ใบยาสูบแห้ง เป็นแหล่งที่พบสารนิโคติน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



ควินิน สกัดได้จากเปลือกของต้นชิงโคนา นำมาใช้ทำเป็นยาแก้ไข้มาลาเรีย

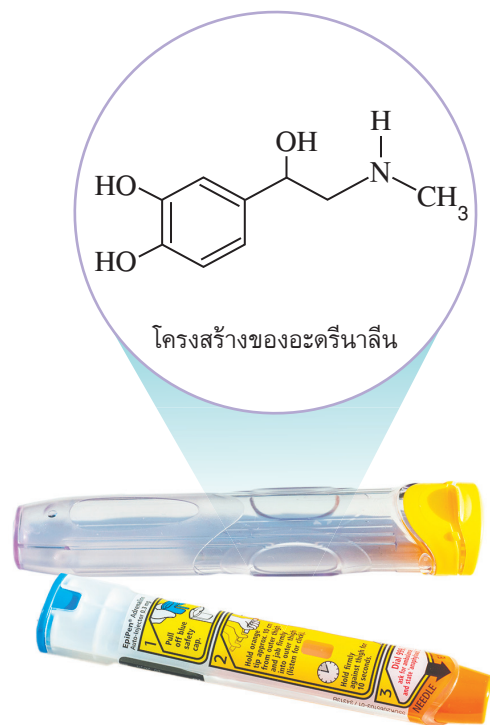
▲ ภาพที่ 1.32 เปลือกของต้นชิงโคนาที่นำมาสกัดสารควินิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



มอร์ฟีนและโคดีอีน โดยถ้า $\text{R} = \text{R}' = \text{H}$ จะเป็นมอร์ฟีน ถ้า $\text{R} = \text{CH}_3$ และ $\text{R}' = \text{H}$ จะเป็นโคดีอีนพบได้ในดอกฝิ่น โดยมอร์ฟีนนำมาใช้เป็นยาบรรเทาอาการปวด ส่วนโคดีอีนนำมาใช้เป็นส่วนผสมในยาแก้ไอ

▲ ภาพที่ 1.33 ดอกฝิ่นเป็นแหล่งที่พบมอร์ฟีน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

เอมีนบางชนิดพบในร่างกาย เช่น อะดรีนาลีน เป็นฮอร์โมนที่พบในร่างกาย จะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น เอมีนบางชนิดเกิดจากการสังเคราะห์ เช่น แอมเฟตามีน มีฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนกลาง ทำให้ประสาทหลอน



▲ ภาพที่ 1.34 อะดรีนาลีนหรือเอพิเนฟรินเป็นฮอร์โมนที่พบในร่างกาย ช่วยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ขึ้นและนำมาผลิตเป็นยาได้
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.35 แอมเฟตามีนเป็นสารเสพติดที่ออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Core Concept

ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เกล็ดหิมามีสูตรโครงสร้างอย่างไร
2. เอมีนที่มีสูตรโมเลกุล $C_4H_{11}N$ มีกี่ไอโซเมอร์ แต่ละไอโซเมอร์เขียนสูตรโมเลกุลได้อย่างไร
3. เมื่อเอมีนละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะมีสมบัติอย่างไร
4. เปรียบเทียบจุดเดือดระหว่าง $CH_3CH_2NH_2$ กับ CH_3CH_2OH พร้อมทั้งให้เหตุผล



Key

Question

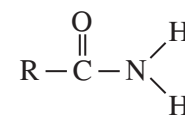
สารประกอบเอไมด์เตรียมได้จากปฏิกิริยาใด

5 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

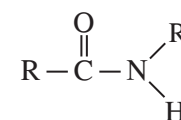
นักเรียนได้ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบไปแล้ว ต่อไปนักเรียนจะได้ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ที่มีทั้งธาตุออกซิเจนและธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

5.1 เอไมด์

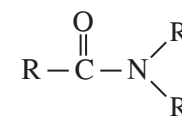
เอไมด์ (amide) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากหมู่เอมิโน ($-NH_2$) เข้าแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) ในกรดคาร์บอกซิลิก จึงมีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่เอไมด์ ($-C(=O)-NH_2$) และนอกจากหมู่เอมิโนที่เข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลแล้ว ยังอาจจะเป็นหมู่ $-N-R'$ หรือหมู่ $-N-R'$ เข้าแทนที่ก็ได้ จึงทำให้แบ่งเอไมด์ออกได้เป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



เอไมด์ปฐมภูมิ
(primary amide)



เอไมด์ทุติยภูมิ
(secondary amide)



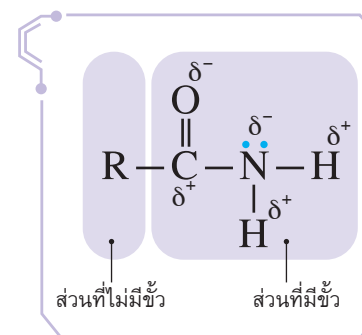
เอไมด์ตติยภูมิ
(tertiary amide)



สมบัติทางกายภาพของเอไมด์

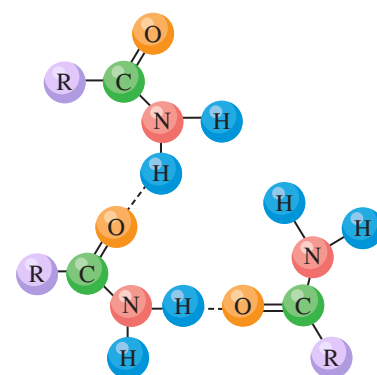
เอไมด์เป็นโมเลกุลมีขั้ว สามารถละลายน้ำได้ แต่สภาพละลายได้ในน้ำจะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น

สารละลายของเอไมด์จะมีสมบัติเป็นกลาง ซึ่งต่างจากสารละลายของเอมีนที่มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากอะตอมของออกซิเจนในหมู่คาร์บอนิลดึงดูดอิเล็กตรอนจากอะตอมของไนโตรเจนในหมู่เอมิโน ส่งผลให้ไนโตรเจนมีสภาพขั้วไฟฟ้าลดลงจนไม่สามารถรับโปรตอนได้



▲ ภาพที่ 1.36 สภาพขั้วในโมเลกุลของเอไมด์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จุดเดือดของเอไมด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น และเอไมด์จะมีจุดเดือดสูงกว่าเอมีนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากเอไมด์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าเอมีน เพราะออกซิเจนมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงจึงมีสภาพขั้วไฟฟ้าค่อนข้างลบ และไฮโดรเจนมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ จึงมีสภาพขั้วไฟฟ้าค่อนข้างบวก



▲ ภาพที่ 1.37 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของเอไมด์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

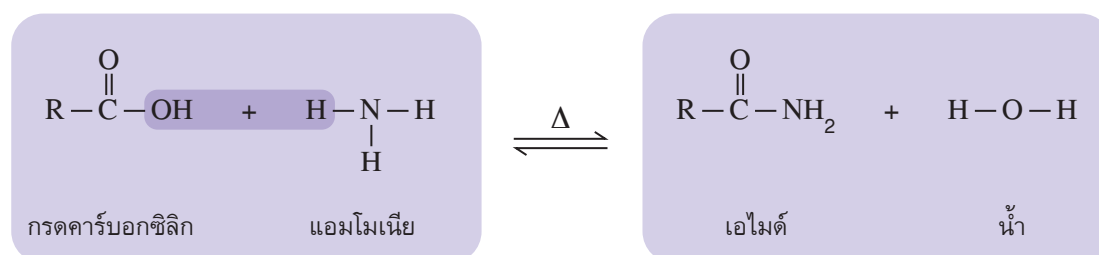
เอไมด์เป็นโมเลกุลมีขั้วและเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ ซึ่งพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในเอไมด์จะมีความแข็งแรงมากกว่าพันธะไฮโดรเจนในเอมีน จึงทำให้เอไมด์มีจุดเดือดสูงกว่าเอมีนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1.17 : จุดเดือดและสภาพละลายได้ในน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส ของเอไมด์บางชนิด

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด (°C)	สภาพละลายได้ในน้ำที่ 20°C (g/น้ำ 100 g)
เมทานาไมด์	HCONH ₂	220.0	ละลายได้ดีมาก
เอทานาไมด์	CH ₃ CONH ₂	222.0	ละลายได้ดี
โพรพานาไมด์	CH ₃ CH ₂ CONH ₂	213.0	ละลายได้ดี
บิวทานาไมด์	CH ₃ (CH ₂) ₂ CONH ₂	216.0	ละลายได้ดี
เพนทานาไมด์	CH ₃ (CH ₂) ₃ CONH ₂	225.0	ละลายได้ดี

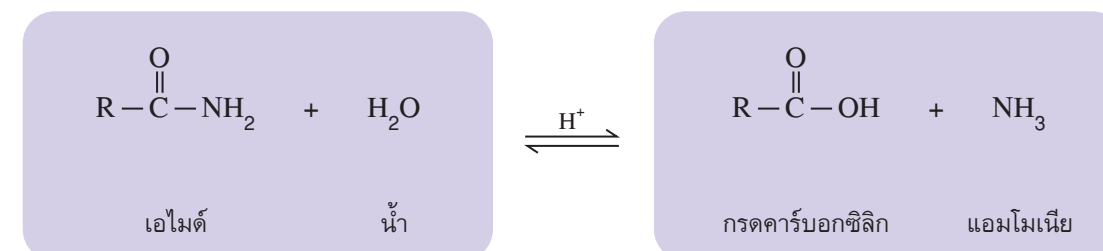
ปฏิกิริยาที่สำคัญของเอสเทอร์ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเตรียมเอไมด์ เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอมโมเนียหรือเอมีนที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจะคล้ายกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน แต่เปลี่ยนจากแอลกอฮอล์เป็นแอมโมเนียหรือเอมีน โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เป็นดังนี้

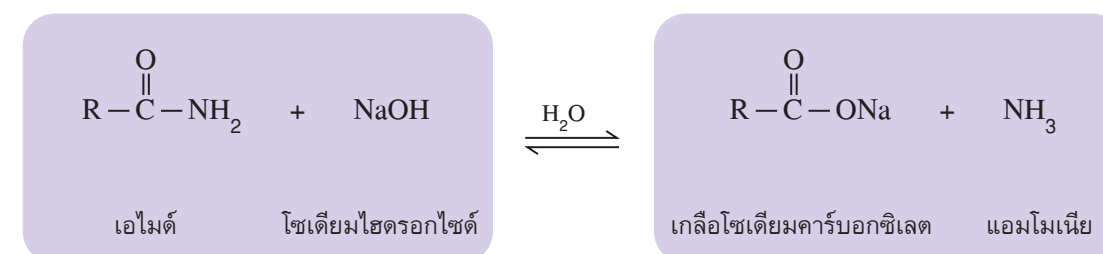


2. ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เอไมด์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ทั้งในสภาวะกรดและเบสเกิดปฏิกิริยา ดังนี้

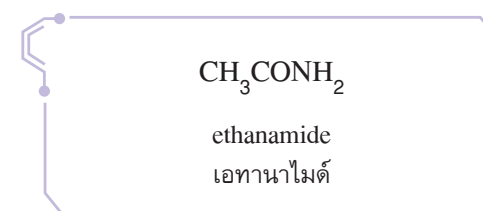
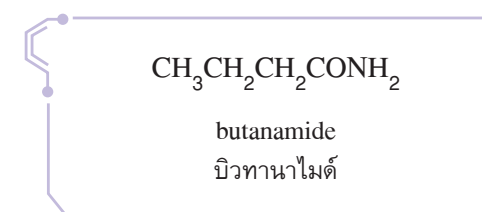
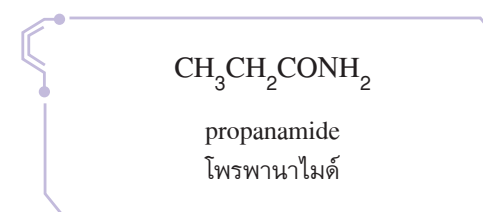
- เมื่อถูกแยกสลายด้วยกรด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เป็นดังนี้



- เมื่อถูกแยกสลายด้วยเบส ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เป็นดังนี้



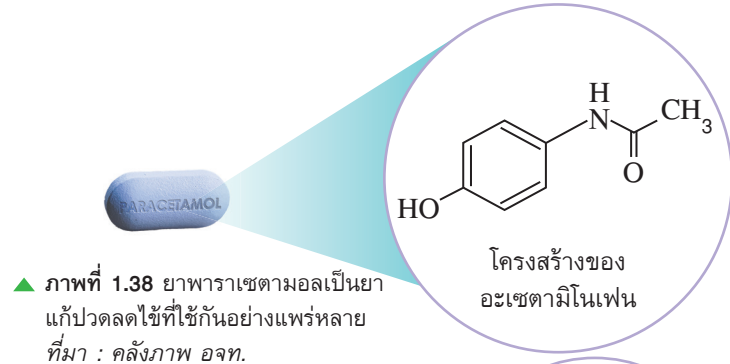
การเรียกชื่อเอไมด์ตามระบบ IUPAC มีหลักการ ดังนี้ ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แล้วลงท้ายเสียงด้วย -านาไมด์ (-anamide)



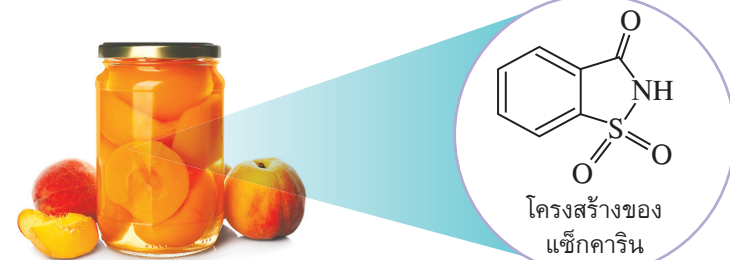
Concept Question?

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอทานาไมด์ในสภาวะเบส

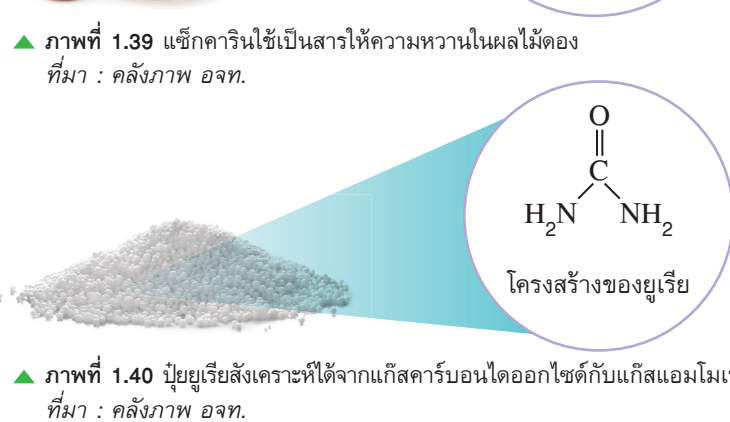
ตัวอย่างเอไมด์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น



อะเซตามิโนเฟนหรือพาราเซตามอล นำมาใช้ผสมในยาบรรเทาอาการปวดและลดไข้



แซ็กคารินหรือซันทสกร ซึ่งเป็นสารให้ความหวานชนิดไม่มีคุณค่าทางโภชนาการและให้ความหวานสูงกว่าซูโครส 300-400 เท่า



ยูเรีย เป็นเอไมด์ที่พบในปัสสาวะของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายโปรตีน ยูเรียเป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดแรกที่สังเคราะห์ได้จากสารประกอบอนินทรีย์ นำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เช่น ใช้ทำปุ๋ย

Core Concept

ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่องสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใดเอไมด์จึงมีจุดเดือดสูงกว่ากรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน
2. ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอไมด์โดยใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร



ยูเรีย



Key

Question

เราพบสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง

6 การใช้ประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์

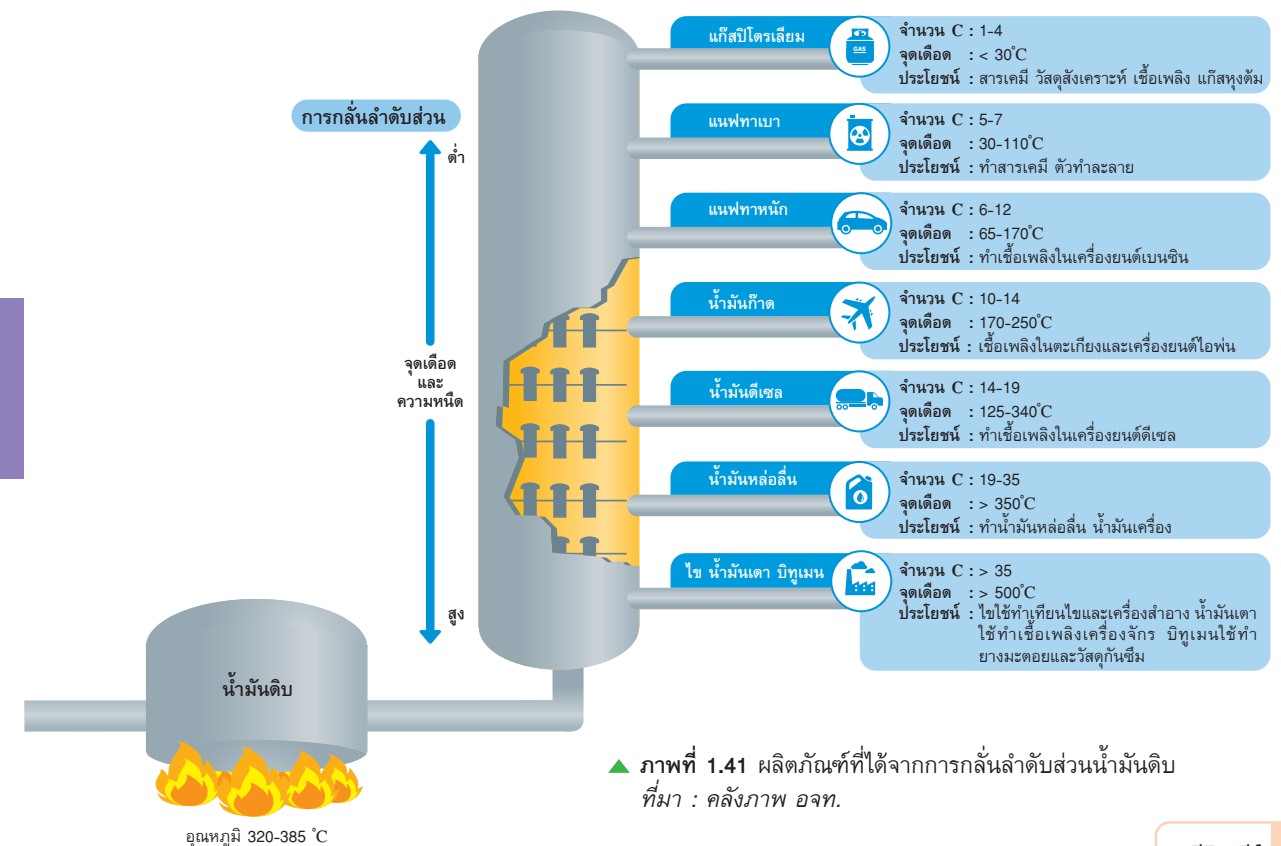
นักเรียนได้ศึกษาสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ไปแล้ว ต่อไปนักเรียนจะได้ศึกษาว่าสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

6.1 น้ำมันดิบ

น้ำมันดิบประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากมายหลายชนิด จึงไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ต้องนำไปผ่านกระบวนการแยกสารออกจากกันก่อน การแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ผสมอยู่ในน้ำมันดิบ เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน

หลักการกลั่นลำดับส่วน มีดังนี้

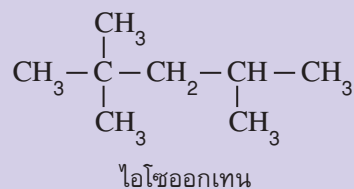
การแยกน้ำมันดิบอาศัยหลักการที่ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำมันดิบมีจุดเดือดและจุดควบแน่นที่ต่างกันตามจำนวนคาร์บอน สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยจะระเหยขึ้นไปและควบแน่นเป็นของเหลวในส่วนบนของหอกลั่น ส่วนสารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนมากและมีจุดเดือดสูงกว่าจะควบแน่นอยู่ในชั้นล่างของหอกลั่น



▲ ภาพที่ 1.41 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำมันเบนซิน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงยานยนต์ ซึ่งน้ำมันเบนซินประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนต่างชนิดกันและมีไอโซเมอร์ต่างกัน ซึ่งมีอะตอมของคาร์บอน 6-12 อะตอม ทำให้เกิดการระเหยขึ้น ซึ่งการติดไฟและการระเบิดเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดโซ่ตรงจะติดไฟได้ง่ายกว่าและเกิดการระเบิดเร็วกว่าจึงหวั่นไหวที่ควรเป็นในกระบอกสูบ ทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ เรียกว่า การชิงจุดระเบิด

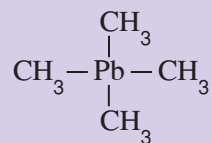
ดังนั้น จึงมีการกำหนดคุณภาพของน้ำมันเบนซินด้วยเลขออกเทน (octane number) โดยไอโซเมอร์ของออกเทนที่ชื่อว่า ไอโซออกเทน ซึ่งมีโครงสร้างเป็นโซ่กิ่ง เป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซิน เพราะช่วยป้องกันการชิงจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ส่วนไอโซเมอร์ที่ไม่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ประเภทนี้ คือ เฮปเทน ซึ่งมีโครงสร้างเป็นโซ่ตรง จึงมีการกำหนดให้น้ำมันเบนซินที่มีสมบัติในการเผาไหม้เช่นเดียวกับไอโซออกเทนมีเลขออกเทนเป็น 100 ส่วนน้ำมันเบนซินที่มีสมบัติในการเผาไหม้เช่นเดียวกับเฮปเทนมีเลขออกเทนเป็น 0 เช่น น้ำมันเบนซินที่มีเลขออกเทน 95 จึงมีสมบัติในการเผาไหม้เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมไอโซออกเทนร้อยละ 95 กับเฮปเทนร้อยละ 5 โดยมวล



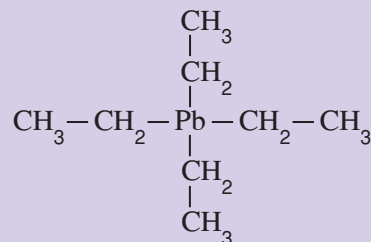
เฮปเทน

▲ ภาพที่ 1.42 โครงสร้างของไอโซออกเทนและเฮปเทน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำมันเบนซินส่วนใหญ่ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบจะมีเลขออกเทนต่ำกว่า 75 จึงไม่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ในปัจจุบัน ดังนั้น จึงมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเบนซิน โดยการเพิ่มค่าออกเทนให้น้ำมันเบนซิน ซึ่งในอดีตทำได้โดยการเติมเตตระเมทิลเลด (tetramethyl lead) หรือเตตระเอทิลเลด (tetraethyl lead)



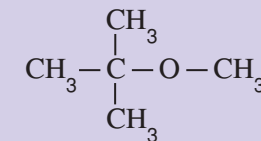
เตตระเมทิลเลด



เตตระเอทิลเลด

▲ ภาพที่ 1.43 โครงสร้างของเตตระเมทิลเลดและเตตระเอทิลเลด
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ปัจจุบันจึงใช้เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (สาร MTBE) เอทานอล หรือเมทานอลแทน และเรียกน้ำมันที่ได้ว่า น้ำมันไร้สารตะกั่ว น้ำมันเบนซินเป็นสารระเหยง่ายและไวไฟ จึงไม่ควรเก็บหรือใช้งานใกล้กับแหล่งความร้อน เป็นสารอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต หากสูดดมไอระเหยของน้ำมันเบนซินจะทำให้มีอาการมึนงง ปวดศีรษะ และอาจหมดสติได้ หากสัมผัสอาจทำให้ผิวหนังแห้งและนำไปสู่โรคผิวหนังได้



เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์

▲ ภาพที่ 1.44 โครงสร้างของเมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

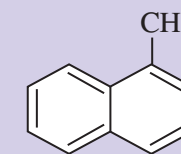


▲ ภาพที่ 1.45 เครื่องยนต์แต่ละชนิดใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะให้พลังงานจากการเผาไหม้ในปริมาณที่ต่างกัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำมันดีเซล ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดสูงกว่าน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีการกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลด้วยเลขซีเทน (cetane number) โดยกำหนดให้ซีเทน ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$) มีเลขซีเทน 100 และแอลฟาเมทิลแนฟทาซีน ($\text{C}_{11}\text{H}_{10}$) มีเลขซีเทน 0



ซีเทน



แอลฟาเมทิลแนฟทาซีน

▲ ภาพที่ 1.46 โครงสร้างของซีเทนและแอลฟาเมทิลแนฟทาซีน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำมันดีเซลแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High Speed Diesel) หรือโซลา ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีรอบหมุนมากกว่า 1,000 รอบ/นาที่ เช่น รถกระบะ รถบรรทุก รถโดยสารทั่วไป และอีกชนิดหนึ่ง คือ น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low Speed Diesel) หรือซีโล ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีรอบหมุน 300–1,000 รอบ/นาที่ เช่น รถไฟ เรือยนต์

เนื่องจากความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น จึงมีการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ และลดแก๊สที่ส่งผลต่อสภาวะเรือนกระจก ตัวอย่างเช่น

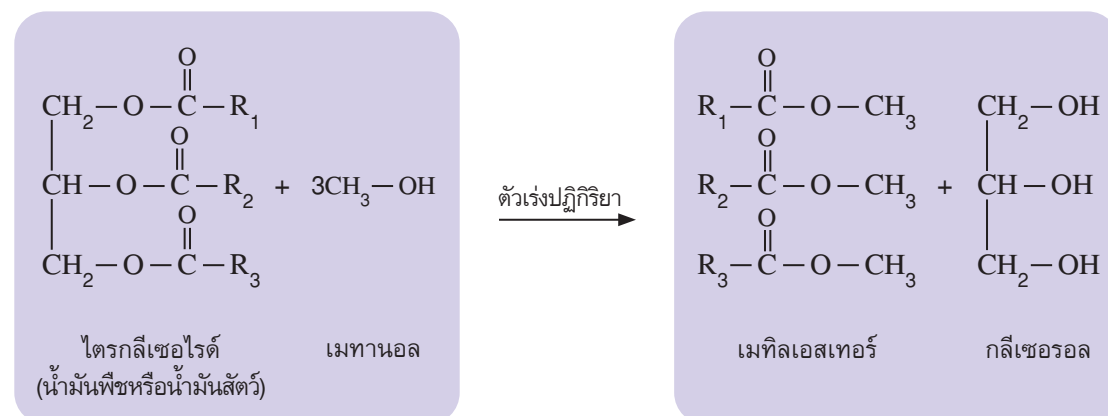
- **แก๊สโซฮอลล์ (gasohol)** ผลิตขึ้นเพื่อใช้แทนน้ำมันเบนซิน โดยเกิดจากการผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับเอทิลแอลกอฮอล์ มีระบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันเบนซิน จึงลดปัญหามลพิษทางอากาศ ลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สโซฮอลล์ที่ใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิด ดังนี้

- แก๊สโซฮอลล์ E10 แบ่งออกเป็นแก๊สโซฮอลล์ 91 และแก๊สโซฮอลล์ 95 โดยมีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 10 และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 9 กับน้ำมันเบนซินร้อยละ 90 โดยปริมาตร

- แก๊สโซฮอลล์ E20 มีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 20 และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 19 กับน้ำมันเบนซินร้อยละ 80 โดยปริมาตร

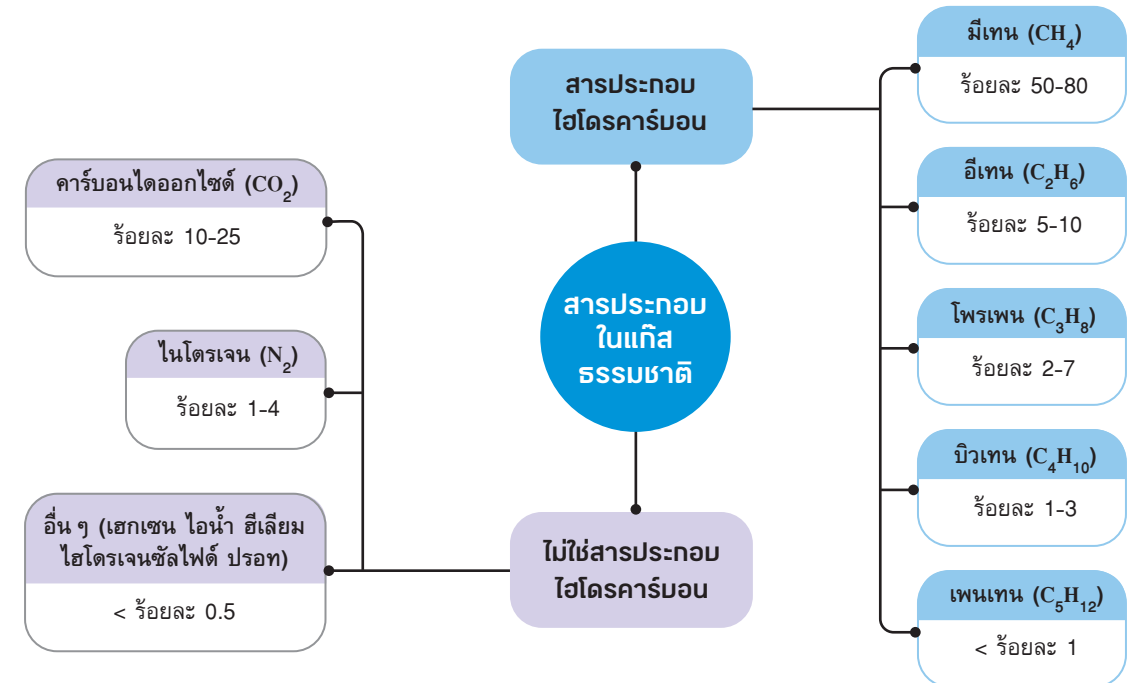
- แก๊สโซฮอลล์ E85 มีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 85 กับน้ำมันเบนซินร้อยละ 15 โดยปริมาตร

- **ไบโอดีเซล (biodiesel)** เป็นเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์โดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) โดยการนำน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้เอสเทอร์กับกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ซึ่งไบโอดีเซลที่ได้จะมีชื่อเรียกตามชนิดของแอลกอฮอล์ ถ้าเป็นเมทิลแอลกอฮอล์ เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์ ถ้าเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ เรียกว่า เอทิลเอสเทอร์



6.2 แก๊สธรรมชาติ

แก๊สธรรมชาติที่ได้จากการขุดเจาะปิโตรเลียมประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า แก๊สธรรมชาติเหลว (liquefied natural gas; LNG) และส่วนที่เป็นแก๊ส เรียกว่า แก๊สธรรมชาติ (natural gas) ซึ่งแก๊สธรรมชาติจะประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและสารที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน



แก๊สธรรมชาตินำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ เรียกว่า แก๊สธรรมชาติอัด (compressed natural gas; CNG) เกิดจากการอัดแก๊สมีเทนด้วยความดันสูงจนแก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว แล้วบรรจุไว้ในถังที่มีความแข็งแรง

แก๊สมีเทนที่ถูกกลดอุณหภูมิลงไปที่ประมาณ -160 องศาเซลเซียส จะอยู่ในสถานะของเหลว เรียกว่า แก๊สธรรมชาติเหลว (liquefied natural gas; LNG) ซึ่งบรรจุไว้ในถังจนวน 2 ชั้น ที่มีความดันต่ำ โดยหากนำมาใช้งานจะต้องผ่านกระบวนการเพื่อทำให้ของเหลวกลายเป็นแก๊ส

แก๊สปิโตรเลียมเหลวเกิดจากการอัดแก๊สปิโตรเลียมด้วยความดันจนแก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มและในยานยนต์



▲ ภาพที่ 1.47 รถยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เรียกว่า รถยนต์ NGV (natural gas vehicles) ที่มา : คลังภาพ อจท.

6.3 ปิโตรเคมีภัณฑ์

ปิโตรเคมีภัณฑ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมี หมายถึง อุตสาหกรรมที่นำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย



อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (upstream petrochemical industry)

เป็นอุตสาหกรรมที่นำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เช่น อีเทน โพรเพน แนนทา มาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตสารที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมีขั้นต่อไป เช่น เอทิลีน (ethylene) โพรพิลีน (propylene)



อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (downstream petrochemical industry)

เป็นอุตสาหกรรมที่นำสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตสารที่เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสารต่าง ๆ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน ไนลอน



อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง (intermediate petrochemical industry)

เป็นอุตสาหกรรมที่นำสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตสารที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมีขั้นปลาย เช่น เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) สไตรีนมอนอเมอร์ (styrene monomer) ฟีนอล (phenol)

Core Concept

ให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญ เรื่อง
การใช้ประโยชน์ของสารประกอบ
อินทรีย์



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- จงอธิบายการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์
- สารที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติชนิดใดที่นำมาเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น



Chemistry in Real Life

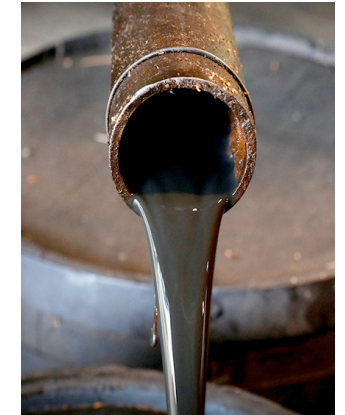


ปิโตรเลียม

ปิโตรเลียมจัดเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก และอาจมีธาตุโลหะชนิดอื่น เช่น กำมะถัน ออกซิเจน ไนโตรเจน ปนอยู่ด้วย ปิโตรเลียมมีทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ รวมถึงความร้อนและความดันของสภาพแวดล้อมในการเกิดและการกักเก็บปิโตรเลียม แบ่งตามสถานะได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ

น้ำมันดิบเป็นของเหลว ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนชนิดระเหยง่ายเป็นส่วนใหญ่ ที่เหลือเป็นสารกำมะถัน ไนโตรเจน และสารประกอบออกไซด์อื่น แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามคุณสมบัติและชนิดของไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ คือ น้ำมันดิบฐานพาราฟิน น้ำมันดิบฐานแอสฟัลต์ และน้ำมันดิบฐานผสม ซึ่งเมื่อนำไปกลั่นจะให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

แก๊สธรรมชาติเป็นปิโตรเลียมที่อยู่ในสถานะแก๊ส ณ อุณหภูมิและความกดดันที่ผิวโลก ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนเป็นหลัก อาจมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 95 ส่วนที่เหลือ ได้แก่ ไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ บางครั้งจะพบไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนอยู่ด้วย ไฮโดรคาร์บอนในแก๊สธรรมชาติจัดอยู่ในอนุกรมพาราฟิน มีสภาพอ้อมตัวในบรรยากาศ และไม่เปลี่ยนแปลงทางเคมีใดๆ ในสภาวะปกติ ไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มนี้จะมีแก๊สมิเทน ซึ่งมีน้ำหนักเบาที่สุดและมีจุดเดือดต่ำที่สุดอยู่ถึงร้อยละ 70 ขึ้นไป



▲ ภาพที่ 1.48 น้ำมันดิบ คือปิโตรเลียมที่มีสถานะเป็นของเหลว มีสีดำหรือสีน้ำตาล
ที่มา : <https://www.breccorder.com>



▲ ภาพที่ 1.49 แท่นขุดเจาะปิโตรเลียม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

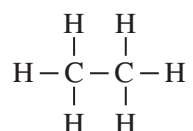
Summary

เคมีอินทรีย์

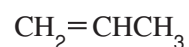
สารประกอบอินทรีย์

สารประกอบอินทรีย์ คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และอาจประกอบด้วยธาตุอื่น ๆ เช่น H O N S

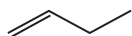
การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์



สูตรโครงสร้างลิวอิส



สูตรโครงสร้างแบบย่อ



สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม

ไอโซเมอริซึม

- ไอโซเมอริซึม (isomerism) เป็นปรากฏการณ์ที่สารประกอบอินทรีย์มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน
- ไอโซเมอร์ (isomer) เป็นสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน อาจจะมีโครงสร้างที่เป็นโซ่เปิด (โซ่ตรงหรือโซ่กิ่ง) และโครงสร้างที่เป็นแบบวง

หมู่ฟังก์ชัน (functional group)

หมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ เป็นสิ่งที่กำหนดสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบ

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ
C—C	พันธะเดี่ยว	แอลเคน
C=C	พันธะคู่	แอลคีน
C≡C	พันธะสาม	แอลไคน์
—OH	ไฮดรอกซิล	แอลกอฮอล์
—O—	แอลคอกซี	อีเทอร์
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—OH} \end{array}$	คาร์บอกซิล	กรดคาร์บอกซิลิก

หมู่ฟังก์ชัน	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน	ประเภทของสารประกอบ
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—O—} \end{array}$	แอลคอกซีคาร์บอนิล	เอสเทอร์
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—H} \end{array}$	คาร์บอกซาลดีไฮด์	แอลดีไฮด์
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—} \end{array}$	คาร์บอนิล	คีโตน
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{—N—} \\ \\ \text{H} \end{array}$	อะมิโน	เอมีน
$\begin{array}{c} \text{O} & \text{H} \\ & \\ \text{—C—N—H} \end{array}$	เอไมด์	เอไมด์

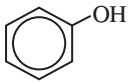
สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจน

สมบัติ/ปฏิกิริยา	ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน			
	แอลเคน	แอลคีน	แอลไคน์	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
สูตรทั่วไป	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	C_nH_{2n}	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	—
สี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	มีกลิ่นเฉพาะตัว	มีกลิ่นเฉพาะตัว	มีกลิ่นเฉพาะตัว
ขีดโมเลกุล	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
พันธะ	พันธะเดี่ยวทั้งหมด	พันธะคู่อย่างน้อย 1 แห่ง	พันธะสามอย่างน้อย 1 แห่ง	พันธะคู่อย่างน้อย 3 แห่ง
การละลายน้ำ	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
การละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน	แรงลอนดอน

สมบัติ/ปฏิกิริยา	ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน			
	แอลเคน	แอลคีน	แอลไคน์	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
จุดเดือด	ต่ำ	ต่ำที่สุด	สูง	สูงที่สุด
ความหนาแน่น	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ	น้อยกว่าน้ำ
การเผาไหม้	ไม่มีเขม่า	มีเขม่า	มีเขม่ามาก	มีเขม่ามากที่สุด
การฟอกสี Br ₂ • ในที่มีด • ในที่สว่าง	ไม่ฟอกสี ฟอกสี	ฟอกสี ฟอกสี	ฟอกสี ฟอกสี	ไม่ฟอกสี ไม่ฟอกสี
การฟอกสี KMnO ₄	ไม่ฟอกสี	ฟอกสี	ฟอกสี	ไม่ฟอกสี
ปฏิกิริยากับ H ₂ /Pt	ไม่เกิด	เกิด	เกิด	ไม่เกิด

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

ชื่อสารประกอบอินทรีย์	สูตรทั่วไป	สมบัติทางกายภาพ
แอลกอฮอล์	$R-OH$	- แอลกอฮอล์โมเลกุลเล็ก ละลายน้ำได้ดี การละลายน้ำลดลง เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น - จุดเดือดเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น - แอลกอฮอล์ไม่เกิดปฏิกิริยากับ NaHCO₃ แต่สามารถเกิดปฏิกิริยากับโลหะที่ว่องไว เช่น Na
ฟีนอล		- สมบัติของฟีนอลส่วนใหญ่แตกต่างจากแอลกอฮอล์ - เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง - มีจุดหลอมเหลว 41°C
อีเทอร์	$R-O-R'$	- เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับแอลกอฮอล์และฟีนอล - จุดเดือดใกล้เคียงกับแอลเคนที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่จุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ - อีเทอร์ที่มีมวลโมเลกุลน้อย ละลายน้ำได้บ้าง
แอลดีไฮด์	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	- แอลดีไฮด์โมเลกุลเล็กจะละลายน้ำได้ดี แต่การละลายน้ำลดลง เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน - หมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ของแอลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีส้มของ Cu₂O

ชื่อสารประกอบอินทรีย์	สูตรทั่วไป	สมบัติทางกายภาพ
คีโตน	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R'$	- คีโตนโมเลกุลเล็ก จะละลายน้ำได้ดี - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน
กรดคาร์บอกซิลิก	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	- จัดเป็นกรดอ่อน - โมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ดี แต่การละลายน้ำลดลง เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น - กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีสารละลาย H₂SO₄ เข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้เอสเทอร์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน - กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโน ได้สารประกอบเอไมด์ - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน
เอสเทอร์	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-R'$	- เอสเทอร์ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน - เอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสที่สภาวะเบส ได้เกลือของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์เป็นผลิตภัณฑ์ - โมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ดี - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน - เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับกรดคาร์บอกซิลิก และมีจุดเดือดต่ำกว่ากรดคาร์บอกซิลิก

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ชื่อสารประกอบอินทรีย์	สูตรทั่วไป	สมบัติทางกายภาพ
เอมีน	เอมีนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เอมีนปฐมภูมิ $(R-\overset{\cdot\cdot}{N}H_2)$ เอมีนทุติยภูมิ $(R-\overset{\cdot\cdot}{N}(H)-R')$ เอมีนตติยภูมิ $(R-\overset{\cdot\cdot}{N}(R'')-R')$	- ละลายได้ทั้งในน้ำและตัวทำละลายมีขั้ว เอมีนที่มีขนาดเล็กจะละลายน้ำได้ดี แต่การละลายลดลงเมื่อเอมีนมีขนาดใหญ่ขึ้น - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน

สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ชื่อสารประกอบอินทรีย์	สูตรทั่วไป	สมบัติทางกายภาพ
เอไมด์	เอไมด์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ	- เอไมด์โมเลกุลเล็กจะละลายในน้ำได้ แต่การละลายน้ำจะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น - มีสมบัติเป็นกลาง - จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน - ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอมโมเนียหรือเอมีนที่อุณหภูมิสูง - สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ทั้งในสภาวะกรดและเบส
	เอไมด์ปฐมภูมิ $\left(\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}\begin{smallmatrix} \text{H} \\ \text{H} \end{smallmatrix} \right)$	
	เอไมด์ทุติยภูมิ $\left(\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}\begin{smallmatrix} \text{R}' \\ \text{H} \end{smallmatrix} \right)$	
	เอไมด์ตติยภูมิ $\left(\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}\begin{smallmatrix} \text{R}' \\ \text{R}'' \end{smallmatrix} \right)$	

การใช้ประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์

น้ำมันดิบ

การกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ เป็นการแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ผสมอยู่ในน้ำมันดิบ โดยอาศัยหลักการที่ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำมันดิบจะมีจุดเดือดและจุดควบแน่นที่แตกต่างกันตามจำนวนคาร์บอน

แก๊สธรรมชาติ

แก๊สธรรมชาติได้จากการขุดเจาะปิโตรเลียม ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า แก๊สธรรมชาติเหลว (liquefied natural gas) และส่วนที่เป็นแก๊ส เรียกว่า แก๊สธรรมชาติ (natural gas) ซึ่งแก๊สธรรมชาติจะประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและสารที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ปิโตรเคมีภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมี หมายถึง อุตสาหกรรมที่นำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์



Apply Your Knowledge

คำชี้แจง พิจารณาข้อความ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

“นักเรียนพบสารอินทรีย์ 5 ชนิด ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ซึ่งฉลากติดชื่อสารได้หลุดหายไป จึงทำให้ไม่ทราบว่าสารอินทรีย์นั้น ๆ เป็นสารประเภทใด

จากนั้นร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อจะสามารถระบุได้ว่า สารอินทรีย์แต่ละชนิดคือสารอินทรีย์ประเภทใด โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย รวมทั้งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำทดลอง



Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

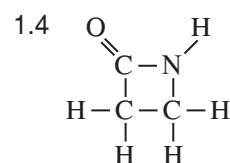
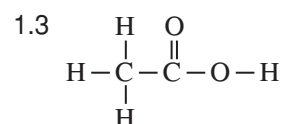
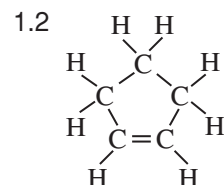
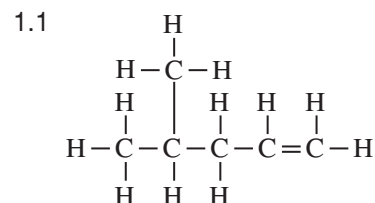
	ถูก/ผิด	ทบทวนหัวข้อ
1. สารประกอบอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก	☐	1.
2. $(\text{CH}_3)_3\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมได้ ดังนี้	☐	1.1
	บันทึกลงในสมุด	
3. สารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบ	☐	1.3
4. เรียงลำดับจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ ดังนี้ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน > แอลไคน์ > แอลเคน > แอลคีน	☐	2.
5. กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีสารละลาย H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สารประกอบเอไมด์เป็นผลิตภัณฑ์	☐	3.



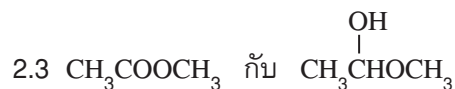
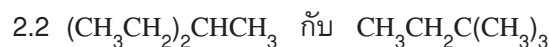
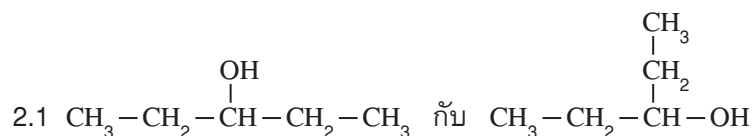
Unit questions 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

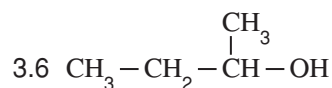
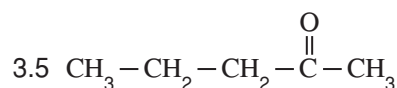
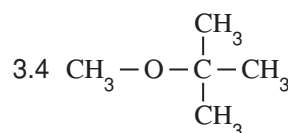
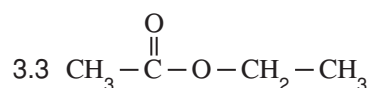
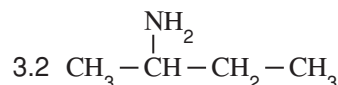
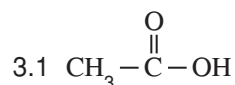
1. จงเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมของสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้



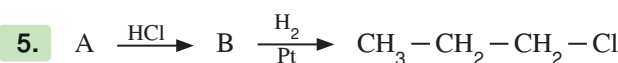
2. พิจารณาสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ แล้วระบุว่าเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่ ถ้าไม่ได้เป็นไอโซเมอร์กัน ให้ระบุว่าเป็นสารเดียวกันหรือสารคนละชนิด



3. จงบอกประเภท พร้อมระบุชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้



4. การเผาไหม้ของ C_3H_8 C_3H_6 และ C_3H_4 สารประกอบใดน่าจะเกิดเขม่ามากที่สุด เพราะเหตุใด



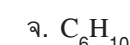
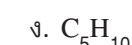
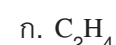
จากปฏิกิริยาดังกล่าว สาร A และ B คือสารประกอบใด

6. จงเขียนผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างบิวเทนกับคลอรีนที่กำหนดให้ต่อไปนี้

6.1 ปฏิกิริยาแทนที่ 1 ตำแหน่ง

6.2 ปฏิกิริยาแทนที่ 2 ตำแหน่ง

7. กำหนดสูตรโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ก. ข. ค. ง. และ จ. ให้ ดังนี้

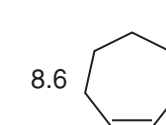
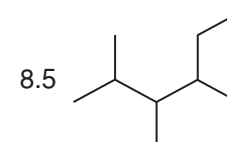
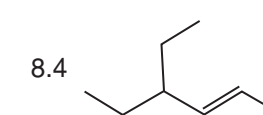
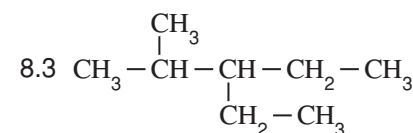


7.1 ถ้าสาร ก. ข. ค. ง. และ จ. มีโครงสร้างแบบวง สารใดเป็นไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

7.2 ถ้าสาร ก. ข. ค. ง. และ จ. มีโครงสร้างแบบโซ่เปิด สารใดเป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

7.3 จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสาร ง.

8. จงเขียนชื่อสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้



9. CH_3OCH_3 และ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ สารใดมีจุดเดือดสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด

10. เพราะเหตุใดฟีนอลจึงมีสมบัติเป็นกรด

11. แอลกอฮอล์โซ่ตรงชนิดหนึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 8 อะตอม แอลกอฮอล์ชนิดนี้เรียกชื่อตามระบบ IUPAC ว่าอย่างไร และเมื่อเปรียบเทียบกับบิวทานอลเป็นอย่างไร

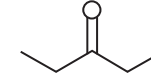
12. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลซาลิซิลเลต พร้อมระบุชื่อสารแต่ละชนิดตามระบบ IUPAC



แนวข้อสอบ A-Level

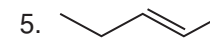
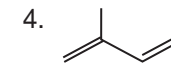
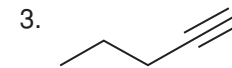
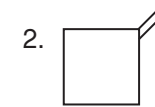
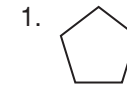
คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดไม่เป็นไอโซเมอร์กับสารที่กำหนดให้



1. pentan-2-one
2. 1-ethoxypropane
3. 3-methylbutanal
4. 3-methylbutan-2-one
5. 2,2-dimethylpropanal

2. เมื่อนำสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งจำนวน 1 โมล มาทำปฏิกิริยากับคลอรีนในที่สว่างจะทำปฏิกิริยาพอดีกับคลอรีน 1 โมล และเมื่อสารประกอบอินทรีย์ชนิดนี้ 2 โมล เกิดปฏิกิริยาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำอย่างละ 10 โมล สารประกอบอินทรีย์ชนิดนี้น่าจะเป็นสารในข้อใด



3. สารประกอบชนิดหนึ่งมีสูตรโมเลกุล C_4H_8 สามารถฟองจางสีโบรมีนได้ทั้งในที่มืดและที่สว่าง สารประกอบนี้จะมีกี่ไอโซเมอร์

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. 4 ไอโซเมอร์ | 2. 5 ไอโซเมอร์ |
| 3. 6 ไอโซเมอร์ | 4. 7 ไอโซเมอร์ |
| 5. 8 ไอโซเมอร์ | |

13. จงเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของออกทิลเอทานอยด์ในสารละลาย NaOH เจือจาง พร้อมระบุชื่อสารแต่ละชนิดตามระบบ IUPAC และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีชื่ออย่างไร
14. เพราะเหตุใดแอลดีไฮด์และคีโตนจึงไม่เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์
15. จงอธิบายการเตรียมเอทานอล
16. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่าง 2-เมทิลบิวทานาไมด์กับกรดไฮโดรคลอริก
17. สารประกอบเอมีนต่อไปนี้ $CH_3CH_2NH_2$, $CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$ และ $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$ สารประกอบใดมีจุดเดือดสูงที่สุด และสารประกอบใดละลายน้ำได้มากที่สุด เพราะเหตุใด
18. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเพนทานาไมด์ในสภาวะกรดและสภาวะเบส
19. จงเรียงลำดับจุดเดือดจากสูงที่สุดไปต่ำสุดของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ พร้อมให้เหตุผลประกอบ
 - 19.1 เพนเทน บิวทานอล กรดโพรพานอิก
 - 19.2 เพนทานาไมด์ บิวทานาไมด์ ออกทานาไมด์
 - 19.3 โพรพานอล โพรพานอน กรดแอซีติก
20. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ในสภาวะที่เหมาะสม พร้อมระบุชื่อของแต่ละปฏิกิริยา
 - 20.1 เบนซีนกับคลอรีน
 - 20.2 โพรไพน์กับโบรมีน
 - 20.3 เอทานอลกับออกซิเจน
 - 20.4 ไฮโดรคลอริกเพนทีนกับโบรมีน
 - 20.5 เพนทานาไมด์กับน้ำ
 - 20.6 เอทานอลกับกรดบิวทานอิก
 - 20.7 บิวเทนกับคลอรีน
 - 20.8 เอทิลโพรพานอยด์กับน้ำ

