คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม

เคมี เล่ม ๕

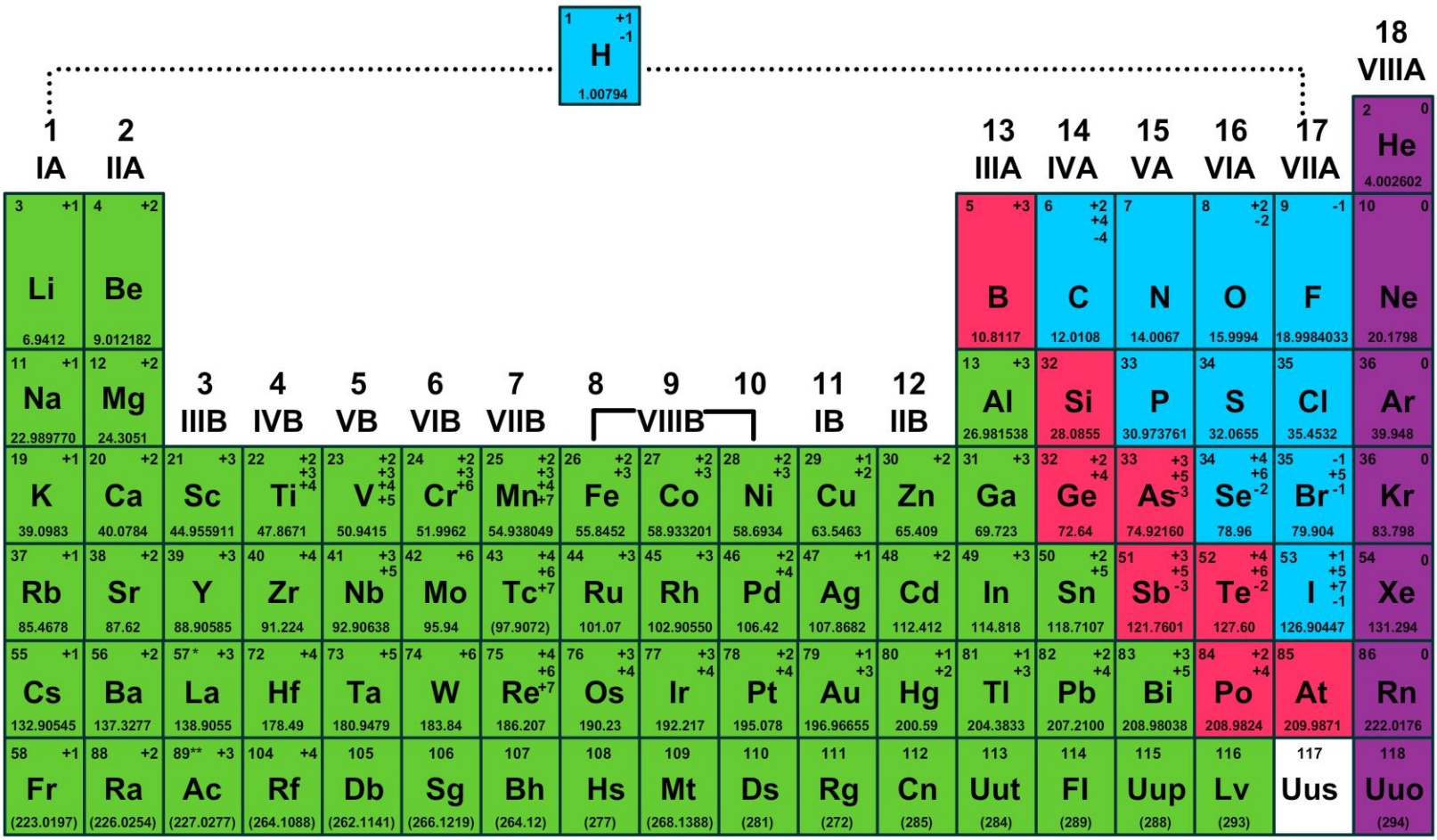
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๗๙.-

ตารางธาตุ



กลุ่มธาตุ *แลนทาไนด์	58 +3 +4 Ce 140.116	59 +3 Pr 140.90765	60 +3 Nd 144.24	61 +3 Pm (144.9127)	62 +2 +3 Sm 150.36	63 +2 +3 Eu 151.964	64 +3 Gd 157.25	65 +3 Tb 158.92534	66 +3 Dy 162.500	67 +3 Ho 164.93032	68 +3 Er 167.259	69 +3 Tm 168.93421	70 +2 +3 Yb 173.04	71 +3 Lu 174.967
กลุ่มธาตุ **แอกทิไนด์	90 Th (232.0381)	91 Pa (231.03588)	92 U (238.02891)	93 Np (237.00482)	94 Pu (244.0642)	95 Am (243.0614)	96 Cm (247.0704)	97 Bk (247.0703)	98 Cf (251.0796)	99 Es (252.0830)	100 Fm (257.0951)	101 Md (258.0984)	102 No (259.1010)	103 Lr (262.1097)

คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม ๕

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ISBN 978-616-317-151-1
พิมพ์ครั้งที่สอง ๓,๐๐๐ เล่ม
พ.ศ. ๒๕๕๖
องค์การค้าของ สกสค. จัดพิมพ์จำหน่าย
พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว
๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร
มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมและจัดทำคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม ๕ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔–๖ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๔

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม ๕ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดทำขึ้นสำหรับให้ครูผู้สอนเลือกใช้ประกอบการเรียนการสอนควบคู่กับหนังสือเรียนตามโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมที่ประกอบด้วยคำอธิบายรายวิชาที่มีทั้งผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม โดยให้พิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรของสถานศึกษา และเลือกใช้ประกอบการเรียนการสอนเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมทั้งข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ในการจัดทำคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมเล่มนี้ได้รับความร่วมมือจากคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์จากสถาบันต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนเป็นอย่างดี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อประยุกต์ใช้พัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำ ไว้ ณ โอกาสนี้

(นายชินภัทร ภูมิรัตน)
เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
๒๘ ธันวาคม ๒๕๕๔

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการให้ดำเนินการจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยสาระหลัก ๘ สาระคือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐานรวมทั้งตัวชี้วัดชั้นปีและตัวชี้วัดช่วงชั้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำหรับผู้เรียนทุกคนที่จะได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม โดยมุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล ตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๕๓ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ จึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรดังกล่าว

คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม ๕ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖ นี้ ได้พัฒนาขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ ๓ สารและสมบัติของสาร เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลรวมทั้งข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการ นักวิชาการอิสระ และครูผู้สอนจากสถาบันต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายในการช่วยให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นโปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(นางพรพรรณ ไวทยางกูร)
ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี เล่ม ๕ **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖ **เวลา ๖๐ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต**

ศึกษาความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุม ทดลองการเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ และหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของเอทานอลและกรดแอซีติก ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน การจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โครงสร้าง การเขียนสูตร การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายน้ำ ปฏิกิริยาบางชนิด การนำไปใช้ประโยชน์และอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ประเภท แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์ รวมทั้งศึกษาการทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเตรียมเอสเทอร์จากปฏิกิริยาที่เรียกว่าเอสเทอริฟิเคชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

ศึกษาการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ เลขออกเทน เลขซีเทน อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและการใช้ประโยชน์ของปิโตรเคมีภัณฑ์ ศึกษาประเภทของพอลิเมอร์และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาทดลองสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ การเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากเส้นใยธรรมชาติ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและปลอดภัย มลพิษที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางในการป้องกัน

ศึกษาธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก โครงสร้าง ชนิด หน้าที่ แหล่งที่พบ และประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหาร ศึกษาสมบัติ การทำงาน และการเรียกชื่อของเอนไซน์ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ศึกษาและทดลองการแปลงสภาพโปรตีน สมบัติบางประการและปฏิกิริยาเฉพาะของคาร์โบไฮเดรต การละลายของน้ำมันและไขมันในตัวทำละลายบางชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นเอสเทอร์ด้วยสารละลายเบส ศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุล

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ เชื้อเพลิง-ซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ สารชีวโมเลกุล โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีความสามารถในการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ แก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมากได้
3. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้น และมุม
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้
10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้
13. อธิบายการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้
14. อธิบายการใช้ประโยชน์จากถ่านหินและหินน้ำมันได้
15. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้
16. อธิบายความหมายของปิโตรเลียม เลขออกเทน เลขซีเทน ปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่อง พอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้
17. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้
18. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้
19. อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้
20. อธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
21. บอกวิธีการนำผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ไปใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
22. อธิบายโครงสร้างของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้
23. บอกสมบัติและการทดสอบไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตได้
24. บอกประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้

สารบัญ

หน้า

ข้อแนะนำทั่วไปในการจัดการเรียนรู้สาระสารและสมบัติของสาร 1

บทที่ 11 เคมีอินทรีย์ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้ 4

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน 6

สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน 13

11.1 พันธะของคาร์บอน 14

11.1.1 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ 14

11.1.2 ไอโซเมอริซึม 15

เฉลยแบบฝึกหัด 11.1 20

11.2 หมู่ฟังก์ชัน 26

11.3 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน 29

11.3.1 สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 29

11.3.2 ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 32

11.3.2.1 แอลเคน 32

เฉลยแบบฝึกหัด 11.2 35

11.3.2.2 แอลคีน 38

11.3.2.3 แอลไคน์ 40

11.3.2.4 อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 41

เฉลยแบบฝึกหัด 11.3 42

11.4 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ 46

11.4.1 แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ 46

เฉลยแบบฝึกหัด 11.4 48

11.4.2 แอลดีไฮด์และคีโตน 49

เฉลยแบบฝึกหัด 11.5 51

11.4.3 กรดคาร์บอกซิลิก 52

เฉลยแบบฝึกหัด 11.6 53

11.4.4 เอสเทอร์ 55

เฉลยแบบฝึกหัด 11.7 60

11.5 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 62

11.5.1 เอมีน 62

11.6 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 63

11.6.1 เอไมด์ 64

หน้า

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท 65

บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ 73

จุดประสงค์การเรียนรู้ 73

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน 75

สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน 83

12.1 ถ่านหิน 83

12.1.1 การเกิดถ่านหิน 84

12.1.2 การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน 85

เฉลยแบบฝึกหัด 12.1 88

12.2 หินน้ำมัน 89

12.2.1 การเกิดหินน้ำมัน 89

12.2.2 การใช้ประโยชน์จากหินน้ำมัน 91

12.3 ปิโตรเลียม 91

12.3.1 การเกิดปิโตรเลียม 92

12.3.2 การสำรวจปิโตรเลียม 92

เฉลยแบบฝึกหัด 12.2 93

12.3.3 การกลั่นน้ำมันดิบ 94

12.3.4 การแยกแก๊สธรรมชาติ 97

12.3.5 ปิโตรเคมีภัณฑ์ 98

เฉลยแบบฝึกหัด 12.3 98

12.4 พอลิเมอร์ 100

12.4.1 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ 104

เฉลยแบบฝึกหัด 12.4 104

12.4.2 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 105

เฉลยแบบฝึกหัด 12.5 108

12.4.3 ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ 109

12.4.3.1 พลาสติก 109

12.4.3.2 เส้นใย 113

12.4.3.3 ยาง 117

เฉลยแบบฝึกหัด 12.6 117

12.4.4 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ 118

หน้า
12.5 ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ 118
12.5.1 ภาวะมลพิษทางอากาศ 119
12.5.2 ภาวะมลพิษทางน้ำ 119
12.5.3 ภาวะมลพิษทางดิน 120
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท 122

บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล **127**
จุดประสงค์การเรียนรู้ 127
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน 129
สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน 140
13.1 คาร์โบไฮเดรต 140
13.1.1 ชนิดและโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต 140
13.1.2 สมบัติและปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต 141
เฉลยแบบฝึกหัด 13.1 142
13.2 กรดนิวคลีอิก 144
13.2.1 โครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA 144
13.3 โปรตีน 144
13.3.1 กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ 144
13.3.2 โครงสร้างของโปรตีน 145
เฉลยแบบฝึกหัด 13.2 147
13.3.3 ชนิดและหน้าที่ของโปรตีน 149
13.3.4 เอนไซม์ 149
13.3.5 การแปลงสภาพโปรตีน 153
เฉลยแบบฝึกหัด 13.3 157
13.4 ลิพิด 158
13.4.1 ไขมันและน้ำมัน 158
13.4.1.1 สมบัติ โครงสร้าง และปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน 158
เฉลยแบบฝึกหัด 13.4 165
13.4.2 ฟอสโฟลิพิด 167
13.4.3 ไข 168
13.4.4 สเตอรอยด์ 168
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท 168
เอกสารอ้างอิง 173

ข้อแนะนำทั่วไปในการจัดการเรียนรู้สาระสารและสมบัติของสาร

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วนั้น หลักสูตรดังกล่าวมีการกำหนดสาระการเรียนรู้เป็น 8 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะต้องประกอบด้วยส่วนที่เป็นองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ให้ผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานทุกคนเรียนรู้ และนอกจากนี้ยังมีการกำหนดสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่ระบุสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ ซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ ใช้ในการกำหนดเนื้อหาและเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียนไว้ในสาระการเรียนรู้กลุ่มต่าง ๆ

สาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 สาระ คือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับสาระที่ 3 สารและสมบัติของสารนั้นประกอบด้วย 2 มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดสำหรับช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 จำนวน 14 ตัวชี้วัด

สสวท.โดยสาขาเคมีได้จัดทำหนังสือเรียนเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำหรับผู้เรียนที่เรียนเน้นด้านวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 6 เล่ม เป็นหนังสือเรียนสำหรับสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี 1 เล่ม และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม 5 เล่ม หนังสือเรียนเคมีทุกเล่มจะมีเนื้อหาที่ประกอบด้วยหลักการ ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของสารและสมบัติของสาร ส่วนที่เป็นพื้นฐานและส่วนที่สนองต่อความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนต่อเนื่องกัน ทั้งนี้ได้มีการจัดทำคู่มือครูเคมีเพื่อใช้ประกอบหนังสือเรียนแต่ละเล่มไว้ด้วย

1. ลักษณะของคู่มือครูเคมี

คู่มือครูเคมี เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสาระสารและสมบัติของสารให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ ในคู่มือครูได้เสนอแนะกิจกรรมหรือวิธีการนำเข้าสู่บทเรียน ขอบข่ายเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมแต่ละหัวข้อและการทดลอง ทั้งนี้ผู้สอนสามารถปรับได้ตามความเหมาะสมกับผู้เรียนเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จบลงตามเวลาที่มีอยู่ นอกจากนี้ยังมีข้อแนะนำเพิ่มเติมที่เป็นความรู้สำหรับครูใช้เป็นข้อมูลในการตอบปัญหา ซึ่งอยู่ในดุลยพินิจ ไม่จำเป็นที่ครูจะต้องนำไปสอน

ปริมาณสารเคมีที่กำหนดให้ในคู่มือครู ได้กำหนดเป็นจำนวนช้อนซึ่งเป็นปริมาณเพียงพอที่จะได้ผลการทดลองชัดเจนและเพื่อความสะดวกในการวัดมวลของสาร การทดลองในระดับนี้ไม่จำเป็นต้องชั่งสารให้ได้มวลที่แน่นอนเพราะการทดลองส่วนใหญ่เป็นเชิงคุณภาพวิเคราะห์ (ยกเว้นบางการทดลองที่เป็นปริมาณวิเคราะห์) สิ่งที่ควรระลึกไว้คือสารเคมีแต่ละชนิดมีมวลโมเลกุลไม่เท่ากัน มวลของสารและจำนวนช้อนที่กำหนดให้จึงเป็นเพียงมวลโดยประมาณเท่านั้น

2. การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คู่มือครูได้แนะนำการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ว่าแต่ละหัวข้อจะเริ่มต้นบทเรียนอย่างไร มีข้อสรุปอย่างไรบ้าง รวมทั้งได้เสนอข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสอนและข้อควรระวังในขณะทำการทดลองด้วย นอกจากนี้ยังมีข้อแนะนำอื่น ๆ อีกดังนี้

2.1 หน้าที่ของครู

ก. ชี้แนวทางในการเรียน ฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักคิดโดยการแทรกคำถามเพื่อให้นักเรียนคิด ฝึกให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนด้วยตนเองก่อนได้ข้อสรุปของกลุ่ม

ข. กระตุ้นให้นักเรียนสนใจบทเรียนโดยการอ่านเนื้อหามาล่วงหน้า ทำความเข้าใจกับวิธีทำการทดลอง การทดลองบางตอนอาจต้องให้นักเรียนทำหรือจัดเตรียมสารมาล่วงหน้า

ค. แบ่งกลุ่มนักเรียนตั้งแต่เริ่มเรียน แต่ละกลุ่มควรมีนักเรียนประมาณ 3 คน โดยสมาชิกในกลุ่มอาจหมุนเวียนเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกับเพื่อนหลายกลุ่ม

ง. จัดหรือให้นักเรียนช่วยจัดอุปกรณ์เป็นชุด ๆ สำหรับแต่ละกลุ่ม เน้นให้นักเรียนทำความสะอาด ตรวจเช็คและเก็บให้เรียบร้อยทุกครั้งเมื่อใช้เสร็จแล้ว

2.2 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

ครูควรเน้นให้นักเรียนมีความระมัดระวังในขณะทำการทดลอง แต่อย่าทำให้นักเรียนเกิดความกลัว ควรแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือให้ถูกต้องโดยเฉพาะการใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ (ต้องใช้ไม้ขีดจุดตะเกียงทุกครั้ง) ให้ระมัดระวังการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสารไวไฟ รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่อาจจะเกิดขึ้น ควรจัดให้มีอุปกรณ์ดับไฟไว้ในห้องปฏิบัติการ เช่น กระสอบ ถังทราย ควรเน้นให้นักเรียนทราบว่าสารเคมีทุกชนิดมีพิษ ห้ามสูดดมไอของสารและห้ามชิมสารเด็ดขาด ควรมีรายการสารเคมีที่เป็นพิษพร้อมทั้งบอกอันตรายและวิธีแก้ไขติดไว้ในที่ที่นักเรียนอ่านได้ทั่วถึงกัน

3. การวัดผลและประเมินผล

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุไว้ว่าการวัดและประเมินผลของการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน และเพื่อตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จนั้น **ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้** สะท้อนสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับ ไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ

การวัดและประเมินผลในระดับชั้นเรียนเป็นการวัดและประเมินผลที่อยู่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ซึ่งใช้เทคนิคการประเมินได้อย่างหลากหลาย ทั้งการซักถาม การสังเกต การสำรวจตรวจสอบและการปฏิบัติการทดลอง การตรวจการบ้าน การประเมินโครงงาน แฟ้มสะสมงาน การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน การนำเสนอผลงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินหรือให้ผู้เรียนประเมิน

ตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน หรือการประเมินโดยทั้งผู้สอนและผู้เรียน การวัดและประเมินผลในระดับชั้นเรียนเป็นการตรวจสอบพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อผลในการพัฒนาและปรับปรุงทั้งสำหรับตัวของผู้เรียนและผู้สอนให้สามารถเรียนรู้และสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

หลักการวัดผลการศึกษาจะต้องวัดให้ตรงกับจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์ของการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบผลจากการสอนว่านักเรียนได้เรียนรู้และบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้นั้นหรือไม่ และประเมินว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด ในคู่มือครูเคมีจะระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เป็นแนวทางให้ครูใช้ในการประเมินผล แบ่งเป็น

- จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหัวข้อซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลขณะทำการสอนหัวข้อนั้น ๆ
- จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำบทซึ่งใช้ในการวัดผลเมื่อสอนจนจบบทแล้ว

การวัดผลและประเมินผลประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.1 การวัดผลและประเมินผลระหว่างภาคเรียน ระหว่างดำเนินการเรียนการสอนเป็นการวัดผลย่อยเฉพาะตอนหรือเฉพาะบทเรียนเพื่อหาข้อบกพร่องในการเรียนการสอนแต่ละเนื้อหา ประเมินว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องที่เรียนมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้หาทางช่วยเหลือ แนะนำ สอนเสริม แก้ไขความไม่เข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องต่อไป เป็นการวัดผลเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน

3.2 การวัดผลและประเมินผลปลายภาค เป็นการวัดผลรวมเมื่อจบภาคเรียนแต่ละภาค และนำผลการวัดมาใช้ประเมินว่าในช่วงเวลาหรือขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียนไปนั้นนักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมไปอย่างไร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากน้อยเพียงใด มีคุณสมบัติตรงตามที่หลักสูตรกำหนดไว้หรือไม่ ผลที่ได้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ประกอบการตัดสินผลการเรียน

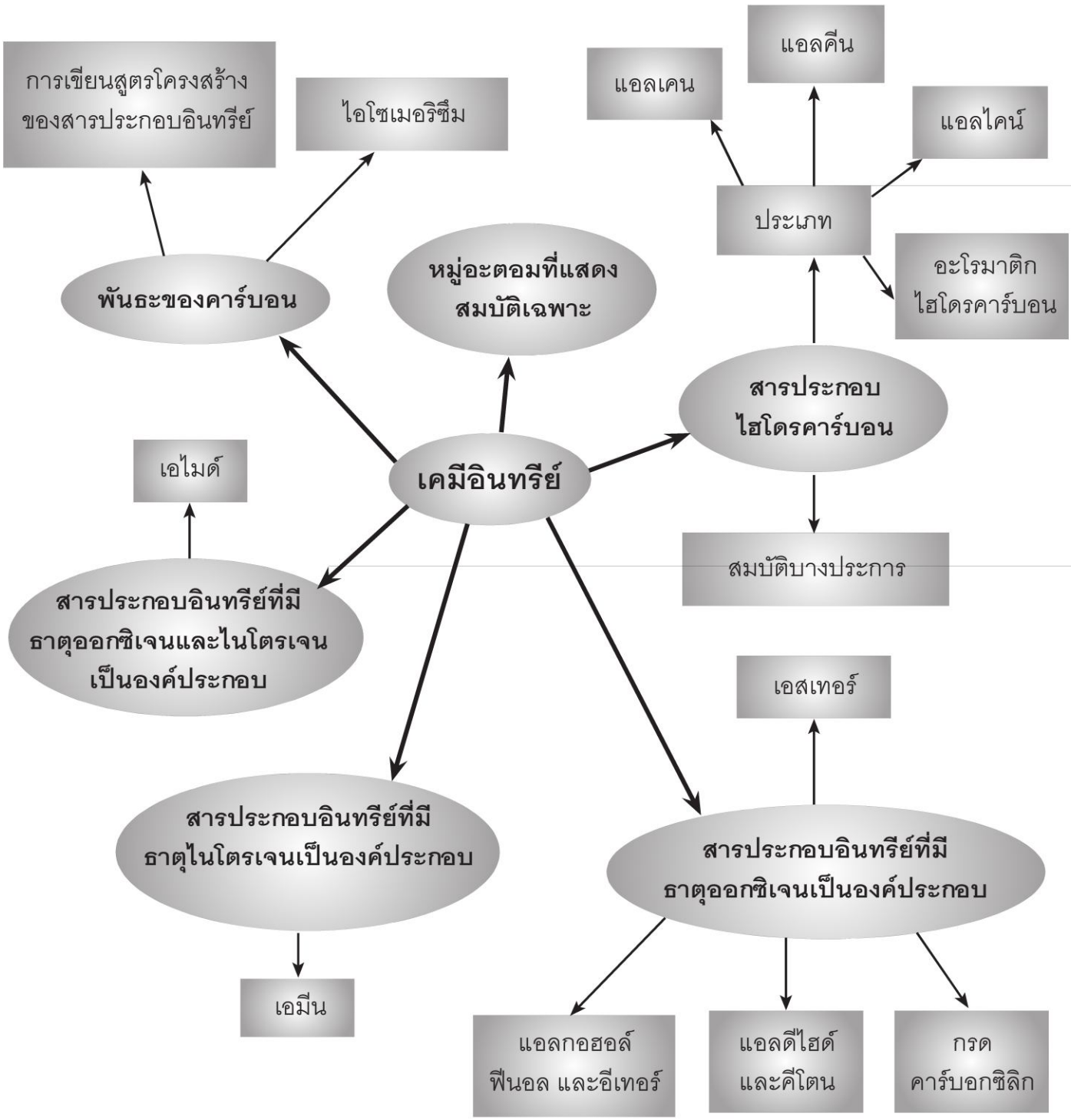
บทที่ 11

เคมีอินทรีย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมากได้
3. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุม
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้
9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้
10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้
13. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับ
    - 13.1 การจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์
    - 13.2 สมบัติบางประการของเอทานอลและกรดแอซีติก
    - 13.3 สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
    - 13.4 ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์
    - 13.5 ปฏิกิริยาของเอสเทอร์

ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์



การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงความรู้	ใส่ท้ายอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	สารประกอบอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีทั้งที่เกิดในธรรมชาติและที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น สาขาวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิด สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์เรียกว่า เคมีอินทรีย์	-	-	-	-	-	-	-
3	-	1	-	คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ IVA หรือหมู่ 14 สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนด้วยกันเองและกับอะตอมของธาตุอื่นด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม จึงทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก	-	-	-	-	2	-	-
2	-	1	-	โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์เขียนแสดงได้หลายแบบ เช่น โครงสร้างลิวอิส โครงสร้างแบบย่อ แบบเส้นและมุม ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้แสดงการจัดเรียงอะตอมในโมเลกุลในลักษณะ 2 มิติ	-	-	-	-	3	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน: เขียนรายงาน	กิจกรรมของนักเรียน: การหาข้อมูล	กิจกรรมของนักเรียน: การคำนวณ	การแก้ปัญหาโจทย์	ใช้สื่อเทคโนโลยี	แบบฝึกหัด
3	-	1	-	ในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์มีการจัดเรียงอะตอมในโมเลกุลเป็นแบบ 3 มิติและถูกกำหนดโดยทิศทางของพันธะรอบอะตอมคาร์บอน ซึ่งต้องมีการจัดเรียงตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด	-	-	-	-	2	-	-
2	5	1	-	สารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างต่างกัน จัดเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกัน โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ไอโซเมอริซึม และเรียกสารประกอบแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์	3	-	-	-	4	-	6
-	3	1	-	หมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์เรียกว่า หมู่ฟังก์ชัน	2	-	-	-	4	-	-
3	-	1	-	สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน จัดเป็นสารประกอบต่างชนิดกันและมีสมบัติแตกต่างกัน	-	-	-	-	2	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลทางสถิติ	ใส่ตัวเลขในสูตร	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	สารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	-	-	-	-	-	-	-
4	3	1	-	สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีชนิดของพันธะในโมเลกุลแตกต่างกัน จะมีสมบัติแตกต่างกัน	2	-	-	-	-	-	-
3	-	1	-	แอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เนื่องจากอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด แอลเคนที่อะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวงเรียกว่าไซโคลแอลเคน	-	4	-	-	2	-	5
4	-	1	-	แอลคีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่เป็นหมู่ฟังก์ชัน แอลคีนที่อะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวงเรียกว่า ไซโคลแอลคีน	-	3	-	-	2	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	ประยุกต์ทางคณิตศาสตร์	ใส่ตัวเลขในสูตร	แบบฝึกหัด
3	-	1	-	แอลไคน์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว มีพันธะสามเป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสมบัติคล้ายกับแอลคีน แอลไคน์ที่อะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวงเรียกว่า ไซโคลแอลไคน์	-	-	-	-	2	-	-
3	-	1	-	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยวงเบนซีนหรือมีสมบัติคล้ายเบนซีน	-	-	-	-	2	-	4
2	1	-	-	แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	-	-	-	-	-	-	-
3	-	1	-	แอลกอฮอล์และฟีนอลมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน	-	-	-	-	2	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การคำนวณ	ใช้ทักษะกระบวนการ	ใช้ทักษะปฏิบัติ	แบบฝึกหัด
1	-	-	-	อีเทอร์มีหมู่แอลคอกซีเป็นหมู่ฟังก์ชันและเป็นไอโซเมอร์กับแอลกอฮอล์และฟีนอล ↓	-	-	-	-	2	-	3
3	-	1	-	แอลดีไฮด์และคีโตนมีหมู่คาร์บอก-ซาลดีไฮด์และหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน ตามลำดับ สารทั้งสองชนิดนี้เป็นไอโซเมอร์ซึ่งกันและกัน ↓	-	-	-	-	2	-	4
3	-	1	-	กรดคาร์บอกซิลิกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน ↓	-	-	-	-	2	-	4
3	2	-	-	เอสเทอร์เป็นสารประกอบที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์กับกรดคาร์บอกซิลิก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ↓	1	-	-	-	4	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	ใส่ตัวเลขในสมการ	แบบฝึกหัด
2	-	-	-	เอสเทอร์มีหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน และเป็นไอโซเมอร์กับกรดคาร์บอกซิลิก	-	-	-	-	1	-	-
3	2	-	-	ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน เมื่อเอสเทอร์ถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดจะได้กรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์เป็นผลิตภัณฑ์	1	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเอสเทอร์ที่สภาวะเบสเรียกว่าปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือคาร์บอกซิเลตของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์	-	-	-	-	-	-	3
2	-	1	-	เอมีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และมีหมู่อะมิโนเป็นหมู่ฟังก์ชัน	-	-	-	-	3	-	-

การให้ความร้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง	ใส่ชื่อสารเคมี	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	เอมีนละลายในน้ำได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส จึงทำปฏิกิริยากับกรดได้เกลือเอมีน ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	เอไมด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีทั้งธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเพิ่มเติมจากธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนโดยมีหมู่เอไมด์เป็นหมู่ฟังก์ชัน ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	เอไมด์ละลายน้ำได้และสภาพการละลายได้ในน้ำจะลดลง เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น สารละลายของเอไมด์ไม่แสดงสมบัติเป็นเบส ↓	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 11 เคมีอินทรีย์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกราฟ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลงานและรูปเล่ม	ใส่ท้ายอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	เอไมด์เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอมโมเนียหรือเอมีนที่อุณหภูมิสูง และสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ทั้งสภาวะกรดและเบส ↓	-	-	-	-	-	-	3
2	-	1	-	สารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิดมีประโยชน์และอันตรายที่แตกต่างกัน	-	-	-	-	-	-	-

สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน

บทเรียนนี้เป็นการศึกษาสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเริ่มจากการศึกษาการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอน การเขียนสูตรโครงสร้างแบบต่าง ๆ ได้แก่ แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุม การเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ การจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุองค์ประกอบเป็นเกณฑ์ และศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง การเขียนสูตร การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายในน้ำ ปฏิกิริยาบางชนิด รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์และอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วย แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เอมีน และสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เอไมด์

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 22 ชั่วโมง

เนื่องจากบทเรียนนี้เป็นเรื่องของสารอินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเป็นส่วนใหญ่ จึงควรเริ่มต้นด้วยการอภิปรายถึงสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ รอบตัวเราว่าประกอบด้วยธาตุที่สำคัญชนิดใด โดยเฉพาะปัจจัยสี่ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์จะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ จากนั้นจึงให้ความรู้เกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ว่าหมายถึงสารประกอบของคาร์บอน ยกเว้นสารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอน เช่น สารที่เป็นอัญรูปของคาร์บอน ออกไซด์ของคาร์บอน กรดคาร์บอนิก เกลือคาร์บอเนต เกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนต เกลือออกซาเลต เกลือไซยาไนด์ เกลือไซยาเนต เกลือไทโอไซยาเนต เกลือคาร์ไบด์ เป็นต้น แล้วจึงสรุปเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ว่าเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิด สมบัติ การสังเคราะห์และปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

11.1 พันธะของคาร์บอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอนและธาตุชนิดอื่นในสารประกอบอินทรีย์ได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมากได้
3. เขียนสูตรโครงสร้างแบบต่าง ๆ ได้แก่ ลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุมของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ได้
5. ทำการทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์ได้

ทบทวนเกี่ยวกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของคาร์บอน แล้วให้พิจารณาโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดจากข้อมูลในตาราง 11.1 โดยให้สังเกตการสร้างพันธะตามกฎออกเตตและจำนวนพันธะของธาตุต่าง ๆ ในสารประกอบ เพื่อให้ได้แนวคิดว่าธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยกันเองด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และสร้างพันธะต่อกันไปได้เรื่อย ๆ นอกจากนี้อะตอมของคาร์บอนสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่นได้อีกด้วย จึงทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก

11.1.1 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

ทบทวนความรู้เกี่ยวกับสูตรเคมี ซึ่งได้แก่ สูตรเอมพิริกัล สูตรโมเลกุล และสูตรโครงสร้าง แล้วให้ความรู้เรื่องสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ว่าสามารถเขียนแสดงได้หลายแบบ เช่น โครงสร้างลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบเส้นและมุม ต่อจากนั้นอธิบายการเขียนสูตรโครงสร้างแต่ละแบบพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ ดังรายละเอียดในบทเรียน และให้นักเรียนฝึกเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ

ครูนำอภิปรายต่อไปเพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าการเขียนสูตรโครงสร้างแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมา

แล้วนั้นเป็นเพียงการแสดงการจัดเรียงอะตอมในลักษณะ 2 มิติ ต่อจากนั้นให้นักเรียนพิจารณาการจัดเรียงตัวของอะตอมในลักษณะ 3 มิติจากตาราง 11.4 แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าอะตอมของธาตุต่าง ๆ ในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน เนื่องจากถูกกำหนดโดยทิศทางของพันธะรอบอะตอมของคาร์บอน ซึ่งมีการจัดเรียงตัวให้อยู่ห่างกันมากที่สุด แล้วจึงอธิบายเกี่ยวกับมุมระหว่างพันธะและรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามตามรายละเอียดในบทเรียน

11.1.2 ไอโซเมอริซึม

ทบทวนความรู้โดยให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างลิวอิสของบิวเทนกับ 2–เมทิลโพรเพน (ไอโซบิวเทน) ในตาราง 11.4 ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างต่างกัน ต่อจากนั้นให้พิจารณาสมบัติของบิวเทนและ 2–เมทิลโพรเพนในตาราง 11.5 แล้วร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า สารบางชนิดมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างต่างกัน ทำให้มีสมบัติต่างกัน เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของไอโซเมอริซึม ไอโซเมอร์และไอโซเมอร์โครงสร้าง แล้วจึงให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบโซ่ตรง โซ่กิ่ง และโซ่เปิด รวมทั้งเหตุผลที่โครงสร้างของโมเลกุลมีผลต่อสมบัติของสาร จากนั้นตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนช่วยกันคิดต่อไปว่า สารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} จะมีการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนเป็นอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง 11.1

การทดลอง 11.1 การจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้ C_5H_{12} เป็นตัวอย่าง

จุดประสงค์การทดลอง

1. ต่อแบบจำลองแสดงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ ตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนที่กำหนดได้
2. เขียนโครงสร้างลิวอิสของแต่ละไอโซเมอร์ได้
3. อธิบายการเกิดไอโซเมอร์และผลของการเกิดไอโซเมอร์ได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
	ทดลอง	15	นาที
	อภิปรายหลังการทดลอง	10	นาที
	รวม	30	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

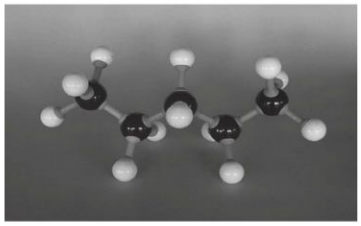
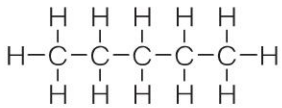
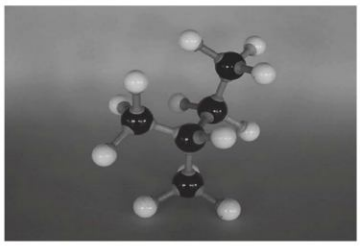
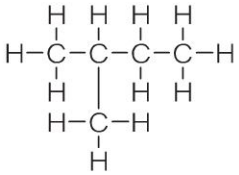
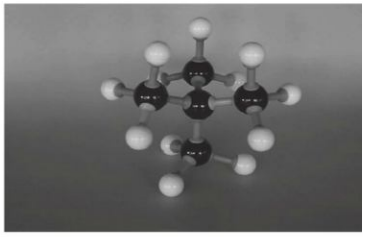
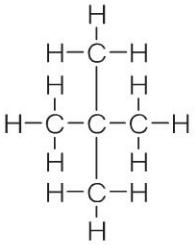
รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
1. แบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีดำเจาะ 4 รู แทนอะตอมของคาร์บอน	5 ลูก
2. แบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีขาวเจาะ 1 รู แทนอะตอมของไฮโดรเจน	12 ลูก
3. ก้านพลาสติก	16 อัน

อภิปรายก่อนการทดลอง

ในกรณีที่มีแบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีขาวไม่เพียงพออาจไม่ต้องใช้ก็ได้ โดยให้ถือว่าปลายก้านพลาสติกด้านตรงข้ามกับอะตอมของคาร์บอนแทนอะตอมของไฮโดรเจน

ตัวอย่างผลการทดลอง

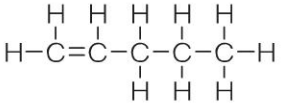
เมื่อนำลูกกลมพลาสติกตามจำนวนที่กำหนดให้มาต่อกัน จะได้แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลดังนี้

แบบที่	แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ	สูตรโครงสร้างลิวอิส
1		
2		
3		

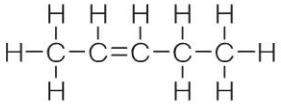
อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโครงสร้างที่ได้จากการทดลอง แล้วอภิปรายร่วมกันตามแนวคำถามท้ายการทดลองจนได้ข้อสรุปดังนี้

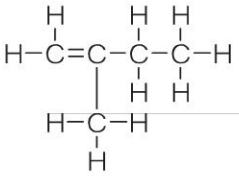
1. เมื่อต่อคาร์บอน 5 อะตอมและไฮโดรเจน 12 อะตอมด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมดจะได้โครงสร้าง 3 แบบหรือ 3 ไอโซเมอร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบโซ่เปิด
2. ไอโซเมอร์ของโมเลกุล C_5H_{12} เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของคาร์บอนจากโซ่ตรงเป็นโซ่กิ่ง
3. เมื่อต่อแบบจำลองโดยใช้คาร์บอน 5 อะตอมเช่นเดียวกัน แต่ให้มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน 1 พันธะ ได้โครงสร้างที่เป็นโซ่เปิด 5 แบบ หรือ 5 ไอโซเมอร์ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่และตำแหน่งของโซ่กิ่ง ดังนี้



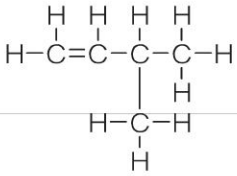
แบบที่ 1



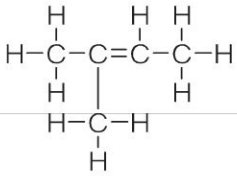
แบบที่ 2



แบบที่ 3

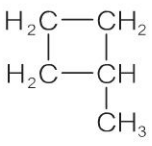


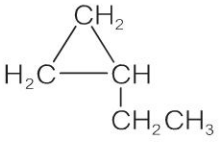
แบบที่ 4

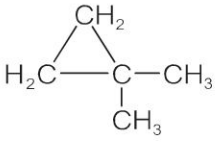


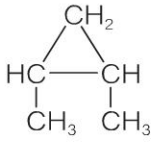
แบบที่ 5

อธิบายต่อไปถึงการเกิดไอโซเมอร์โครงสร้างที่มีโครงสร้างแบบวงของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุล C_5H_{10} ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วให้นักเรียนเขียนโครงสร้างแบบวงของไอโซเมอร์ที่ยังไม่ได้แสดงไว้ในบทเรียน ซึ่งควรเขียนได้อีก 4 ไอโซเมอร์ ดังนี้







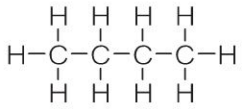
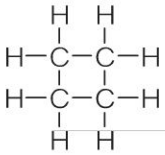
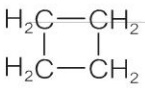
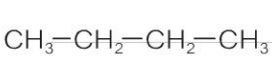
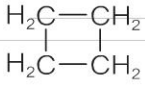


ร่วมกันอภิปรายให้ได้ข้อสรุปว่าการที่สารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ๆ สามารถเกิดไอโซเมอร์โครงสร้างได้หลายแบบ เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก และพบว่าจำนวนไอโซเมอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อสารประกอบอินทรีย์มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น

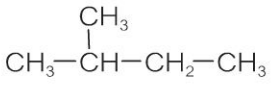
ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ เขียนได้หลายแบบ เช่น โครงสร้างลิวอิส แบบย่อ แบบผสมระหว่างโครงสร้างลิวอิสกับแบบย่อ แบบเส้นและมุม

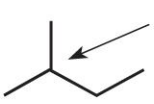
ตัวอย่าง สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดที่เขียนแสดงด้วยโครงสร้างแบบต่างๆ เป็นดังนี้

สูตรโครงสร้าง	C_4H_{10}	C_4H_8
แบบลิวอิส		
แบบย่อ	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ หรือ $CH_3(CH_2)_2CH_3$	
แบบผสม		
แบบเส้นและมุม		

2. การเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม นิยมเขียนตามการจัดเรียงตัวของอะตอมในโมเลกุลในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้เส้นตรงแทนพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอน ถ้ามีคาร์บอนต่างกันมากกว่า 2 อะตอมจะใช้เส้นตรงต่อกันแบบซิกแซก แทนสายโซ่อะตอมของคาร์บอน สำหรับส่วนที่เป็นโซ่กิ่งจะใช้เส้นลากต่อออกมาจากสายโซ่ โดยใช้เส้นชี้ขึ้นต่อกับมุมของฟันปลาที่ชี้ขึ้น และใช้เส้นชี้ลงต่อกับมุมของฟันปลาที่ชี้ลง เช่น

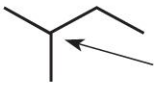


เขียนเป็น



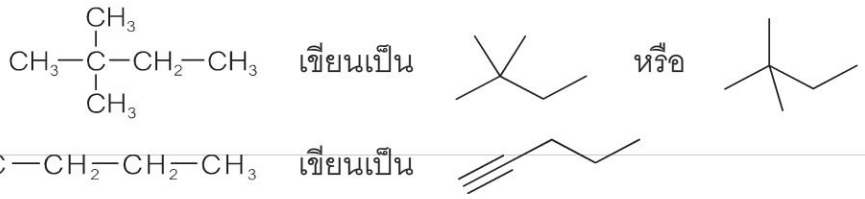
มุมชี้ขึ้น เส้นกิ่งชี้ขึ้น

หรือ



มุมชี้ลง เส้นกิ่งชี้ลง

สำหรับโมเลกุลที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้ง 4 พันธะ จะเขียนแสดงโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่หน้า ส่วนโมเลกุลที่มีพันธะสาม จะเขียนแสดงเป็นรูปเส้นตรงต่อกับพันธะที่อยู่ถัดไปโดยไม่หักมุมเป็นเส้นฟันปลาตรงตำแหน่งพันธะสาม ดังตัวอย่าง



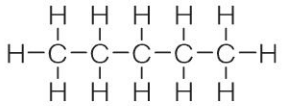
เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น จำนวนไอโซเมอร์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่จำนวนไอโซเมอร์ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนคาร์บอนและไฮโดรเจนในสูตรทั่วไป ดังข้อมูลในตารางต่อไปนี้

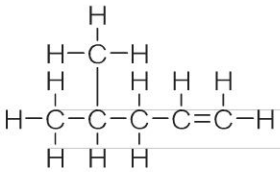
สูตรโมเลกุล	จำนวนอะตอมของคาร์บอน	จำนวนไอโซเมอร์โครงสร้าง
CH_4	1	-
C_2H_6	2	-
C_3H_8	3	-
C_4H_{10}	4	2
C_5H_{12}	5	3
C_6H_{14}	6	5
C_7H_{16}	7	9
C_8H_{18}	8	18
C_9H_{20}	9	35
$C_{10}H_{22}$	10	75
$C_{15}H_{32}$	15	4,347
$C_{20}H_{42}$	20	366,319

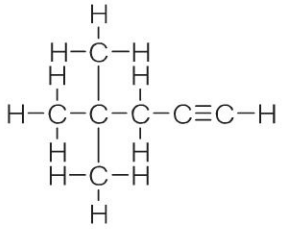
หัวข้อ 11.1 11.1.1 11.1.2 การทดลอง 11.1 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.1 ควรใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

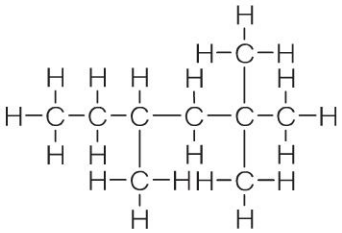
เฉลยแบบฝึกหัด 11.1

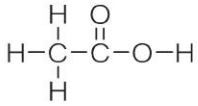
1. จงเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อกับแบบเส้นและมุมของสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้

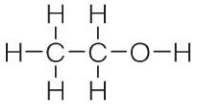
ก. 

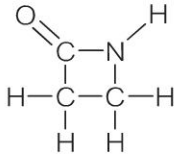
ข. 

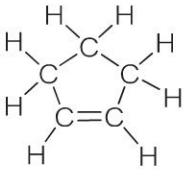
ค. 

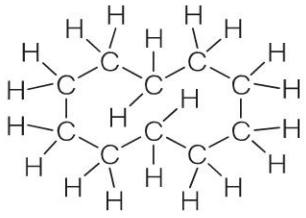
ง. 

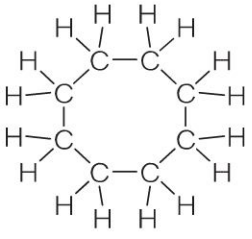
จ. 

ฉ. 

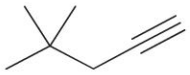
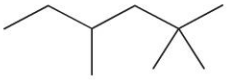
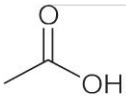
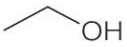
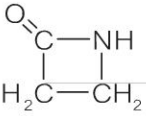
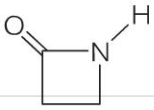
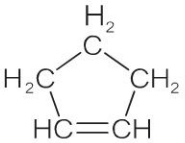
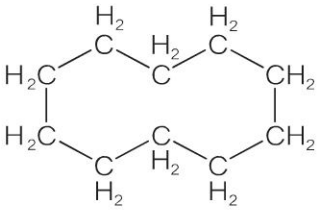
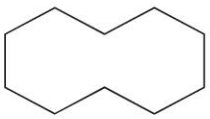
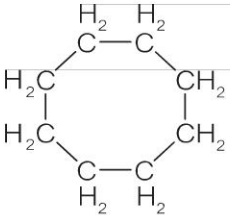
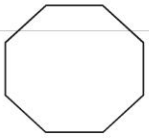
ช. 

ซ. 

ฌ. 

ญ. 

สูตรโครงสร้างแบบย่อกับแบบเส้นและมุม เขียนได้ดังนี้

ข้อ	สูตรโครงสร้างแบบย่อ	สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม
ก	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ หรือ $CH_3(CH_2)_3CH_3$	
ข	$(CH_3)_2CHCH_2CH{=}CH_2$	
ค	$(CH_3)_3CCH_2C{\equiv}CH$	
ง	$CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}HCH_2C(CH_3)_3$ หรือ $CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2C(CH_3)_3$	
จ	CH_3COOH หรือ CH_3CO_2H	
ฉ	CH_3CH_2OH	
ช		
ซ		
ฌ		
ญ		

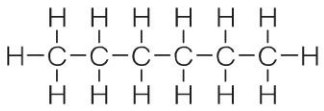
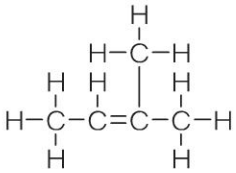
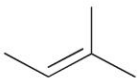
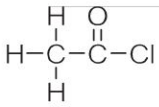
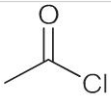
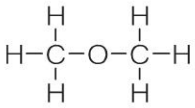
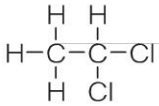
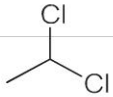
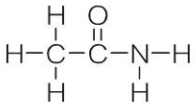
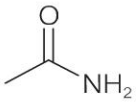
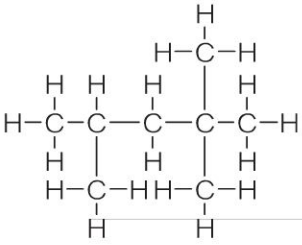
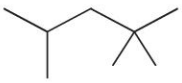
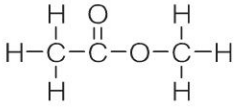
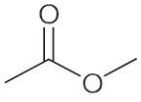
2. จงเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสกับสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมของสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้

ก. $CH_3(CH_2)_4CH_3$ ข. $CH_3CH{=}C(CH_3)_2$ ค. CH_3COCl

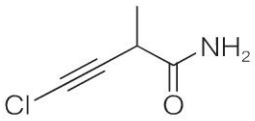
ง. $(CH_3)_2O$ จ. CH_3CHCl_2 ฉ. CH_3CONH_2

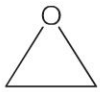
ช. $(CH_3)_2CHCH_2C(CH_3)_3$ ซ. CH_3COOCH_3

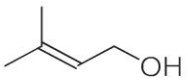
สูตรโครงสร้างลิวอิสกับสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม เขียนได้ดังนี้

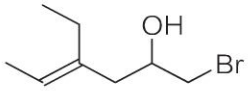
ข้อ	สูตรโครงสร้างลิวอิส	สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม
ก		
ข		
ค		
ง		
จ		
ฉ		
ช		
ซ		

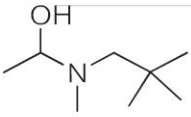
3. จงเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างลิวอิสผสมจากโครงสร้างต่อไปนี้

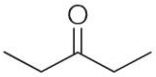
ก. 

ข. 

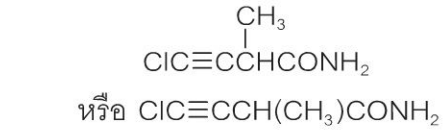
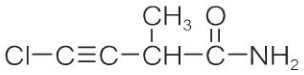
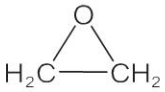
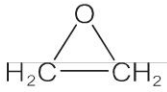
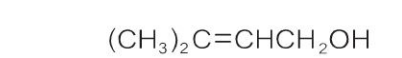
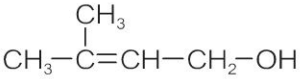
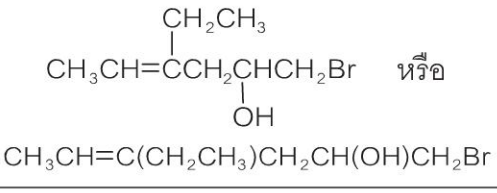
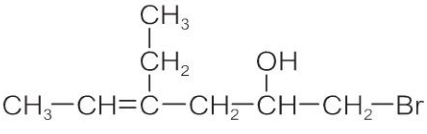
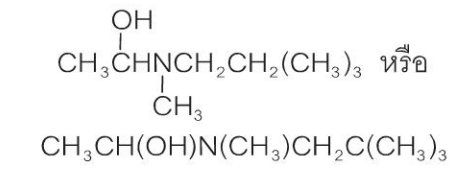
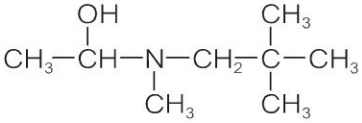
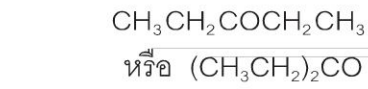
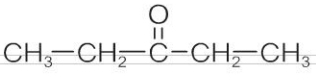
ค. 

ง. 

จ. 

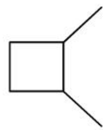
ฉ. 

สูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโครงสร้างลิวอิสผสมกับสูตรโครงสร้างแบบย่อ เขียนได้ดังนี้

ข้อ	สูตรโครงสร้างแบบย่อ	สูตรโครงสร้างลิวอิสผสมกับสูตรโครงสร้างแบบย่อ
ก		
ข		
ค		
ง		
จ		
ฉ		

4. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดต่อไปนี้เป็นไอโซเมอร์กัน ถ้าไม่ได้เป็นไอโซเมอร์กันให้ระบุด้วยว่าเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

ก. $(CH_3CH_2)_2CHCH_3$ กับ $CH_3CH_2C(CH_3)_3$ เป็นไอโซเมอร์กัน

ข. กับ  เป็นไอโซเมอร์กัน

ค. CH_3COOCH_3 กับ $CH_3CH(OH)OCH_3$ เป็นสารต่างชนิดกัน

ง. $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3$ กับ $CH_3-CH_2-CH(CH_2CH_3)-OH$ เป็นสารชนิดเดียวกัน

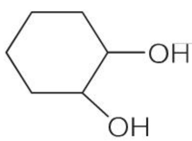
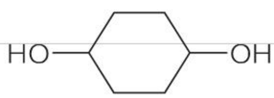
จ. CH_3OCH_3 กับ CH_3CH_2OH เป็นไอโซเมอร์กัน

ฉ. $CH_3(CH_2)_3CHO$ กับ $(CH_3CH_2)_2CO$ เป็นไอโซเมอร์กัน

ช. $CH_2{=}CHCH(CH_3)_2$ กับ $(CH_3)_2CHCH{=}CH_2$ เป็นสารชนิดเดียวกัน

ซ. $(CH_3)_3N$ กับ $CH_3NHCH_2CH_3$ เป็นไอโซเมอร์กัน

ฌ. $(CH_3)_2CCl_2$ กับ $(CH_3)_2CHCH_2Cl$ เป็นสารต่างชนิดกัน

ญ.  กับ  เป็นไอโซเมอร์กัน

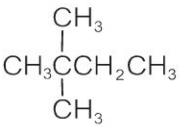
ฎ. $CH_3-CCl_2-CH_2-CH_3$ กับ $CH_3-CH_2-CCl_2-CH_3$ เป็นสารชนิดเดียวกัน

5. จงเขียนไอโซเมอร์โครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น โดยกำหนดให้มีคาร์บอน 6 อะตอม และมีโครงสร้างและพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนดังนี้

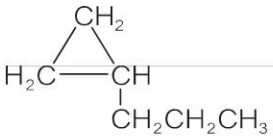
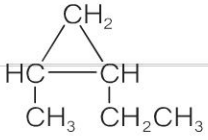
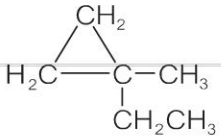
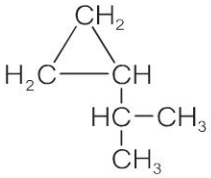
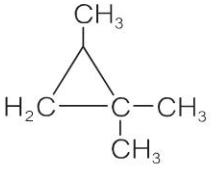
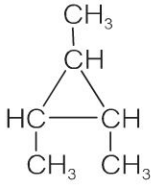
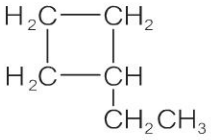
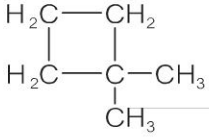
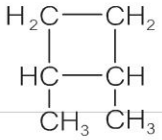
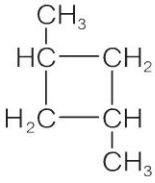
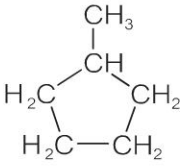
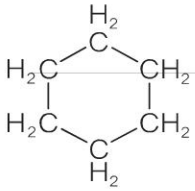
ก. โซ่เปิดที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด
ข. แบบวงที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด
ค. โซ่เปิดที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ
ง. โซ่เปิดที่มีพันธะสาม 1 พันธะ

ก. โซ่เปิดที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมดเขียนไอโซเมอร์ได้ 5 ไอโซเมอร์ดังนี้

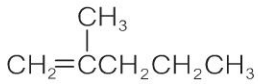
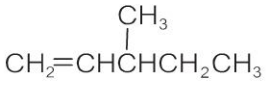
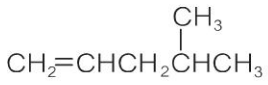
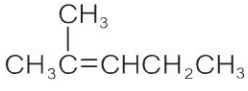
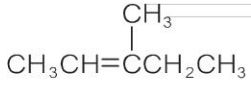
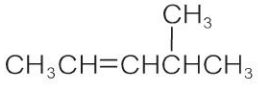
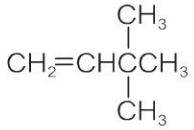
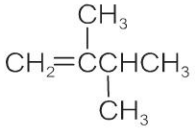
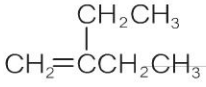
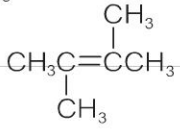
1. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
2. $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CH_3$
3. $CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2CH_3$
4. $CH_3CH(CH_3)CH(CH_3)CH_3$

5. 

ข. แบบวงที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมดเขียนไอโซเมอร์ได้ 12 ไอโซเมอร์ดังนี้

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 
6. 
7. 
8. 
9. 
10. 
11. 
12. 

ค. โซ่เปิดที่มีพันธะคู่ 1 พันธะเขียนไอโซเมอร์ได้ 13 ไอโซเมอร์ดังนี้

1. $CH_2=CHCH_2CH_2CH_2CH_3$
2. $CH_3CH=CHCH_2CH_2CH_3$
3. $CH_3CH_2CH=CHCH_2CH_3$
4. 
5. 
6. 
7. 
8. 
9. 
10. 
11. 
12. 
13. 

ง. โซ่เปิดที่มีพันธะสาม 1 พันธะเขียนไอโซเมอร์ได้ 7 ไอโซเมอร์ดังนี้

1. $CH{\equiv}CCH_2CH_2CH_2CH_3$
2. $CH_3C{\equiv}CCH_2CH_2CH_3$
3. $CH_3CH_2C{\equiv}CCH_2CH_3$
4. $CH{\equiv}CCH(CH_3)CH_2CH_3$
5. $CH{\equiv}CCH_2CH(CH_3)CH_3$
6. $CH_3C{\equiv}CCH(CH_3)CH_3$
7. $CH{\equiv}CC(CH_3)(CH_3)CH_3$

11.2 หมู่ฟังก์ชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันได้
2. เรียกชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
3. จำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้หมู่ฟังก์ชันและชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
4. ทำการทดลองและอธิบายเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาบางประการของเอทานอลและกรดแอซีติก รวมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

ร่วมกันอภิปรายว่าขณะเกิดปฏิกิริยาส่วนใดในโมเลกุลของสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงและส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะใช้กำหนดสมบัติเฉพาะของสารแต่ละประเภทได้หรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันและสมบัติบางประการของเอทานอลและกรดแอซีติกในการทดลอง 11.2

การทดลอง 11.2 สมบัติบางประการของเอทานอลและกรดแอซีติก

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติบางประการของเอทานอลและกรดแอซีติก

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและปฏิกิริยาของเอทานอลและกรดแอซีติกได้
2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	25	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	20	นาที
รวม	50	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. น้ำกลั่น	2 cm^3
2. เอทานอล เข้มข้นร้อยละ 95	3 cm^3
3. กรดแอซีติกเข้มข้น	3 cm^3
4. โลหะโซเดียมขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว	2 ชิ้น
5. สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5 mol/dm^3	4 cm^3
6. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิ่มตัว	4 cm^3
7. กระดาษลิตมัสสีน้ำเงินและสีแดง	ชนิดละ 1 แผ่น
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	4 หลอด
2. หลอดทดลองขนาดกลาง	4 หลอด
3. จุกยางเจาะรู 1 รู สำหรับปิดหลอดทดลองขนาดกลาง พร้อมหลอดนำแก๊สและสายยาง	1 ชุด
4. หลอดหยด	3 อัน
5. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	2 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมโลหะโซเดียมขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว โดยตัดและแช่ไว้ในน้ำมัน
2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5 mol/dm^3 50 cm^3 โดยนำโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 2.1 g มาละลายในน้ำ แล้วเติมน้ำจนสารละลายมีปริมาตร 50 cm^3
3. เตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิ่มตัว โดยละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 g ในน้ำกลั่นที่ต้มไล่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกหมดแล้วจำนวน 100 cm^3 ใช้แท่งแก้วคนจนไม่ละลายอีก นำมากรองและเก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติกที่ปิดฝาสนิท

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับความรุนแรงของปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมกับน้ำ เพื่อให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความระมัดระวัง
2. ถ้าโซเดียมทำปฏิกิริยาไม่หมด ห้ามทิ้งลงในอ่างน้ำ ให้กำจัดโดยใส่ในเอทานอล เมื่อโซเดียมทำปฏิกิริยาหมดแล้วจึงกำจัดทิ้ง
3. ควรเตรียมหลอดนำแก๊สและหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิ่มตัวไว้ให้พร้อมก่อนทำการทดลองกับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

ตัวอย่างผลการทดลอง

สาร / การเปลี่ยนแปลง	เอทานอล	กรดแอซีติก
การละลายในน้ำ	ละลาย	ละลาย
การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้ง 2 สี	น้ำเงินเป็นแดง
ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊ส
ปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	เกิดฟองแก๊สและสารละลาย $Ca(OH)_2$ ขุ่น

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงสมบัติที่คล้ายกันและแตกต่างกันของเอทานอลและกรดแอซีติก แล้วนำเสนอเพื่ออภิปรายร่วมกันอีกครั้ง จนได้ข้อสรุปดังนี้

1. เอทานอลและกรดแอซีติกละลายในน้ำ แสดงว่าสารทั้งสองชนิดเป็นโมเลกุลมีขั้ว
2. เอทานอลไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสองสี แต่กรดแอซีติกเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง แสดงว่าเอทานอลไม่แสดงสมบัติความเป็นกรด–เบสกับกระดาษลิตมัส ในขณะที่กรดแอซีติกแสดงสมบัติเป็นกรดกับกระดาษลิตมัส
3. ทั้งเอทานอลและกรดแอซีติกทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมได้ฟองแก๊สเกิดขึ้น แต่กรดแอซีติกทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมได้รุนแรงกว่าเอทานอล
4. เอทานอลไม่ทำปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$ แต่กรดแอซีติกทำปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$ ได้แก๊ส CO_2 ซึ่งทำให้สารละลาย $Ca(OH)_2$ ขุ่น แสดงว่ากรดแอซีติกให้โปรตอนได้ดีกว่าเอทานอล
5. กลุ่มอะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของเอทานอลคือหมู่ –OH ส่วนกลุ่มอะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของกรดแอซีติกคือหมู่ –COOH จึงทำให้สารทั้งสองชนิดแสดงสมบัติได้ต่างกัน

ต่อจากนั้นจึงอธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันว่าเป็นกลุ่มอะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารประกอบอินทรีย์ แล้วอภิปรายร่วมกันจนสรุปได้ว่าสมบัติของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามกลุ่มอะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น และสามารถใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้ แล้วให้นักเรียนศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ พร้อมทั้งตัวอย่างของสารประกอบอินทรีย์ ตามข้อมูลในตาราง 11.6 และอธิบายเพิ่มเติมว่าสารประกอบอินทรีย์อาจมีหมู่ฟังก์ชันได้มากกว่าหนึ่งชนิด ตามรายละเอียดในบทเรียน

อธิบายต่อไปว่าการแบ่งประเภทของสารประกอบอินทรีย์นอกจากจะแบ่งตามชนิดของหมู่ฟังก์ชันแล้ว ยังแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เพื่อนำไปสู่การศึกษาสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อไป

หัวข้อ 11.2 และการทดลอง 11.2 ควรใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

11.3 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายและจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้
2. เขียนสูตรทั่วไป สูตรโมเลกุล และสูตรโครงสร้าง พร้อมทั้งเรียกชื่อแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ ไซโคลแอลเคน ไซโคลแอลคีน และไซโคลแอลไคน์ได้
3. อธิบายความแตกต่างระหว่างไอโซเมอร์โครงสร้างกับไอโซเมอร์เรขาคณิต
4. อธิบายสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน แต่ชนิดของพันธะในโมเลกุลต่างกัน พร้อมทั้งบอกเหตุผลได้
5. ระบุชนิดของไอโซเมอร์เรขาคณิตของสารประกอบแอลคีนได้ว่าเป็นแบบ*ซิส*หรือแบบ*ทรานส์*
6. อธิบายแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลเคน แอลคีนและแอลไคน์กับจำนวนอะตอมของคาร์บอนได้
7. บอกประโยชน์หรืออันตรายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ได้
8. ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมบัติและปฏิกิริยาบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

ให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน พร้อมทั้งยกตัวอย่าง แล้วจึงอภิปรายถึงแหล่งกำเนิดสำคัญของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในธรรมชาติ

11.3.1 สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ทบทวนเกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ซึ่งทำให้มีสมบัติต่างกัน แล้วให้ทำการทดลอง 11.3 เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากันแต่มีพันธะในโมเลกุลต่างกัน

การทดลอง 11.3 สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากันแต่มีพันธะในโมเลกุลต่างกัน เพื่อนำไปสู่การจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิดได้
2. บอกสมบัติการละลายในน้ำ การเผาไหม้ การฟอกจางสีโบรมีนและสารละลายโพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนตของเฮกเซน เฮกซีน และเบนซีนได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	20	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	25	นาที
รวม	50	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. เฮกเซน	2 cm^3
2. เฮกซีนหรือไซโคลเฮกซีน	2 cm^3
3. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	1 cm^3
4. น้ำกลั่น	4 cm^3
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	4 หลอด
2. จานหลุมโลหะ	1 ใบ
3. ไม้ขีดไฟ	1 กล่อง
4. หลอดหยด	3 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตโดยละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 2 – 3 เกล็ด ในน้ำเล็กน้อย จนละลายหมด แล้วเติมน้ำจนมีปริมาตรเป็น 50 cm^3 สารละลายนี้ควรเตรียมขึ้นใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ใช้ในการทดลองเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายและเป็นพิษ จึงไม่ควรสูดดมไอของสาร
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ใช้ในการทดลองเป็นสารที่ระเหยและติดไฟได้ง่าย จึงต้องทดลองด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรทดลองใกล้เปลวไฟ และต้องไม่ใช้สารเกินปริมาตรที่กำหนด
3. เนื่องจากสารบางชนิดเป็นสารที่มีพิษมาก จึงไม่ให้นักเรียนทำการทดลอง แต่กำหนดข้อมูลให้และใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาอภิปรายร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลองและข้อมูลที่กำหนดให้

สมบัติ / ชนิดของสาร	การละลายในน้ำ	การเผาไหม้	การทำปฏิกิริยากับสารละลาย $KMnO_4$	การทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนและทดสอบแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยกระดาษลิตมัสชื้น	
				ในที่มืด	ในที่สว่าง
เฮกเซน	ไม่ละลาย แยกเป็น 2 ชั้น โดยเฮกเซนอยู่ชั้นบน น้ำอยู่ชั้นล่าง	ติดไฟ ให้เปลวไฟสว่าง ไม่มีควัน	สารละลาย $KMnO_4$ ไม่เปลี่ยนสี	สารละลายโบรมีนและกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี	สารละลายโบรมีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสีอย่างช้า ๆ และกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีแดง
เฮกซีน	ไม่ละลาย แยกเป็น 2 ชั้น โดยเฮกซีนอยู่ชั้นบน น้ำอยู่ชั้นล่าง	ติดไฟ ให้เปลวไฟสว่างและมีเขม่า	สารละลาย $KMnO_4$ เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นไม่มีสี และมีตะกอนสีน้ำตาลดำเกิดขึ้นเล็กน้อย	สารละลายโบรมีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสี และกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี	สารละลายโบรมีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสี และกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี
เบนซีน	ไม่ละลาย แยกเป็น 2 ชั้น โดยเบนซีนอยู่ชั้นบน น้ำอยู่ชั้นล่าง	ติดไฟง่าย ให้เปลวไฟที่มีควันและเขม่ามาก	สารละลาย $KMnO_4$ ไม่เปลี่ยนสี	สารละลายโบรมีนและกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี	สารละลายโบรมีนและกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มนำผลการทดลองและข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของเฮกเซน เฮกซีนและเบนซีนมาอภิปรายร่วมกัน และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ของแต่ละกลุ่มมาใช้อภิปรายร่วมกันอีกครั้ง ซึ่งควรได้ข้อสรุปดังนี้

1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิด คือ เฮกเซน เฮกซีน และเบนซีนไม่ละลายน้ำ แสดงว่าเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิดแยกชั้นลอยอยู่ส่วนบนของน้ำ แสดงว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย โมเลกุลจึงอยู่ห่างกันทำให้มีความหนาแน่นน้อย ส่วนน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วและมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ทำให้โมเลกุลอยู่ชิดกันจึงมีความหนาแน่นมาก
3. การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ แต่การเผาไหม้ของเบนซีนเกิดเขม่ามาก เฮกซีนเกิดเขม่าเล็กน้อย ส่วนเฮกเซนไม่มีเขม่า แสดงว่าการเผาไหม้ของเบนซีนและเฮกซีนไม่สมบูรณ์ ส่วนเฮกเซนเผาไหม้ได้สมบูรณ์
4. จากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิดกับสารละลายโบรมีนและสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต สามารถจำแนกสารได้ 3 ประเภท

4.1 เฮกเซน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ฟอกจางสีสารละลายโบรมีนในที่มืด แต่ฟอกจางสีสารละลายโบรมีนในที่สว่าง แล้วได้แก๊สไฮโดรเจนโบรไมด์ซึ่งเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสชื้นจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง และไม่ฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

4.2 เฮกซีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ฟอกจางสีสารละลายโบรมีนทั้งในที่มืดและที่สว่าง และฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

4.3 เบนซีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ฟอกจางสีสารละลายโบรมีนทั้งในที่มืดและที่สว่าง และไม่ฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. เฮกซีนมีกลิ่นเหม็นมาก ในการทดลองจึงอาจใช้ไซโคลเฮกซีนแทนซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน
2. ถ้ามีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม เช่น ไอร์ออน (III) โบรไมด์ ($FeBr_3$) เบนซีนจะสามารถทำปฏิกิริยากับโบรมีน โดยจะเกิดปฏิกิริยาการแทนที่และได้แก๊สไฮโดรเจนโบรไมด์เป็นผลิตภัณฑ์

หัวข้อ 11.3 11.3.1 และการทดลอง 11.3 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

11.3.2 ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

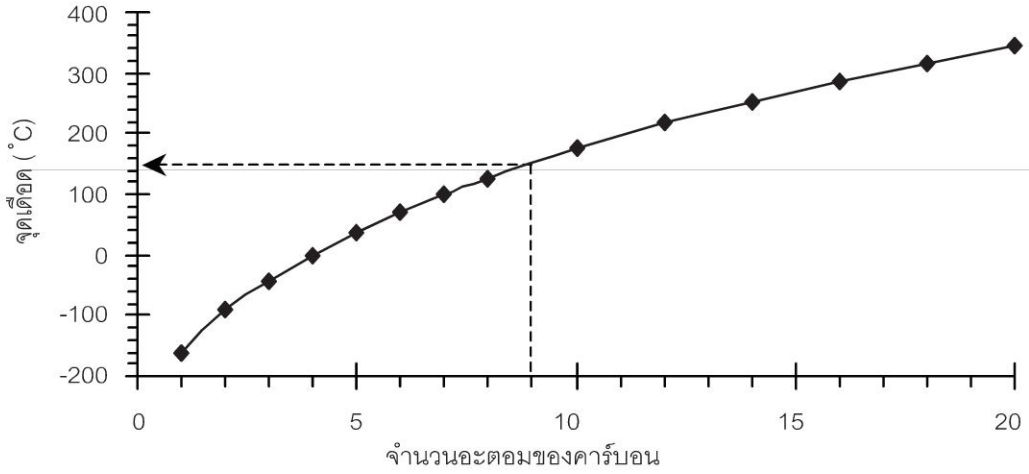
ทบทวนสมบัติการละลายในน้ำ การเผาไหม้ การทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตของเฮกเซน เฮกซีน และเบนซีน เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

11.3.2.1 แอลเคน

ทบทวนผลของการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ของเฮกเซนกับสารละลายโบรมีนทั้งในที่มืดและที่สว่าง พร้อมทั้งอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว ซึ่งก็คือแอลเคน แล้วร่วมกันอภิปรายถึงปฏิกิริยาการแทนที่ของแอลเคนกับธาตุแฮโลเจนอื่น ๆ ซึ่งควรสรุปได้ว่าแอลเคนสามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ในที่มีแสงสว่างกับฟลูออรีน คลอรีน และโบรมีนได้ แต่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน โดยฟลูออรีนมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามาก และเกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรง จนอาจเกิดการระเบิดได้ ส่วนไอโอดีนนั้นไม่เกิดปฏิกิริยา ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของธาตุแฮโลเจนเรียงลำดับได้ดังนี้ $F_2 >> Cl_2 > Br_2 > I_2$

ต่อจากนั้นทบทวนปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วให้พิจารณาข้อมูลในตาราง 11.7 และตอบคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลเคนกับจำนวนอะตอมของคาร์บอน รวมทั้งบอกสถานะของแอลเคนชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25 °C และให้ใช้ข้อมูลจากตาราง 11.7 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในแอลเคน พร้อมทั้งทำนายจุดเดือดของแอลเคนที่มีคาร์บอน 9 อะตอม ซึ่งควรทำได้ดังนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในแอลเคนเขียนแสดงได้ดังนี้



จากกราฟ แอลเคนที่มีคาร์บอน 9 อะตอมจะมีจุดเดือดประมาณ 150 °C ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติบางประการของแอลเคนดังนี้

1. แอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว มีพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด มีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n+2}
2. แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลเคนเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น
3. ที่ภาวะปกติแอลเคนอาจมีสถานะเป็นแก๊ส ของเหลวหรือของแข็ง การระบุสถานะของแอลเคนแต่ละชนิดพิจารณาได้จากจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลเคนชนิดนั้น ๆ
4. แอลเคนเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว จึงไม่ละลายในน้ำ
5. แอลเคนติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสว่าง มีควันและเขม่าน้อย
6. แอลเคนเกิดปฏิกิริยาการแทนที่กับธาตุแฮโลเจนในที่สว่าง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่มีสมบัติเป็นกรดเมื่อละลายน้ำ

การเรียกชื่อแอลเคน

การเรียกชื่อแอลเคนที่มีจำนวนหมู่แอลคิลแทนที่ไม่เท่ากัน

ให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อแอลเคนชนิดโซ่ตรงพร้อมทั้งให้เรียกชื่อแอลเคนโซ่ตรงที่มีคาร์บอน 9 อะตอม ซึ่งควรเรียกได้ว่า โนเนน (nonane) และมีสูตรโมเลกุลเป็น C_9H_{20} แล้วจึงอธิบายเกี่ยวกับหมู่แอลคิล สูตรทั่วไปของหมู่แอลคิล การเรียกชื่อแอลเคนแบบโซ่กิ่ง ต่อจากนั้นให้ความรู้เรื่องเกี่ยวกับโครงสร้าง การเรียกชื่อ สูตรทั่วไป แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของไซโคลแอลเคน ตลอดจนการใช้ประโยชน์และอันตรายจากสารประกอบแอลเคนตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. ปฏิกิริยาการแทนที่แอลเคนด้วยธาตุแฮโลเจน (halogen) เรียกว่า **ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน** (halogenation) ปฏิกิริยาการแทนที่แอลเคนด้วยคลอรีนจึงเรียกว่า **ปฏิกิริยาคลอริเนชัน** (chlorination) ส่วนปฏิกิริยาการแทนที่แอลเคนด้วยโบรมีนจึงเรียกว่า **ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน** (bromination) ธาตุแฮโลเจน

สามารถแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนในโมเลกุลของแอลเคนได้มากกว่า 1 อะตอม เช่น ปฏิกิริยาการแทนที่มีเทนด้วยแก๊สคลอรีนได้ผลิตภัณฑ์ ดังสมการ

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{คลอโรมีเทน}}{CH_3Cl} + HCl$$

$$CH_3Cl + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ไดคลอโรมีเทน}}{CH_2Cl_2} + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ไตรคลอโรมีเทน (คลอโรฟอร์ม)}}{CHCl_3} + HCl$$

$$CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{คาร์บอนเตตระคลอไรด์}}{CCl_4} + HCl$$

2. ปฏิกิริยาการเผาไหม้แอลเคนที่เป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ เขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$C_nH_{2n+2} + (\frac{3n+1}{2})\, O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

ส่วนปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})\, O_2 \longrightarrow xCO_2 + (\frac{y}{2})H_2O$$

3. การติดไฟและให้เปลวไฟสว่างของแอลเคน นอกจากจะขึ้นกับปริมาณออกซิเจนและพลังงานที่ใช้เผาไหม้แล้ว ยังขึ้นกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนอีกด้วย ถ้ามีจำนวนอะตอมของคาร์บอนน้อยจะติดไฟให้เปลวไฟสว่างและไม่มีเขม่า แต่ถ้ามีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากจะมีเขม่า

4. การออกเสียงหมู่แอลคิล (alkyl group) จะอ่านว่า แอลคิล เมื่อเป็นการออกเสียงตามระบบอเมริกัน แต่ถ้าออกเสียงตามระบบอังกฤษจะอ่านว่า แอลไคล์

หัวข้อ 11.3.2 11.3.2.1 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.2 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

เฉลยแบบฝึกหัด 11.2

1. จงเขียนสูตรโมเลกุลของแอลเคน ไซโคลแอลเคน และหมู่แอลคิล ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนดังต่อไปนี้

ก. 9 ข. 10

ค. 16 ง. 18

สูตรโมเลกุลของแอลเคน ไซโคลแอลเคน และหมู่แอลคิลเป็นดังนี้

ข้อ	จำนวนอะตอมของคาร์บอน	แอลเคน	ไซโคลแอลเคน	หมู่แอลคิล
ก	9	C_9H_{20}	C_9H_{18}	C_9H_{19}
ข	10	$C_{10}H_{22}$	$C_{10}H_{20}$	$C_{10}H_{21}$
ค	16	$C_{16}H_{34}$	$C_{16}H_{32}$	$C_{16}H_{33}$
ง	18	$C_{18}H_{38}$	$C_{18}H_{36}$	$C_{18}H_{37}$

2. จงเขียนสมการแสดงการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่อไปนี้

ก. มีเทน ข. ไซโคลโพรเพน

ค. บิวเทน ง. ออกเทน

การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ เขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

ก. $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

ข. $2C_3H_6 + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

ค. $2C_4H_{10} + 13O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 10H_2O$

ง. $2C_8H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 18H_2O$

3. จงอธิบายว่าการเผาไหม้ของ C_2H_6 C_2H_4 และ C_2H_2 สารประกอบใดน่าจะเกิดเขม่ามากที่สุด เพราะเหตุใด

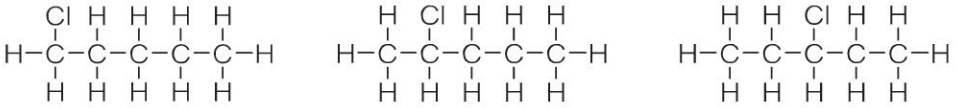
C_2H_2 น่าจะให้เขม่ามากที่สุด เพราะว่าพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล C_2H_2 เป็นพันธะสามซึ่งต้องใช้พลังงานในการสลายพันธะมาก พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ไม่เพียงพอที่จะทำให้พันธะสามสลายตัวหมดและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างสมบูรณ์ จึงมีคาร์บอนอิสระเหลือเป็นเขม่ามากกว่า C_2H_4 และ C_2H_6 ซึ่งมีพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะคู่และพันธะเดี่ยวตามลำดับ

4. จงเขียนโครงสร้างลิวอิสของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ของคลอรีน 1 ตำแหน่ง ในที่สว่าง กับสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้

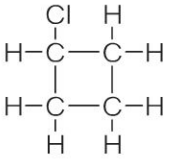
ก. เพนเทน
ข. ไซโคลบิวเทน
ค. 2–เมทิลโพรเพน
ง. 2–เมทิลบิวเทน

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้

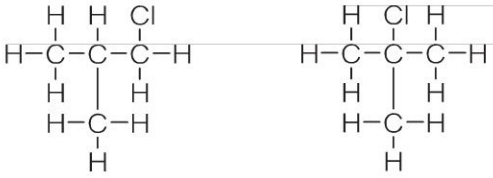
ก.



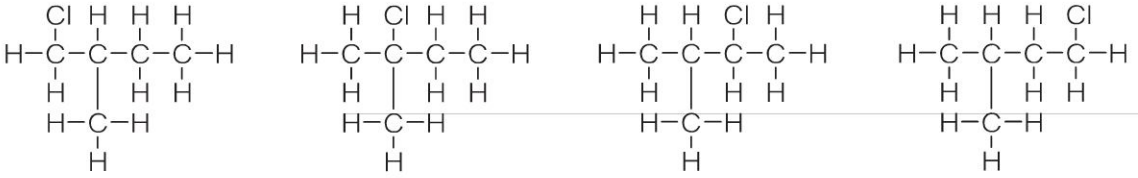
ข.



ค.



ง.



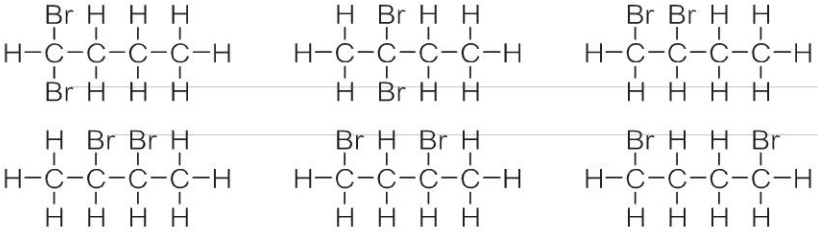
5. จงเขียนผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างบิวเทนกับโบรมีนต่อไปนี้

ก. ปฏิกิริยาแทนที่ 1 ตำแหน่ง
ข. ปฏิกิริยาแทนที่ 2 ตำแหน่ง

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้

ก.

ข.



6. สมบัติของสาร A B C และ D เป็นดังนี้

สมบัติ / สาร	การละลายในน้ำ	การเผาไหม้
A	ละลาย	ไม่หลอมเหลว ไม่ติดไฟ
B	ไม่ละลาย	ติดไฟ มีเขม่า
C	ละลาย	หลอมเหลว ไม่ติดไฟ
D	ไม่ละลาย	ติดไฟ ไม่มีควันและเขม่า

ก. สารใดน่าจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะเหตุใด

ข. สารใดน่าจะทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่สว่างและสารละลายโพแทสเซียมเปอร์-แมงกาเนตได้

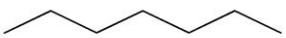
ก. สาร B และ D น่าจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะไม่ละลายในน้ำ และติดไฟได้

ข. สาร B น่าจะทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่สว่างและกับสารละลายโพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนตได้ เนื่องจากเมื่อติดไฟแล้วมีเขม่าเกิดขึ้น แสดงว่าสาร B มีพันธะคู่หรือพันธะสามอยู่ในโมเลกุล

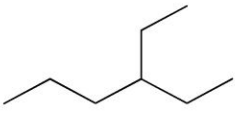
7. จงเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมของแอลเคนและไซโคลแอลเคนต่อไปนี้

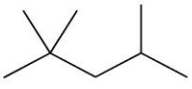
ก. เฮปเทน
ข. ไซโคลเฮปเทน
ค. 3–เอทิลเฮกเซน
ง. 2,2,4–ไตรเมทิลเพนเทน
จ. 4–เอทิล–2,2–ไดเมทิลออกเทน
ฉ. ไซโคลโนเนน

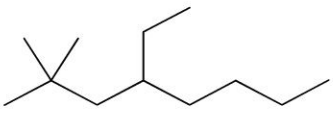
เขียนสูตรโครงสร้างแบบใช้เส้นและมุมได้ดังนี้

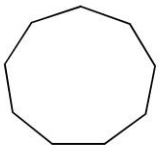
ก. 

ข.

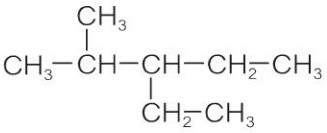
ค. 

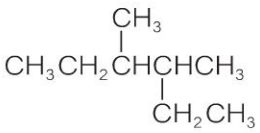
ง. 

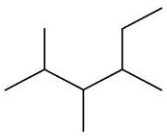
จ. 

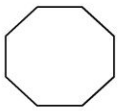
ฉ. 

8. จงเรียกชื่อแอลเคนและไซโคลแอลเคนที่มีโครงสร้างต่อไปนี้

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

เรียกชื่อแอลเคนและไซโคลแอลเคนได้ดังนี้

ก. 3 –เอทิล –2–เมทิลเพนเทน

ข. 3,4 –ไดเมทิลเฮกเซน

ค. 2,3,4 –ไตรเมทิลเฮกเซน

ง. ไซโคลออกเทน

9. แก๊สหุงต้มที่ใช้ตามบ้านเรือนจะเก็บไว้ในสภาพเป็นของเหลวในถังโลหะหนา นักเรียนคิดว่าวิธีทำให้แก๊สหุงต้มเป็นของเหลวทำได้อย่างไร

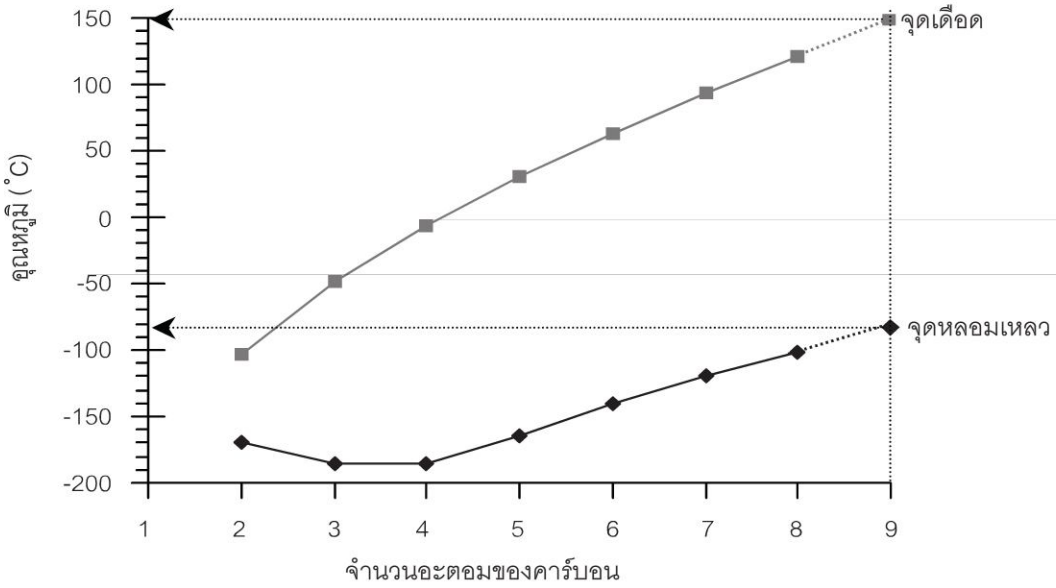
การทำให้แก๊สหุงต้มเป็นของเหลวทำได้โดยลดอุณหภูมิและเพิ่มความดัน แต่กระบวนการที่ใช้กันทั่วไปนิยมเพิ่มความดันเพียงอย่างเดียวและบรรจุไว้ในถังโลหะที่มีผนังหนา

11.3.2.2 แอลคีน

นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามทบทวนปฏิกิริยาของเฮกซีนกับสารละลายโบรมีน และกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจากการทดลอง 11.3 เปรียบเทียบกับเฮกเซน ต่อจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัวและแอลคีน แล้วอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเติมและการฟอกสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตของเฮกซีน

ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลของแอลคีนในตาราง 11.10 แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด รวมทั้งสถานะของแอลคีน ต่อจากนั้นเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในแอลคีน แล้วตอบคำถามซึ่งควรทำได้ดังนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในแอลคีนเป็นดังนี้



จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลคีนที่มีสูตรโมเลกุล C_9H_{18} น่าจะมีค่าประมาณ -85 °C และ 150 °C ตามลำดับ ดังนั้นที่อุณหภูมิห้อง C_9H_{18} จึงมีสถานะเป็นของเหลว

ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแอลคีนดังนี้

1. แอลคีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่เป็นหมู่ฟังก์ชัน แอลคีนที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ มีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n}
2. แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลคีนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน และจุดเดือดของแอลคีนจะต่ำกว่าจุดเดือดของแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน
3. เมื่อพิจารณาจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของแอลคีน พบว่าที่ภาวะปกติแอลคีนที่มีคาร์บอน 2 – 4 อะตอม มีสถานะเป็นแก๊ส และคาร์บอน 5 – 8 อะตอม มีสถานะเป็นของเหลว
4. แอลคีนเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว จึงไม่ละลายในน้ำ
5. แอลคีนติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสว่างและมีเขม่า
6. แอลคีนเกิดปฏิกิริยาการเติมกับธาตุแฮโลเจนทั้งในที่มืดและที่สว่าง รวมทั้งสามารถฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้
7. แอลคีนเกิดปฏิกิริยาได้ว่องไวกว่าแอลเคน

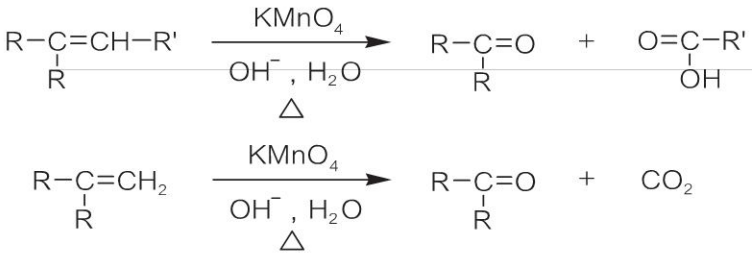
ต่อจากนั้นจึงให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องการเรียกชื่อแอลคีน การเกิดไอโซเมอร์เรขาคณิตซึ่งแบ่งเป็นไอโซเมอร์แบบ*ซิส*และไอโซเมอร์แบบ*ทรานส์* แอลคีนแบบวงหรือไซโคลแอลคีน และประโยชน์ของแอลคีนตามรายละเอียดในบทเรียน

ไอโซเมอร์แบบซิส

ไอโซเมอร์แบบทรานส์

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

ในกรณีที่แอลคีนทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเจือจางในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นเบสเล็กน้อย จะได้ไกลคอลเป็นผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าแอลคีนทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง ไกลคอลจะทำปฏิกิริยาต่อได้ผลิตภัณฑ์เป็นคีโตนกับกรดคาร์บอกซิลิก หรือคีโตนกับคาร์บอนไดออกไซด์ ขึ้นกับตำแหน่งของพันธะคู่ในแอลคีน เช่น



11.3.2.3 แอลไคน์

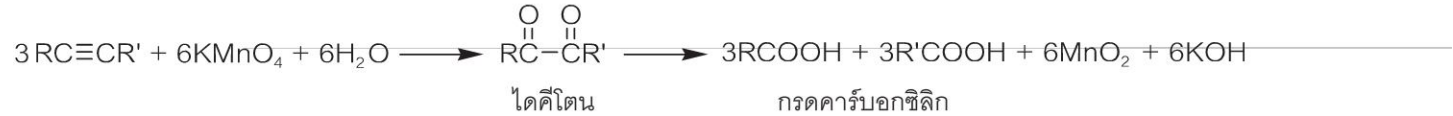
ทบทวนความรู้เกี่ยวกับสูตรโครงสร้างและสูตรทั่วไปของแอลเคนและแอลคีน แล้วอภิปรายถึงสูตรโครงสร้างและสูตรทั่วไปของแอลไคน์ตามรายละเอียดในบทเรียน ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้ข้อมูลในตาราง 11.11 เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติของแอลไคน์ โดยเปรียบเทียบกับสมบัติของแอลคีน ดังนี้

1. แอลไคน์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีพันธะสามเป็นหมู่ฟังก์ชัน แอลไคน์ที่มีพันธะสาม 1 พันธะมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n-2}
2. แอลไคน์เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ชนิดไม่มีขั้ว จึงมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ และแนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือดจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน
3. แอลไคน์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว จึงทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีน และกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้เช่นเดียวกับแอลคีน

ต่อจากนั้นจึงให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อแอลไคน์ ปฏิกิริยาการเติมกับโบรมีนและการฟอกจางสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ไซโคลแอลไคน์ รวมทั้งประโยชน์ของแอลไคน์ตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. แอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นต้นไป เมื่อทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียม-เปอร์แมงกาเนตจะได้สารประเภทไดคีโตนเป็นผลิตภัณฑ์ ไดคีโตนเป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้กรดคาร์บอกซิลิก เขียนสมการได้ดังนี้



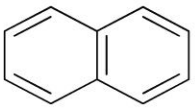
11.3.2.4 อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

อภิปรายถึงสมบัติของเบนซีนโดยเปรียบเทียบกับเฮกเซนและเฮกซีน ต่อจากนั้นจึงอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลของเบนซีน การเขียนโครงสร้างลิวอิสและโครงสร้างแบบเส้นและมุมให้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของเบนซีนและสมบัติของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนบางชนิดตามรายละเอียดในบทเรียน และร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปดังนี้

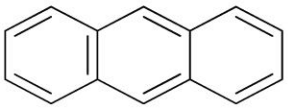
1. เบนซีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม สร้างพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าแบนราบ มีอิเล็กตรอนวิ่งไปมาภายในวงเบนซีน จึงมีโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีวงเบนซีนเป็นองค์ประกอบอย่างน้อย 1 วงเรียกว่า อะโรมาติก-ไฮโดรคาร์บอน
3. เบนซีนเป็นโมเลกุลเล็กที่สุดของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีสมบัติดังนี้
   - 3.1 มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไม่ละลายในน้ำและมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ
   - 3.2 ติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสว่าง มีควันและเขม่ามาก
   - 3.3 ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนและสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แต่จะเกิดปฏิกิริยาการแทนที่เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ต่อจากนั้นให้ฝึกเขียนโครงสร้างแบบใช้เส้นและมุมของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตาราง 11.12 ซึ่งควรเขียนได้ดังนี้

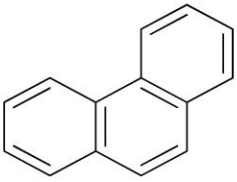
เบนซีน



แนฟทาลีน



แอนทราซีน



ฟีแนนทรีน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. เมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคน แอลคีนและแอลไคน์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน พบว่าแอลไคน์มีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคน และแอลเคนสูงกว่าแอลคีน

2. ลูกเหม็น (mothballs) มีสารที่สำคัญ คือ แนฟทาลีน (naphthalene) ร้อยละ 99.6 โดยมวล มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว มีกลิ่นเฉพาะ สามารถระเหิดได้ ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในไขมัน สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ดีทั้งจากการกิน การหายใจและการสัมผัสทางผิวหนัง จากนั้นจะถูกเปลี่ยนที่ตับเป็นสารที่มีฤทธิ์ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก

สารอีกชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบหลักของก้อนดับกลิ่นในตู้เสื้อผ้าและห้องน้ำคือ 1,4 –ไดคลอโรเบนซีน (1,4-dichlorobenzene) หรือพาราไดคลอโรเบนซีน (paradichlorobenzene, PDCB) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ผิวมันเยิ้ม มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่มีการเติมแต่งกลิ่นให้กับผลิตภัณฑ์จนทำให้กลิ่นของ PDCB ไม่ชัดเจน สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งจากการกินและการหายใจ และจะถูกเปลี่ยนที่ตับเป็นสารที่ไม่เป็นพิษ

หัวข้อ 11.3.2.2 11.3.2.3 11.3.2.4 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.3 ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 11.3

1. จงเขียนสูตรโมเลกุลของแอลเคน แอลคีนและแอลไคน์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนดังนี้

   ก. 11 ข. 13 ค. 18

   สูตรโมเลกุลของแอลเคน แอลคีน และแอลไคน์เป็นดังนี้

ข้อ	จำนวนอะตอมของคาร์บอน	แอลเคน	แอลคีน	แอลไคน์
ก	11	$C_{11}H_{24}$	$C_{11}H_{22}$	$C_{11}H_{20}$
ข	13	$C_{13}H_{28}$	$C_{13}H_{26}$	$C_{13}H_{24}$
ค	18	$C_{18}H_{38}$	$C_{18}H_{36}$	$C_{18}H_{34}$

2. X Y และ Z เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำสาร X และ Y ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีน และสาร Z ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ

   $X + Br_2 \longrightarrow C_4H_9Br + HBr$ .....(1)

   $Y + Br_2 \longrightarrow C_4H_8Br_2$ .....(2)

   $Z + 9O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2$ .....(3)

   ก. X Y Z มีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร

   ข. สารใดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว และสารใดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

   ค. จงบอกชื่อของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

   ง. เมื่อสาร Z ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนจะเกิดปฏิกิริยาชนิดใด จงใช้สูตรโมเลกุลเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

   ก. สูตรโมเลกุลของ X Y และ Z คือ C_4H_{10} C_4H_8 และ C_6H_{12} ตามลำดับ

   ข. X เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

   Y เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

   Z อาจเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว หรืออาจเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวแบบวง

   ค. ปฏิกิริยาที่ 1 เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาได้เมื่อมีแสงสว่าง
   ปฏิกิริยาที่ 2 เป็นปฏิกิริยาการเติม
   ปฏิกิริยาที่ 3 เป็นปฏิกิริยาการเผาไหม้

   ง. เมื่อสาร Z ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีน ถ้าสาร Z เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาการเติม ซึ่งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

   $$C_6H_{12} + Br_2 \longrightarrow C_6H_{12}Br_2$$

แต่ถ้าสาร Z เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวแบบวงจะเกิดปฏิกิริยาแทนที่ ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$C_6H_{12} + Br_2 \longrightarrow C_6H_{11}Br + HBr$$

3. สารที่กำหนดให้ต่อไปนี้ สารใดเป็นไอโซเมอร์กัน

ก. $CH_3CH{=}CHCH_3$ ข. $CH_3CH{=}CHCH_2CH_3$ ค. $CH_2{=}CH(CH_2)_2CH_3$

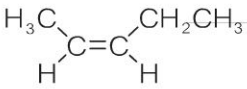
ง. $CH_3CH_2CH{=}CH_2$ จ. $(CH_3)_2C{=}CH_2$ ฉ. $CH_2{=}CHCH(CH_3)_2$

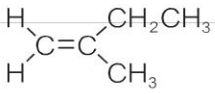
สารที่เป็นไอโซเมอร์กันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

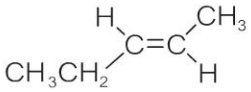
กลุ่มที่มีคาร์บอน 4 อะตอมคือ ก ง และ จ

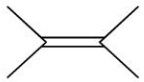
กลุ่มที่มีคาร์บอน 5 อะตอมคือ ข ค และ ฉ

4. แอลคีนที่กำหนดให้ต่อไปนี้มีไอโซเมอร์เรขาคณิตหรือไม่ ถ้ามีให้ระบุว่าโครงสร้างที่กำหนดให้เป็นแบบ *ซิส*หรือ*ทรานส์*

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

จ.

ฉ.

ไอโซเมอร์เรขาคณิตของโครงสร้างที่กำหนดให้เป็นดังนี้

ก. มีและเป็นไอโซเมอร์แบบ*ซิส* ข. ไม่มีไอโซเมอร์เรขาคณิต

ค. มีและเป็นไอโซเมอร์แบบ*ทรานส์* ง. ไม่มีไอโซเมอร์เรขาคณิต

จ. มีและเป็นไอโซเมอร์แบบ*ทรานส์* ฉ. มีและเป็นไอโซเมอร์แบบ*ซิส*

5. กำหนดสูตรโมเลกุลของสารประกอบ A B C D และ E ดังนี้

สารประกอบ	สูตรโมเลกุล
A	C_2H_2
B	C_3H_6
C	C_4H_6
D	C_5H_{12}
E	C_6H_{12}

ก. ถ้าสาร A B C D และ E มีโครงสร้างแบบโซ่เปิด สารใดเป็นไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัว

ข. เมื่อมีโครงสร้างแบบวง สารใดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัว

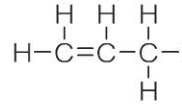
ค. จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสาร B พร้อมทั้งเรียกชื่อ

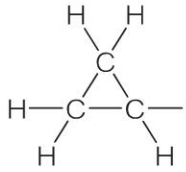
ง. จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสาร C

ก. สาร A B C และ E

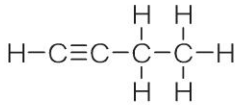
ข. สาร B และ E

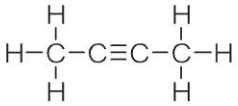
ค. สูตรโครงสร้างของสาร B เขียนได้ 2 แบบ คือ

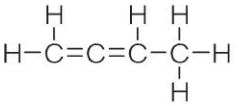
1. สูตรโครงสร้างแบบโซ่เปิด  มีชื่อว่าโพรพีน

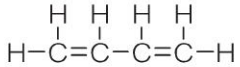
2. สูตรโครงสร้างแบบวง  มีชื่อว่าไซโคลโพรเพน

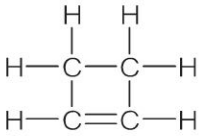
ง. สูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสาร C ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น C_4H_6 ควรเป็นดังนี้

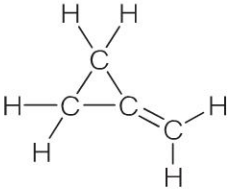
1. 

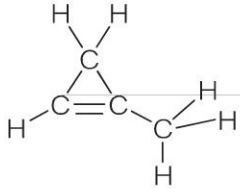
2. 

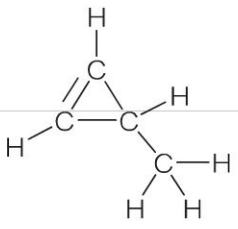
3. 

4. 

5. 

6. 

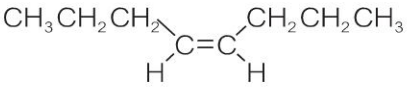
7. 

8. 

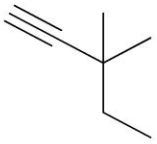
6. จงเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้

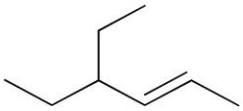
ก. $CH_3C{\equiv}CCH_2CH_2CH(CH_3)_2$

ข. $CH_3CH{=}C(CH_3)_2$

ค. 

ง.

จ. 

ฉ. 

เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ได้ดังนี้

ก. 6–เมทิล–2–เฮปไทน์

ข. 2–เมทิล–2–บิวทีน

ค. ซิส–4–ออกทีน

ง. ไซโคลเฮปทีน

จ. 3,3–ไดเมทิล–1–เพนไทน์

ฉ. 4–เอทิล–2–เฮกซีน

7. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารต่อไปนี้

ก. $CH_3C{\equiv}CCH_3 + 2Br_2$

ข. $CH_3C{\equiv}CCH_2CH_3 + KMnO_4 + H_2O$

ค. $CH_3CH_2CH_2\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CH_2 + Cl_2$

ง. $CH_3\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CHCH_2CH_3 + KMnO_4 + H_2O$

เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้

ก. $CH_3C{\equiv}CCH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3{-}\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}}{-}\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{Br}{|}}{C}}{-}CH_3$

ข. $CH_3C{\equiv}CCH_2CH_3 + 4KMnO_4 + 2H_2O \longrightarrow 3CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_2CH_3 + 4MnO_2 + 4KOH$

ค. $CH_3CH_2CH_2\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CH_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{Cl}{|}}{C}}{-}\overset{\overset{Cl}{|}}{CH_2}$

ง. $CH_3\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CHCH_2CH_3 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3CH_3\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}{-}\overset{\overset{OH}{|}}{CHCH_2CH_3} + 2MnO_2 + 2KOH$

11.4 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนสูตรทั่วไปและสูตรโครงสร้างของแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ได้
2. เขียนไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้
3. สรุปสมบัติทั่วไปของแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ได้
4. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนในแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ กับการละลายในน้ำและแนวโน้มของจุดเดือดได้
5. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
6. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้
7. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาของเอสเทอร์ รวมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
8. บอกประโยชน์หรืออันตรายของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้

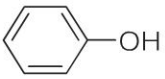
อภิปรายถึงสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งตามหมู่ฟังก์ชัน เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาสมบัติและปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิดตามรายละเอียดในบทเรียน

11.4.1 แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

อภิปรายถึงหมู่ฟังก์ชันของแอลกอฮอล์โดยยกตัวอย่างเมทานอลและเอทานอล แล้วอภิปรายเกี่ยวกับสูตรทั่วไป สภาพขั้วในโมเลกุล แนวโน้มของจุดเดือด และการละลายในน้ำของแอลกอฮอล์ ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. แอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน และมีสูตรทั่วไปเป็น ROH
2. พันธะระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับหมู่แอลคิลในแอลกอฮอล์เป็นพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งต่างจากหมู่ไฮดรอกไซด์กับโลหะไอออนในโลหะไฮดรอกไซด์ที่เป็นพันธะไอออนิก
3. โมเลกุลของแอลกอฮอล์เป็นโมเลกุลมีขั้ว โดยส่วนที่มีขั้วคือหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) และส่วนที่ไม่มีขั้วคือ หมู่แอลคิล (R)
4. แนวโน้มจุดเดือดของแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน และมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากแอลกอฮอล์มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วย
5. แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะละลายในน้ำได้ดี และละลายได้น้อยลงเมื่อขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นหรือจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนอะตอมของคาร์บอนมีผลทำให้สภาพขั้วของโมเลกุลอ่อนลง

ต่อจากนั้นจึงให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อแอลกอฮอล์ ตลอดจนประโยชน์และอันตรายของแอลกอฮอล์บางชนิด แล้วจึงอธิบายเกี่ยวกับฟีนอลและอีเทอร์ ตามรายละเอียดในบทเรียน ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. ฟีนอลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับหมู่แอริล และมีสูตรทั่วไปเป็น ArOH
2. สารประกอบฟีนอลตัวแรกได้แก่ ฟีนอล ซึ่งมีสูตร C_6H_5OH หรือ 
3. อีเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับแอลกอฮอล์ มีหมู่แอลคอกซี (–O–R) เป็นหมู่ฟังก์ชัน และมีสูตรทั่วไปเป็นROR'

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. ฟีนอลมีสมบัติเป็นกรดอ่อน เนื่องจากเมื่อละลายในน้ำแล้วแตกตัวได้เล็กน้อย เขียนสมการเคมีแสดงได้ดังนี้

2. ชื่อเดิมของฟีนอล คือ กรดคาร์บอลิก (carbolic acid) ฟีนอลที่มีความเข้มข้นสูง ๆ จะมีสมบัติกัดกร่อน ทำให้ผิวหนังระคายเคืองและทำให้เกิดอาการไหม้
3. การอ่านสูตรทั่วไปของสารที่มี R' และ R" ควรเน้นให้นักเรียนออกเสียงให้ถูกต้อง โดย R'ออกเสียงว่า อาร์ไพร์ม ส่วน R" ออกเสียงว่า อาร์ดับเบิลไพร์ม

หัวข้อ 11.4 11.4.1 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.4 ควรใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

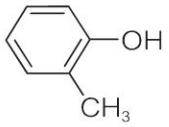
เฉลยแบบฝึกหัด 11.4

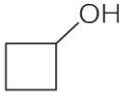
1. จงระบุว่าสารประกอบอินทรีย์ชนิดใดต่อไปนี้เป็นแอลกอฮอล์ ฟีนอล หรืออีเทอร์

ก. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-OH$

ข. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-O-CH_3$

ค. $CH_3O-C_6H_5$

ง. 

จ. 

ฉ.

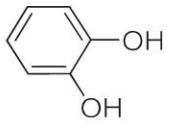
ก. แอลกอฮอล์
ข. อีเทอร์
ค. อีเทอร์
ง. ฟีนอล
จ. แอลกอฮอล์
ฉ. อีเทอร์

2. จงเขียนไอโซเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันชนิดเดียวกับสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

ก. $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

ข. $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

ค. $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H-OH$

ง. 

ก. มี 2 ไอโซเมอร์ คือ

1. $CH_3-CH_2-CH_2-OH$
2. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-OH$

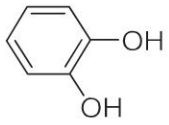
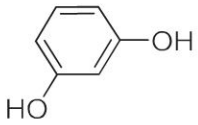
ข. มี 3 ไอโซเมอร์ คือ

1. $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$
2. $CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_3$
3. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-O-CH_3$

ค. มี 4 ไอโซเมอร์ คือ

1. $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H-OH$
2. $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H-CH_2-OH$
3. $OH-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
4. $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-OH$

ง. มี 3 ไอโซเมอร์ คือ

1. 
2. 
3.

3. จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ของสารที่มีสูตรโมเลกุล C_3H_8O

สารที่มีสูตรโมเลกุล C_3H_8O มีทั้งหมด 3 ไอโซเมอร์ คือ

1. $CH_3-CH_2-CH_2-OH$
2. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-OH$
3. $CH_3-O-CH_2-CH_3$

4. แอลกอฮอล์โซ่ตรงชนิดหนึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 7 อะตอม แอลกอฮอล์นี้มีชื่อว่าอะไร มีสมบัติการละลายในน้ำและจุดเดือดเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับบิวทานอล

แอลกอฮอล์โซ่ตรงที่มีคาร์บอน 7 อะตอม มีสูตรเป็น $C_7H_{15}OH$ มีชื่อว่า เฮปทานอล ละลายในน้ำได้น้อยกว่าบิวทานอล แต่มีจุดเดือดสูงกว่าบิวทานอล

5. เพราะเหตุใดเอทานอล (CH_3CH_2OH) ซึ่งเป็นไอโซเมอร์กับเมทอกซีมีเทน (CH_3OCH_3) จึงมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่เมทอกซีมีเทนกลับมีสถานะเป็นแก๊ส

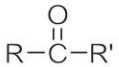
เอทานอลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าไดเมทิลอีเทอร์ โดยไดเมทิลอีเทอร์มีแรงลอนดอนเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ในขณะที่เอทานอลมีแรงลอนดอน แรงดึงดูดระหว่างขั้วและพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จึงทำให้เอทานอลมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าไดเมทิลอีเทอร์ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เอทานอลมีสถานะเป็ของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนไดเมทิลอีเทอร์มีสถานะเป็นแก๊ส

11.4.2 แอลดีไฮด์และคีโตน

อภิปรายถึงการใช้ประโยชน์ของฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทแอลดีไฮด์ ตลอดจนหมู่ฟังก์ชันของแอลดีไฮด์ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วให้พิจารณาสูตรทั่วไป การละลายในน้ำและแนวโน้มของจุดเดือดของแอลดีไฮด์โดยใช้ข้อมูลในตาราง 11.15 แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. แอลดีไฮด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ ($-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน และมีสูตรทั่วไปเป็น $R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H$
2. แนวโน้มจุดเดือดของแอลดีไฮด์มีค่าสูงขึ้นเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น
3. แอลดีไฮด์เป็นโมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นแอลดีไฮด์ที่โมเลกุลมีขนาดเล็กจะละลายในน้ำได้ดี แต่ละลายได้น้อยลงเมื่อขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นเพราะสภาพขั้วลดลง

ต่อจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อแอลดีไฮด์ แล้วจึงอภิปรายถึงสารประกอบคีโตน ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันคล้ายกับสารประกอบแอลดีไฮด์ โดยใช้ข้อมูลในตาราง 11.16 เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

1. คีโตนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอนิล ( ) เป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสูตรทั่วไปเป็น 
2. คีโตนกับแอลดีไฮด์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากันจะเป็นไอโซเมอร์กัน
3. แนวโน้มของจุดเดือดของคีโตนมีค่าสูงขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น
4. คีโตนเป็นโมเลกุลมีขั้วจึงละลายในน้ำได้ และการละลายในน้ำจะลดลงเมื่อขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น

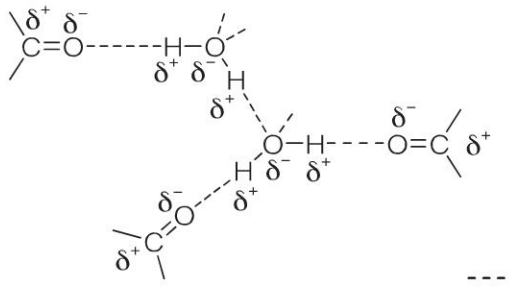
อธิบายเกี่ยวกับการเป็นไอโซเมอร์กับแอลดีไฮด์ การเรียกชื่อคีโตน การเปรียบเทียบจุดเดือดของแอลดีไฮด์ คีโตน แอลเคนและแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน แล้วจึงร่วมกันอภิปรายต่อไปถึงประโยชน์และอันตรายของแอลดีไฮด์และคีโตนตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลจะเกิดเมื่อโมเลกุลมีอะตอมของไฮโดรเจนสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมขนาดเล็กที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง เช่น F O และ N อะตอมของ H จะมีสภาพไฟฟ้าค่อนข้างบวก ในขณะที่อะตอมของธาตุที่มีขนาดเล็กและมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงจะมีสภาพไฟฟ้าค่อนข้างลบ จึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า พันธะไฮโดรเจน

สำหรับโมเลกุลของแอลดีไฮด์อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนในแอลดีไฮด์ต่างสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของคาร์บอนทั้งคู่ ไม่มีอะตอมของไฮโดรเจนสร้างพันธะกับออกซิเจน จึงไม่มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลดีไฮด์

2. การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลดีไฮด์กับโมเลกุลของน้ำ และระหว่างโมเลกุลของคีโตนกับโมเลกุลของน้ำ เกิดจากอะตอมของไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำสร้างพันธะไฮโดรเจนกับอะตอมของออกซิเจนในหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์และหมู่คาร์บอนิล ดังนี้

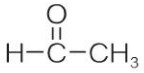


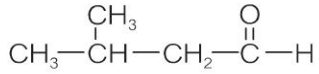
------ คือ พันธะไฮโดรเจน

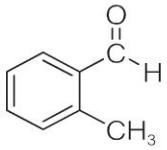
หัวข้อ 11.4.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.5 ควรใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

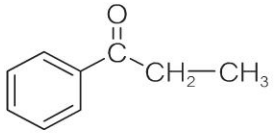
เฉลยแบบฝึกหัด 11.5

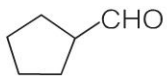
1. สารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้ ชนิดใดเป็นแอลดีไฮด์หรือคีโตน

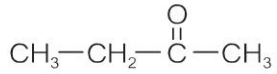
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

จ. 

ฉ. 

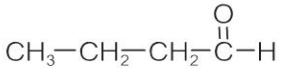
สาร ก. ข. ค. และ จ. เป็นแอลดีไฮด์

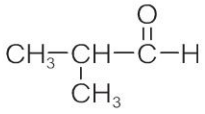
สาร ง. และ ฉ. เป็นคีโตน

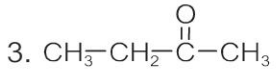
2. จงเขียนไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแอลดีไฮด์และคีโตนที่มีสูตรโมเลกุลต่อไปนี้

ก. C_4H_8O ข. $C_5H_{10}O$

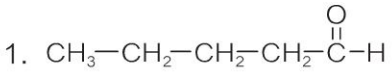
ก. สารที่มีสูตรโมเลกุล C_4H_8O มี 3 ไอโซเมอร์ คือ

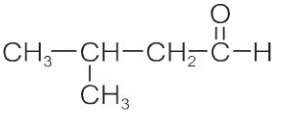
1. 

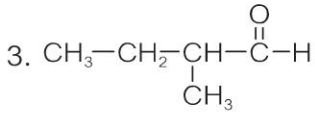
2. 

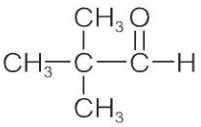
3. 

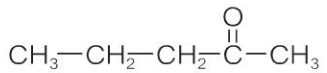
ข. สารที่มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O$ มี 7 ไอโซเมอร์ คือ

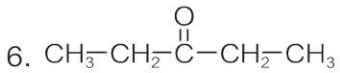
1. 

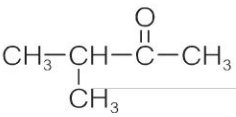
2. 

3. 

4. 

5. 

6. 

7. 

3. สารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้แต่ละคู่ต่อไปนี้ ชนิดใดมีจุดเดือดสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด

ก. โพรพาโนน กับ บิวเทน

ข. โพรพานาล กับ เพนทานาล

ค. บิวทานาล กับ บิวทานอล

ก. สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่โพรพาโนนเป็นโมเลกุลมีขั้วจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงกว่าบิวเทนซึ่งเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ดังนั้นโพรพาโนนจึงมีจุดเดือดสูงกว่าบิวเทน

ข. สารทั้งสองมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน แต่เพนทานาลมีมวลโมเลกุลสูงกว่า จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าโพรพานาล ดังนั้นเพนทานาลจึงมีจุดเดือดสูงกว่าโพรพานาล

ค. สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันและเป็นโมเลกุลมีขั้วเช่นเดียวกัน แต่บิวทานาลไม่มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จึงทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าบิวทานอล ซึ่งมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ดังนั้นบิวทานอลจึงมีจุดเดือดสูงกว่าบิวทานาล

11.4.3 กรดคาร์บอกซิลิก

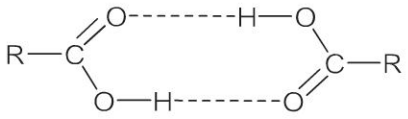
ทบทวนสมบัติและปฏิกิริยาของกรดแอซีติกซึ่งใช้เป็นตัวแทนของกรดคาร์บอกซิลิกในการทดลอง 11.2 แล้วให้ศึกษาเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชัน สูตรทั่วไป การแตกตัวเมื่อละลายน้ำ สภาพขั้วในโมเลกุล การละลายในน้ำและแนวโน้มของจุดเดือดของกรดคาร์บอกซิลิกชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเปรียบเทียบจุดเดือดของกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันตามรายละเอียดในบทเรียน ซึ่งควรได้ข้อสรุปเกี่ยวกับกรดคาร์บอกซิลิกดังนี้

1. กรดคาร์บอกซิลิกมีหมู่คาร์บอกซิล ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน และสูตรทั่วไปคือ $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$
2. กรดคาร์บอกซิลิกมีสมบัติคล้ายกับกรดอนินทรีย์ คือ
   2.1 เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง
   2.2 ทำปฏิกิริยากับโลหะหมู่ IA ได้แก๊สไฮโดรเจน
   2.3 ทำปฏิกิริยากับเกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนต ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
3. กรดคาร์บอกซิลิกเป็นกรดอ่อน เนื่องจากเมื่อละลายในน้ำแล้วจะแตกตัวให้ H_3O^+ ได้ปริมาณน้อย
4. กรดคาร์บอกซิลิกเป็นโมเลกุลมีขั้ว เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิลเป็นส่วนที่มีขั้วสูง ซึ่งประกอบด้วย หมู่ $\diagup\overset{O}{\overset{\|}{C}}\diagdown$ และ $-OH$
5. จุดเดือดของกรดคาร์บอกซิลิกมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น และมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน
6. กรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลน้อยละลายน้ำได้ดี และละลายได้น้อยลงเมื่อมีมวลโมเลกุลสูงขึ้น

ต่อจากนั้นจึงให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อกรดคาร์บอกซิลิก แล้วจึงอภิปรายถึงกรดคาร์บอกซิลิกที่มีอยู่ในธรรมชาติและกรดคาร์บอกซิลิกที่ใช้มากในชีวิตประจำวันตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

การที่กรดคาร์บอกซิลิกมีจุดเดือดสูง นอกจากเกิดจากการที่มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงแล้ว ยังเกิดจากการที่โมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิก 2 โมเลกุลสร้างพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันเกิดเป็นไดเมอร์ (dimer) ซึ่งทำให้มีมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น จุดเดือดจึงสูงขึ้นด้วย



------ คือ พันธะไฮโดรเจน

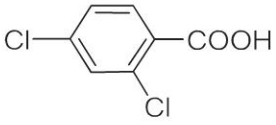
หัวข้อ 11.4.3 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.6 ควรใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 11.6

1. จงเขียนสมการเคมีแสดงการละลายในน้ำของกรดคาร์บอกซิลิกต่อไปนี้

   ก. HCOOH

   ข. CH_3CH_2COOH

   ค. 

   สมการเคมีแสดงการละลายในน้ำของกรดคาร์บอกซิลิกเป็นดังนี้

   ก. $HCOOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

   ข. $CH_3CH_2COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3CH_2COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

   ค.

2. สารประกอบอินทรีย์แต่ละคู่ต่อไปนี้ ชนิดใดมีจุดเดือดสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด
   ก. กรดโพรพาโนอิก กับ กรดเฮกซาโนอิก
   ข. กรดเมทาโนอิก กับ เอทานอล
   ค. เพนทาโนน กับ กรดบิวทาโนอิก

      ก. สารทั้งสองมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน แต่กรดเฮกซาโนอิกมีมวลโมเลกุลสูงกว่า มีขนาดใหญ่กว่าและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่ากรดโพรพาโนอิก ดังนั้นกรดเฮกซาโนอิกจึงมีจุดเดือดสูงกว่ากรดโพรพาโนอิก

      ข. สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันและเป็นโมเลกุลมีขั้ว แต่หมู่คาร์บอกซิลในกรดเมทาโนอิกมีขั้วมากกว่าและเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่าเอทานอล กรดเมทาโอนิกจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า ดังนั้นกรดเมทาโนอิกจึงมีจุดเดือดสูงกว่าเอทานอล

      ค. สารทั้งสองมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันและเป็นโมเลกุลมีขั้ว แต่เพนทาโนนไม่มีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จึงทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่ากรดบิวทาโนอิกซึ่งมีพันธะไฮโดรเจนอยู่ด้วย ดังนั้นกรดบิวทาโนอิกจึงมีจุดเดือดสูงกว่าเพนทาโนน

3. จงเรียงลำดับสารประกอบอินทรีย์ในแต่ละข้อต่อไปนี้ จากสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาสารที่มีจุดเดือดต่ำ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล
   ก. บิวเทน โพรพานอล กรดแอซีติก
   ข. กรดแอซีติก กรดโพรพาโนอิก กรดบิวทาโนอิก
   ค. บิวทานอล บิวทาโนน กรดโพรพาโนอิก

      ก. เรียงลำดับสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาต่ำได้ดังนี้ กรดแอซีติก โพรพานอล บิวเทน

      สารทั้งสามมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน โดยบิวเทนเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ในขณะที่กรดแอซีติกและโพรพานอลเป็นโมเลกุลมีขั้ว บิวเทนจึงมีจุดเดือดต่ำที่สุด แต่กรดแอซีติกมีสภาพขั้วสูงกว่าและเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่าโพรพานอล กรดแอซีติกจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า ทำให้มีจุดเดือดสูงกว่าโพรพานอล

      ข. เรียงลำดับสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาต่ำได้ดังนี้ กรดบิวทาโนอิก กรดโพรพาโนอิก กรดแอซีติก

      สารทั้งสามมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกัน แต่กรดบิวทาโนอิกมีมวลโมเลกุลมากกว่ากรด-โพรพาโนอิกและกรดโพรพาโนอิกสูงกว่ากรดแอซีติก ดังนั้นกรดบิวทาโนอิกจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่ากรดโพรพาโนอิกและกรดแอซีติก ตามลำดับ

      ค. เรียงลำดับสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาต่ำได้ดังนี้ กรดโพรพาโนอิก บิวทานอล บิวทาโนน

      สารทั้งสามมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันและเป็นโมเลกุลมีขั้ว แต่บิวทาโนนไม่มีพันธะไฮโดรเจน ในขณะที่กรดโพรพาโนอิกและบิวทานอลมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล บิวทาโนนจึงมีจุดเดือดต่ำสุด แต่กรดโพรพาโนอิกมีสภาพขั้วสูงกว่าและเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่าบิวทานอล กรดโพรพาโนอิกจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าและมีจุดเดือดสูงกว่าบิวทานอล

11.4.4 เอสเทอร์

อภิปรายโดยยกตัวอย่างผลไม้หรือดอกไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัวชนิดต่างๆ ซึ่งกลิ่นเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน แล้วให้ทำการทดลอง 11.4 เพื่อศึกษาการเตรียมสารที่มีกลิ่นบางชนิด

การทดลอง 11.4 ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์และสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

จุดประสงค์การทดลอง

1. เตรียมเอสเทอร์จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ได้
2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ได้
3. เขียนสูตรและเรียกชื่อเอสเทอร์ได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	30	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	15	นาที
รวม	50	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. กรดแอซีติกเข้มข้น	2 cm^3
2. กรดซาลิซิลิก	1 ช้อนเบอร์ 1
3. กรดบิวทาโนอิก	1 cm^3
4. เอทานอล	1 cm^3
5. เพนทานอล	1 cm^3
6. เมทานอล	2 cm^3
7. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	0.5 cm^3
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก พร้อมจุกยาง	4 ชุด
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
3. บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3	1 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมสารแต่ละชนิดใส่ในบีกเกอร์พร้อมทั้งหลอดหยด เพื่อให้นักเรียนใช้ร่วมกันทั้งชั้น

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. อธิบายวิธีที่ถูกต้องในการดมกลิ่นสารเคมี โดยการใช้มือโบกกลิ่นของสารจากปากหลอดทดลองหรือจากแท่งแก้วซึ่งแตะสารและยกขึ้นมาใกล้จมูก **ห้ามดมสารจากหลอดทดลองโดยตรง**
2. เน้นให้ทราบว่าสารเคมีทุกชนิดมีพิษ **จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรด H_2SO_4 เข้มข้น** ถ้าสัมผัสกับกรดต้องล้างทันทีด้วยน้ำจำนวนมาก แล้วแจ้งให้ครูที่ควบคุมทราบ
3. เน้นให้นักเรียนใช้หลอดหยดแยกชนิดของสารจากกัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

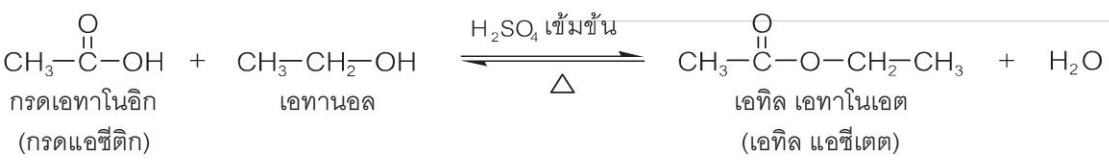
ตัวอย่างผลการทดลอง

หลอดที่	สารตั้งต้น	กลิ่นของสารเมื่อเริ่มต้น	กลิ่นของสารผลิตภัณฑ์
1	กรดแอซีติก + เอทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ
2	กรดแอซีติก + เพนทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายกล้วย
3	กรดซาลิซิลิก + เมทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายน้ำมันระกำ
4	กรดบิวทาโนอิก + เมทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายแอปเปิล

อภิปรายหลังการทดลอง

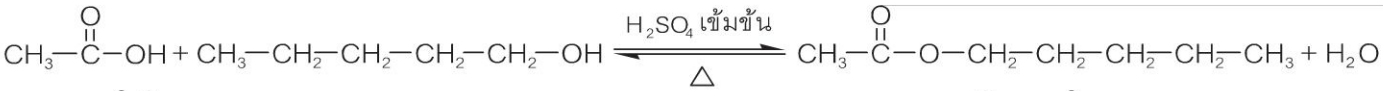
ให้แต่ละกลุ่มนำผลที่ได้จากการทดลองมาอภิปรายร่วมกันตามแนวคำถามท้ายการทดลองเพื่อให้สรุปได้ว่า เมื่อกรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยมีกรด H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะได้สารใหม่ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัวเกิดขึ้น เรียกสารนี้ว่า **เอสเทอร์** และเรียกปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์ว่า **เอสเทอริฟิเคชัน** แล้วจึงให้ความรู้เกี่ยวกับสูตรทั่วไปและการเรียกชื่อของเอสเทอร์ ต่อจากนั้นให้นักเรียนเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดจากการทดลอง 11.4 ซึ่งควรเขียนได้ดังนี้

หลอดที่ 1



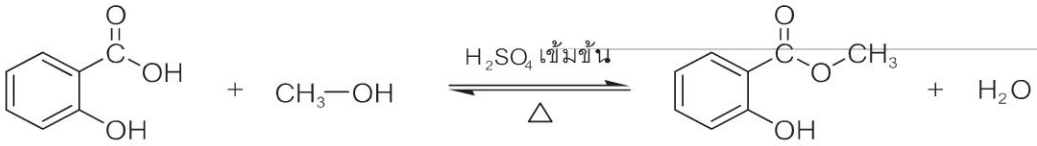
กรดเอทาโนอิก (กรดแอซีติก) | เอทานอล | เอทิล เอทาโนเอต (เอทิล แอซีเตต)

หลอดที่ 2



กรดเอทาโนอิก (กรดแอซีติก) เพนทานอล เพนทิล เอทาโนเอต (เพนทิล แอซีเตต)

หลอดที่ 3



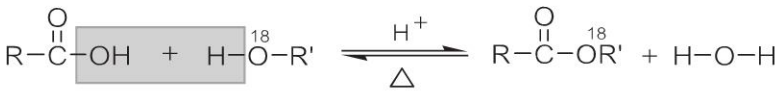
กรดซาลิซิลิก เมทานอล เมทิลซาลิซิเลต

หลอดที่ 4

กรดบิวทาโนอิก เมทานอล เมทิลบิวทาโนเอต

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

อะตอมของออกซิเจนในส่วนของ –OR มาจากแอลกอฮอล์ ไม่ใช่มาจากกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสี O–18 ในหมู่ OH ของแอลกอฮอล์ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดพบว่า O–18 ปรากฏอยู่ที่โมเลกุลของเอสเทอร์แสดงว่าออกซิเจนอะตอมในส่วน –OR มาจากแอลกอฮอล์ ส่วนออกซิเจนอะตอมในส่วน –OH ของกรดคาร์บอกซิลิกจะกลายไปเป็นน้ำ ดังสมการ



ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างระหว่างเอสเทอร์กับกรดคาร์บอกซิลิก และให้นักเรียนเปรียบเทียบจุดเดือดของเอสเทอร์กับกรดคาร์บอกซิกลิกที่เป็นไอโซเมอร์กัน รวมทั้งศึกษาแนวโน้มของจุดเดือดของเอสเทอร์ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วให้ทำการทดลอง 11.5 ต่อไป เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของเอสเทอร์

การทดลอง 11.5 ปฏิกิริยาของเอสเทอร์

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

จุดประสงค์การทดลอง

1. เตรียมกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
3. อธิบายปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	30	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	15	นาที
รวม	50	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. เอทิลแอซีเตต	5 หยด
2. สารละลายกรดซัลฟิวริก 2 mol/dm^3	5 หยด
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก พร้อมจุกยาง	1 ชุด
2. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	1 ใบ
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก 2 mol/dm^3 100 cm^3 โดยละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (18 mol/dm^3) 11 cm^3 ในน้ำกลั่น 50 cm^3 คนให้ผสมกันแล้วเติมน้ำให้ได้ปริมาตร 100 cm^3

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. แนะนำให้นักเรียนดมกลิ่นสารอย่างถูกวิธี
2. ทำการทดลองอย่างระมัดระวังเพราะสารที่ใช้ติดไฟได้ง่าย

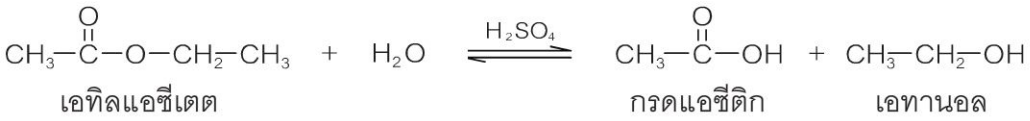
ตัวอย่างผลการทดลอง

สารในหลอดทดลอง	กลิ่นของสาร
1. เอทิลแอซีเตต	กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ
2. เอทิลแอซีเตตผสมสารละลายกรดซัลฟิวริกที่อุ่นในน้ำเดือด แล้วปล่อยให้เย็น	กลิ่นฉุนคล้ายน้ำส้มสายชู

อภิปรายหลังการทดลอง

ร่วมกันอภิปรายผลที่ได้จากการทดลองตามแนวคำถามท้ายการทดลองเพื่อให้สรุปได้ดังนี้

1. เอทิลแอซีเตตเป็นเอสเทอร์ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำมาต้มกับ H_2SO_4 แล้วได้สารที่มีกลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชู แสดงว่ามีสารใหม่เกิดขึ้น เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

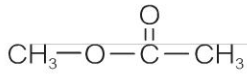


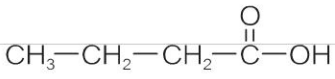
2. ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์โดยมีกรด H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันต่อจากนั้นอธิบายปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเอสเทอร์ที่สภาวะเบสซึ่งเรียกว่า **ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน** แล้วร่วมกันอภิปรายถึงแหล่งที่พบและประโยชน์ของเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ตามรายละเอียดในบทเรียน

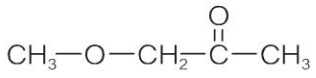
หัวข้อ 11.4.4 การทดลอง 11.4 11.5 และเฉลยแบบฝึกหัด 11.7 ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

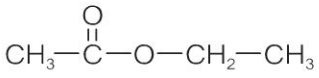
เฉลยแบบฝึกหัด 11.7

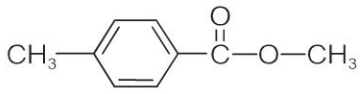
1. สารประกอบอินทรีย์ชนิดใดต่อไปนี้เป็นเอสเทอร์

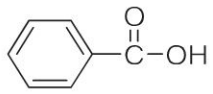
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

จ. 

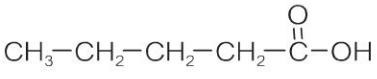
ฉ. 

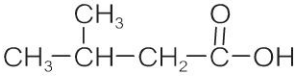
สารที่เป็นเอสเทอร์คือ สารในข้อ ก. ง. และ จ.

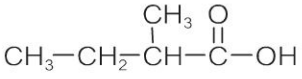
2. จงเขียนไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O_2$ เมื่อสารประกอบอินทรีย์เป็น

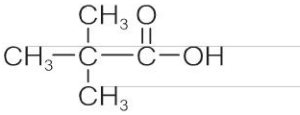
ก. กรดคาร์บอกซิลิก ข. เอสเทอร์

ก. กรดคาร์บอกซิลิกที่มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O_2$ มี 4 ไอโซเมอร์ คือ

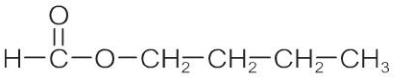
1. 

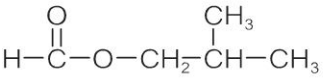
2. 

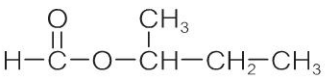
3. 

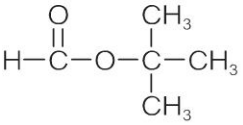
4. 

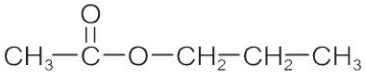
ข. เอสเทอร์ที่มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O_2$ มี 9 ไอโซเมอร์ คือ

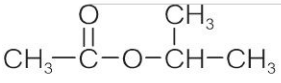
1. 

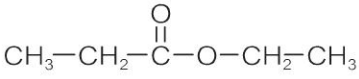
2. 

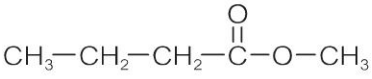
3. 

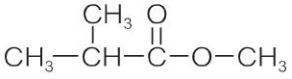
4. 

5. 

6. 

7. 

8. 

9. 

3. สาร A B C และ D มีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้

$HCOOCH_3$ CH_3COOH $CH_3CH_2CH_2CH_3$ $CH_3CH_2CH_2OH$

A B C D

จงเรียงลำดับสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาสารที่มีจุดเดือดต่ำ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

เรียงลำดับสารที่มีจุดเดือดสูงไปหาต่ำได้ดังนี้ B D A และ C

สาร A B C และ D คือ เอสเทอร์ กรดคาร์บอกซิลิก แอลเคน และแอลกอฮอล์ ตามลำดับ สารทั้ง 4 ชนิดมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน สาร C เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ในขณะที่สารชนิดอื่นเป็นโมเลกุลมีขั้ว สาร C จึงมีจุดเดือดต่ำที่สุด สาร A เป็นโมเลกุลมีขั้วแต่ไม่มีพันธะไฮโดรเจน จึงมีจุดเดือดต่ำกว่าสาร B และ D ซึ่งมีพันธะไฮโดรเจน สาร B มีสภาพขั้วสูงกว่าและมีพันธะไฮโดรเจนมากกว่าสาร D จึงมีจุดเดือดสูงที่สุด

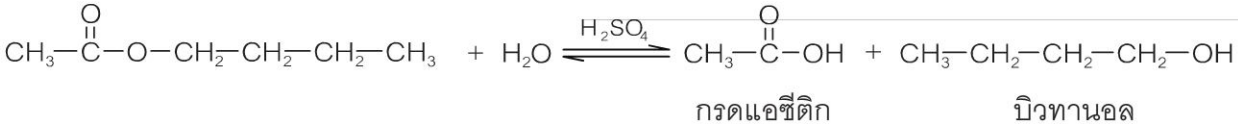
4. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเอสเทอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ทั้งสภาวะกรดและเบส พร้อมทั้งเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

ก. บิวทิลแอซีเตต ข. เพนทิลบิวทาโนเอต ค. เมทิลซาลิซิเลต

เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเอสเทอร์ได้ดังนี้

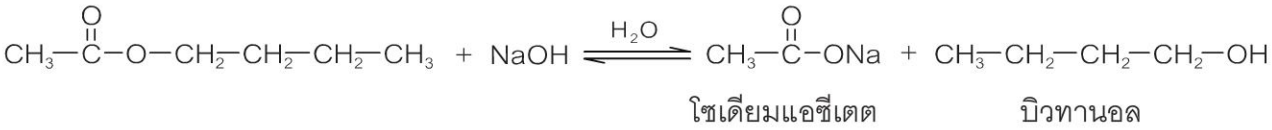
ก. บิวทิลแอซีเตต

สภาวะกรด :



กรดแอซีติก บิวทานอล

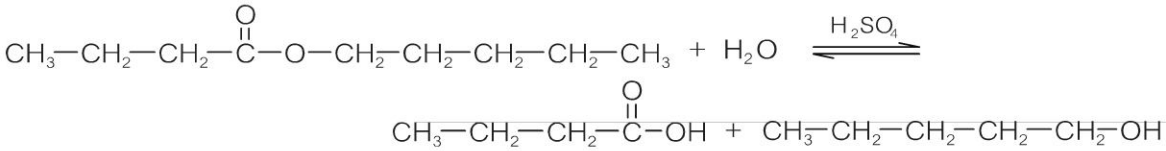
สภาวะเบส :



โซเดียมแอซีเตต บิวทานอล

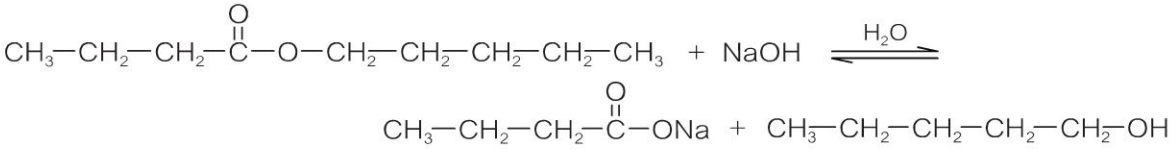
ข. เพนทิลบิวทาโนเอต

สภาวะกรด :



กรดบิวทาโนอิก เพนทานอล

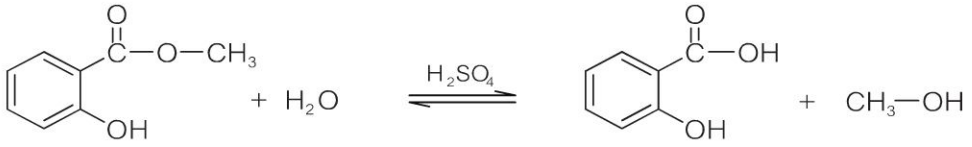
สภาวะเบส :



โซเดียมบิวทาโนเอต เพนทานอล

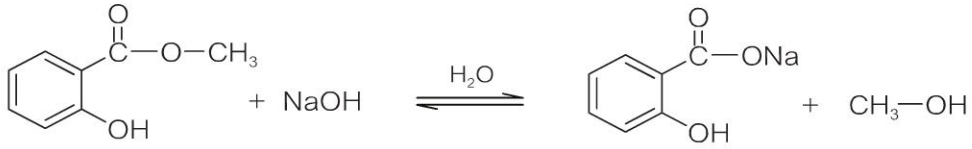
ค. เมทิลซาลิซิเลต

สภาวะกรด :



กรดซาลิซิลิก เมทานอล

สภาวะเบส :



โซเดียมซาลิซิเลต เมทานอล

11.5 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนสูตรทั่วไปและสูตรโครงสร้างของเอมีนได้
2. สรุปสมบัติทั่วไปของเอมีนได้
3. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนในเอมีนกับการละลายในน้ำและแนวโน้มของจุดเดือดของเอมีนได้
4. เปรียบเทียบจุดเดือดของเอมีนกับสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
5. บอกประโยชน์และอันตรายของสารประกอบเอมีนบางชนิดได้

ทบทวนสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ต่อจากนั้นยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เพื่อนำเข้าสู่เรื่องเอมีน

11.5.1 เอมีน

อภิปรายถึงสูตรโครงสร้างของแอมโมเนีย และการแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนในโมเลกุลแอมโมเนียด้วยหมู่แอลคิล (–R) หรือแอริล (–Ar) ได้เป็นสารประกอบเอมีน จากนั้นให้พิจารณาสูตรทั่วไป แนวโน้มของจุดเดือดและการละลายในน้ำของเอมีนโดยใช้ข้อมูลในตาราง 11.21 แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบ

จุดเดือดของแอลเคน เอมีน และแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันโดยใช้ข้อมูลในตาราง 11.22 และให้ความรู้เพิ่มเติมตามรายละเอียดในบทเรียนซึ่งสรุปได้ดังนี้

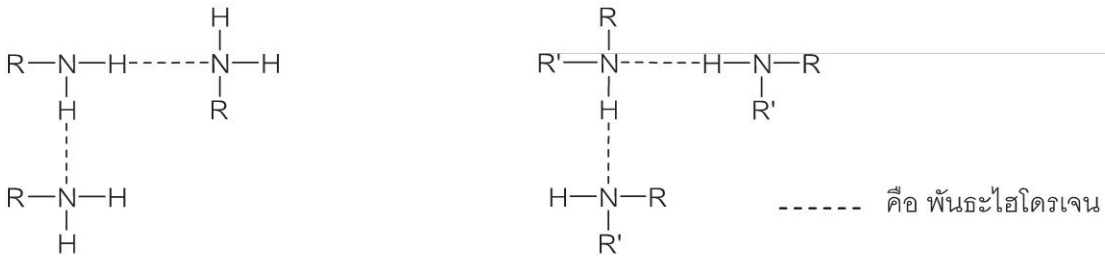
1. เอมีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่อะมิโน ($—NH_2$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสูตรทั่วไปคือ $R—NH_2$

   หรือ $R—\overset{\overset{H}{|}}{N}—R'$ หรือ $R—\overset{\overset{R''}{|}}{N}—R'$
2. แนวโน้มของจุดเดือดของเอมีนจะสูงขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนในเอมีน เอมีนมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคน แต่ต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน
3. เอมีนเป็นโมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นเอมีนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะละลายในน้ำได้ดี แต่การละลายจะลดลงเมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น
4. สารละลายเอมีนในน้ำมีสมบัติเป็นเบส จึงสามารถทำปฏิกิริยากับกรดได้เกลือเอมีนเป็นผลิตภัณฑ์
5. เกลือเอมีนเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีกลิ่นและละลายได้ในน้ำ ในขณะที่เอมีนส่วนใหญ่มีกลิ่นเหม็นและไม่ละลายในน้ำ

ต่อจากนั้นอภิปรายถึงการเรียกชื่อ ประโยชน์และอันตรายของเอมีนตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

โมเลกุลเอมีนที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างกันได้คือ $R—NH_2$ และ $R—\overset{\overset{H}{|}}{N}—R'$ ดังนี้



ส่วนเอมีนที่มีสูตรทั่วไปเป็น $R—\overset{\overset{R''}{|}}{N}—R'$ ไม่เกิดพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำกว่าเอมีนสองชนิดแรก

11.6 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนสูตรทั่วไปและสูตรโครงสร้างของเอไมด์ได้
2. สรุปสมบัติทั่วไปของเอไมด์ได้

3. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนในเอไมด์กับการละลายในน้ำและแนวโน้มของจุดเดือดของเอไมด์ได้
4. เปรียบเทียบจุดเดือดของเอไมด์กับสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
5. บอกประโยชน์และอันตรายของสารประกอบเอไมด์บางชนิดได้

ทบทวนหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบตามที่ได้ศึกษาไปแล้ว เพื่อนำไปสู่สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันซึ่งประกอบด้วยธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนทั้ง 2 ธาตุ

11.6.1 เอไมด์

อภิปรายถึงสูตรโครงสร้างของเอไมด์ซึ่งเกิดจากหมู่อะมิโน ($-NH_2$) เข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) ในกรดคาร์บอกซิลิกและหมู่ฟังก์ชันของเอไมด์ ต่อจากนั้นศึกษาสมบัติของเอไมด์จากตาราง 11.23 แล้วร่วมกันสรุปสมบัติของสารประกอบเอไมด์ได้ดังนี้

1. เอไมด์มีหมู่เอไมด์ ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน สูตรทั่วไปของเอไมด์คือ $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$ หรือ $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-R'$ หรือ $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{R''}{|}}{N}-R'$
2. แนวโน้มของจุดเดือดของเอไมด์จะสูงขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน
3. เอไมด์เป็นโมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นเอไมด์ที่โมเลกุลมีขนาดเล็กจะละลายในน้ำได้ดี แต่เมื่อโมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้นจะละลายได้น้อยลง
4. สารละลายของเอไมด์ไม่แสดงสมบัติเป็นเบส ซึ่งแตกต่างจากสารละลายเอมีน
5. เอไมด์มีจุดเดือดสูงกว่าเอมีนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

ต่อไปอธิบายการเรียกชื่อ ปฏิกิริยาการเตรียมเอไมด์และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ตลอดจนประโยชน์ของเอไมด์ตามรายละเอียดในบทเรียน

หัวข้อ 11.5 11.5.1 11.6 11.6.1 และเฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลต่อไปนี้

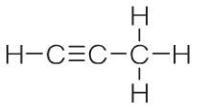
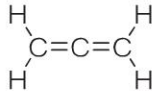
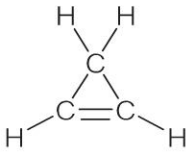
ก. C_3H_4 ข. C_4H_8

ค. $C_3H_3F_3$ ง. C_3H_6O

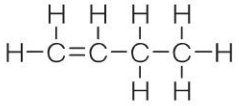
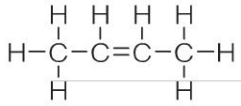
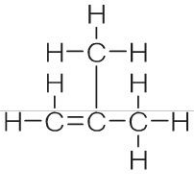
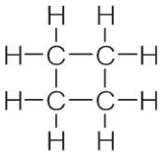
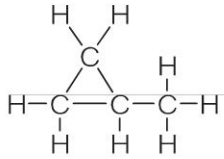
จ. C_3H_9N

เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดสูตรโมเลกุลให้ได้ดังนี้

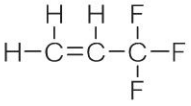
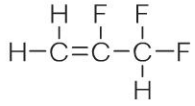
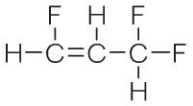
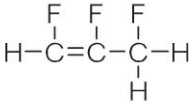
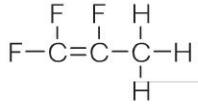
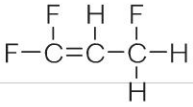
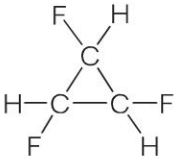
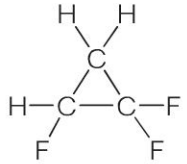
ก. C_3H_4 เขียนสูตรโครงสร้างได้ทั้งหมด 3 ไอโซเมอร์

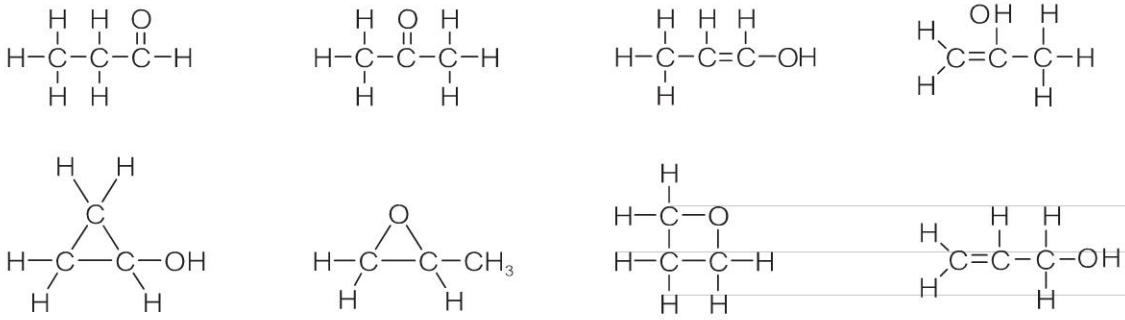
ข. C_4H_8 เขียนสูตรโครงสร้างได้ทั้งหมด 5 ไอโซเมอร์

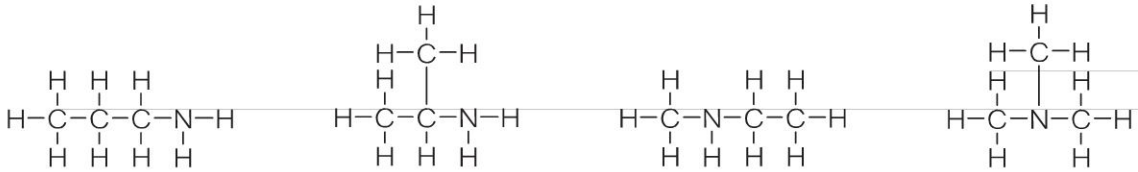
ค. $C_3H_3F_3$ เขียนสูตรโครงสร้างได้ทั้งหมด 8 ไอโซเมอร์

ง. C_3H_6O เขียนสูตรโครงสร้างได้ทั้งหมด 8 ไอโซเมอร์



จ. C_3H_9N เขียนสูตรโครงสร้างได้ทั้งหมด 4 ไอโซเมอร์



2. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดเป็นสารชนิดเดียวกัน หรือเป็นไอโซเมอร์กัน ถ้าเป็นไอโซเมอร์กันให้ระบุด้วยว่าเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างหรือเป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต

ก.

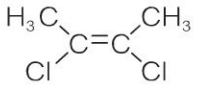
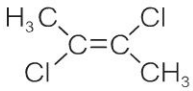
ข.

ค.

ง.

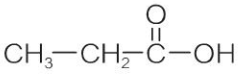
จ.

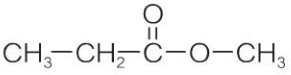
ฉ.

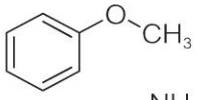
ช.  และ 

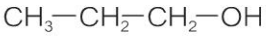
สารคู่ที่เป็นสารชนิดเดียวกัน คือ สารในข้อ ก. และ ง.
สารคู่ที่เป็นไอโซเมอร์โครงสร้าง คือ สารในข้อ ข. ค. จ. และ ฉ.
สารคู่ที่เป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต คือ สารในข้อ ช.

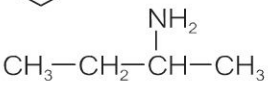
3. จงบอกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุชื่อหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบแต่ละชนิดด้วย

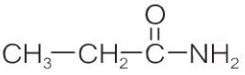
ก. 

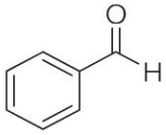
ข. 

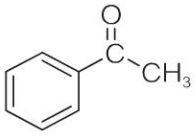
ค. 

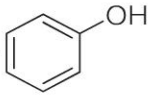
ง. 

จ. 

ฉ. 

ช. 

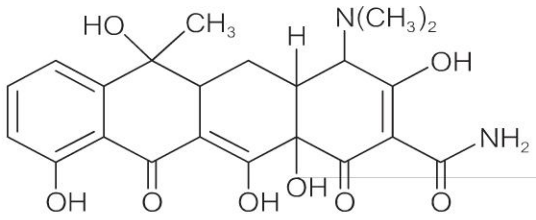
ซ. 

ฌ. 

ประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ เป็นดังนี้

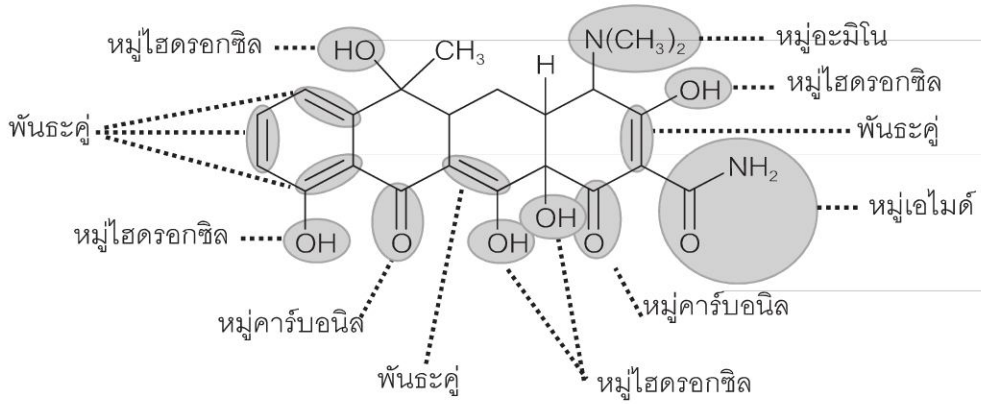
ข้อ	ประเภทของสารประกอบอินทรีย์	ชื่อหมู่ฟังก์ชัน
ก.	กรดคาร์บอกซิลิกหรือกรดอินทรีย์	คาร์บอกซิล
ข.	เอสเทอร์	แอลคอกซีคาร์บอนิล
ค.	อีเทอร์	แอลคอกซี
ง.	แอลกอฮอล์	ไฮดรอกซิล
จ.	เอมีน	อะมิโน
ฉ.	เอไมด์	เอไมด์
ช.	แอลดีไฮด์	คาร์บอกซาลดีไฮด์
ซ.	คีโตน	คาร์บอนิล
ฌ.	ฟีนอล	ไฮดรอกซิล

4. จงวงกลมล้อมรอบหมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในโมเลกุลโมเลกุลของเตตระไซคลิน (tetracycline) ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้ระงับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย พร้อมทั้งระบุชื่อของหมู่ฟังก์ชันแต่ละตำแหน่ง



เตตระไซคลิน

หมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในโมเลกุลเป็นดังนี้



5. แอลเคน A B และ C มีสูตรโครงสร้างและสมบัติดังนี้

สารประกอบ	สูตรโครงสร้าง	จุดเดือด (°C)
A	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	36.1
B	$CH_3CH_2CH(CH_3)_2$	27.8
C	$C(CH_3)_4$	-11.7

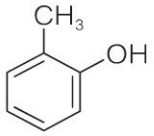
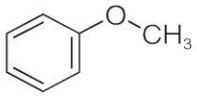
ให้วิเคราะห์ว่าจุดเดือดของสารประกอบมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของโมเลกุลอย่างไร

สาร A มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่ตรง โมเลกุลสามารถอยู่ชิดกันได้มาก ทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง จุดเดือดจึงสูง

สาร B และสาร C มีสูตรโครงสร้างเป็นแบบโซ่กิ่ง โมเลกุลอยู่ชิดกันได้น้อย จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าสาร A จุดเดือด จึงมีค่าต่ำกว่า

นั่นคือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน แต่มีโครงสร้างต่างกันจะมีจุดเดือดไม่เท่ากัน สารที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรงจะมีจุดเดือดสูงกว่าสารที่มีโครงสร้างแบบโซ่กิ่ง

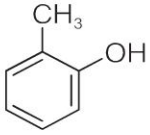
6. สารประกอบอินทรีย์แต่ละคู่ต่อไปนี้ สารใดควรจะมีจุดเดือดสูงกว่ากัน เพราะเหตุใด

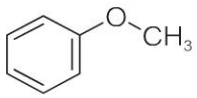
ก.  และ 

ข. $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ และ $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

ค. CH_3CH_2COOH และ $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

สารที่มีจุดเดือดสูงกว่าคือ

ก.  เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า

 ซึ่งไม่มีพันธะไฮโดรเจน

ข. $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ ซึ่งไม่มีพันธะไฮโดรเจน

ค. CH_3CH_2COOH เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่า จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

7. จงเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในภาวะที่เหมาะสมระหว่างสารต่อไปนี้ พร้อมทั้งบอกชื่อของแต่ละปฏิกิริยา

ก. เอทานอล + ออกซิเจน $\longrightarrow$

ข. อีเทน + โบรมีน $\longrightarrow$

ค. อะเซทิลีน + คลอรีน $\longrightarrow$

ง. ไซโคลเฮกซีน + คลอรีน $\longrightarrow$

จ. เพนทานอล + กรดแอซีติก $\xrightarrow{H^+}$

ฉ. เมทิลฟอร์เมต + น้ำ $\longrightarrow$

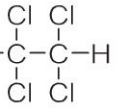
ช. เบนซีน + โบรมีน $\longrightarrow$

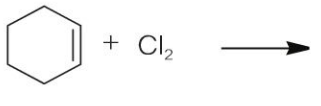
ซ. โพรพานาไมด์ + น้ำ $\rightleftharpoons^{H^+}$

เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

ก. $CH_3CH_2OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ ปฏิกิริยาการเผาไหม้

ข. $CH_3CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CH_2Br + HBr$ ปฏิกิริยาการแทนที่

ค. $CH{\equiv}CH + 2Cl_2 \longrightarrow$  ปฏิกิริยาการเติม

ง.  ปฏิกิริยาการเติม

จ. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH + CH_3COOH \longrightarrow$

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2O{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + H_2O$ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

ฉ. $HCOOCH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} HCOOH + CH_3OH$ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

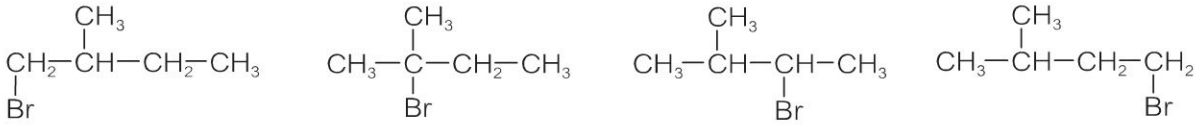
ช. ปฏิกิริยาการแทนที่

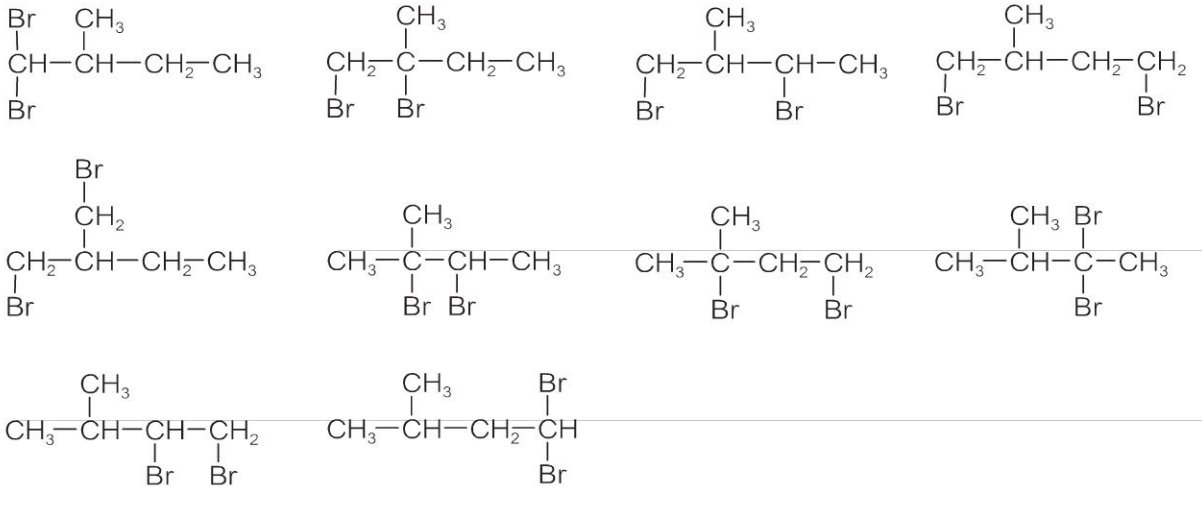
ซ. $CH_3CH_2CONH_2 + H_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} CH_3CH_2COOH + NH_3$ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

8. 2-เมทิลบิวเทนทำปฏิกิริยากับโบรมีนได้ผลิตภัณฑ์กี่ชนิด และมีโครงสร้างอย่างไรบ้างเมื่อเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้

ก. ปฏิกิริยาแทนที่ 1 ตำแหน่ง ข. ปฏิกิริยาแทนที่ 2 ตำแหน่ง

เขียนสูตรโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

ก. 

ข. 

9. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน A จำนวน 1 โมล เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์พบว่ามีไอน้ำเกิดขึ้น 6 โมล และเมื่อหยดสาร A ลงในสารละลายโบรมีนที่เก็บไว้ในห้องมืดพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้านำไปไว้ในที่สว่างเป็นเวลา 5 นาที สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสีและมีฟองแก๊สเกิดขึ้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. สาร A จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทใด มีสูตรโมเลกุลและชื่อว่าอย่างไร

ข. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสาร A

ค. ปฏิกิริยาระหว่างสาร A กับสารละลายโบรมีนคือปฏิกิริยาประเภทใด มีแก๊สอะไรเกิดขึ้น และมีวิธีการทดสอบอย่างไร จงอธิบายพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ก. สาร A เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ซึ่งอาจเป็นแอลเคนแบบโซ่เปิดหรือไซโคล-แอลเคนก็ได้ ถ้าเป็นแอลเคนแบบโซ่เปิด จะมีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} และมีชื่อว่าเพนเทน ถ้าเป็นไซโคลแอลเคนจะมีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_{12} และมีชื่อว่า ไซโคลเฮกเซน

ข. $C_5H_{12} + 8O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 6H_2O$ หรือ

$C_6H_{12} + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

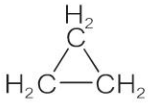
ค. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาการแทนที่ โดยมีแก๊สไฮโดรเจนโบรไมด์เกิดขึ้น สามารถทดสอบได้โดยใช้กระดาษลิตมัสชื้น จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสชื้นจากสีน้ำเงินเป็นแดง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้

$C_5H_{12} + Br_2 \longrightarrow C_5H_{11}Br + HBr$ หรือ

10. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ A และ B มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันเป็น C_3H_6 สาร A ฟอกจางสีสารละลาย $KMnO_4$ แต่สาร B ไม่ฟอกจางสีสารละลาย $KMnO_4$ จากสมบัติดังกล่าวจงเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งสองชนิด

สาร A เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่เป็นหมู่ฟังก์ชันมีสูตรโครงสร้างดังนี้คือ $CH_2{=}CH{-}CH_3$

สาร B เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวแบบวง หรือไซโคลแอลเคนมีสูตรโครงสร้างดังนี้คือ



11. จากสมการ

แอลกอฮอล์ + สาร A $\xrightleftharpoons{H_2SO_4}$ $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_3$ + H_2O

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. จงเขียนชื่อและสูตรโครงสร้างของแอลกอฮอล์และสาร A พร้อมทั้งบอกวิธีทดสอบว่าสารใดเป็นแอลกอฮอล์และสารใดเป็นสาร A

ข. จงบอกชื่อของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ก. แอลกอฮอล์มีชื่อว่าโพรพานอล มีสูตรโครงสร้างเป็น $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

สาร A มีชื่อว่ากรดแอซีติก มีสูตรโครงสร้างเป็น $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

การทดสอบแอลกอฮอล์และสาร A ซึ่งเป็นกรดแอซีติก ทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

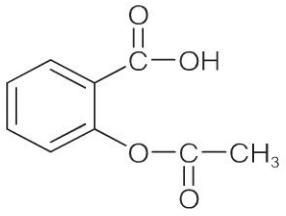
สาร A จะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง ส่วนแอลกอฮอล์จะไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

วิธีที่ 2 ทำปฏิกิริยากับสารละลาย $NaHCO_3$ แล้วทดสอบด้วยน้ำปูนใส

สาร A จะทำปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$ เกิดแก๊ส CO_2 ซึ่งทำให้น้ำปูนใสขุ่น ส่วนแอลกอฮอล์จะไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย $NaHCO_3$

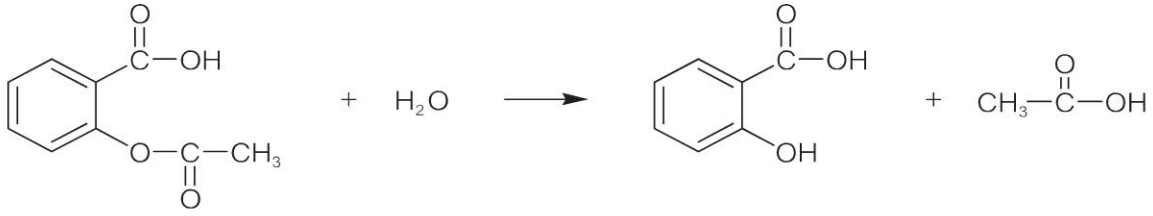
ข. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

12. เพราะเหตุใดยาแอสไพรินที่เก็บไว้เป็นเวลานานจึงมีกลิ่นเหมือนน้ำส้มสายชู ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาใด จงเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



แอสไพริน

ยาแอสไพรินที่เก็บไว้เป็นเวลานานจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสกับไอน้ำในอากาศได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแอซีติกเกิดขึ้น จึงทำให้ได้กลิ่นเหมือนน้ำส้มสายชู ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเขียนสมการเคมีแสดงได้ดังนี้



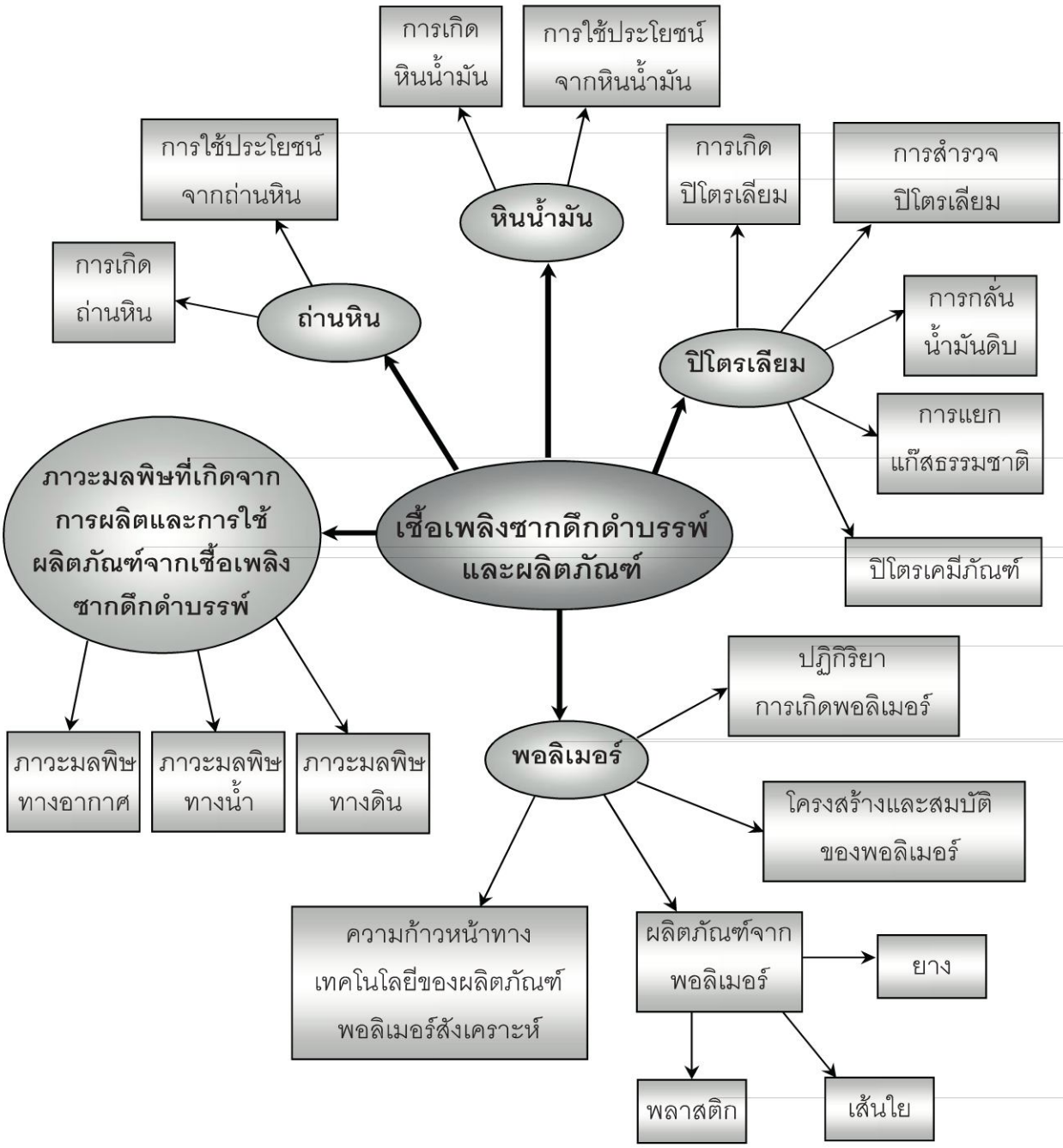
บทที่ 12

เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดองค์ประกอบทางเคมีและการสำรวจหาแหล่งเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้
2. อธิบายการใช้ประโยชน์จากถ่านหินและหินน้ำมันได้
3. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้
4. อธิบายความหมายของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ปิโตรเลียม ปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต่าง ๆ พอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้
5. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้
6. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้
7. อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้
8. อธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
9. อธิบายวิธีการนำผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ไปใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมได้
10. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล อภิปรายและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ และการเตรียมเส้นใยสังเคราะห์

ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์



การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การทำงานกลุ่ม	การคำนวณ	การแสดงผลและการรายงาน	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	ถ่านหิน หินน้ำมัน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงซาก-ดึกดำบรรพ์ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์	-	-	-	-	3	-	-
2	-	1	-	ถ่านหินเกิดจากการทับถมและสลายตัวของซากพืช มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก สามารถจำแนกตามอายุการเกิดหรือปริมาณคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบได้เป็น พีต ลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซต์	-	-	-	-	3	-	-
2	-	1	-	พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนในถ่านหินแต่ละชนิด	-	-	-	-	3	-	-
2	-	1	-	ถ่านหินของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ และส่วนใหญ่เป็นชนิดลิกไนต์และซับบิทูมินัส	-	-	-	-	3	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนกลุ่ม	การทำงานกลุ่ม	การนำเสนอ	การแสดงแนวคิดและความรู้	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
3	-	2	-	แหล่งถ่านหินพบอยู่ตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก และส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า	-	-	1	-	4	-	-
1	-	-	-	นักวิทยาศาสตร์พยายามหาวิธีการใช้ถ่านหินแบบสะอาด โดยการเปลี่ยนถ่านหินให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว เพื่อเพิ่มคุณค่าและความสะดวกในการขนส่ง	-	-	-	-	2	-	-
2	-	1	-	การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะเกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊ส ซึ่งเป็นออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของถ่านหินและเถ้าถ่านซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม	-	-	-	-	3	-	4
1	-	-	-	หินน้ำมันเกิดจากการสะสมและทับถมของซากพืชพวกสาหร่ายและสัตว์เล็กอื่น ๆ ภายใต้แหล่งน้ำและภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลานับล้านปี	-	-	-	-	2	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เตรียมการ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลและรายงาน	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
1	-	-	-	เคอโรเจนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในหินน้ำมัน เมื่อได้รับความร้อนเพียงพอ เคอโรเจนจะสลายตัวให้น้ำมันหิน ซึ่งมีลักษณะคล้ายน้ำมันดิบ	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	หินน้ำมันมีส่วนประกอบสำคัญคือสารประกอบอนินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์ หินน้ำมันที่มีสารอินทรีย์ปริมาณสูงจัดเป็นหินน้ำมันชนิดคุณภาพดี	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	มีการสำรวจพบแหล่งหินน้ำมันในประเทศไทยที่จังหวัดตากแต่ยังไม่มีการลงทุนทำเหมืองเนื่องจากปัญหาความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจ	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	หินน้ำมันสามารถนำมาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันหิน เพื่อนำไปแยกและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ แต่ต้องลงทุนสูง	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การทำงานกลุ่ม	การคำนวณ	การแสดงผลและการรายงาน	ใส่ทัศนคติ	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	สารผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการทับถมและสลายตัวของซากพืชและสัตว์บริเวณใต้ทะเลเป็นเวลานานภายใต้ความร้อนและความดันสูงจนเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำมันดิบและแก๊ส-ธรรมชาติรวมเรียกว่า ปิโตรเลียม ↓	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	ปิโตรเลียมที่อยู่ในชั้นหินต้นกำเนิดจะมีการเคลื่อนย้ายตัวออกไปตามช่องหรือรอยแตกแยกและรูพรุนของหินไปสู่ที่ที่มีระดับความลึกน้อยกว่าและไปสะสมตัวอยู่ในโครงสร้างที่ถูกปิดกั้นที่เรียกว่า แหล่งกักเก็บปิโตรเลียม ↓	-	-	-	-	2	-	-
1	-	-	-	การสำรวจทางธรณีวิทยาและการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ช่วยให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์หาแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและคาดคะเนปริมาณปิโตรเลียม	-	-	-	-	2	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน			การแสดงผลงานของนักเรียน	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
						เตรียมการ	การทำงานกลุ่ม	การคำนวณ			
2	-	1	-	แหล่งน้ำมันสำรองขนาดใหญ่ของโลกส่วนใหญ่อยู่ในประเทศต่าง ๆ บริเวณตะวันออกกลาง	-	-	-	-	3	-	4
2	-	1	-	น้ำมันดิบเป็นสารผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่แยกออกจากกันได้โดยวิธีกลั่นลำดับส่วน	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงตัวทำละลายและสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	-	-	-	-	2	-	-
1	-	-	-	การปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ทำได้โดยกระบวนการแตกสลาย รีฟอร์มมิง-แอลคิเลชัน และโอลิโกเมอไรเซชัน	-	-	-	-	-	-	-

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน			การแสดงผลงานและการรายงาน	โสตทัศนูปกรณ์	แบบฝึกหัด
		เตรียมการ	การทำงานกลุ่ม	การอภิปราย			
คุณภาพของน้ำมันเบนซินบอกด้วยเลขออกเทน ส่วนคุณภาพน้ำมันดีเซลบอกด้วยเลขซีเทน	-	-	-	-	-	-	-
↓							
แก๊สธรรมชาติประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและสารประกอบอื่น ๆ ที่ปรากฏอยู่ทั้งสถานะของเหลวและแก๊ส	-	-	-	-	-	-	-
↓							
เมื่อนำแก๊สธรรมชาติมาผ่านกระบวนการแยกแก๊สจะได้ผลิตภัณฑ์ที่นำไปเป็นเชื้อเพลิงและสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมได้	-	-	-	-	2	-	3
↓							
ผลิตภัณฑ์จากการกลั่นน้ำมันดิบหรือการแยกแก๊สธรรมชาติใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งแบ่งเป็นอุตสาหกรรมขั้นต้น ขั้นกลางและขั้นปลาย	-	-	-	-	3	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู
1	-	-	-
1	-	-	-
1	-	-	-
2	-	1	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การนำเสนอ	การอภิปราย	ใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ	ใช้สื่อศิลปะ	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	พอลิเมอร์ที่เกิดในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์เป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่ได้จากมอนอเมอร์หลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เรียกว่าพอลิเมอไรเซชัน	-	-	-	-	-	-	3
1	-	-	-	สมบัติของพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์และโครงสร้างของพอลิเมอร์	-	-	-	-	2	-	3
2	4	1	-	พลาสติกเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ จำแนกได้เป็นเทอร์มอพลาสติกและพลาสติกเทอร์มอเซต	3	-	-	-	-	-	-
2	4	1	3	เส้นใยเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดในธรรมชาติและได้จากการสังเคราะห์มีโครงสร้างโมเลกุลเหมาะสมที่จะนำมาปั่นเป็นเส้น	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน: เขียนรายงาน	กิจกรรมของนักเรียน: การทำงานกลุ่ม	กิจกรรมของนักเรียน: กระบวนการ	การแสดงผลการเรียนรู้	ใส่ทัศนคติ	แบบฝึกหัด
1	-	-	-	ยาง เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดในธรรมชาติ หรือได้จากการสังเคราะห์ มีสมบัติยืดหยุ่นได้	-	-	-	-	2	-	-
2	-	1	-	การปรับปรุงคุณภาพของยางด้วยการเติมกำมะถันเรียกว่า กระบวนการวัลคาไนเซชัน	-	-	-	-	3	-	4
1	-	-	-	เทคโนโลยีในการผลิตพอลิเมอร์มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นจำนวนมาก	-	-	-	-	2	-	-
2	-	1	-	การผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์โดยขาดความระมัดระวังจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	-	-	-	-	3	-	4

สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน

บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมันและปิโตรเลียม โดยเริ่มจากศึกษาการเกิด ขั้นตอนการสำรวจและแหล่งของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่สำคัญแต่ละชนิดทั้งในประเทศและต่างประเทศ การผลิต การปรับปรุงคุณภาพ ตลอดจนการเพิ่มคุณค่าของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งได้แก่การเปลี่ยนถ่านหินให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว การสกัดน้ำมันจากหินน้ำมัน การกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมัน การแยกแก๊สธรรมชาติ ต่อจากนั้นจึงศึกษาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่นำผลิตภัณฑ์จากการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเคมีภัณฑ์หรือพอลิเมอร์ต่าง ๆ ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการเตรียมพอลิเมอร์ การใช้ประโยชน์จากพอลิเมอร์ประเภทพลาสติก เส้นใยและยาง แล้วจึงศึกษาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ ผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ทุกชนิดถือได้ว่าเป็นทรัพยากรอันมีค่าอย่างยิ่งของประเทศไทย เป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำประเทศให้ก้าวไปสู่การเป็นประเทศที่มีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องนี้จึงควรเป็นการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายและใช้สื่อชนิดต่าง ๆ ประกอบการเรียนการจัดกิจกรรมมากกว่าการบรรยาย เพื่อให้นักเรียนตระหนักเห็นคุณค่าและความสำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่มีต่อการพัฒนาประเทศและการดำรงชีวิต

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ 20 ชั่วโมง

12.1 ถ่านหิน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดและการจำแนกชนิดของถ่านหินตามอายุการเกิดได้
2. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติและการให้พลังงานของถ่านหินแต่ละชนิดได้
3. บอกแหล่งถ่านหินที่สำคัญของประเทศไทยและของโลกได้
4. อธิบายเกี่ยวกับการนำถ่านหินไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้
5. ระบุปัญหา วิธีป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้

นำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ความต้องการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของโลกจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นโดยตลอดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อไปอีกในอนาคต แล้วจึงให้ความรู้พร้อมทั้งยกตัวอย่างเชื้อเพลิงที่จัดอยู่ในกลุ่มเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ลักษณะของถ่านหิน ธาตุที่เป็นองค์ประกอบและการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ในอดีตจนถึงปัจจุบันตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

ปริมาณพลังงานความร้อนและร้อยละของเถ้าจากการเผาไหม้ถ่านหินชนิดต่าง ๆ เทียบกับไม้เป็นดังนี้

ชนิดของสาร	ปริมาณร้อยละโดยมวลของเถ้า	ปริมาณพลังงานความร้อน (kJ/g)
ไม้	–	10.4 – 14.1
พีต	–	13
ลิกไนต์	5.2	16.2
ซับบิทูมินัส	4.7 – 10.9	19.9 – 24.0
บิทูมินัส	3.8 – 12.3	30.6 – 31.4
แอนทราไซต์	9	30.6

12.1.1 การเกิดถ่านหิน

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับการเกิดถ่านหิน การจำแนกชนิดของถ่านหินตามอายุการเกิดหรือปริมาณคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ รวมทั้งสมบัติของถ่านหินแต่ละชนิดแล้วร่วมกันอภิปรายต่อไปถึงปริมาณพลังงานที่ได้จากถ่านหินแต่ละชนิดตามรายละเอียดในบทเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. ถ่านหินเกิดจากการทับถมและสลายตัวของซากพืชภายในแหล่งน้ำเป็นเวลานานภายใต้ความร้อนและความดันสูงรวมทั้งอยู่ในภาวะขาดออกซิเจน ซากพืชจึงเกิดการเน่าเปื่อย ทำให้สารประกอบที่เหลือมีปริมาณคาร์บอนสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ถูกทับถม
2. ถ่านหินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน มีตั้งแต่อ่อน ร่วน จนถึงแข็งและเหนียว มีสีน้ำตาลจนถึงดำ มีทั้งผิวมันและด้าน ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของถ่านหินมีทั้งที่เป็นสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์
3. ถ่านหินจำแนกตามอายุการเกิดและปริมาณคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ พีต ลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซต์
4. การเผาไหม้ถ่านหินแต่ละชนิดที่มีมวลเท่ากันจะให้พลังงานความร้อนแตกต่างกันตามปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในถ่านหิน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. แหล่งถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ เป็นถ่านหินชนิดลิกไนต์และซับบิทูมินัส ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ให้ปริมาณพลังงานความร้อนไม่สูง
2. แหล่งถ่านหินในประเทศที่เคยเปิดทำเหมืองมี 14 แห่ง แต่ปัจจุบันหยุดทำการผลิตชั่วคราว 6 แห่ง แหล่งถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดและมีการผลิตมากที่สุด 2 แห่ง คือ เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และรองลงมาคือ เหมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ (พฤศจิกายน 2553)
3. ประเทศที่ผลิตถ่านหินได้เป็นปริมาณมาก ได้แก่ เยอรมนี รัสเซีย อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกา กรีซ ออสเตรเลีย ตุรกี โปแลนด์ จีน แอฟริกาใต้ โคลัมเบีย อินเดีย

12.1.2 การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับการนำถ่านหินไปใช้ประโยชน์นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปัญหาที่เกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงตามรายละเอียดในบทเรียน และให้นักเรียนช่วยกันสืบค้นข้อมูลมานำเสนอในห้องเรียนเพื่อให้สรุปได้ดังนี้

1. สมัยโบราณใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความอบอุ่นในบ้าน ปัจจุบันใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า ถลุงโลหะ ผลิตปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ
2. ถ่านหินมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก จึงใช้ทำถ่านกัมมันต์เพื่อเป็นสารดูดซับในเครื่องกรองน้ำและกรองอากาศ ใช้ทำคาร์บอนไฟเบอร์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่ง แต่มีน้ำหนักเบา สำหรับทำอุปกรณ์กีฬา
3. การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะได้แก๊สที่เป็นออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของถ่านหินและเถ้าถ่าน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้น้ำมันและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง
4. การแก้ปัญหาแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ถ่านหิน อาจทำโดยการกำจัดซัลเฟอร์ออกก่อนหรือหลังการเผาไหม้ถ่านหิน การกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยใช้ปูนขาวหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้แคลเซียมซัลเฟตหรือยิปซัม ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็นผลพลอยได้ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้

นักวิทยาศาสตร์พยายามคิดค้นวิธีเปลี่ยนถ่านหินให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว เพื่อเพิ่มมูลค่าในด้านพลังงานและความสะดวกในการขนส่งด้วยระบบท่อส่ง ซึ่งเป็นการใช้ถ่านหินแบบสะอาดและช่วยลดมลภาวะจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

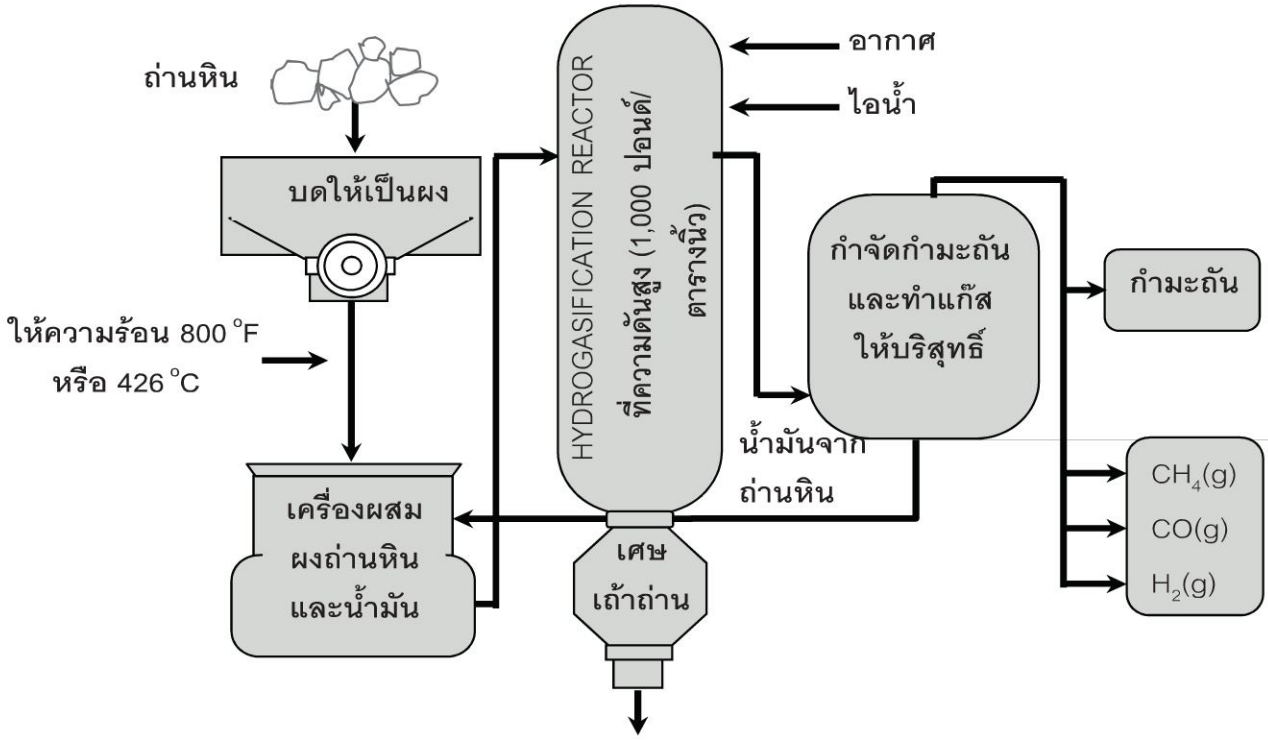
กระบวนการเปลี่ยนคาร์บอนในถ่านหินให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สเป็นดังนี้ ผ่านไอน้ำและอากาศ (O_2) ไปบนถ่านหินที่บดละเอียดในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ไฮโดรเจนจากไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนได้แก๊สมีเทน จากนั้นนำแก๊สที่ได้ไปผ่านกระบวนการกำจัดกำมะถันและสารที่เป็นมลทินอื่น ๆ ออก เชื้อเพลิงแก๊สที่ได้จึงไม่มีสารเจือปนและเถ้าถ่าน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ

$$C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g)$$

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

$$C(s) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + H_2(g)$$

$$C(s) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$$



แผนภาพกระบวนการเปลี่ยนถ่านหินให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส

นอกจากได้ CH_4 เป็นผลิตภัณฑ์แล้ว สามารถนำแก๊ส CO และ H_2 ที่ได้ไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์อื่น ๆ หลายชนิด เช่น เมทานอล (CH_3OH) ดังสมการ

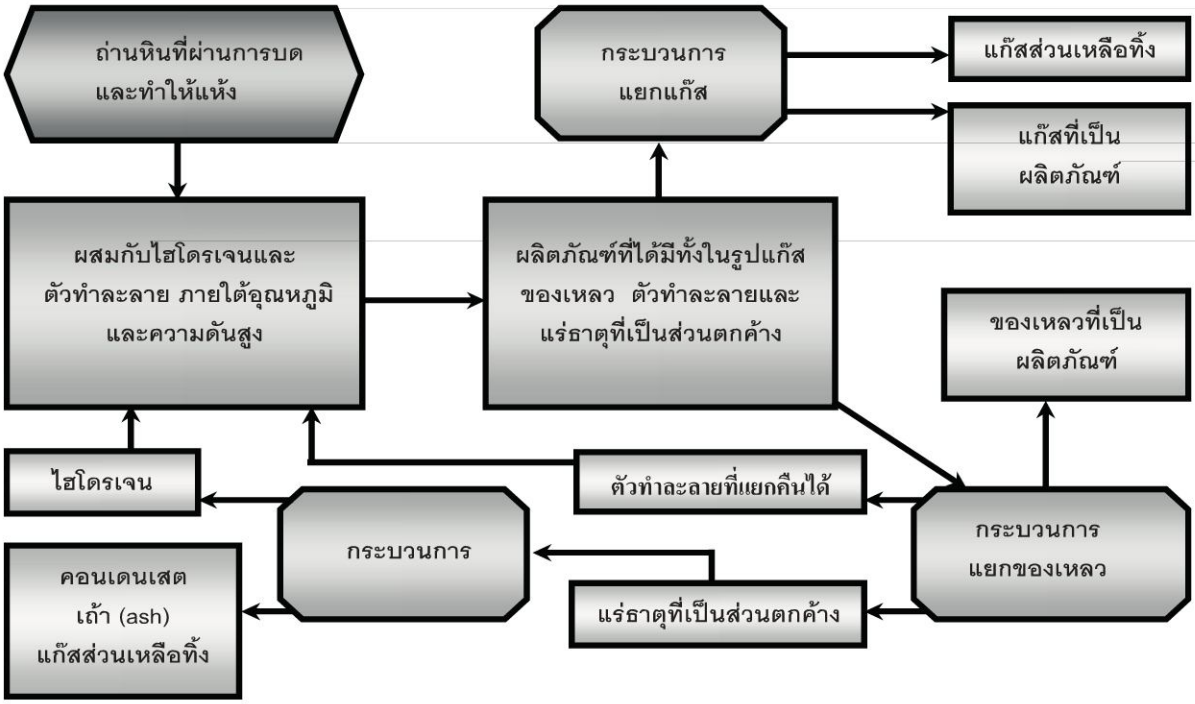
$$CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow{Cu/ZnO/Al_2O_3} CH_3OH(l)$$

CH_3OH ที่เตรียมได้สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แอลคีน สารประกอบอะโรมาติก กรดแอซีติก ฟอร์มาลดีไฮด์ เอทานอล

นอกจากนี้ยังใช้แก๊ส CO ทำปฏิกิริยากับ H_2 ในภาวะที่มีนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อผลิตแก๊สมีเทน (CH_4) ดังสมการ

$$CO(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} CH_4(g) + H_2O(g)$$

การเปลี่ยนถ่านหินให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลวเป็นการลดปริมาณสารหรือธาตุที่เจือปนหรือเป็นมลทินในถ่านหิน และเพิ่มอัตราส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในถ่านหิน เพื่อให้ได้สารประกอบที่อยู่ในสถานะของเหลว ทำได้โดยผ่านแก๊สไฮโดรเจนไปบนถ่านหินบดละเอียดและผสมรวมกับน้ำ ซึ่งอยู่ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ดังแผนภาพ



แผนภาพแสดงกระบวนการเปลี่ยนถ่านหินให้เป็นเชื้อเพลิง

ของเหลวที่ได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีอีกด้วย

กระบวนการเปลี่ยนถ่านหินให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลวจะมีกำมะถันเป็นผลพลอยได้ สามารถนำมาใช้ผลิตกรดซัลฟิวริกซึ่งเป็นสารชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตพลาสติก ปุ๋ยและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ส่วนแก๊สไฮโดรเจนใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สแอมโมเนียซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นสำคัญชนิดหนึ่งในการผลิตปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต

ความรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานจากถ่านหินให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเกิดผลกระทบน้อยที่สุดสามารถค้นได้จากเว็บไซต์ของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

หัวข้อ 12.1 12.1.1 12.1.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 12.1 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 12.1

1. เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์คืออะไร มีกี่ชนิด อะไรบ้าง และชนิดใดมีมากที่สุด

   เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ คือเชื้อเพลิงที่แปรสภาพมาจากสิ่งมีชีวิตในยุคต่าง ๆ เป็นเวลานานนับล้านปี โดยกระบวนการทางธรณีวิทยาและธรณีเคมี ตัวอย่างเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมัน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่มีมากที่สุดถึงร้อยละ 90 ของพลังงานสำรองของโลก

2. การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีและข้อเสียอย่างไร

   ข้อดีคือเป็นเชื้อเพลิงที่มีมากที่สุด จึงมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ เนื่องจากต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า

   ข้อเสียคือไม่สะดวกในการขนส่งและการนำไปใช้ เมื่อเผาไหม้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในถ่านหินเกิดออกไซด์ที่เป็นพิษ เช่น CO_2 CO SO_2 NO และ NO_2 เกิดเขม่าและเถ้าถ่าน ทำให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจและเกิดความสกปรก รวมทั้งก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

3. ประสิทธิภาพของถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงขึ้นกับปัจจัยใด

   ประสิทธิภาพของการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ ถ่านหินที่มีปริมาณคาร์บอนมากหรือมีอายุการเกิดนานจะมีปริมาณคาร์บอนสูงและเผาไหม้แล้วให้ค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าถ่านหินที่มีอายุการเกิดน้อย

4. เมื่อเผาไหม้ถ่านหินจะได้สารใดเป็นผลิตภัณฑ์และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร

เมื่อเผาไหม้ถ่านหินจะได้แก๊สซึ่งเป็นออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในถ่านหินและเถ้าถ่าน ทำให้มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมดังนี้

(1) CO_2 เป็นสาเหตุสำคัญของภาวะเรือนกระจกซึ่งทำให้อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้น

(2) CO เป็นแก๊สที่ไม่มีกลิ่นและไม่มีสี ถ้ามีความเข้มข้นมากจะมีผลต่อสุขภาพของประชาชนที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้ผู้ที่ได้รับแก๊สนี้เกิดอาการมึนงง คลื่นไส้ ซึ่งถ้าได้รับในปริมาณมากอาจทำให้หมดสติหรือถึงตายได้

(3) SO_2 และ NO_x (NO_2 และ NO) เป็นสาเหตุสำคัญของภาวะมลพิษในอากาศ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและปอด เกิดฝนกรดซึ่งทำให้น้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีความเป็นกรดสูงขึ้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของทั้งพืชและสัตว์ และการผุกร่อนของสิ่งก่อสร้าง

(4) ของเสียที่เป็นฝุ่นหรือเถ้าถ่านจะมีพวกโลหะต่าง ๆ ปนออกมาด้วย ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์

12.2 หินน้ำมัน

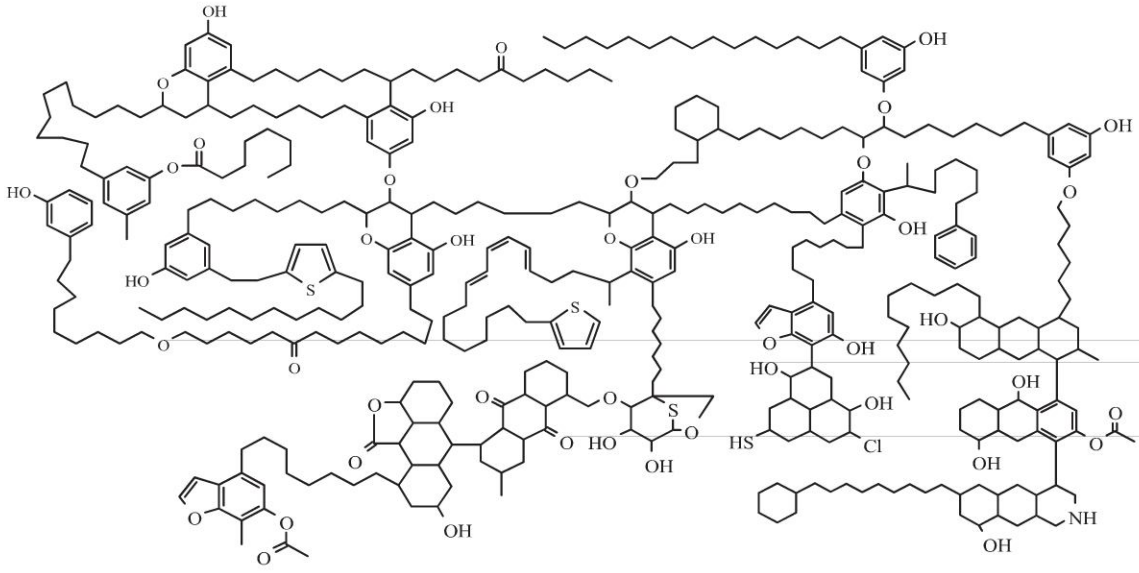
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดหินน้ำมันได้
2. บอกองค์ประกอบและสมบัติของหินน้ำมันได้
3. บอกแหล่งหินน้ำมันในประเทศไทยและของโลกได้
4. บอกประโยชน์ของหินน้ำมันได้

12.2.1 การเกิดหินน้ำมัน

อธิบายเกี่ยวกับการเกิดหินน้ำมันและอภิปรายร่วมกันตามรายละเอียดในบทเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. หินน้ำมันเป็นหินตะกอนเนื้อละเอียดที่เกิดจากการสะสมและทับถมของซากพืชและสัตว์เล็ก ๆ ภายใต้แหล่งน้ำ (อาจเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็มก็ได้) ในภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด มีอุณหภูมิสูงและถูกกดทับจากเปลือกโลกนานนับล้านปี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างซับซ้อนที่เรียกว่า เคอโรเจน ซึ่งมีโครงสร้างไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของเคอโรเจนเป็นดังรูป



2. หินน้ำมันมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ประเภทคือ
   2.1 สารประกอบอนินทรีย์ที่ประกอบด้วยแร่ที่สำคัญ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแร่ซิลิเกตและกลุ่มแร่คาร์บอเนต
   2.2 สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างซับซ้อนที่เรียกว่า เคอโรเจน ส่วนที่เหลือเป็นบิทูเมน
3. หินน้ำมันที่มีสารประกอบอินทรีย์ในปริมาณสูงจัดเป็นหินน้ำมันชนิดคุณภาพดีในเชิงพาณิชย์ อัตราส่วนของสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของหินน้ำมันซึ่งควรจะอยู่ในช่วง 0.75 : 5 – 1.5 : 5
4 เมื่อหินน้ำมันได้รับความร้อนเพียงพอ เคอโรเจนจะสลายตัวให้น้ำมันหินซึ่งมีลักษณะคล้ายน้ำมันดิบ
5. หินน้ำมันที่มีเคอโรเจนร้อยละ 4 หนัก 1 เมตริกตัน (1,000 กิโลกรัม) เมื่อผ่านกระบวนการสกัดที่อุณหภูมิ 350 - 400 °C จะได้น้ำมันหินประมาณ 22.71 ลิตร ยิ่งมีปริมาณเคอโรเจนมากก็จะยิ่งได้น้ำมันมาก ถ้ามีมากถึงร้อยละ 40 ก็จะได้น้ำมันถึงประมาณ 189.27 ลิตรต่อเมตริกตัน
6. มีการสำรวจพบหินน้ำมันในประเทศไทยที่จังหวัดตาก แต่ยังไม่มีการลงทุนทำเหมืองเนื่องจากปัญหาความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจ ส่วนบริเวณอื่นของโลกพบที่สหรัฐอเมริกา บราซิล จีน แคนาดา อิตาลี ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส เอสโตเนีย สก๊อตแลนด์ สวีเดน สเปน รัสเซีย และอัฟริกาใต้ โดยที่สหรัฐอเมริกามีปริมาณหินน้ำมันสำรองถึง 2 ใน 3 ของโลก

12.2.2 การใช้ประโยชน์จากหินน้ำมัน

ทบทวนเรื่องการนำถ่านหินไปใช้ประโยชน์ ต่อจากนั้นให้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการนำหินน้ำมันไปใช้ประโยชน์ตามรายละเอียดในบทเรียน ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อเผาไหม้หินน้ำมันจะเกิดเถ้าถ่านและควันมากกว่าถ่านหิน การนำหินน้ำมันไปใช้ประโยชน์จึงมุ่งไปในทางการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของน้ำมันหินมากกว่าการใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง
2. การสกัดแยกน้ำมันและผลิตภัณฑ์จากหินน้ำมันยังมีปัญหาในด้านต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงหรือสารตั้งต้นจากปิโตรเลียมโดยตรง

หัวข้อ 12.2 12.2.1 12.2.2 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

12.3 ปิโตรเลียม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดปิโตรเลียม วิธีการสำรวจ และขุดเจาะปิโตรเลียมได้
2. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและการใช้ประโยชน์ได้
3. อธิบายวิธีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงได้
4. อธิบายวิธีการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์และการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ได้
5. บอกความหมายของปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายและการใช้ประโยชน์ได้

อภิปรายเกี่ยวกับความหมายปิโตรเลียม ลักษณะ องค์ประกอบและสมบัติของปิโตรเลียมในสถานะต่าง ๆ ตามรายละเอียดในบทเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. ปิโตรเลียมเป็นสารผสมที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ
2. น้ำมันดิบมีลักษณะเป็นของเหลวข้นมีสีแตกต่างกันไปตามแหล่งที่พบ ส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลหรือดำ มีปริมาณร้อยละของคาร์บอนสูงกว่าในแก๊สธรรมชาติ มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ
3. แก๊สธรรมชาติรวมถึงแก๊สธรรมชาติเหลว ซึ่งมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนสูงกว่าแก๊สธรรมชาติ มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นมีเทน (CH_4)

12.3.1 การเกิดปิโตรเลียม

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับการเกิดของปิโตรเลียมตามรายละเอียดในบทเรียนซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปิโตรเลียมเกิดจากการทับถมและสลายตัวของซากพืชน้ำและซากสัตว์ในบริเวณใต้ทะเลเป็นเวลานานภายใต้ความดันและความร้อนที่สูง ทำให้เกิดการแยกสลายและเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำมันดิบหรือแก๊สธรรมชาติแทรกอยู่ในชั้นหินที่มีรูพรุน
2. ปิโตรเลียมจากแหล่งต่างกันจะมีปริมาณของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งปริมาณสารประกอบของกำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจนแตกต่างกัน
3. ปิโตรเลียมที่อยู่ในชั้นหินต้นกำเนิดจะมีการเคลื่อนย้ายตัวออกไปตามช่องหรือรอยแตกแยกและรูพรุนของหินไปสู่ที่ที่มีระดับความลึกน้อยกว่า และไปสะสมตัวอยู่ในโครงสร้างที่ถูกปิดกั้นที่เรียกว่าแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม
4. ภายในแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมจะมีทั้งน้ำ น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติแยกชั้นกันอยู่ตามลำดับความหนาแน่น โดยแก๊สธรรมชาติอยู่บนสุด ถัดลงไปเป็นน้ำมันและน้ำอยู่ล่างสุด

12.3.2 การสำรวจปิโตรเลียม

อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับขั้นตอนการสำรวจปิโตรเลียม แหล่งสะสม และการผลิตปิโตรเลียมในประเทศไทยและของโลก ตามรายละเอียดในบทเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียมมีขั้นตอนดังนี้
   1.1 การสำรวจทางธรณีวิทยา โดยการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ การศึกษาลักษณะหินและการวิเคราะห์ซากพืชซากสัตว์ที่อยู่ในหิน
   1.2 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยการวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลก ค่าความโน้มถ่วงของโลกและการวัดคลื่นไหวสะเทือน
   1.3 การเจาะสำรวจ
2. แหล่งปิโตรเลียมในประเทศไทยพบครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2464 อยู่ที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
3. แหล่งน้ำมันดิบที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ได้แก่ น้ำมันดิบเพชรจากแหล่งสิริกิติ์ อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร สำหรับแหล่งผลิตแก๊สธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดอยู่ในอ่าวไทย เจาะสำรวจพบเมื่อปี พ.ศ. 2523 มีชื่อว่าแหล่งบงกช
4. แหล่งสะสมปิโตรเลียมขนาดใหญ่ที่สุดของโลกปัจจุบันอยู่ในบริเวณอ่าวเปอร์เซีย รองลงมาคือ อเมริกากลาง แอฟริกา อเมริกาเหนือและรัสเซีย
5. ประเทศในกลุ่มโอเปคมีแหล่งน้ำมันสำรองมากที่สุด มีกำลังการผลิตมากแต่ใช้น้อยจึงสามารถส่งขายได้มากกว่าประเทศอื่น ๆ

หัวข้อ 12.3 12.3.1 12.3.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 12.2 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 12.2

1. จงอธิบายกระบวนการเกิดปิโตรเลียมและองค์ประกอบของปิโตรเลียม

   ปิโตรเลียมเกิดจากซากสัตว์และซากพืชบริเวณใต้ทะเลทับถมกันเป็นเวลานานภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง จนเกิดการแยกสลายแปรสภาพเป็นน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติแทรกอยู่ในชั้นหิน น้ำมันดิบมีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ส่วนแก๊สธรรมชาติประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 1 – 5 อะตอม รวมทั้งสารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจนและฮีเลียม สัดส่วนขององค์ประกอบในแก๊สธรรมชาติจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ

2. การสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาแหล่งปิโตรเลียมช่วยให้ได้ข้อมูลในเรื่องใด

   การสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาแหล่งปิโตรเลียมช่วยให้ได้ข้อมูลในการคาดคะเนว่าจะมีโอกาสพบโครงสร้างและชนิดของหินใต้พื้นดินที่เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บปิโตรเลียมในบริเวณนั้นมากน้อยเพียงใด

3. การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อหาแหล่งปิโตรเลียมทำได้อย่างไร และข้อมูลที่ได้มีประโยชน์อย่างไร

   การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อหาแหล่งปิโตรเลียมได้แก่การสำรวจในเรื่องต่อไปนี้

   1. วัดความเข้มสนามแม่เหล็กโลก เพื่อให้ทราบถึงความหนา ขอบเขต ความกว้างของแอ่ง และความลึกของชั้นหิน
   2. วัดค่าของความโน้มถ่วงของโลก เพื่อทราบชนิดของชั้นหินใต้ผิวโลกในระดับต่าง ๆ
   3. วัดคลื่นไหวสะเทือน เพื่อทราบตำแหน่ง รูปร่าง ลักษณะและโครงสร้างของชั้นหินใต้พื้นดิน

4. เพราะเหตุใดน้ำ น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติจึงอยู่แยกชั้นกัน

   น้ำและน้ำมันดิบแยกชั้นกันเนื่องจากความหนาแน่นที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันมีความหนาแน่นโดยเฉลี่ยน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำซึ่งมีค่า 1.00 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นน้ำมันจึงลอยอยู่ด้านบนของผิวน้ำ ส่วนแก๊สธรรมชาติมีความหนาแน่นน้อยที่สุดจึงอยู่ชั้นบนสุด

12.3.3 การกลั่นน้ำมันดิบ

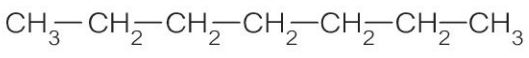
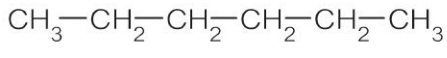
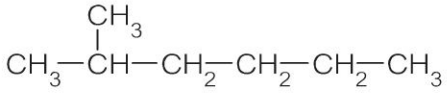
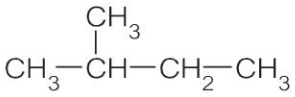
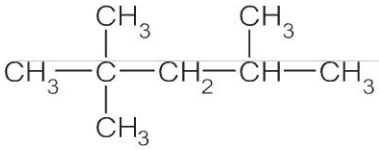
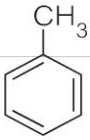
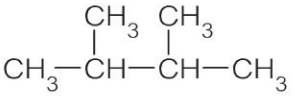
ทบทวนความรู้เกี่ยวกับการกลั่นและการแยกสารที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันด้วยวิธีการกลั่นลำดับส่วน จากนั้นอภิปรายร่วมกันและให้ความรู้เกี่ยวกับการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ไปใช้ประโยชน์ การปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี การกำหนดคุณภาพของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ตามรายละเอียดในบทเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบจะทำให้องค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำ (ขนาดโมเลกุลเล็ก) ควบแน่นเป็นของเหลวอยู่ตอนบนของหอกลั่น ส่วนองค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูง (ขนาดโมเลกุลใหญ่) จะควบแน่นเป็นของเหลวอยู่ตอนล่างของหอกลั่น
2. กระบวนการแตกสลาย รีฟอร์มมิง แอลคิเลชัน และโอลิโกเมอไรเซชัน เป็นการปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันให้มีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ และให้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ
3. การกำหนดคุณภาพของน้ำมันเบนซินบอกด้วยเลขออกเทน ส่วนคุณภาพของน้ำมันดีเซลบอกด้วยเลขซีเทน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

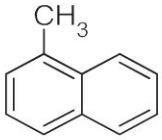
1. เลขออกเทนแสดงถึงความสามารถของน้ำมันต่อการต้านทานการชิงจุดระเบิดของเครื่องยนต์เมื่อมีการเผาไหม้ของน้ำมันเกิดขึ้น ไม่ได้แสดงถึงความแรงของเครื่องยนต์ ส่วนคุณภาพของน้ำมันดีเซลแสดงได้ด้วยเลขซีเทนซึ่งแสดงถึงเวลาหน่วงเริ่มต้นในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ แม้ว่าค่าออกเทนหรือซีเทนที่สูงจะแสดงถึงประสิทธิภาพที่มากขึ้นของน้ำมันเบนซินและดีเซล การเลือกใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนหรือซีเทนสูงไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ แต่หากต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ประเภท ขนาด และระบบการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันจึงควรเลือกใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์

ตารางแสดงเลขออกเทนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิด

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	สูตรโครงสร้าง	เลขออกเทน
n–เฮปเทน		0
n–เฮกเซน		25
2–เมทิลเฮกเซน		42
2–เมทิลบิวเทน		93
2,2,4–ไตรเมทิลเพนเทน* (ไอโซออกเทน)		100
โทลูอีน		120
เบนซีน		106
2,2,3–ไตรเมทิลบิวเทน		125

* สารที่ใช้เป็นมาตรฐานในการกำหนดเลขออกเทน

ตารางแสดงเลขซีเทนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิด

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	สูตรโครงสร้าง	เลขซีเทน
n–เฮปเทน	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	56
n–เฮกเซน	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	45
2–เมทิลเฮกเซน	$CH_3—CH(CH_3)—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	35
n–เฮกซะเดกเคน* (ซีเทน)	$CH_3—C(CH_3)_2—CH_2—CH(CH_3)—CH_3$	100
อัลฟา–เมทิลแนฟทาลีน		0

* สารที่ใช้เป็นมาตรฐานในการกำหนดเลขซีเทน

2. เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (MTBE) เป็นของเหลวไม่มีสี ความดันไอต่ำ ความหนาแน่น 0.741 g/cm^3 จุดเดือด 55 °C มีเลขออกเทนประมาณ 106 – 110 ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน แต่เนื่องจาก MTBE ละลายน้ำได้ดี (5.1 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เมื่อมีการรั่วไหลของน้ำมันเบนซินจึงทำให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำโดยเฉพาะแหล่งน้ำใต้ดินได้ง่าย

3. เอทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (ETBE) เป็นของเหลว มีความหนาแน่น 0.7519 g/cm^3 ซึ่งใกล้เคียงกับ MTBE จุดเดือด 72 °C ค่าออกเทนประมาณ 109 – 113 ความดันไอต่ำกว่า MTBE ละลายน้ำได้น้อยกว่า 0.1 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่ 21 °C มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย จึงนำมาใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซินแทน MTBE

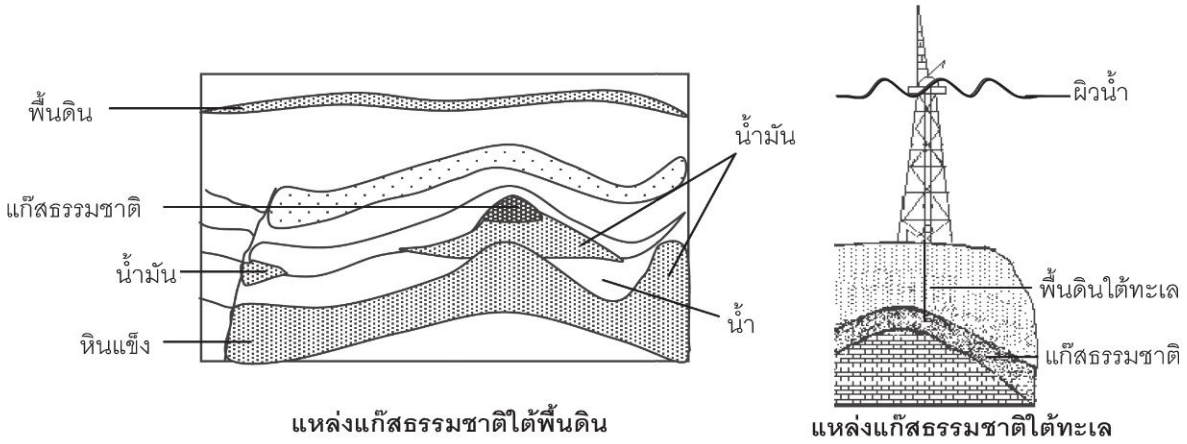
กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ

12.3.4 การแยกแก๊สธรรมชาติ

อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแหล่งผลิตแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทย องค์ประกอบและวิธีการแยกแก๊สธรรมชาติ ตลอดจนการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ โดยอาจใช้สื่อต่าง ๆ เช่น รูปภาพ วีดิทัศน์ ประกอบการอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. แก๊สธรรมชาติจะสะสมอยู่ใต้พื้นดินหรือพื้นดินใต้ทะเล อาจพบเฉพาะในสถานะแก๊สหรือปนอยู่กับน้ำมันดิบ ดังนั้นแหล่งที่พบแก๊สธรรมชาติจึงมีโอกาสจะพบน้ำมันดิบอยู่ด้วย ลักษณะการกักเก็บแก๊สธรรมชาติอาจแสดงได้ดังรูป



แหล่งแก๊สธรรมชาติใต้พื้นดิน แหล่งแก๊สธรรมชาติใต้ทะเล

ลักษณะการกักเก็บแก๊สธรรมชาติ

2. แก๊สธรรมชาติที่พบในอ่าวไทยประกอบด้วยแก๊สมีเทนเป็นส่วนใหญ่

3. การที่พบเฉพาะแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทย เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ทำให้น้ำมันดิบที่เกิดขึ้นและถูกกักเก็บไว้เป็นเวลานานเกิดการสลายตัวเป็นแก๊สธรรมชาติ

4. องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลกจะแตกต่างกัน แต่องค์ประกอบที่มีอยู่มากและสำคัญที่สุดในแก๊สธรรมชาติจากทุกแหล่งคือมีเทน ดังนั้นจึงใช้ปริมาณของมีเทนในการเปรียบเทียบสมบัติของแก๊สธรรมชาติกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ร้อยละโดยปริมาตรขององค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติแสดงดังตาราง

	องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติ						
	มีเทน	อีเทน	โพรเพน	บิวเทน	คาร์บอนไดออกไซด์	ไนโตรเจน	รวม
ร้อยละโดยปริมาตร	94.8	2.9	0.8	0.2	0.1	1.2	100

12.3.5 ปิโตรเคมีภัณฑ์

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย รวมทั้งการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตามรายละเอียดในบทเรียน และร่วมกันสรุปให้ได้สาระสำคัญดังนี้

1. ปิโตรเคมีภัณฑ์หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบ
2. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมการผลิตมอนอเมอร์ เช่น เอทิลีน โพรพิลีน เบนซีน โทลูอีน ไซลีน และสไตรีน
3. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์ เช่น พลาสติก เส้นใย ยาง โดยใช้มอนอเมอร์จากอุตสาหกรรมขั้นต้น

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

สารอะโรมาติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ได้แก่ เบนซีน โทลูอีนและไซลีนซึ่งรวมเรียกว่า บีทีเอ็กซ์ (BTX ย่อมาจาก Benzene Toluene Xylene) ใช้เป็นตัวทำละลายและมอนอเมอร์ในการผลิตพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น พอลิสไตรีน ไนลอน

หัวข้อ 12.3.4 12.3.5 และเฉลยแบบฝึกหัด 12.3 ควรใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 12.3

1. การปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันโดยวิธีแอลคิเลชันแตกต่างจากวิธีโอลิโกเมอไรเซชันอย่างไร

   วิธีแอลคิเลชันเป็นการเพิ่มหมู่แอลคิลเข้าไปในโมเลกุล โดยการนำแอลเคนกับแอลคีนที่มีโซ่กิ่งมาทำปฏิกิริยากันและใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลเคนที่มีโซ่กิ่ง

   วิธีโอลิโกเมอไรเซชันเป็นการนำไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวโมเลกุลเล็กมาทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นโมเลกุลที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นและยังมีพันธะคู่เหลืออยู่ในโมเลกุล

2. น้ำมันเบนซินชนิดหนึ่งมีส่วนผสมของไอโซออกเทน 23 ส่วน และเฮปเทน 2 ส่วนโดยมวล น้ำมันชนิดนี้มีเลขออกเทนเท่าใด

สมมติให้น้ำมันเบนซิน 100 ส่วน ประกอบด้วยไอโซออกเทน a ส่วน

$$\frac{\text{ไอโซออกเทน a ส่วน}}{\text{เบนซิน 100 ส่วน}} = \frac{\text{ไอโซออกเทน 23 ส่วน}}{\text{เบนซิน 25 ส่วน}}$$

$$\text{ไอโซออกเทน a ส่วน} = \frac{23}{25} \times 100 = 92$$

ดังนั้น น้ำมันชนิดนี้มีเลขออกเทนเท่ากับ 92

3. น้ำมันดีเซลชนิดหนึ่งมีเลขซีเทน 45 หมายความว่าอย่างไร

น้ำมันดีเซลที่มีเลขซีเทน 45 หมายถึงน้ำมันดีเซลที่ประกอบด้วยน้ำมันซึ่งมีสมบัติในการเผาไหม้เช่นเดียวกับสารที่เกิดจากการผสมซีเทน ($C_{16}H_{34}$) 45 ส่วน กับแอลฟาเมทิลแนฟทาลีน ($C_{11}H_{10}$) 55 ส่วนโดยมวล

4. จงอธิบายว่าเพราะเหตุใดรถโดยสารประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้แก๊สธรรมชาติจึงไม่มีควันดำเมื่อเปรียบเทียบกับรถที่ใช้น้ำมันดีเซล

รถโดยสารประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้แก๊สธรรมชาติไม่มีควันดำเมื่อเปรียบเทียบกับรถที่ใช้น้ำมันดีเซลเพราะแก๊สธรรมชาติมีสารไฮโดรคาร์บอนที่โมเลกุลมีขนาดเล็กคือมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก จึงเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์มากกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่องค์ประกอบหลักเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่

5. จงบอกชื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นน้ำมันดิบที่นำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและกลั่นน้ำมันดิบที่นำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ได้แก่ อีเทนใช้ผลิตเอทิลีน โพรเพนใช้ผลิตโพรพิลีน แนฟทาใช้ผลิตเบนซีน โทลูอีน และไซลีน

12.4 พอลิเมอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายและยกตัวอย่างสารที่เป็นมอนอเมอร์ พอลิเมอร์ พอลิเมอร์เอกพันธุ์ พอลิเมอร์ร่วม ทั้งที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้
2. อธิบายปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นและแบบเติมพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ทั้งที่เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้
4. บอกความหมายและประโยชน์ของพลาสติกได้
5. บอกสมบัติของพลาสติกแต่ละประเภทได้
6. อธิบายความหมายของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
7. เปรียบเทียบสมบัติของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ได้
8. บอกวิธีทำยางดิบจากน้ำยางพาราได้
9. บอกชื่อมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ของยางพาราและยางกัตตาได้
10. อธิบายการทำวัลคาไนเซชันได้
11. เปรียบเทียบสมบัติของยางก่อนและหลังการทำวัลคาไนเซชันได้

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับมอนอเมอร์ พอลิเมอร์ พอลิเมอร์เอกพันธุ์ และพอลิเมอร์ร่วม พร้อมกับยกตัวอย่างพอลิเมอร์แต่ละประเภททั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ ตามรายละเอียดในบทเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นสาระสำคัญดังนี้

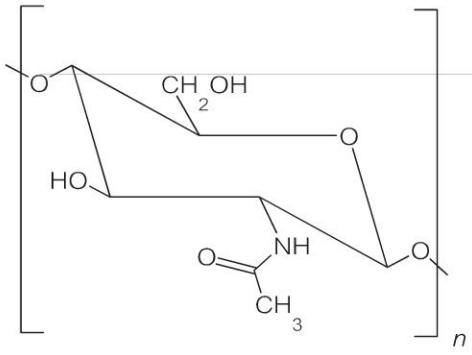
1. มอนอเมอร์เป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่เป็นโมเลกุลพื้นฐานของพอลิเมอร์ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน
2. พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยมอนอเมอร์หลายโมเลกุลเกิดพันธะเคมีต่อกัน เช่น แป้งประกอบด้วยกลูโคสหลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่มีชื่อเฉพาะว่าเพปไทด์
3. พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันเรียกว่าพอลิเมอร์เอกพันธุ์ เช่น แป้ง เซลลูโลส ส่วนพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ต่างชนิดกันเรียกว่า พอลิเมอร์ร่วม เช่น โปรตีน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

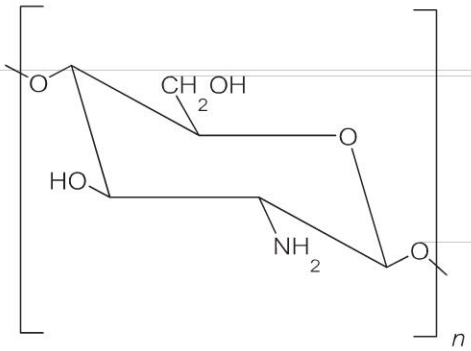
พอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางชีวภาพในสิ่งมีชีวิต เช่น DNA RNA คาร์โบไฮเดรต ไคติน และพอลิเพปไทด์ รายละเอียดเนื้อหาเรื่อง DNA และ RNA และคาร์โบไฮเดรตมีในบทที่ 13 เรื่อง สารชีวโมเลกุล

1. ไคติน (chitin) ที่พบในธรรมชาติมีปริมาณแตกต่างกัน ดังตัวอย่างในตาราง

แหล่งที่พบ	ร้อยละ
เห็ดรา	5 – 20
หนอน	20 – 38
แมลงสาบ	35
แมงมุม	38
หนอนไหม	44
ปลาหมึก	3 – 20
ปู	70



ไคติน



ไคโตแซน

ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของไคตินด้วยกระบวนการดีแอเซททีเลชัน (deacetylation) ซึ่งเป็นการแยกหมู่แอซีติลออกจากแอซีติลกลูโคซามีน จะได้ไคโตแซนเป็นผลิตภัณฑ์ ไคโตแซน (chitosan) เป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ในภาวะที่เป็นกรด ไม่มีพิษ ย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ไคโตแซนสามารถจับกับไขมัน น้ำดีและคอเลสเตอรอลในทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ ช่วยป้องกันไม่ให้ร่างกายดูดซึมสารเหล่านี้ ซึ่งผลพลอยได้คือช่วยร่างกายในการกำจัดโลหะหนักและสารมีพิษ ความสามารถของสารไคโตแซนดังกล่าวเกิดจากหมู่เอมีนอิสระที่เกิดจากการแยกหมู่แอซีติลในไคตินออกไป มีการนำสารไคโตแซนไปใช้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น

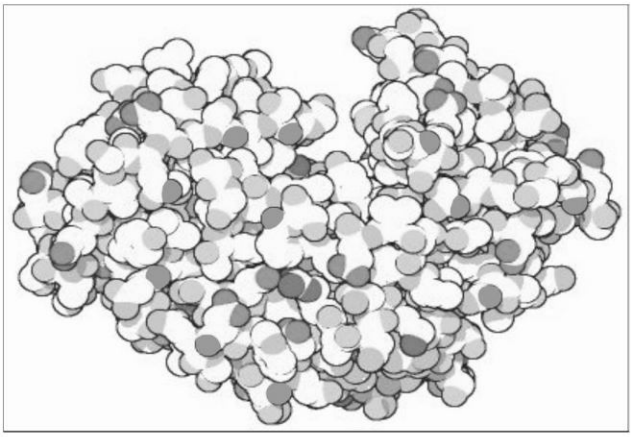
1.1 การเกษตร ใช้เคลือบรักษาเมล็ดพันธุ์พืช เคลือบผิวผักผลไม้

1.2 ทางด้านเภสัชและการแพทย์ ทำผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในการลดไขมันและใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ ใช้เป็นตัวรักษาแผล ทำไหมเย็บแผลที่ละลายได้ ใช้เป็นสารปลดปล่อยยาอย่างช้า ๆ ทำยาห้ามเลือด

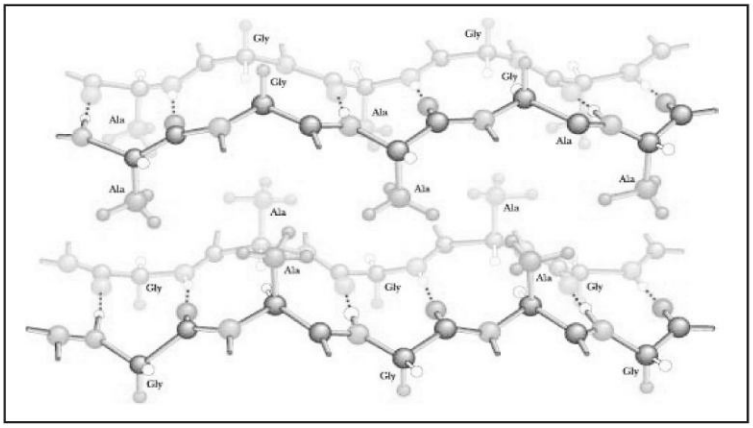
1.3 การสาธารณสุข ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน ทำน้ำดื่มให้สะอาด ทำความสะอาดน้ำในสระว่ายน้ำ

2. พอลิเพปไทด์เป็นพอลิเมอร์ที่พบได้ในโปรตีนชนิดต่าง ๆ (รายละเอียดมีในบทที่ 13 เรื่องสารชีวโมเลกุล) เช่น เอนไซม์ ไหม ใยแมงมุม และเคอราทิน

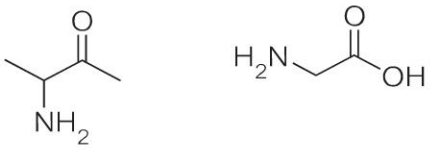
2.1 เอนไซม์เป็นพอลิเพปไทด์ที่โมเลกุลมีขนาดใหญ่ มีสมบัติเฉพาะตัว ส่วนใหญ่มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิต ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของเอนไซม์เพปซินแสดงดังรูป



2.2 ไหม เป็นโปรตีนเส้นใยที่ประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ไฟโบรอินและเซริซิน มีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด (รวมทั้งกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิด) โดยเป็นไกลซีนและอะลานีนร้อยละ 75–80 เป็นซีรีนร้อยละ 10–15 และเป็นไทโรซีน อาร์จินีน เวลีน กลูตามีน และกรดแอสปาร์ติกร้อยละ 10 รังไหมและการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนแสดงดังรูป

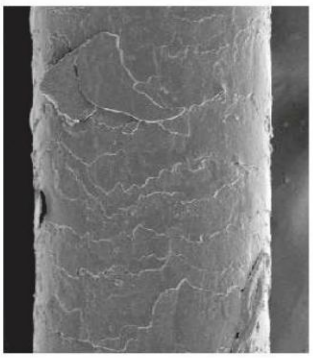


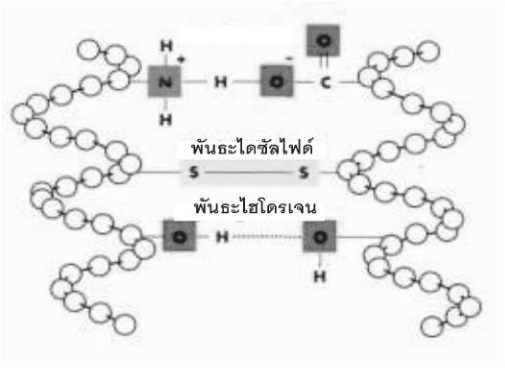
2.3 ใยแมงมุมเป็นพอลิเพปไทด์อีกชนิดหนึ่งที่มีกรดอะมิโนชนิดอะลานีนและไกลซีนเป็นองค์ประกอบ



อะลานีน **ไกลซีน**

2.4 เคอราทิน (keratin) เป็นพอลิเพปไทด์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผิวหนัง เส้นผม เล็บ กีบม้า เขาสัตว์ ขนนก อีนาเมล (enamel) ที่เคลือบฟัน มีโครงสร้างเป็นเกลียว เส้นผมประกอบด้วยกรดอะมิโนถึง 18 ชนิด โดยกรดอะมิโน 3 ชนิดที่มีปริมาณมาก ได้แก่ ซีสเตอีน ซีรีน กรดกลูตามิก เคอราทินหุ้มเส้นผมและลักษณะพันธะระหว่างสายพอลิเมอร์ของเคอราทินแสดงดังรูป





3. ยางพาราเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากพืช ประกอบด้วยมอนอเมอร์ไอโซพรีนเชื่อมต่อกันหลายพันหน่วยเป็นพอลิไอโซพรีน นอกจากนี้พอลิไอโซพรีนยังสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

12.4.1 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

ทบทวนความหมายของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ ต่อจากนั้นอภิปรายร่วมกันและให้ความรู้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นและปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างของพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ทั้งสองแบบ และการนำไปใช้ประโยชน์ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วร่วมกันสรุปให้ได้ดังนี้

1. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์คือปฏิกิริยาที่มอนอเมอร์รวมตัวกันจนได้เป็นพอลิเมอร์
2. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นเกิดจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นพอลิเมอร์และมีสารโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น น้ำ หรือเมทานอล เกิดขึ้นด้วย
3. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมเกิดจากมอนอเมอร์ที่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นพอลิเมอร์ โดยไม่มีสารโมเลกุลขนาดเล็กเกิดขึ้น

เฉลยแบบฝึกหัด 12.4

1. จงยกตัวอย่างพอลิเมอร์ธรรมชาติที่พบในชีวิตประจำวัน ทั้งที่เป็นพอลิเมอร์เอกพันธุ์และพอลิเมอร์ร่วม

   พอลิเมอร์ธรรมชาติที่เป็นพอลิเมอร์เอกพันธุ์ ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส ซึ่งมีกลูโคสเป็นมอนอเมอร์ ยางธรรมชาติซึ่งมีไอโซพรีนเป็นมอนอเมอร์ ส่วนพอลิเมอร์ร่วม ได้แก่ โปรตีน ขนสัตว์ และไหม ซึ่งมีกรดอะมิโนหลายชนิดเป็นมอนอเมอร์

2. จากสูตรโครงสร้างของมอนอเมอร์ต่อไปนี้ มอนอเมอร์ชนิดใดเกิดปฏิกิริยาแบบควบแน่น และชนิดใดเกิดปฏิกิริยาแบบเติม เพราะเหตุใด

   ก. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH=CH_2$

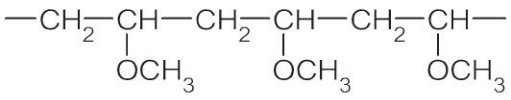
   ข. $CH_2=CH-CH=CH_2$

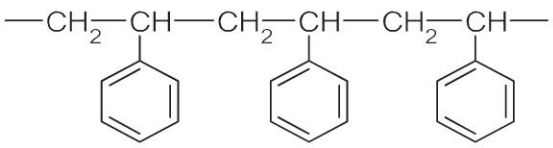
   ค. NH_2-CH_2-COOH

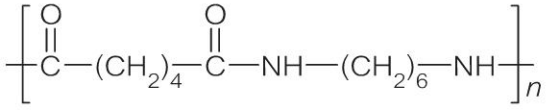
   มอนอเมอร์ ก. และ ข. เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม เนื่องจากมีพันธะคู่ระหว่างอะตอม

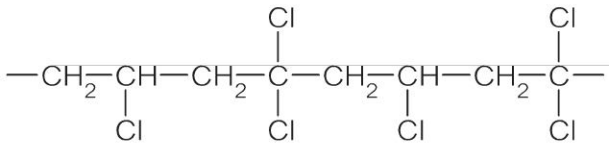
   มอนอเมอร์ ค. เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น เนื่องจากเป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่

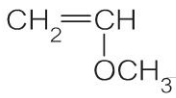
3. จงบอกมอนอเมอร์ตั้งต้นของพอลิเมอร์ต่อไปนี้

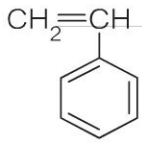
ก. 

ข. 

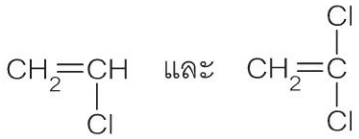
ค. 

ง. 

ก. มอนอเมอร์ตั้งต้นคือ 

ข. มอนอเมอร์ตั้งต้นคือ 

ค. มอนอเมอร์ตั้งต้นคือ

ง. มอนอเมอร์ตั้งต้นคือ 

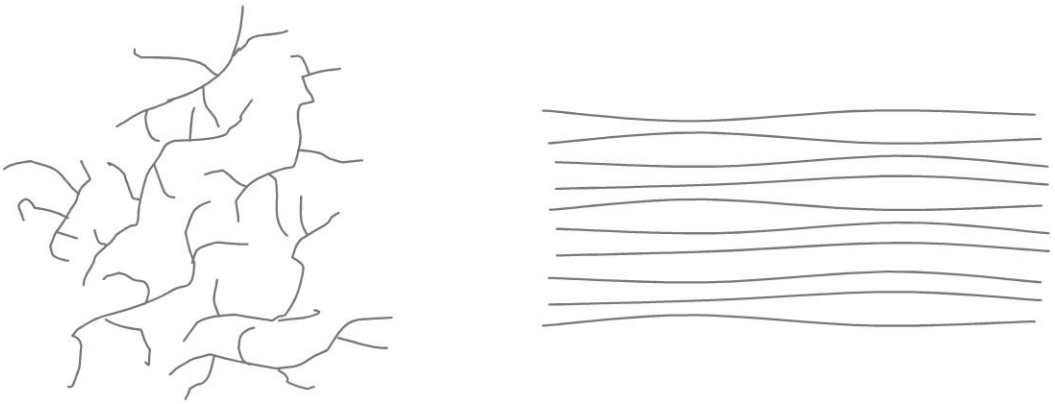
12.4.2 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

อภิปรายและให้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ ซึ่งได้แก่ ความเหนียว ความแข็ง ความยืดหยุ่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความใสหรือขุ่น และการอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน ตามรายละเอียดในบทเรียน เพื่อให้สรุปได้ดังนี้

1. พอลิเมอร์แบบเส้นมีความหนาแน่น ความแข็ง ความเหนียวและจุดหลอมเหลวสูงกว่าพอลิเมอร์แบบกิ่ง แต่มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบกิ่ง
2. พอลิเมอร์แบบร่างแหมีความแข็งแรงมาก ความยืดหยุ่นขึ้นกับจำนวนพันธะที่เชื่อมโยง ถ้ามีมากจะแข็งและไม่ยืดหยุ่น มีจุดหลอมเหลวสูง และมีความคงตัวสูง
3. หมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในสายโซ่และโครงสร้างของพอลิเมอร์จะมีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

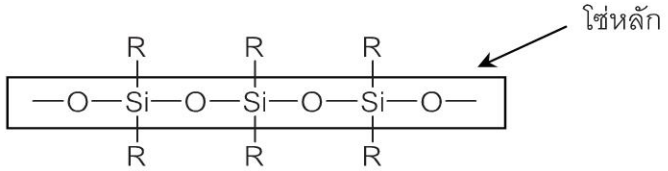
1. พอลิเอทิลีนมีหลายชนิด สมบัติทางกายภาพขึ้นกับโครงสร้าง เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene : LDPE) (รูป ก.) มีโครงสร้างเป็นกิ่ง มีความใสมาก ใช้ทำฟิล์มห่ออาหาร ส่วนพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density Polyethylene : HDPE) (รูป ข.) มีโครงสร้างแบบเส้นไม่มีกิ่ง มีความขุ่น ใช้ทำขวดบรรจุน้ำมันหรือเครื่องสำอาง



ก. ข.

2. พอลิเมอร์ที่กล่าวถึงในบทเรียนเป็นพอลิเมอร์อินทรีย์เนื่องจากมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบของโซ่หลัก นอกจากนี้ยังมีพอลิเมอร์อีกประเภทหนึ่งที่ธาตุองค์ประกอบของโซ่หลักเป็นธาตุอื่น เช่น ซิลิคอน ฟอสฟอรัส พอลิเมอร์ประเภทนี้เรียกว่าพอลิเมอร์อนินทรีย์ ได้แก่ ซิลิโคน และฟอสฟาซีน

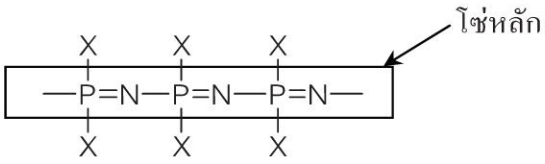
ซิลิโคน เป็นพอลิเมอร์อนินทรีย์สังเคราะห์ โซ่หลักของพอลิเมอร์ประกอบด้วยอะตอมของธาตุซิลิคอนสลับกับออกซิเจน โครงสร้างของซิลิโคนเป็นดังนี้



เมื่อ R คือหมู่แอลคิล

ซิลิโคนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีทั้งที่เป็นของเหลวคล้ายน้ำมันและของแข็ง สถานะของซิลิโคนขึ้นอยู่กับหมู่แอลคิล (R) ความยาวของโซ่พอลิเมอร์ และการเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์ ซิลิโคนที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะมีลักษณะคล้ายน้ำมัน ส่วนซิลิโคนที่มีมวลโมเลกุลสูงจะมีลักษณะเป็นไข และถ้ามีโครงสร้างเป็นร่างแหจะมีลักษณะเป็นยางเหนียว นอกจากนี้ซิลิโคนยังเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา สลายตัวยาก ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ไม่ยึดติดกับวัตถุ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น น้ำมันซิลิโคนใช้ขัดเงาเฟอร์นิเจอร์ เคลือบผ้าและหนังเพื่อกันน้ำ ซิลิโคนที่มีลักษณะเป็นไขใช้เป็นสารหล่อลื่นในนาฬิกาและตลับลูกปืน ซิลิโคนเรซินใช้ผสมสีทาบ้าน ยางซิลิโคนเป็นฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าและเคลือบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในทางการแพทย์ใช้ทำอวัยวะเทียม เช่น เลนส์ตา กระดูกหู หลอดเลือดเทียม ลิ้นหัวใจ เนื่องจากมีสมบัติไม่ยึดติดกับวัตถุจึงใช้ทำแม่พิมพ์หล่อพลาสติกและทำน้ำยาถอดแบบได้ดี

ฟอสฟาซีน เป็นพอลิเมอร์อนินทรีย์สังเคราะห์ โซ่หลักประกอบด้วยอะตอมของฟอสฟอรัส และไนโตรเจน โครงสร้างของฟอสฟาซีนเป็นดังนี้



X คือ หมู่อะตอมที่เกิดพันธะกับธาตุฟอสฟอรัสได้ สมบัติของฟอสฟาซีนจะแตกต่างกันตามชนิดของหมู่ X เช่น ถ้า X คือหมู่แอลคิลที่มีจำนวนคาร์บอน 1 – 3 อะตอม ฟอสฟาซีนจะมีสมบัติยืดหยุ่นคล้ายยาง ถ้า X เป็นหมู่อะโรมาติก ฟอสฟาซีนจะไม่ติดไฟจึงใช้เป็นสารป้องกันการติดไฟได้

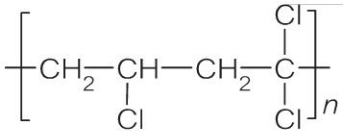
นอกจากนี้ ยังมีพอลิเมอร์อนินทรีย์ธรรมชาติอีกหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ใยหินหรือแอสเบสทอส และซีโอไลต์

หัวข้อ 12.4 12.4.1 12.4.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 12.4 และ 12.5 ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

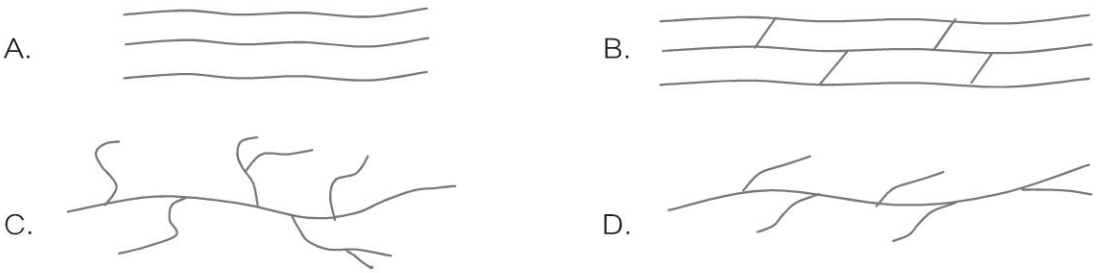
เฉลยแบบฝึกหัด 12.5

1. ถ้าไวนิลคลอไรด์ (CH_2=CHCl) เกิดปฏิกิริยากับไดคลอโรเอทิลีน (CH_2=CCl_2) สูตรทั่วไปของพอลิเมอร์จะเป็นอย่างไร

   สูตรทั่วไปของพอลิเมอร์ที่เกิดจาก CH_2=CHCl กับ CH_2=CCl_2 คือ



2. พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างดังต่อไปนี้



   ก. พอลิเมอร์ใดควรมีความยืดหยุ่นได้ และพอลิเมอร์ใดควรจะมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด

   ข. ถ้าพิจารณาพอลิเมอร์ A C และ D พอลิเมอร์ใดมีความหนาแน่นน้อยที่สุด และพอลิเมอร์ใดมีความขุ่นมากที่สุด

   ก. พอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นได้ คือชนิด B C และ D

   พอลิเมอร์ชนิด B มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์หลัก เมื่อออกแรงดึงพอลิเมอร์จะยืดออก เมื่อปล่อยแรงโซ่พอลิเมอร์หลักจะหดกลับมาดังเดิม แต่ถ้าจำนวนพันธะระหว่างโซ่มีมาก ความยืดหยุ่นได้ของพอลิเมอร์จะลดลงและมีความแข็งเพิ่มขึ้น ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้ ได้แก่ ยางที่ผ่านการวัลคาไนเซชัน

   พอลิเมอร์ชนิด C มีความยืดหยุ่นได้เนื่องจากโซ่พอลิเมอร์มีโซ่กิ่งยาวระเกะระกะ โซ่พอลิเมอร์จึงอยู่ห่างกัน เมื่อออกแรงดึงพอลิเมอร์จะยืดออก และหดกลับได้เมื่อปล่อยแรงแต่ขนาดไม่เท่าเดิม ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้ ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

   พอลิเมอร์ชนิด D มีความยืดหยุ่นแต่น้อยกว่า C เนื่องจากโซ่พอลิเมอร์มีโซ่กิ่งสั้นจึงมีความเป็นระเบียบมากกว่า ทำให้โซ่พอลิเมอร์หลักเรียงชิดกันได้มากกว่าแบบ C ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene : LLDPE)

ส่วนพอลิเมอร์ที่ควรมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด คือ B เพราะมีโครงสร้างแบบร่างแห มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์หลักยึดพอลิเมอร์ไม่ให้เลื่อนจากกันเมื่อได้รับความร้อนสูง ถ้ามีจำนวนพันธะเชื่อมโยงมาก จุดหลอมเหลวจะยิ่งสูงมาก

ข. พอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือชนิด A เพราะมีโครงสร้างแบบเส้น ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์สามารถเรียงตัวชิดกันได้มาก

พอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ ชนิด C เพราะสายโซ่พอลิเมอร์มีกิ่งสาขาที่มีขนาดยาว จึงทำให้ไม่สามารถเรียงตัวชิดกันได้

ส่วนพอลิเมอร์ที่ขุ่นที่สุดคือ ชนิด A เพราะสายโซ่พอลิเมอร์สามารถเรียงชิดกันได้มากที่สุด

3. โครงสร้างของพอลิเมอร์ต่อไปนี้ มีผลต่อความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์อย่างไร
   ก. โซ่พอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งมากแต่เป็นโซ่กิ่งสั้น
   ข. พอลิเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มาก
      ก. โซ่พอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งมากแต่เป็นโซ่กิ่งสั้น จะเป็นพอลิเมอร์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้
      ข. พอลิเมอร์มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มาก จะทำให้พอลิเมอร์มีความแข็ง เปราะ และไม่ยืดหยุ่น

12.4.3 ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์

อภิปรายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน แล้วนำเข้าสู่เนื้อหาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากพอลิเมอร์ตามรายละเอียดในบทเรียนต่อไป

12.4.3.1 **พลาสติก**

ให้นักเรียนนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น ขวดน้ำ ขวดนม สายไฟ ปากกา ถุงพลาสติก กล่องโฟม ของเด็กเล่น มาศึกษาสมบัติและลักษณะภายนอกของพลาสติกแต่ละชนิด เช่น ความแข็งและความทนทานต่อการขีดข่วน ความขุ่นและทึบแสง แล้วนำเข้าสู่การตรวจสอบสมบัติของพลาสติกในการทดลอง 12.1

การทดลอง 12.1 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาความแข็ง ความทนต่อแรงดึง การเกิดรอย และความหนาแน่นของพลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้
2. จำแนกประเภทของพลาสติกโดยใช้ความแข็ง ความทนต่อแรงดึง การเกิดรอยและความหนาแน่นเป็นเกณฑ์ได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	25	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	10	นาที
รวม	40	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. น้ำ	20 cm^3
2. เอทานอล 95%	20 cm^3
3. น้ำเกลืออิ่มตัว	20 cm^3
อุปกรณ์	
1. ถุงบรรจุอาหารชนิดใส	1 ใบ
2. ขวดน้ำชนิดขุ่น	1 ใบ
3. ขวดน้ำชนิดใส	1 ใบ
4. ขวดนมเปรี้ยวหรือถ้วยไอศกรีม	1 ใบ
5. จานพลาสติกชนิดบาง	1 ใบ
6. ตะปูขนาด 2 นิ้ว	1 ตัว
7. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3	3 ใบ
8. กรรไกร	1 อัน

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกที่หามาได้ เช่น ท่อน้ำ พลาสติกหุ้มสายไฟ หรือหลอดดูดน้ำ
2. เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมขนาดและรูปร่างของพลาสติกให้เหมือนกันในแต่ละขั้นตอนการทดสอบ
3. แนะนำให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงอย่างละเอียดขณะทดสอบสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ เพราะพลาสติกบางชนิดอาจมีสมบัติแตกต่างกันไม่มากจนสังเกตได้อย่างชัดเจน
4. การทดสอบการลอยและการจมของพลาสติกเป็นการทดสอบความหนาแน่นของพลาสติกโดยเทียบกับความหนาแน่นของของเหลว ซึ่งมีลำดับความหนาแน่นจากมากไปน้อยดังนี้คือ น้ำเกลืออิ่มตัว น้ำ และเอทานอล

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมสารละลายน้ำเกลืออิ่มตัว โดยละลาย NaCl 90 กรัม ในน้ำ 250 cm^3 ถ้าสารละลายขุ่นให้กรองด้วยกระดาษกรอง
2. เตรียมตัวอย่างพลาสติกจากเศษวัสดุตามรายการที่กำหนด แล้วตัดให้เป็นชิ้นขนาด 1 cm × 1 cm

ตัวอย่างผลการทดลอง

พลาสติก	ความแข็ง	ความทนต่อแรงดึง **	การเกิดรอยเมื่อขีดด้วยตะปู *	การจมหรือลอยของพลาสติกเมื่อใส่ลงใน		
				เอทานอล d=0.79 g/cm^3	น้ำ d=1.00 g/cm^3	น้ำเกลืออิ่มตัว d=1.20 g/cm^3
ถุงบรรจุอาหารชนิดใส	อ่อน	ยืดเล็กน้อย	เป็นรอย	ลอย	ลอย	ลอย
ขวดน้ำชนิดขุ่น	อ่อน	ไม่ยืด	เป็นรอย	จม	ลอย	ลอย
ขวดน้ำชนิดใส	แข็ง	ไม่ยืด	เป็นรอย	จม	จม	จม
ถ้วยไอศกรีม	อ่อน	ไม่ยืด	เป็นรอย	จม	ลอย	ลอย
จานพลาสติก (PP/PE)	แข็ง	ไม่ยืด	เป็นรอย	ลอย	ลอย	ลอย
จานเมลามีน	แข็ง	ไม่ยืด	เป็นรอย	จม	จม	จม
จานพีวีซี	แข็ง	ไม่ยืด	เป็นรอย	จม	จม	จม

* การทดสอบการเกิดรอย ผลการทดสอบขึ้นอยู่กับวัตถุที่ใช้ขีด แรงที่ขีดและชนิดของพลาสติกที่นำมาทดสอบ เช่น ถ้ามีการเติมสารเติมแต่งลงในพลาสติกจะช่วยให้พลาสติกแข็งขึ้น

** ความทนต่อแรงดึง (tensile strength)

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามจนได้ข้อสรุปภายในกลุ่ม แล้วนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันอีกครั้งเพื่อให้สรุปได้ดังนี้

1. พลาสติกแต่ละชนิดมีความแข็งและความทนต่อแรงดึงแตกต่างกัน
2. พลาสติกที่มีเนื้ออ่อนเมื่อขีดด้วยตะปูจะเป็นรอยง่ายกว่าพลาสติกที่มีเนื้อแข็งและลักษณะของรอยจะลึกไม่เท่ากัน
3. พลาสติกที่มีความหนาแน่นมาก จะทนต่อการขีดข่วนและมีความแข็งมากกว่าพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อย
4. การลอยและจมของพลาสติกในแอลกอฮอล์ น้ำและน้ำเกลืออิ่มตัว จะบอกให้ทราบถึงความหนาแน่นโดยประมาณของพลาสติก กล่าวคือพลาสติกที่ลอยในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.79 g/cm^3 พลาสติกที่จมในเอทานอลแต่ลอยน้ำมีความหนาแน่นระหว่าง 0.79 – 1.00 g/cm^3 พลาสติกที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.00 – 1.20 g/cm^3 สำหรับพลาสติกที่จมในของเหลวทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นมากกว่า 1.20 g/cm^3

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. ความหนาแน่นของพลาสติกชนิดต่าง ๆ เป็นดังนี้

ชนิดพลาสติก	ความหนาแน่น (g/cm^3)
พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	0.92 – 0.94
พอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE)	0.95 – 0.97
พอลิโพรพิลีน (PP)	0.90 – 0.91
พอลิสไตรีน (PS)	1.05 – 1.07
พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA)	1.12
พอลิเอไมด์ (PA)	1.1
พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)	1.16 – 1.35
พอลิคาร์บอเนต (PC)	1.2
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) หรือ (PETE)	1.38 – 1.39
พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE)	2.75

2. พลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงจะมีสมบัติแข็ง เปราะหรือกรอบ ดึงให้ยืดได้ยาก ถ้าใช้เล็บขีดจะไม่ปรากฏรอยชัด แต่ถ้าใช้ตะปูหรือเข็มขีดจะเห็นรอยชัด

3. พอลิสไตรีน (PS) ที่ใช้ทำขวดนมเปรี้ยว มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ ถ้าหย่อนลงในน้ำจะลอยน้ำ แต่เมื่อกดชิ้นพลาสติกให้ผิวสัมผัสกับน้ำทั้งหมด พลาสติกจะจม การใช้ความหนาแน่นจำแนกประเภทของพลาสติกจึงน่าจะไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุด

4. การทดสอบความทนต่อการดึงยืดของพลาสติกอาจได้ผลแตกต่างกันตามชนิดของพลาสติกที่หาได้ เนื่องจากพลาสติกชนิดเดียวกันถ้ามีความหนาต่างกัน ผลการทดลองก็จะต่างกัน

5. การทดสอบพลาสติกดังกล่าวนี้เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้นที่ใช้จำแนกพลาสติก การตรวจสอบผลิตภัณฑ์พลาสติกว่าทำจากพลาสติกชนิดใด ต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูงและทดสอบสมบัติอื่น ๆ อีกจึงจะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ

ทบทวนสมบัติต่าง ๆ ของพลาสติกที่ได้ศึกษามาแล้ว ต่อจากนั้นอธิบายเกี่ยวกับสมบัติการอ่อนตัวของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อน เพื่อใช้จำแนกประเภทของพลาสติกตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วร่วมกันสรุปให้ได้สาระสำคัญดังนี้

1. พลาสติกแบบเทอร์มอพลาสติกเป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่งที่มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก จะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง สามารถนำมาขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้ใหม่ได้
2. พลาสติกแบบเทอร์มอเซตเป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบร่างแห เมื่อได้รับความร้อนจึงไม่หลอมเหลวและไม่สามารถนำมาขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้ใหม่ได้อีก

หัวข้อ 12.4.3 12.4.3.1 และการทดลอง 12.1 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

12.4.3.2 เส้นใย

อภิปรายเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างเส้นใยแต่ละประเภทและเปรียบเทียบสมบัติที่แตกต่างกันของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วนำเข้าสู่การศึกษาวิธีการเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ในการทดลอง 12.2

การทดลอง 12.2 การเตรียมเส้นใยเรยอน (สาธิต)

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากเส้นใยเซลลูโลส

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากเส้นใยเซลลูโลส
2. บอกลักษณะของเส้นใยที่เตรียมขึ้นได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	45	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	10	นาที
รวม	60	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม (สาธิต)
สารเคมี	
1. น้ำกลั่น	200 cm^3
2. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตอิ่มตัว	50 cm^3
3. สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น	80 cm^3
4. สารละลายกรดซัลฟิวริก 1.0 mol/dm^3	100 cm^3
อุปกรณ์	
1. กระดาษกรอง	2 แผ่น
2. กรวยกรอง	1 ใบ
3. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3	1 ใบ
4. บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3	3 ใบ
5. หลอดฉีดยาขนาด 50 cm^3	1 หลอด
6. แท่งแก้วคน	2 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมสารละลายอิ่มตัวคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 200 cm^3 โดยละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต-เพนตะไฮเดรต 64 g ในน้ำอุ่น 200 cm^3
2. เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก 1.0 mol/dm^3 100 cm^3 โดยละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (18 mol/dm^3) 5.5 cm^3 ในน้ำกลั่น 80 cm^3 ผสมให้เข้ากัน และเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 cm^3

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. สารละลายแอมโมเนียเข้มข้นเป็นเบสที่มีกลิ่นฉุน ระเหยง่าย ควรหลีกเลี่ยงการสูดดม และระวังอย่าให้ไอของสารเข้าตา ดังนั้นควรทำการทดลองในที่อากาศถ่ายเทสะดวก
2. ในการทดลองนี้ใช้กระดาษกรองเป็นวัสดุที่ให้เซลลูโลส หรืออาจใช้สำลีที่ทำจากฝ้ายแท้แทนก็ได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้
$CuSO_4$ + $NH_4OH(aq)$	เกิดตะกอนสีฟ้ามีลักษณะคล้ายวุ้น
กระดาษกรอง + $Cu(OH)_2$ + $NH_4OH(aq)$	สารละลายเปลี่ยนสีเป็นน้ำเงินเข้มอมม่วง
ฉีดสารละลายในกรดซัลฟิวริก	เกิดเส้นใยสีน้ำเงินในตอนแรก เมื่อตั้งไว้สักครู่ สารละลายของกรดจะเป็นสีน้ำเงิน เมื่อนำเส้นใยมาล้างน้ำจะได้เส้นใยสีขาว นุ่ม และเบา

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ตามขั้นตอนการทดลอง จนได้ข้อสรุปภายในกลุ่ม แล้วนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันอีกครั้งเพื่อให้สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อผสมสารละลายอิ่มตัว $CuSO_4$ กับสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น จะได้ตะกอน $Cu(OH)_2$ ที่มีลักษณะเป็นวุ้นสีฟ้า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$CuSO_4(aq) + 2NH_4OH(aq) \longrightarrow \underset{\text{วุ้นสีฟ้า}}{Cu(OH)_2(s)} + (NH_4)_2SO_4(aq)$$

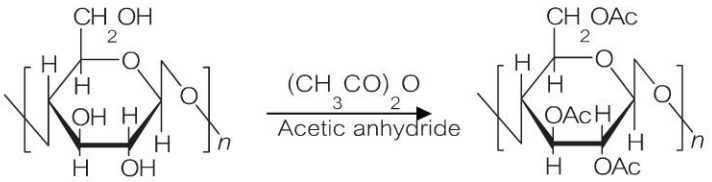
2. เมื่อผสมตะกอน $Cu(OH)_2$ กับสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น จะเกิดสารประกอบเตตระแอมมีนคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ ($Cu(NH_3)_4(OH)_2$) มีสีน้ำเงินเข้มอมม่วง ดังสมการ

$$Cu(OH)_2(s) + 4NH_4OH(aq) \longrightarrow \underset{\text{สีน้ำเงินเข้มอมม่วง}}{Cu(NH_3)_4(OH)_2(aq)} + 4H_2O(l)$$

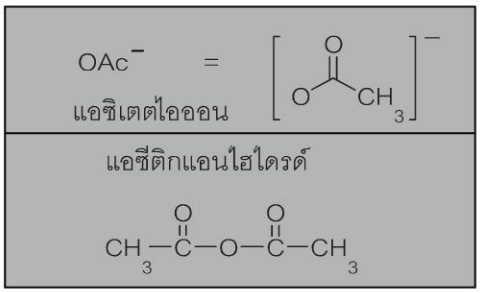
3. เมื่อผสมเซลลูโลสกับสารประกอบเตตระแอมมีนคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ จะได้สารประกอบคิวปรามโมเนียมเรยอน เมื่อฉีดสารนี้ลงในละลายกรดซัลฟิวริกจะได้เป็นเส้นใยสีน้ำเงิน เมื่อตั้งไว้สีของของเหลวจะกลายเป็นสีน้ำเงิน ส่วนเส้นใยเมื่อนำมาล้างน้ำแล้วจะมีสีขาวนุ่มและเบา
4. เรยอนเป็นเส้นใยชนิดแรกที่มีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม เส้นใยเรยอนชนิดคิวปรามโมเนียมนี้เป็นเพียงเรยอนชนิดหนึ่งเท่านั้น ยังมีเรยอนชนิดอื่น ๆ อีก เช่น วิสโคสเรยอน (viscose rayon) และสะปอนนิไฟด์เรยอน (saponified rayon)

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น เซลลูโลสแอซีเตต ได้จากการนำเส้นใยธรรมชาติ เช่น สำลีมาทำปฏิกิริยากับแอซีติกแอนไฮไดรด์ และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด ดังปฏิกิริยา



เซลลูโลส **เซลลูโลสไตรแอซีเตต**



2. สมบัติอีกประการหนึ่งที่อาจใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของเส้นใยคือ การเผาไหม้

ตัวอย่างการเผาไหม้ของเส้นใยชนิดต่าง ๆ เป็นดังนี้

เส้นใย	การลุกไหม้	กลิ่น	ส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้
ใยเซลลูโลสธรรมชาติ (ฝ้าย ลินิน)	ติดไฟทันที เปลวไฟสีเหลือง ลุกไหม้รวดเร็วและลุกไหม้ต่อไปจนหมด	เหมือนกระดาษหรือไม้ไหม้ไฟ	เถ้าสีขาวหรือสีเทา เหลือเถ้าอยู่น้อย
ใยเซลลูโลสกึ่งสังเคราะห์ (เรยอน เซลลูโลสซานเทต เซลลูโลสแอซีเตต)	ติดไฟทันที เปลวไฟสีส้ม ลุกไหม้รวดเร็วและลุกไหม้ต่อไปจนหมด หดหนีไฟ หลอมละลาย	เหมือนกระดาษไหม้ และมีกลิ่นกรดน้ำส้มตามลำดับ	เถ้าเบานุ่มเป็นปุย เถ้ามีน้อยมาก บางส่วนเป็นเม็ดแข็งสีดำ
ใยโปรตีน (ไหม ขนสัตว์)	ม้วนหนีไฟ ไหม้ช้า เดือดเป็นฟอง เมื่อนำออกจากเปลวไฟจะดับ	กลิ่นเหมือนผมไหม้ไฟ	เถ้าเป็นสีดำ เถ้ามีน้อย รวมตัวเป็นก้อนเปราะแตกง่าย
ไนลอน	เปลวไฟสีฟ้า	กลิ่นแรงคล้ายขึ้นฉ่าย	เถ้าเป็นเม็ดอาจเป็นสีเทา น้ำตาลหรือดำ
ใยแก้ว	ไม่ไหม้ไฟ อ่อนตัวเป็นสีแดงหรือส้ม	ไม่มีกลิ่น	แข็งและเปราะ
ใยโลหะ	เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม ไม่ลุกไหม้	ไม่มีกลิ่น	แข็งเป็นแท่งเหมือนเดิม

12.4.3.3 ยาง

ให้ความรู้เรื่องการทำยางดิบจากน้ำยางพารา โครงสร้างของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ของยางพารา และยางกัตตา สมบัติของยางและการปรับปรุงคุณภาพของยาง รวมทั้งการผลิตยางสังเคราะห์เพื่อทดแทนยางธรรมชาติตามรายละเอียดในบทเรียน

หัวข้อ 12.4.3.2 12.4.3.3 การทดลอง 12.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 12.6 ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 12.6

1. จงระบุชนิดของพลาสติกในตาราง 12.6 และ 12.7 ว่าเป็นพลาสติกประเภทเทอร์มอพลาสติกหรือประเภทเทอร์มอเซต

   ในตาราง 12.6 พอลิฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิเมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ จัดเป็นพลาสติกเทอร์มอเซตเพราะมีโครงสร้างแบบร่างแห ส่วนที่เหลือจัดเป็นเทอร์มอพลาสติก

   พอลิเมอร์ทุกชนิดในตาราง 12.7 จัดเป็นเทอร์มอพลาสติก เพราะมีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่งที่มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก

2. จงบอกสมบัติของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์

   เส้นใยธรรมชาติ

   - ข้อดีคือ ดูดซับน้ำได้ดี ทนสารเคมี เส้นใยแข็งแรง สวมใส่เย็นสบาย
   - ข้อเสียคือ เมื่อเปียกน้ำแห้งช้า เป็นราง่าย หดตัวมาก ยับง่าย เส้นใยกรอบเสื่อมสภาพเมื่อโดนแดดจัด

   เส้นใยสังเคราะห์

   - ข้อดีคือ น้ำหนักเบา เก็บความร้อนได้ดี ส่วนใหญ่ดูดซับน้ำได้ ทนทานต่อจุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรีย ทนต่อสารเคมี ซักง่าย แห้งเร็ว ไม่ยับง่าย
   - ข้อเสียคือ เกิดไฟฟ้าสถิตได้ง่าย เมื่อสวมใส่จึงทำให้ผ้าติดตัว ใส่แล้วร้อน

3. จงยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ

   เส้นใยธรรมชาติที่นำมาผลิตสิ่งทอจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ เส้นใยเซลลูโลส (จากพืช) และเส้นใยโปรตีน (จากสัตว์)

   ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ผลิตจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น ผ้าลินิน ผ้าฝ้าย

   ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ผลิตจากเส้นใยโปรตีน เช่น ผ้าไหม ผ้าขนสัตว์

4. จงอธิบายวิธีการทำยางแผ่นจากน้ำยางธรรมชาติ

การทำยางแผ่นจากน้ำยางธรรมชาติทำได้โดยนำน้ำยางที่ได้จากต้นยางมาเติมสารละลายแอมโมเนียเพื่อป้องกันการบูดและการจับตัวเป็นก้อน แล้วจึงเติมกรดแอซีติกหรือกรดฟอร์มิกเจือจางลงไปเพื่อทำให้เนื้อยางรวมตัวเป็นก้อนตกตะกอนแยกออกมา จากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปรีดน้ำออกและทำให้เป็นแผ่น แล้วจึงนำไปตากให้แห้งจะได้แผ่นยางดิบที่นำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

5. จงอธิบายวิธีการปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับทำยางรถยนต์

การปรับปรุงคุณภาพของยางทำได้โดยการเติมกำมะถันในปริมาณที่เหมาะสมและให้ความร้อนสูงกว่าจุดหลอมเหลวของกำมะถัน ทำให้ยางมีสภาพยืดหยุ่นและคงตัวในอุณหภูมิต่างๆ ทนต่อความร้อนและแสง และละลายในตัวทำละลายยากขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า การวัลคาไนเซชัน การเติมซิลิกา ซิลิเกต และผงถ่านจะช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งของยาง นอกจากนี้ผงถ่านจะช่วยป้องกันการสึกกร่อนและทนต่อแสงแดดที่จะทำลายโครงสร้างของพอลิเมอร์ในเนื้อยางได้

12.4.4 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์

อภิปรายเกี่ยวกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทต่าง ๆ รวมทั้งการนำผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม ตามรายละเอียดในบทเรียน

12.5 ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของภาวะมลพิษและสารมลพิษได้
2. บอกสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ทางน้ำ และทางดินได้
3. บอกผลที่เกิดจากการผลิต การใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อมได้
4. บอกวิธีป้องกันหรือควบคุมเพื่อลดมลพิษทางอากาศ ทางน้ำและทางดินได้

อภิปรายเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการผลิต การใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ประกอบด้วยกระบวนการผลิต การขนส่ง การทิ้งกากของเสียจากการผลิต การนำเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ และปิโตรเคมีภัณฑ์ไปใช้ สารเคมีที่เกิดขึ้น และการกำจัดขยะเมื่อใช้แล้ว เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องสารมลพิษและภาวะมลพิษที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมตามรายละเอียดในบทเรียน

12.5.1 ภาวะมลพิษทางอากาศ

อภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุที่สารมลพิษทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งแนวทางในการป้องกันและแก้ไขเพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศตามรายละเอียดในบทเรียน หรืออาจให้แต่ละกลุ่มศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม แล้วรายงานผลการค้นคว้าในห้องเรียนและช่วยกันสรุปให้ได้สาระสำคัญดังนี้

1. มลพิษทางอากาศมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์
2. ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง คาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเชื้อเพลิงจะถูกปล่อยออกมาในบรรยากาศทั้งในรูปของเขม่า (C) ซึ่งเป็นของแข็ง แก๊ส CO_2 และ CO นอกจากนี้ยังมีแก๊สอื่น ๆ อีก เช่น SO_2 NO NO_2 H_2S รวมทั้งเถ้าถ่านที่มีโลหะส่วนน้อยเป็นองค์ประกอบ
3. CO_2 เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นหรือภาวะเรือนกระจก ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างมาก CO_2 สามารถอยู่ในบรรยากาศได้นานเป็นสิบถึงร้อยปีโดยไม่สูญสลาย
4. SO_2 ทำให้น้ำฝนเป็นกรด เป็นผลเสียต่อระบบนิเวศ ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทำให้สีใบไม้ซีดจางและสังเคราะห์แสงไม่ได้ กัดกร่อนโลหะและอาคารบ้านเรือน ทำให้ร่างกายเกิดอาการปวดเมื่อยเรื้อรัง โลหิตจาง และเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและปอด
5. NO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ แต่เร่งปฏิกิริยาการสลายโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์
6. ออกไซด์ของไนโตรเจนทำปฏิกิริยากับไอน้ำ ทำให้เกิดภาวะฝนกรดได้เช่นเดียวกัน
7. CO เป็นแก๊สพิษที่ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น เมื่อรวมกับฮีโมโกลบินในเลือดเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนได้ตามปกติ ทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ หายใจอึดอัด คลื่นไส้อาเจียน ถ้าร่างกายได้รับเข้าไปมากทันทีอาจทำให้เสียชีวิตได้
8. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ต่าง ๆ จะมีไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมดออกมาด้วย โดยเฉพาะไฮโดรคาร์บอนที่โมเลกุลมีพันธะคู่จะรวมตัวกับออกซิเจนหรือแก๊สโอโซน เกิดเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์ที่มีกลิ่นเหม็นทำให้เกิดอาการระคายเคืองเมื่อสูดดม นอกจากนี้ไฮโดรคาร์บอนยังอาจเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนและไนโตรเจนไดออกไซด์ เกิดสารประกอบเปอร์ออกซีแอซีติลไนเตรต (PAN) ซึ่งเป็นพิษทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาและระบบทางเดินหายใจ

12.5.2 ภาวะมลพิษทางน้ำ

ร่วมกันอภิปรายสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำ โดยอาจใช้รูปภาพ วีดิทัศน์ หรือข่าวสารจากหนังสือพิมพ์ วารสารต่าง ๆ เพื่อให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งแนวทางในทางแก้ไขปัญหาเพื่อลดมลพิษทางน้ำ หรืออาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อทำรายงานแล้วนำมารายงานและร่วมกันสรุปให้ได้สาระสำคัญดังนี้

1. การใช้ปิโตรเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารปราบศัตรูพืชและผงซักฟอก เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ
2. ฟอสเฟตจากผงซักฟอกในน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนจะกระตุ้นการเจริญงอกงามของพืชน้ำ เมื่อพืชน้ำตาย จุลินทรีย์ในน้ำจะต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากในการย่อยสลายซากพืช เป็นเหตุให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง จึงทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้
3. สารเคมีและวัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตในการเพาะปลูก เช่น สารประกอบไนไตรต์และไนเตรต สารประกอบคลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอน ออร์แกโนฟอสเฟต คาร์บาเมต เมื่อตกค้างอยู่ในอากาศหรือดินจะถูกน้ำชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำในบริเวณนั้นมีสารพิษสะสมหรือปะปนอยู่ สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำจะได้รับสารเหล่านั้นเข้าไปสะสม การจับสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณนั้นมาบริโภคก็จะมีโอกาสได้รับพิษจากสารดังกล่าวด้วย
4. น้ำมันที่รั่วไหลลงสู่ทะเลหรือแม่น้ำลำคลองก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ คราบน้ำมันจะลอยอยู่ที่ผิวน้ำเป็นแผ่นฟิล์มปกคลุมผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงไปในน้ำได้ ทำให้น้ำและสัตว์น้ำที่อยู่ในแหล่งน้ำบริเวณนั้น ๆ ขาดออกซิเจน พืชและสัตว์น้ำอาจตายได้ ปกติน้ำในธรรมชาติจะมีออกซิเจนละลายอยู่ประมาณ 5 – 7 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ปริมาณออกซิเจนในน้ำหรือ DO (dissolved oxygen) จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ
5. การหาคุณภาพของน้ำทำได้ 2 วิธีคือ การหาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเรียกว่าค่า BOD (biological oxygen demand) ซึ่งจะบอกถึงปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในน้ำ และการหาค่าปริมาณความต้องการออกซิเจนของสารเคมีที่อยู่ในน้ำเรียกว่าค่า COD (chemical oxygen demand) ซึ่งจะบอกถึงปริมาณของสารเคมีที่จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในน้ำ

12.5.3 ภาวะมลพิษทางดิน

อภิปรายเกี่ยวกับปัญหาภาวะมลพิษทางดินที่พบอยู่ในปัจจุบัน โดยอาจใช้วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ รูปภาพหรือข่าวสารจากแหล่งต่าง ๆ ประกอบ ต่อจากนั้นให้ความรู้ถึงวิธีการกำจัดขยะพลาสติกตามรายละเอียดในบทเรียน แล้วร่วมกันอภิปรายถึงผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางดินต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความตระหนักรวมทั้งร่วมกันเสนอแนวทางในการป้องกันและแก้ไขเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดไปดังนี้

1. ควรลดและควบคุมปริมาณขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมที่ฝังหรือทิ้งลงในพื้นดิน เพื่อลดการเกิดภาวะมลพิษทางดิน
2. ของใช้ต่าง ๆ ที่ทำจากพลาสติกควรใช้ให้ถูกต้องตามสมบัติเพื่อให้คงสภาพใช้งานได้นานที่สุดและปลอดภัยต่อชีวิต พลาสติกเหล่านี้เมื่อทิ้งลงบนดินจะสลายตัวยากจึงควรหาวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดพลาสติกที่ใช้แล้ว

3. นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นวิธีกำจัดพลาสติกที่ใช้แล้ว รวมทั้งค้นคว้าเพื่อสังเคราะห์พลาสติกชนิดใหม่ที่สามารถใช้งานได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วสลายตัวไปเองได้หรือถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์
4. วิธีกำจัดพลาสติกที่ใช้แล้วมีหลายวิธีคือ การใช้ปฏิกิริยาชีวเคมี ใช้สมบัติการละลายน้ำ การเติมหมู่ฟังก์ชันที่ไวต่อแสงอัลตราไวโอเลตเข้าไปในโซ่พอลิเมอร์ของพลาสติก เมื่อถูกแสงแดดจะเกิดสารที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้พลาสติกเสื่อมคุณสมบัติ การใช้ความร้อนหรือการเผาเป็นวิธีกำจัดพลาสติกที่รวดเร็ว แต่มีข้อเสียคืออาจเกิดสารพิษที่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศได้ วิธีที่จะช่วยลดปริมาณพลาสติกที่ใช้แล้วได้ดีอีกวิธีหนึ่งคือการแปรใช้ใหม่ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมในแง่เศรษฐกิจและเป็นการสงวนทรัพยากร

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

โดยทั่วไป พลาสติกที่ถูกนำไปแปรใช้ใหม่ (recycle) ได้จากวัสดุต่าง ๆ เช่น

1. วัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจัดว่าเป็นเศษพลาสติกชั้นดี เพราะยังไม่เคยผ่านการใช้งาน จึงมีความสะอาดมากกว่าเศษพลาสติกจากขยะมูลฝอย สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2. เศษพลาสติกจากขยะมูลฝอย เศษพลาสติกเหล่านี้จะต้องนำมาล้างทำความสะอาด แยกประเภท ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปหลอมแล้วรีดเป็นเส้นและตัดเป็นเม็ดเล็ก ๆ ที่เรียกว่าเม็ดเก่า ซึ่งสมบัติที่ได้จะด้อยกว่าเม็ดพลาสติกที่ผลิตใหม่ ในการผลิตถุงใส่ขยะมูลฝอยอาจใส่เม็ดเก่าผสมประมาณ 20 – 25 % เพราะไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความสะอาด โดยทั่วไปพลาสติกที่ใช้ใส่อาหารไม่ควรผสมเม็ดเก่าเพราะอาจมีสารปนเปื้อนได้ แต่ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบันจึงทำให้สามารถนำพลาสติกเก่ามาใช้กับบรรจุภัณฑ์อาหารได้ โดยการทำบรรจุภัณฑ์ประเภทหลายชั้น อาจเป็น 5 ชั้น 7 ชั้น 9 ชั้น หรือ 11 ชั้น วิธีการคือจะรีดพลาสติกเป็นแผ่นและซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยใช้ชั้นผิวด้านในเป็นพลาสติกใหม่ และชั้นที่ถัดเข้าไปเป็นชั้นพลาสติกเก่า นอกจากนี้ยังคั่นด้วยชั้นที่เป็นกาวผนึกและชั้นที่เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ ดังรูป

ขวด PET สำหรับบรรจุน้ำดื่ม

ขวด PP สำหรับบรรจุซอสปรุงรส

หัวข้อ 12.4.4 12.5 12.5.1 12.5.2 และ 12.5.3 และเฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. ในกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ เหตุใดจึงต้องแยก CO_2 และ H_2O ออกจากแก๊สธรรมชาติก่อน และแยกได้โดยวิธีใด

   ในกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติต้องแยก CO_2 และ H_2O ออก เนื่องจากในระบบแยกแก๊สนั้นต้องมีการลดอุณหภูมิเพื่อให้แก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวแล้วจึงนำไปแยก ซึ่งขณะลดอุณหภูมิลงนั้น CO_2 และ H_2O จะควบแน่นเป็นของแข็ง ทำให้ท่ออุดตัน การแยกทำโดยใช้ K_2CO_3 ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแยก CO_2 และใช้สารดูดซับที่มีรูพรุนสูงดูดซับน้ำ

2. จงระบุชื่อของกระบวนการหรือปฏิกิริยาที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันในข้อต่อไปนี้

ก. $C_{17}H_{36} \xrightarrow[\text{ความดันต่ำ}]{500\ ^{\circ}C} C_8H_{16} + C_3H_8 + 3C_2H_4$

ข. $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2 + CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2 \xrightarrow[\text{ตัวเร่งปฏิกิริยา}]{\text{ความร้อน}} CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2$

ค. $CH_3-CH_2-CH_3 + CH_2=CH-CH_3 \xrightarrow[\text{ตัวเร่งปฏิกิริยา}]{\text{กรด}} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

ก. กระบวนการแตกสลาย

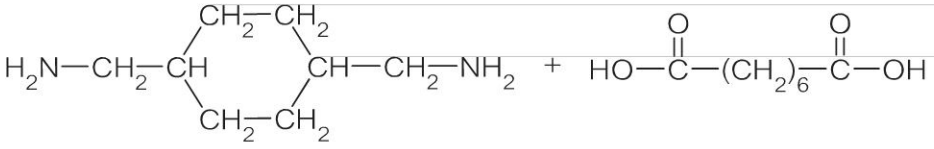
ข. ปฏิกิริยาโอลิโกเมอไรเซชัน

ค. ปฏิกิริยาแอลคิเลชัน

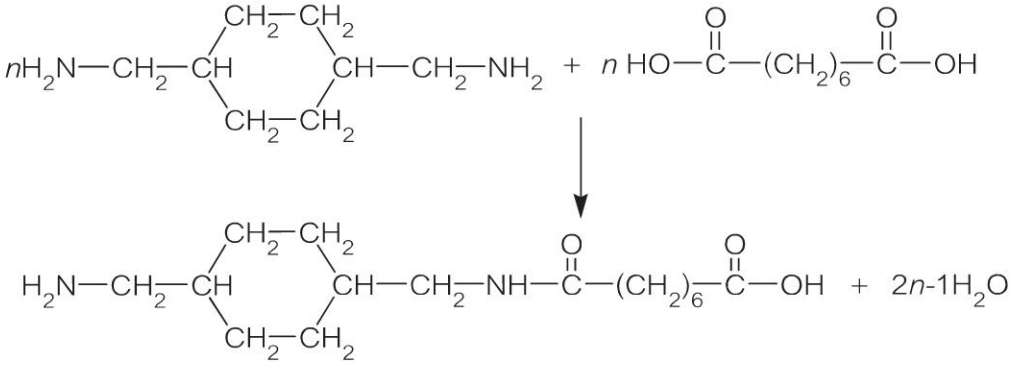
3. น้ำมันเบนซินที่มีเลขออกเทน 95 หมายความว่าอย่างไร

น้ำมันเบนซินเลขออกเทน 95 หมายถึง น้ำมันที่มีส่วนผสมของน้ำมันที่มีสมบัติการเผาไหม้คล้ายไอโซออกเทน 95 ส่วนกับน้ำมันที่มีสมบัติการเผาไหม้คล้ายเฮปเทน 5 ส่วนโดยมวล

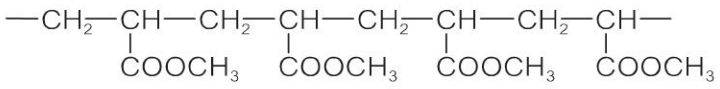
4. จงเขียนปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

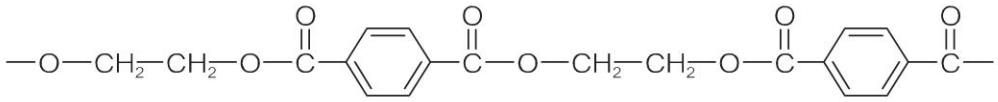


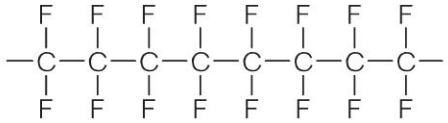
สมการแสดงปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ระหว่างมอนอเมอร์ 2 ชนิด เขียนได้ดังนี้



5. พอลิเมอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้เป็นพอลิเมอร์ร่วมหรือพอลิเมอร์เอกพันธุ์ จงเขียนสูตรของมอนอเมอร์จากสูตรของพอลิเมอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

ก. 

ข. 

ค. 

ก. เป็นพอลิเมอร์เอกพันธุ์ เกิดจากมอนอเมอร์ $CH_2=CH-COOCH_3$

ข. เป็นพอลิเมอร์ร่วม เกิดจากมอนอเมอร์ 2 ชนิดคือ

ค. เป็นพอลิเมอร์เอกพันธุ์ เกิดจากมอนอเมอร์ $CF_2= CF_2$

6. นักเรียนควรใช้ภาชนะพลาสติกใส่อาหารร้อนหรืออาหารที่มีรสเปรี้ยวจัดหรือไม่ เพราะเหตุใด

ไม่ควรใช้ภาชนะพลาสติกใส่อาหารร้อนหรืออาหารที่มีรสเปรี้ยวจัด เพราะความร้อนและกรดในอาหารรสเปรี้ยวจัดจะทำให้มอนอเมอร์และสีซึ่งเป็นสารประกอบของโลหะหนักที่มีอันตรายปนเปื้อนมากับอาหารที่รับประทานได้

7. การกำจัดพลาสติกโดยวิธีต่อไปนี้ก่อให้เกิดภาวะมลพิษได้อย่างไร

ก. การเผา

ข. การทิ้งปนไปกับขยะมูลฝอย

ก. การเผา ถ้าเป็นพลาสติกจากมอนอเมอร์ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว เช่น พอลิสไตรีนจะเกิดเขม่ามาก หรือถ้าเป็นพีวีซีจะทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ นอกจากนี้ พลาสติกประเภทโฟมที่มีสาร CFC แทรกอยู่ในเนื้อโฟม เมื่อถูกเผาไหม้สาร CFC จะลอยขึ้นสู่บรรยากาศไปทำลายโอโซนในบรรยากาศ ทำให้แสงอัลตราไวโอเลตส่องผ่านมายังโลกได้มากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง ต้อกระจก อุณหภูมิของผิวโลกสูงขึ้น และระบบนิเวศเสียสมดุล

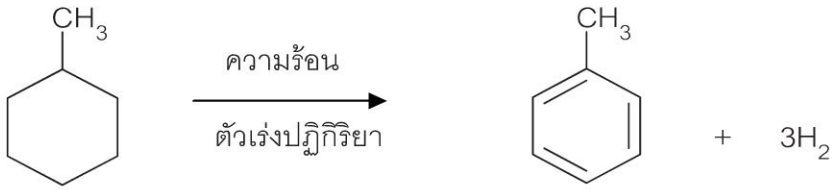
ข. การทิ้งปนไปกับขยะมูลฝอย พลาสติกเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ที่มีความคงทนสูงและทนทานต่อน้ำ แสงแดดและอากาศ สลายตัวยาก จึงตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั้งทางดินและทางน้ำ ทำให้เกิดภาวะมลพิษ

8. แก๊สธรรมชาติและแก๊สหุงต้มต่างกันอย่างไร

แก๊สธรรมชาติเป็นสารผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ได้แก่ มีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน และแก๊สเหลว นอกจากนี้ยังมีสารที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนปนอยู่ด้วย ส่วนแก๊สหุงต้มประกอบด้วยแก๊สโพรเพนและแก๊สบิวเทนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติ

9. ถ้าต้องการเปลี่ยนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบวงให้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอะโรมาติก จะทำได้โดยวิธีใด

ใช้วิธีรีฟอร์มมิงซึ่งเป็นวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบวงให้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอะโรมาติก โดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น



10. การเติมสารเตตระเอทิลเลดลงในน้ำมันเบนซินมีจุดประสงค์อย่างไร และมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร

การเติมสารเตตระเอทิลเลดลงในน้ำมันเบนซินเพื่อช่วยเพิ่มค่าออกเทน ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบขึ้น แต่จะมีสารประกอบของตะกั่วปนออกมากับไอเสียรถยนต์ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษในอากาศ จากผลของภาวะมลพิษดังกล่าว จึงมีการประกาศเลิกใช้สารเตตระเอทิลเลดและเปลี่ยนมาใช้สารเคมีชนิดอื่นช่วยเพิ่มค่าออกเทน เช่น เอทิลเทอร์-เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (ETBE) เอทานอล หรือเมทานอล

11. มอนอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมและแบบควบแน่นต่างกันอย่างไร

มอนอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมเป็นมอนอเมอร์ที่ไม่อิ่มตัว โดยโมเลกุลของมอนอเมอร์จะมีพันธะคู่หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน ส่วนมอนอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นเป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันอย่างน้อย 2 หมู่ เช่น $HOCH_2-CH_2OH$ หรือ NH_2-CH_2-COOH และได้สารโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น น้ำ แก๊ส HCl และ NH_3 เป็นผลพลอยได้

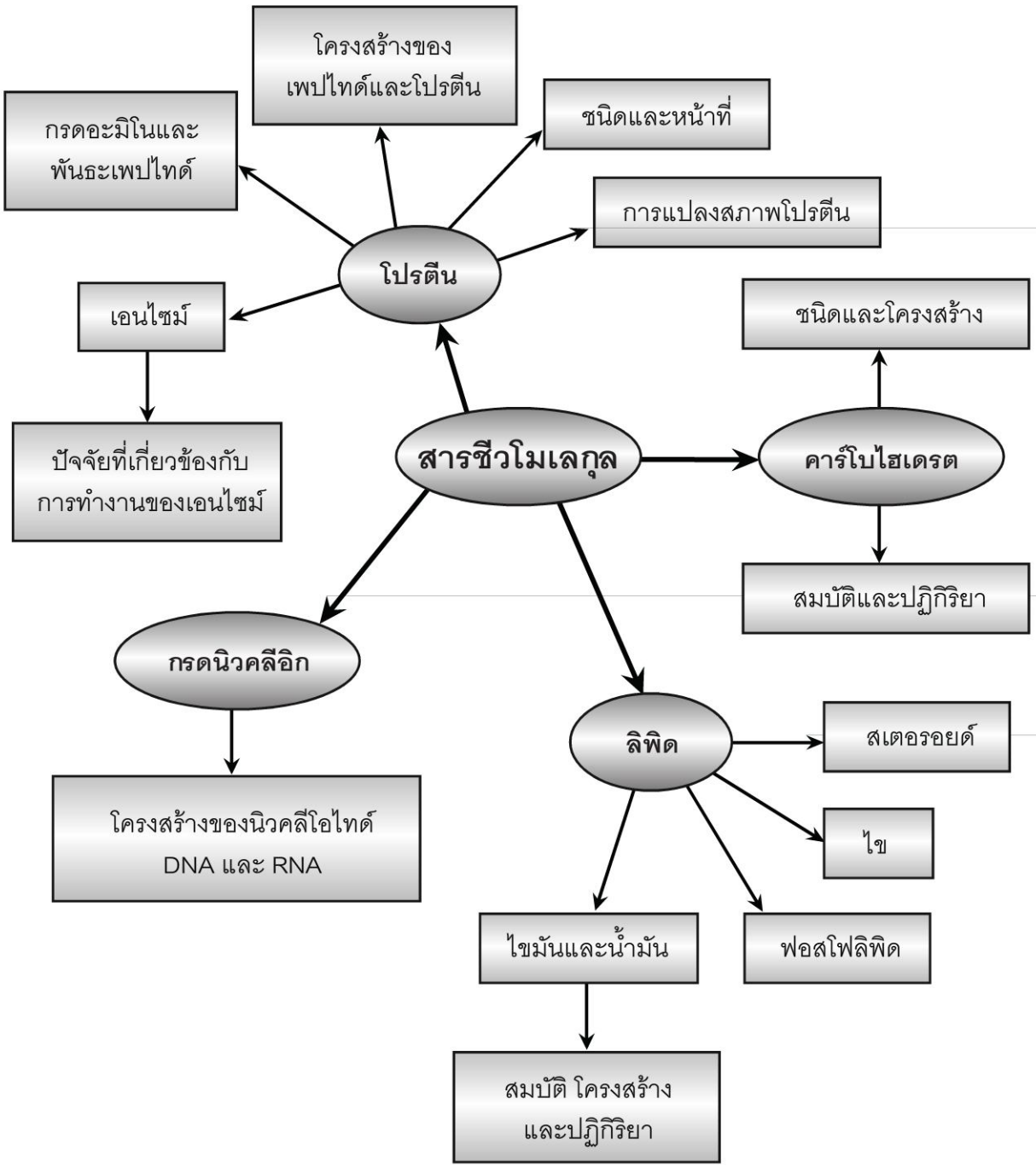
บทที่ 13

สารชีวโมเลกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก โปรตีน และลิพิดได้
2. บอกสมบัติและวิธีทดสอบไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตได้
3. บอกประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก โปรตีน และลิพิดได้
4. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองในเรื่องต่อไปนี้
   - 4.1 สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
   - 4.2 การแปลงสภาพโปรตีน
   - 4.3 การละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายบางชนิด
   - 4.4 ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสน้ำมันหรือไขมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้เรื่อง สารชีวโมเลกุล



การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	บันทึกผลการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การใช้ความสามารถทางสมอง	ใส่ความคิดสร้างสรรค์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	อาหารประกอบด้วยสารต่าง ๆ อาหารต่างชนิดกันจะประกอบด้วยสารอาหารที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก โปรตีน และลิพิด จัดเป็นสารชีวโมเลกุล ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิต เมื่อจำแนกตามจำนวนหน่วยย่อยที่เป็นองค์ประกอบจะได้มอนอแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	มอนอแซ็กคาไรด์เป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรต และไดแซ็กคาไรด์เกิดจากการรวมตัวของมอนอแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล ส่วนพอลิแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์หลาย ๆ โมเลกุลเชื่อมต่อกัน ↓	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การค้นคว้า	การอ่าน	การแสดงความรู้	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
3	2	1	-	การไฮโดรไลซ์ไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์อย่างสมบูรณ์จะได้มอนอแซ็กคาไรด์	-	-	-	-	-	-	4
2	-	1	-	ร่างกายสามารถสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกได้จากกรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรต	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	กรดนิวคลีอิกมีหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม รวมทั้งควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อไปทำหน้าที่ต่าง ๆ ในเซลล์	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	กรดนิวคลีอิกที่พบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมี 2 ชนิด คือ กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิกหรือ DNA และกรดไรโบนิวคลีอิกหรือ RNA	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การนำเสนอ	การอภิปราย	การแก้ปัญหาโจทย์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	DNA มีโครงสร้างเป็นแบบเกลียวคู่ ส่วน RNA เป็นแบบสายเดี่ยว ทั้ง DNA และ RNA ล้วนประกอบด้วยหน่วยย่อย ๆ ซึ่งเรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยหน่วยย่อย 3 ส่วนคือ น้ำตาลเพนโทส เบสที่มีไนโตรเจนในโมเลกุล และฟอสเฟต ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	นิวคลีโอไทด์ของ DNA และ RNA ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เหมือนกัน แต่ต่างกันที่ชนิดของน้ำตาลเพนโทส และชนิดของเบส ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	นิวคลีโอไทด์ของ DNA ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสไซโตซีน ไทมีน อะดีนีน กวานีน ส่วนนิวคลีโอไทด์ของ RNA ประกอบด้วยน้ำตาลไรโบสและเบสยูราซิล ไซโตซีน อะดีนีน และกวานีน ↓	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลและการสื่อสาร	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบมากที่สุดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	โปรตีนเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลสูง เมื่อถูกไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์ จะได้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กเรียกว่า กรดอะมิโน ซึ่งมีทั้งชนิดที่ร่างกายสังเคราะห์ได้เอง และสังเคราะห์เองไม่ได้ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	กรดอะมิโนที่สิ่งมีชีวิตสังเคราะห์เองไม่ได้เรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น ↓	-	-	-	-	-	-	-
3	-	1	-	กรดอะมิโนประกอบด้วยไฮโดรเจนหมู่อะมิโนอย่างน้อย 1 หมู่ และกรดคาร์บอกซิลิกอย่างน้อย 1 หมู่ ต่ออยู่กับคาร์บอนในตำแหน่งแอลฟา ↓	-	-	2	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนตอบ	การหาข้อมูล	การคำนวณ	ประเมินผลการเรียนรู้	ใส่ความคิดเห็น	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	โปรตีนแต่ละชนิดมีลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนที่จำเพาะและมีการจัดโมเลกุลให้เกิดโครงสร้างสามมิติที่เหมาะสมกับการทำหน้าที่ต่าง ๆ ↓	-	-	-	-	-	-	3
2	-	1	-	เอนไซม์เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิต ↓	-	-	-	-	-	-	-
4	3	1	-	เอมไซม์จะทำหน้าที่ได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม แต่ถ้าสภาพเปลี่ยนแปลงไป เช่น มีอุณหภูมิสูงมาก pH เปลี่ยนแปลง เอมไซม์จะไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ↓	2	-	-	-	-	-	-
4	3	1	-	การทำลายพันธะเพปไทด์ พันธะไฮโดรเจนหรือการเปลี่ยนแปลงลำดับกรดอะมิโนในโปรตีน จะทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป เรียกว่า การแปลงสภาพโปรตีน ↓	2	-	-	-	-	-	5

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การทำงานกลุ่ม	การนำเสนอ	การแสดงความรู้	ใส่ทัศนคติ	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	ลิพิดเป็นสารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุหลักคือคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน นอกจากนี้อาจประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตัวอย่างของลิพิด เช่น ไขมันและน้ำมัน ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ไขมันและน้ำมันเป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกลีเซอรอลกับกรดไขมัน ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	กรดไขมันมีทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ส่วนใหญ่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเป็นเลขคู่ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	กรดไขมันอิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ↓	-	-	-	-	1	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การอ่าน	การแก้ปัญหา	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	ไขมันหรือน้ำมันที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวจะมีสถานะเป็นของแข็ง แต่ถ้าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ไขมันหรือน้ำมันที่เก็บไว้เป็นเวลานานจะเหม็นหืนได้ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	-	-	-	-	-	-	-
4	3	1	-	โมเลกุลของไขมันและน้ำมันไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ จึงเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว	2	-	-	-	-	-	-
4	3	1	-	ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสไขมันหรือน้ำมันด้วยเบส ได้เกลือโซเดียมของกรดไขมันหรือสบู่เรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน	2	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลและการนำเสนอ	ใช้สื่อศึกษาอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	โมเลกุลของสบู่มีทั้งส่วนที่มีขั้วและส่วนที่ไม่มีขั้ว จึงละลายได้ทั้งในน้ำและน้ำมัน ทำให้มีสมบัติในการล้างไขมันและสิ่งสกปรกจากเสื้อผ้าและร่างกายได้	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	เมื่อใช้สบู่ในน้ำกระด้าง แคลเซียม-ไอออนและแมกนีเซียมไอออนในน้ำกระด้างจะทำปฏิกิริยากับสบู่เกิดตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	โมเลกุลของสารซักฟอกประกอบด้วยส่วนที่มีขั้วและส่วนที่ไม่มีขั้วเช่นเดียวกับสบู่ แต่ไม่เกิดตะกอนกับไอออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำกระด้าง	-	-	-	-	-	-	3
2	-	1	-	นอกจากไขมันและน้ำมันแล้วยังมีลิพิดอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การนำเสนอ	การอภิปราย	โครงการเพื่อสังคม	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	ฟอสโฟลิพิดเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลที่เกิดจากการรวมตัวของกลีเซอรอล 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน 2 โมเลกุลและหมู่ฟอสเฟต 1 หมู่ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ฟอสโฟลิพิดจะมีสมบัติหรือพฤติกรรมคล้ายกับไอออนลบของกรดไขมันคือมีโครงสร้างส่วนหัวที่มีขั้วและส่วนหางไม่มีขั้ว ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ไขเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ณ อุณหภูมิห้องมีสถานะเป็นของแข็งที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ ↓	-	-	-	-	-	-	-
2	-	1	-	ไขมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุและแอลกอฮอล์ที่เป็นองค์ประกอบ ไขทุกชนิดไม่ละลายน้ำทำหน้าที่หล่อลื่นและป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีมาก ↓	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การหาข้อมูล	การคำนวณ	การแสดงผลและการสื่อสาร	โสตทัศนอุปกรณ์	แบบฝึกหัด
2	-	1	-	สเตอรอยด์เป็นลิพิดที่มีโครงสร้างเฉพาะ ประกอบด้วยวงคาร์บอนที่เชื่อมต่อกัน เรียกโครงสร้างพื้นฐานของสเตอรอยด์ว่า เปอร์ไฮโดรไซโคล-เพนทาโนนฟีแนนทรีน	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	สเตอรอยด์ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในไขมันหรือตัวทำละลายอินทรีย์ สารสเตอรอยด์มีหลายประเภท อาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้เป็นคอเลส-เตอรอล ฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติคอยด์ ฮอร์โมนเพศ และกรดน้ำดี	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	คอเลสเตอรอลที่สังเคราะห์ขึ้นในร่างกาย ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สเตอรอยด์อื่นในร่างกาย	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	คอเลสเตอรอลมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต แต่ถ้ามีจำนวนมากจะถูกสะสมและทำให้เกิดการอุดตันของเส้นเลือด	-	-	-	-	-	-	-

การให้ความรู้	การอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง	การอภิปรายความรู้ที่ได้เรียนมา	การสาธิตของครู	ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องภายในบทเรียน บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล	นักเรียนทำการทดลอง	กิจกรรมของนักเรียน เขียนรายงาน	การนำเสนอ	การอภิปราย	การแสดงผลงาน	โสตทัศนูปกรณ์	แบบฝึกหัด
1	-	-	-	ฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติคอยด์ เป็นสเตอรอยด์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ต่อมอะดีนัล ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการควบคุมสมดุลของน้ำและอิเล็กโทรไลต์ รวมทั้งการเผาผลาญโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ↓	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	กรดน้ำดีถูกสังเคราะห์จากคอเลสเตอรอลที่ตับและถูกสะสมไว้ในถุงน้ำดี	-	-	-	-	-	-	-

สรุปแนวความคิดที่สำคัญภายในบทเรียน

บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า สารชีวโมเลกุล โดยเริ่มจากการศึกษาคาร์โบไฮเดรตซึ่งแบ่งเป็นมอนอแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ พอลิแซ็กคาไรด์ ศึกษาองค์ประกอบย่อยและโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตรวมทั้งแหล่งที่พบคาร์โบไฮเดรต สมบัติ และปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต ต่อจากนั้นศึกษา โครงสร้าง องค์ประกอบ และความสำคัญของกรดนิวคลีอิก ศึกษาองค์ประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน พันธะเพปไทด์ โครงสร้าง ชนิด และหน้าที่ของโปรตีน เอนไซม์ แล้วศึกษาสมบัติและปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ประโยชน์ของเอนไซม์ การแปลงสภาพโปรตีน ต่อจากนั้นจึงศึกษาลิพิด โดยเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบของไขมันและน้ำมัน สมบัติการละลาย ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสน้ำมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการเตรียมสบู่ การทำความสะอาดไขมันและสิ่งสกปรกด้วยสบู่ การนำสารที่มีโครงสร้างคล้ายสบู่มาทำหน้าที่แทนสบู่ แล้วจึงศึกษาองค์ประกอบและความสำคัญของลิพิดอื่น ๆ ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ 18 ชั่วโมง

ให้ทบทวนความรู้เรื่องประโยชน์ของสารอาหารต่อการดำรงชีวิต และเชื่อมโยงความรู้เข้าสู่เรื่องสารชีวโมเลกุลซึ่งจะศึกษาจากบทเรียนนี้ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก โปรตีน และลิพิด

13.1 คาร์โบไฮเดรต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุธาตุองค์ประกอบและประเภทของคาร์โบไฮเดรตพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
2. บอกผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ได้
3. อธิบายสมบัติของคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ ได้
4. บอกประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตได้

ทบทวนประเภทของสารอาหารเพื่อนำเข้าสู่เรื่องคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิต พร้อมทั้งยกตัวอย่างคาร์โบไฮเดรตที่พบในชีวิตประจำวัน

13.1.1 ชนิดและโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต

ให้ความรู้เกี่ยวกับธาตุองค์ประกอบหลักของคาร์โบไฮเดรต ความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตต่อร่างกาย การจำแนกประเภทของคาร์โบไฮเดรต โดยพิจารณาจากจำนวนหน่วยย่อยที่เป็นองค์ประกอบ สูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง หมู่ฟังก์ชันของน้ำตาลมอนอแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ ตลอดจนแหล่งที่พบน้ำตาลแต่ละชนิด การไฮโดรไลซ์ไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์เกิดเป็นมอนอแซ็กคาไรด์ ตามรายละเอียดในบทเรียน

13.1.2 สมบัติและปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรต

ทบทวนความรู้พร้อมทั้งยกตัวอย่างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำตาลทราย แป้ง และเซลลูโลส ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นมอนอแซ็กคาไรด์ แล้วให้ศึกษาสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ จากข้อมูลในตาราง 13.1

คาร์โบไฮเดรต	การละลายน้ำ	การเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสารละลายไอโอดีน		การเปลี่ยนแปลงเมื่อต้มกับสารละลายเบเนดิกต์	
		ก่อนเติมกรด	หลังเติมกรด	ก่อนเติมกรด	หลังเติมกรด
กลูโคส (มอนอแซ็กคาไรด์)	ละลาย	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น
น้ำตาลทราย (ไดแซ็กคาไรด์)	ละลาย	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	สารละลายมีสีฟ้า	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น
แป้ง (พอลิแซ็กคาไรด์)	ละลายน้ำได้น้อย	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	สารละลายมีสีฟ้า	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น
สำลี (พอลิแซ็กคาไรด์)	ไม่ละลาย	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง	สารละลายมีสีฟ้า	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น

ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและร่วมกันอภิปรายตามแนวคำถามในบทเรียนจนได้ข้อสรุป ดังนี้

1. กลูโคสและน้ำตาลทรายละลายในน้ำได้ดี แป้งละลายน้ำได้น้อย แต่เมื่อทำให้สุกจะได้น้ำแป้งที่ใสกว่าเดิมและมีลักษณะเป็นคอลลอยด์ ส่วนสำลีไม่ละลายน้ำแต่จะอุ้มน้ำ

2. เมื่อเติมสารละลายไอโอดีนลงในสารละลายกลูโคส น้ำตาลทราย น้ำแป้ง และสำลี พบว่าเฉพาะน้ำแป้งเท่านั้นที่ได้สารละลายสีม่วงน้ำเงิน

3. น้ำตาลทราย แป้ง และสำลี ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ แสดงว่าน้ำตาลทราย แป้ง และสำลี มีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างไปจากกลูโคส

4. เมื่อต้มกลูโคส น้ำตาลทราย แป้ง และสำลี กับกรดซัลฟิวริก จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสโดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ ซึ่งส่วนใหญ่คือ กลูโคสและฟรักโทส จึงทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ได้ตะกอนสีแดงอิฐ

ต่อจากนั้นครูนำอภิปรายถึงสมบัติและโครงสร้างที่แตกต่างกันของแป้งและเซลลูโลสรวมถึงไกลโคเจน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

มอนอแซ็กคาไรด์แบ่งตามหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แอลโดส คือน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์อยู่ในโมเลกุล ตัวอย่างแอลโดสที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 5 เช่น อะราบิโนส ไรโบสที่มีอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 6 เช่น กลูโคส กาแลกโทส แมนโนส

2. คีโตส คือน้ำตาลที่มีหมู่คาร์บอนิลอยู่ในโมเลกุล ตัวอย่างคีโตสที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 6 เช่น ฟรักโทส

หัวข้อ 13.1 13.1.1 13.1.2 และแบบฝึกหัด 13.1 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 13.1

1. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างมอนอแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์

   มอนอแซ็กคาไรด์ เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ประกอบด้วยคาร์บอน 3 ถึง 8 อะตอม
   ไดแซ็กคาไรด์ เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือมอนอแซ็กคาไรด์ 2 หน่วย
   พอลิแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยมากกว่า 10 หน่วย

2. จงบอกแหล่งที่พบอาหารพวกแป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน

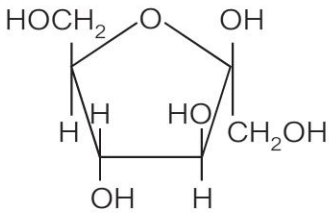
   แป้ง สะสมอยู่ในพืชเป็นส่วนใหญ่ เช่น ข้าว มันฝรั่ง ถั่ว และธัญพืช
   เซลลูโลส พบมากในพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของพืช เช่น ฝ้าย
   ไกลโคเจน สะสมอยู่ในเซลล์สัตว์ พบมากในตับและกล้ามเนื้อ

3. แป้งและเซลลูโลสต่างก็ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส จงอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงมีสมบัติแตกต่างกัน

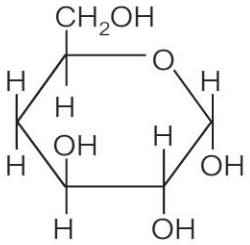
   แป้งและเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคสเหมือนกัน แต่โครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้สมบัติและหน้าที่ของแป้งและเซลลูโลสต่างกัน

4. จงบอกความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของฟรักโทส กลูโคส และซูโครส

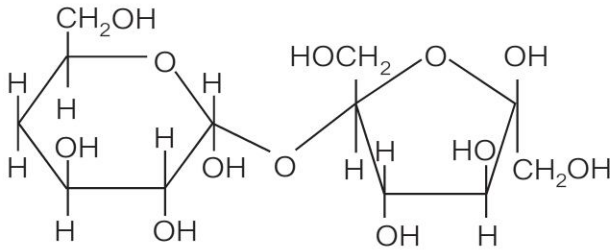
ฟรักโทส เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม มีโครงสร้างแบบวงดังนี้



กลูโคส เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม มีโครงสร้างแบบวงดังนี้



ซูโครส เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคส 1 โมเลกุลกับฟรักโทส 1 โมเลกุล มีโครงสร้างดังนี้



5. การฉีดกลูโคสให้กับคนไข้ที่มีอาการอ่อนเพลีย จะมีผลแตกต่างจากการให้คนไข้รับประทานอาหารที่มีรสหวานหรืออาหารจำพวกแป้งอย่างไร

การฉีดกลูโคสให้กับคนไข้ที่มีอาการอ่อนเพลีย จะช่วยเพิ่มปริมาณกลูโคสในเลือดของคนไข้ให้สูงขึ้นโดยเร็ว ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทันที แต่ถ้าให้คนไข้รับประทานอาหารที่มีรสหวานหรืออาหารจำพวกแป้ง อาหารเหล่านั้นจะต้องผ่านกระบวนการย่อยโดยเอนไซม์จนได้เป็นกลูโคส แล้วจึงจะถูกดูดซึมไปใช้ได้ ซึ่งต้องใช้เวลานานกว่า

13.2 กรดนิวคลีอิก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA ได้
2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของ DNA และ RNA ได้
3. บอกประโยชน์และสมบัติของกรดนิวคลีอิกได้

13.2.1 โครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA

อภิปรายเกี่ยวกับความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่ได้ศึกษามา ต่อจากนั้นนำเข้าสู่การอภิปรายถึงความสำคัญของสารชีวโมเลกุลอีกชนิดหนึ่งที่ร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองได้ ซึ่งได้แก่ กรดนิวคลีอิก ตามรายละเอียดในบทเรียน หลังจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบและโครงสร้างของ DNA และนิวคลีโอไทด์รวมทั้งเปรียบเทียบโครงสร้างของ DNA และ RNA ตามรายละเอียดในบทเรียน

13.3 โปรตีน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้
2. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้
3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้
4. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้
5. บอกสมบัติและประโยชน์ของเอนไซม์ต่อสิ่งมีชีวิตได้
6. บอกความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนได้

13.3.1 กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ให้ความรู้เกี่ยวกับธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน อาหารประเภทโปรตีนที่พบในชีวิตประจำวัน ตามรายละเอียดในบทเรียน ทบทวนความรู้ที่นักเรียนได้เคยศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหาร โดยสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบโปรตีนจำเป็นต้องเติมสารละลาย NaOH เพื่อทำให้สารละลายมีสมบัติเป็นเบส เมื่อเติมสารละลาย $CuSO_4$ ลงไปจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้สารสีม่วงน้ำเงิน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากพันธะเพปไทด์ในโปรตีนทำปฏิกิริยากับสารละลาย $CuSO_4$ เกิดเป็นสารเชิงซ้อน
2. สำหรับหลอดที่ไม่เติมสารละลาย NaOH จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเติม $CuSO_4$
3. อาหารที่นำมาทดสอบมีปริมาณของโปรตีนแตกต่างกัน ซึ่งสังเกตได้จากสีน้ำเงินม่วงที่เกิดขึ้นมีความเข้มต่างกัน สีเข้มมากแสดงว่ามีโปรตีนมากกว่าสีเข้มน้อย
4. ไข่ขาว ไข่แดง และน้ำเต้าหู้ ต่างก็มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน

อภิปรายถึงวิธีการทดสอบโปรตีนที่เรียกว่าการทดสอบไบยูเรต ตามรายละเอียดในบทเรียน

ต่อจากนั้นจึงอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบย่อยของโปรตีนซึ่งเรียกว่า กรดอะมิโน แล้วให้ความรู้เกี่ยวกับกรดอะมิโนจำเป็น การรวมตัวกันของกรดอะมิโนด้วยพันธะเพปไทด์เกิดเป็นสารประกอบไดเพปไทด์ ไตรเพปไทด์ และพอลิเพปไทด์ แล้วให้พิจารณาตัวอย่างกรดอะมิโนที่นำเสนอไว้ในหนังสือเรียน นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามถึงโครงสร้างพื้นฐานที่เหมือนกันของกรดอะมิโน และความแตกต่างกันของโซ่ข้างตามรายละเอียดในบทเรียน

13.3.2 โครงสร้างของโปรตีน

ทบทวนเกี่ยวกับพอลิเพปไทด์และโปรตีน ซึ่งต่างก็ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดและมีจำนวนแตกต่างกัน แล้วให้ความรู้เรื่องการจัดเรียงลำดับกรดอะมิโนของเพปไทด์และโปรตีนแต่ละชนิดว่าจะต้องมีการจัดลำดับของกรดอะมิโนที่จำเพาะ ตามรายละเอียดในบทเรียน

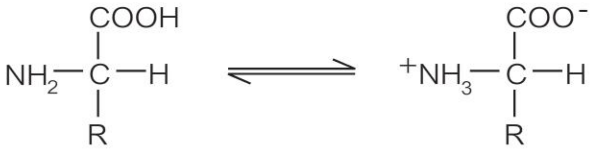
อภิปรายต่อไปเกี่ยวกับการเขียนลำดับกรดอะมิโนของเพปไทด์และโปรตีนซึ่งเรียกว่า โครงสร้างปฐมภูมิของเพปไทด์ เกิดเป็นโครงสร้างจำเพาะที่แตกต่างกันตามชนิดและจำนวนของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ แล้วให้ความรู้เพิ่มเติมว่า สำหรับเพปไทด์ที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น เช่น พอลิเพปไทด์หรือโปรตีนโมเลกุลอาจมีการม้วนหรือพับเข้าหากันทำให้มีโครงสร้างที่จำเพาะระดับอื่น ๆ เกิดขึ้น เพื่อนำเข้าสู่เรื่องโครงสร้าง 3 มิติ ซึ่งได้แก่ โครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ และจตุรภูมิ ตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

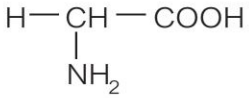
1. โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีมวลโมเลกุลตั้งแต่ 5×10^3 ถึง 1×10^7 ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน ประมาณร้อยละ 50 – 55 , 7 , 23 , 16 และ 1 โดยมวล ตามลำดับ
2. โปรตีนแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ
   2.1 โปรตีนที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดอะมิโนเพียงอย่างเดียว
   2.2 โปรตีนที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดอะมิโนและองค์ประกอบอื่น ซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น

โปรตีน	องค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่กรดอะมิโน	แหล่งที่พบ
ไลโพโปรตีน ไกลโคโปรตีน นิวคลีโอโปรตีน	ลิพิด เช่น คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก	นม ไข่แดง เลือด เยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ เคซีน นิวเคลียสของเซลล์

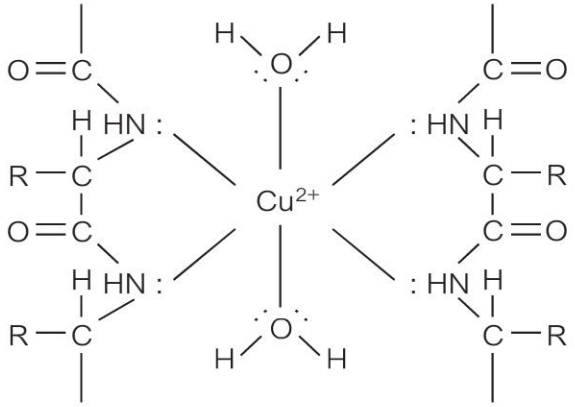
3. กรดอะมิโนเป็นสารที่มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส ถ้าโมเลกุลของกรดอะมิโนอยู่ในสภาวะ pH ที่เหมาะสมจะแสดงสภาพเป็นทั้งไอออนบวกและลบในโมเลกุลเดียวกันได้ เรียกว่า Zwitterion ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างหมู่คาร์บอกซิลกับหมู่อะมิโน ทำให้โมเลกุลของกรดอะมิโนดูเสมือนเกิดคาร์บอกซิเลตไอออนและแอมโมเนียมไอออนได้ ดังตัวอย่าง



4. พันธะเพปไทด์เป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนที่มาเชื่อมต่อกัน โดยกรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลจะต้องเป็นกรดอะมิโนชนิดแอลฟา คือมีหมู่อะมิโนเกาะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 นับจากหมู่คาร์บอกซิล เช่น ไกลซีนมีสูตรโครงสร้าง



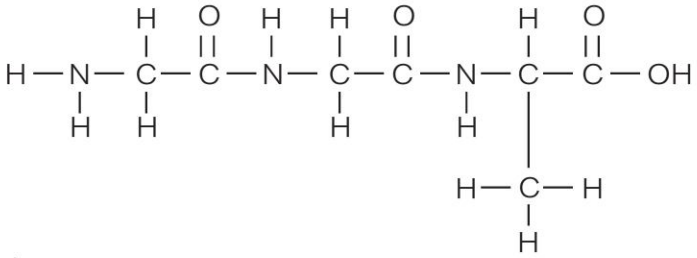
5. การทดสอบไบยูเรต (biuret test) เป็นปฏิกิริยาเฉพาะที่ให้ผลกับสารที่มีพันธะเพปไทด์ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป ให้สารสีม่วงน้ำเงินของสารประกอบเชิงซ้อนของ Cu^{2+} กับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนในพันธะเพปไทด์และน้ำ ดังนี้



หัวข้อ 13.2 13.2.1 13.3 13.3.1 13.3.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 13.2 ควรใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 13.2

1. จงพิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

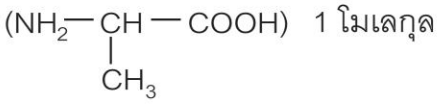


ก. มีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ

ข. เกิดจากกรดอะมิโนกี่ชนิด และแต่ละชนิดมีชื่อว่าอย่างไร

ก. มีพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ

ข. เกิดจากกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ (NH_2-CH_2-COOH) 2 โมเลกุล กับอะลานีน



(NH_2—CH(—CH_3)—COOH) 1 โมเลกุล

2. กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุล (กำหนดให้เป็น A B C และ D) เมื่อรวมกันจะเกิดเป็นเพปไทด์ได้กี่ชนิด

กรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 4 โมเลกุลจะรวมกันเป็นพอลิเพปไทด์ได้ 24 ชนิด ดังนี้

ABCD	ABDC	ACBD	ACDB	ADBC	ADCB
BACD	BADC	BCDA	BCAD	BDCA	BDAC
CABD	CADA	CBAD	CBDA	CDAB	CDBA
DABC	DACB	DBAC	DBCA	DCAB	DCBA

3. จงเขียนปฏิกิริยาการเกิดเพปไทด์ และชื่อย่อของเพปไทด์ต่อไปนี้

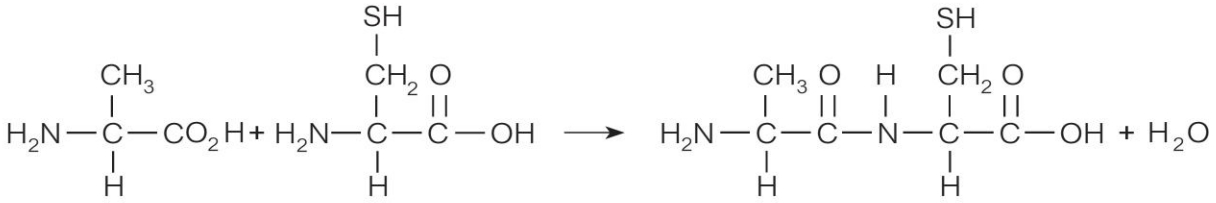
ก. อะลานิลซีสเตอีน

ข. ซีรีลฟีนิลอะลานีน

ค. ไกลซิลอะลานิลเวลีน

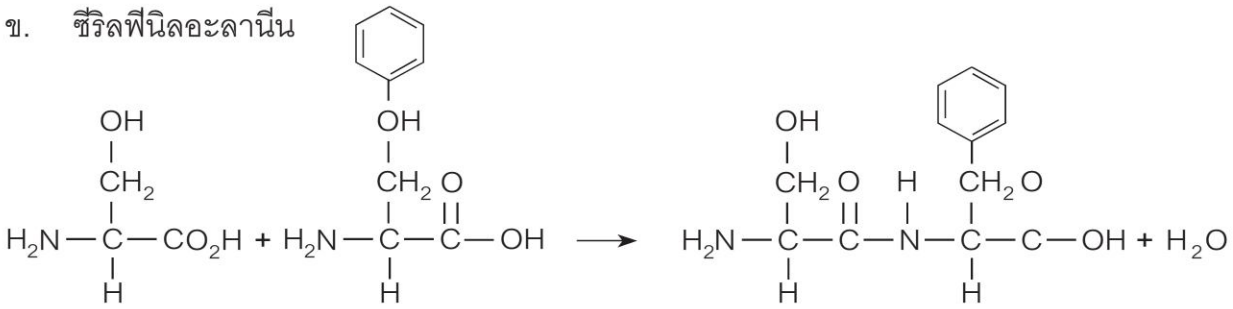
ง. เวลิลไอโซลูซิลทริปโตเฟน

ก. อะลานิลซีสเตอีน



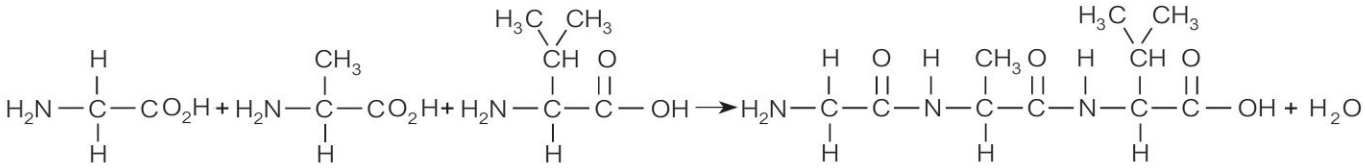
Ala - Cys

ข. ซีรีลฟีนิลอะลานีน



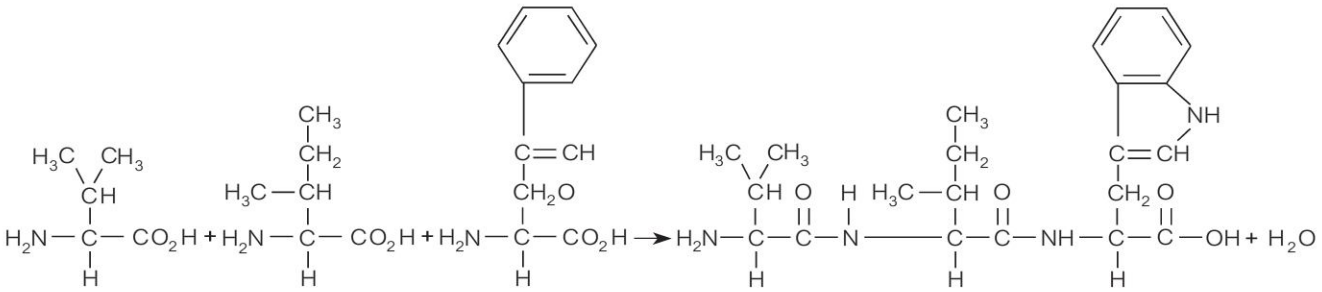
Ser - Phe

ค. ไกลซิลอะลานิลเวลีน



Gly - Ala - Val

ง. เวลิลไอโซลิวซิลทริปโตเฟน



Val - Ile - Trp

4. จงบอกความแตกต่างของพันธะที่เกิดขึ้นในโครงสร้างทุติยภูมิแบบเกลียวแอลฟาและแบบแผ่นพลีทบีต้า

พันธะในโครงสร้างแบบเกลียวแอลฟาเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C = O ในพันธะเพปไทด์ของกรดอะมิโนตัวหนึ่งกับ N – H ในพันธะเพปไทด์ของกรดอะมิโนถัดไปอีก 4 ตัวในสายเพปไทด์เดียวกันสำหรับพันธะในโครงสร้างทุติยภูมิแบบพลีทบีต้าเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C = O กับ N – H ของสายเพปไทด์คนละสายที่อยู่คู่กัน

13.3.3 ชนิดและหน้าที่ของโปรตีน

ทบทวนเกี่ยวกับโครงสร้างระดับต่าง ๆ ของโปรตีนซึ่งมีรูปร่างต่าง ๆ กัน แล้วให้ความรู้เรื่องการแบ่งชนิดของโปรตีนตามลักษณะรูปร่างของโครงสร้าง 3 มิติ ได้เป็นโปรตีนก้อนกลมและโปรตีนเส้นใย นอกจากนั้นอาจแบ่งโปรตีนตามหน้าที่ได้เป็น โปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา โปรตีนสะสม โปรตีนป้องกัน โปรตีนฮอร์โมน โปรตีนเร่งปฏิกิริยา(เอมไซม์) โปรตีนโครงสร้าง และโปรตีนขนส่ง ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดจะมีสมบัติและหน้าที่แตกต่างกัน ตามรายละเอียดในบทเรียน

13.3.4 เอนไซม์

ทบทวนเกี่ยวกับหน้าที่ของตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีที่ได้ศึกษามาแล้วในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วให้ความรู้เรื่องเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเซลล์สิ่งมีชีวิต ช่วยให้ปฏิกิริยาการสังเคราะห์และการแยกสลายในเซลล์สิ่งมีชีวิตเกิดได้เร็วขึ้นและเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าปฏิกิริยาชนิดเดียวกันที่ทำในห้องปฏิบัติการ ต่อจากนั้นจึงยกตัวอย่างการทำหน้าที่ของเอนไซม์ในปฏิกิริยาบางชนิด พร้อมทั้งพิจารณากราฟแสดงการดำเนินไปของปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์และไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วให้ความรู้เกี่ยวกับการเรียกชื่อเอนไซม์ตามรายละเอียดในบทเรียน ต่อจากนั้นให้นักเรียนศึกษาสมบัติของเอนไซม์จากการทดลอง 13.1

การทดลอง 13.1 สมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และผลของอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตบางชนิด

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์
2. บอกสมบัติของเอนไซม์ได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	10	นาที
ทดลอง	45	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	25	นาที
รวม	80	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. ยีสต์	1 ช้อนเบอร์ 2
2. น้ำตาลทราย	0.5 g
3. สารละลายเบเนดิกต์	2 cm^3
4. น้ำสับปะรด	4 cm^3
5. สารละลายเจลาติน	5 cm^3
6. น้ำกลั่น	10 cm^3
7. น้ำแข็ง	
อุปกรณ์	
1. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
2. หลอดทดลองขนาดกลาง	2 หลอด
3. หลอดทดลองขนาดเล็ก	5 หลอด
4. ช้อนเบอร์ 2	1 อัน
5. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	3 ใบ
6. บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3	2 ใบ
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
8. เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน
9. แท่งแก้วคน	1 อัน
10. ที่วางหลอดทดลอง	1 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

1. เตรียมน้ำสับปะรดโดยนำเนื้อสับปะรดที่หั่นจนละเอียด 150 g ห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วบีบน้ำสับปะรดใส่ภาชนะให้ได้ประมาณ 100 cm^3
2. เตรียมสารละลายเจลาตินโดยต้มเจลาติน 8 g ในน้ำกลั่น 80 cm^3 ทั้งนี้ไม่ควรเตรียมเจลาตินก่อนทำการทดลองนานเกินไป อาจทำให้เจลาตินแข็งตัวได้

อภิปรายก่อนการทดลอง

แนะนำเกี่ยวกับการทดลองดังนี้

ตอนที่ 1

1. ในการทดลองศึกษาการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ในที่นี้เอนไซม์จะทำงานได้เหมาะสมที่อุณหภูมิ 30 – 35 °C ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้ควรปรับอุณหภูมิโดยอุ่นสารในน้ำอุ่น
2. ขณะที่รอผลการทดลองในตอนที่ 1 นักเรียนอาจต้มน้ำไว้สำหรับทำการทดลองในข้อ 3

ตอนที่ 2

1. การทำน้ำสับปะรดให้มีอุณหภูมิต่าง ๆ ด้วยการแช่หลอดทดลองในน้ำที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งทำได้โดยต้มน้ำประมาณ 100 cm^3 ในบีกเกอร์ขนาด 250 cm^3 ให้เดือด แบ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 3 ใบ ใบละประมาณ 30 cm^3 แล้วผสมน้ำเย็นลงในสองบีกเกอร์ให้ได้อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C
2. การเตรียมน้ำสับปะรดให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ อาจมีค่าคลาดเคลื่อนได้ในช่วง ±5 °C

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตอนที่ 1

หลอดที่	การเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสารละลายเบเนดิกต์	
	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
1	สีฟ้า	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มและมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น
2	สีฟ้า	ไม่เปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 2

หลอดที่	อุณหภูมิของน้ำสับปะรดก่อนผสมเจลาติน	การเปลี่ยนแปลงของเจลาตินภายหลังแช่ในน้ำแข็ง
1	อุณหภูมิห้อง	ไม่แข็งตัว
2	60 °C	แข็งตัวบางส่วน
3	80 °C	แข็งตัวหมด
4	100 °C	แข็งตัวหมด

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองตามแนวคำถามจนได้ข้อสรุป แล้วนำเสนอเพื่ออภิปรายร่วมกันอีกครั้งซึ่งควรได้ข้อสรุปดังนี้

ตอนที่ 1

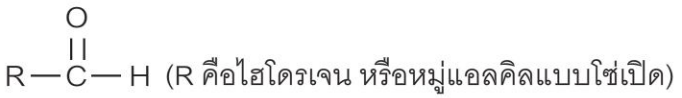
เมื่อต้มสารละลายน้ำตาลทรายกับสารละลายเบเนดิกต์จะไม่เปลี่ยนสี แต่เมื่อผสมสารละลายน้ำตาลทรายกับยีสต์แล้วต้มกับสารละลายเบเนดิกต์ จะเปลี่ยนเป็นสีส้มและมีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น แสดงว่าเอนไซม์จากยีสต์ช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำตาลทรายให้สลายเป็นมอนอแซ็กคาไรด์ คือกลูโคสกับฟรักโทส ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ได้ตะกอนสีแดงอิฐ ดังแสดงสมการ

ตอนที่ 2

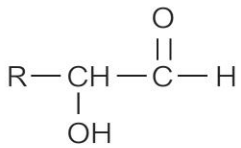
1. สารละลายเจลาตินเมื่อแช่ในน้ำแข็งจะแข็งตัว
2. ที่อุณหภูมิห้อง เอนไซม์ในน้ำสับปะรดยังแสดงสมบัติการเร่งปฏิกิริยาได้ตามปกติแต่เมื่ออุณหภูมิประมาณ 60 °C เอนไซม์จะเริ่มแปลงสภาพบางส่วน
3. เอนไซม์ในน้ำสับปะรดที่อุณหภูมิประมาณ 80 °C และ 100 °C จะแปลงสภาพหมดจึงไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้
4. น้ำสับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลนที่ย่อยสลายเจลาตินได้ เมื่อได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่ง เอนไซม์จะแปลงสภาพและไม่สามารถย่อยสลายเจลาตินได้ เจลาตินจึงแข็งตัวเมื่อแช่ในน้ำแข็ง

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

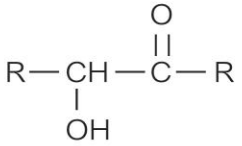
1. สารละลายเบเนดิกต์ ใช้ทดสอบสารที่มีหมู่ฟังก์ชันต่อไปนี้
   1.1 แอลดีไฮด์ที่มีหมู่แอลคิล



   1.2 แอลดีไฮด์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งแอลฟา (แอลฟาไฮดรอกซีแอลดีไฮด์)



1.3 คีโตนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งแอลฟา (แอลฟาไฮดรอกซีคีโตน)



1.4 แอลฟาคีโต แอลดีไฮด์

2. การอุ่นสารละลายน้ำตาลทรายกับสารละลายเบเนดิกต์ ให้อุ่นตามเวลาที่กำหนด ถ้าอุ่นนานเกินไปน้ำตาลทรายบางส่วนอาจถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเบสในสารละลายเบเนดิกต์ เกิดเป็นมอนอแซ็กคาไรด์และเข้าทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีแดงอิฐและสารละลายมีสีเขียวอมเหลืองเกิดขึ้นได้

3. การเปลี่ยนสีของเบเนดิกต์ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำตาลที่ทำปฏิกิริยากับเบเนดิกต์

ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายถึงผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ตามรายละเอียดในบทเรียน

หัวข้อ 13.3.3 13.3.4 การทดลอง 13.1 ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

13.3.5 การแปลงสภาพโปรตีน

ทบทวนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่กับโครงสร้างของโปรตีน แล้วอภิปรายต่อไปว่าถ้าแรงยึดเหนี่ยวภายในโครงสร้างของโปรตีนถูกทำลาย โปรตีนจะไม่สามารถทำหน้าที่ทางชีวภาพได้เนื่องจากโปรตีนถูกแปลงสภาพ ต่อจากนั้นให้ทำการทดลอง 13.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีน

การทดลอง 13.2 การแปลงสภาพโปรตีน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการแปลงสภาพโปรตีน และปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีน

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการแปลงสภาพโปรตีนเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ได้
2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการแปลงสภาพโปรตีนได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	30	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	15	นาที
รวม	50	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
1. ไข่ขาวดิบ	5 cm^3
2. กรดแอซีติกเข้มข้น	0.5 cm^3
3. สารละลาย NaOH 6 mol/dm^3	0.5 cm^3
4. สารละลาย NaOH 2.5 mol/dm^3	2 cm^3
5. เอทานอล 95%	0.5 cm^3
6. สารละลาย $Pb(NO_3)_2$ 0.5 mol/dm^3	0.5 cm^3
7. สารละลาย $CuSO_4$ 0.1 mol/dm^3	2 cm^3
อุปกรณ์	
1. บีกเกอร์ขนาด 50 cm^3	1 ใบ
2. หลอดทดลองขนาดเล็ก	5 หลอด
3. หลอดหยด	1 อัน
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
5. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
6. ที่จับหลอดทดลอง	1 อัน

การเตรียมการล่วงหน้า

เตรียมสารละลายต่อไปนี้

1. สารละลาย NaOH 6 mol/dm^3 100 cm^3 โดยละลาย NaOH 24 g ในน้ำให้ได้ปริมาตร 100 cm^3
2. สารละลาย $Pb(NO_3)_2$ 0.5 mol/dm^3 20 cm^3 โดยละลาย $Pb(NO_3)_2$ 3.3 g ในน้ำให้ได้ปริมาตร 20 cm^3

อภิปรายก่อนการทดลอง

แนะนำให้เติมสารละลายแต่ละชนิดลงในไข่ขาวดิบทีละหยด เขย่าและสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจนครบ 5 หยด

ตัวอย่างผลการทดลอง

หลอดที่	การทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	การเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบไบยูเรต
1	ให้ความร้อน	ไข่ขาวแข็งตัวเป็นสีขาว	ได้สารสีม่วงน้ำเงิน
2	เติมกรดแอซีติกเข้มข้น	ไข่ขาวจับตัวเป็นก้อนขุ่นขาวเกือบทั้งหมด	ได้สารสีม่วงน้ำเงิน
3	เติมสารละลาย NaOH	ไข่ขาวแข็งตัวและใส	ได้สารสีม่วงน้ำเงิน
4	เติมเอทานอล	ไข่ขาวจับตัวเป็นก้อนขุ่นขาวลอยอยู่ผิวหน้า	ได้สารสีม่วงน้ำเงิน
5	เติมสารละลาย$Pb(NO_3)_2$	ไข่ขาวเป็นตะกอนขุ่นอยู่ก้นหลอด	ได้สารสีม่วงน้ำเงิน

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม แล้วนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันอีกครั้งจนได้ข้อสรุปดังนี้

1. การแปลงสภาพโปรตีน คือการที่โมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายเกลียวของโครงสร้าง 3 มิติ ทำให้มีโครงสร้างที่ไม่เหมาะสมกับการทำหน้าที่ทางชีวภาพ เป็นผลให้โปรตีนแข็งตัวและไม่ละลายน้ำ
2. การให้ความร้อน การเติมกรด เบส แอลกอฮอล์ และสารละลายเลด (II) ไนเตรต ซึ่งเป็นสารประกอบของโลหะหนัก ทำให้โปรตีนแปลงสภาพได้
3. โปรตีนถูกแปลงสภาพด้วยปัจจัยต่าง ๆ แต่พันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนไม่ถูกทำลาย

ให้ความรู้ต่อไปเกี่ยวกับความสำคัญของโปรตีนต่อร่างกายตามรายละเอียดในบทเรียน

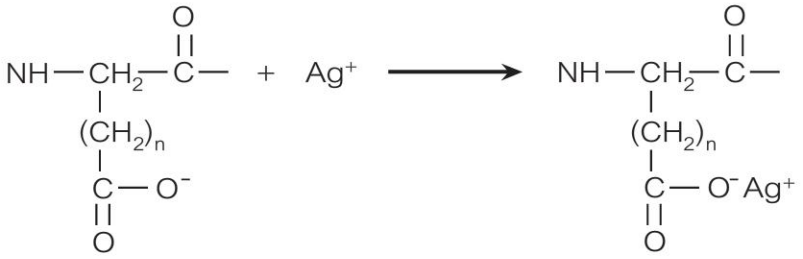
ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. การแปลงสภาพโปรตีนจะเกิดได้เมื่อมีอุณหภูมิสูงประมาณ 50 °C ขึ้นไป แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีนด้วย

2. ในสภาวะของความเป็นกรด–เบสต่าง ๆ อาจทำให้โมเลกุลโปรตีนเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากการรับหรือเสีย H^+ ทำให้มีประจุเกิดขึ้น จึงสามารถจับกับไอออนอื่นได้ เช่น จับกับไอออนลบจากกรดเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนแข็ง ดังนั้นเมื่อกรดหรือเบสเข้าตาจึงทำให้เกิดการแปลงสภาพโปรตีนในดวงตา ถ้าได้รับกรดหรือเบสมากอาจทำให้ตาบอดได้

3. ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีพันธะไฮโดรเจน เช่น แอลกอฮอล์ จะเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโปรตีนได้ ทำให้โปรตีนแข็งตัวและละลายน้ำได้น้อยลง หลักการนี้สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดด้วยแอลกอฮอล์ โปรตีนในผนังเซลล์ของเชื้อโรคจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับแอลกอฮอล์และเกิดการแปลงสภาพ โดยทั่วไปจะใช้แอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70

4. ในสภาพที่มีไอออนของโลหะหนัก เช่น Pb^{2+} Hg^{2+} และ Ag^+ ไอออนเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทางด้านที่มีประจุลบเกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



โปรตีน ซิลเวอร์โปรติเนต

การแปลงสภาพโปรตีนโดยวิธีนี้นำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น การล้างท้องผู้ที่ได้รับสารพิษที่เป็นไอออนของโลหะหนัก โดยแพทย์จะให้คนไข้รับประทานไข่ขาวดิบ เพื่อให้รวมตัวกับโลหะหนักแล้วทำให้อาเจียนออกมา ก่อนที่ไอออนของโลหะหนักจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายซึ่งจะเป็นอันตรายจนถึงขั้นเสียชีวิตได้

5. ในสภาวะซึ่งมีสารละลายของเกลือบางชนิดที่มีความเข้มข้นสูง เช่น สารละลาย $(NH_4)_2SO_4$ จะทำให้โปรตีนละลายได้น้อยลง เพราะไอออนของเกลือดึงโมเลกุลของน้ำออกจากโปรตีน ทำให้โมเลกุลของโปรตีนไม่ละลายน้ำจึงเกิดการตกตะกอน การเปลี่ยนแปลงลักษณะเช่นนี้ไม่จัดเป็นการแปลงสภาพโปรตีน เพราะโปรตีนสามารถคืนสภาพเดิมได้ง่ายและโครงสร้างของโมเลกุลของโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

หัวข้อ 13.3.5 การทดลอง 13.2 และเฉลยแบบฝึกหัด 13.3 ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 13.3

1. จงบอกหน้าที่ของโปรตีนก้อนกลมและโปรตีนเส้นใย พร้อมทั้งยกตัวอย่างโปรตีนแต่ละชนิด

   โปรตีนก้อนกลม ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เช่น เอนไซม์ต่าง ๆ ฮอร์โมนอินซูลิน และโปรตีนขนส่งซึ่งได้แก่ ฮีโมโกลบิน และโกลบูลินในพลาสมา

   โปรตีนเส้นใย ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้าง เพราะมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง เช่น ไฟโบรอินในเส้นไหม อีลาสตินในเอ็น คอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เคราตินในผม ขน เล็บ ไมโอซินในกล้ามเนื้อ

2. ฮีโมโกลบินมีโครงสร้าง 3 มิติแบบใด และทำหน้าที่อะไร

   ฮีโมโกลบินมีโครงสร้างแบบก้อนกลม ทำหน้าที่พาออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

3. จงอธิบายหน้าที่และการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์สิ่งมีชีวิต

   เอนไซม์ มีหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยลดพลังงานก่อกัมมันต์ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

4. เปปซินเป็นเอนไซม์ที่พบในกระเพาะอาหาร ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนได้ดีที่ pH 1.5 - 1.6 นักเรียนคิดว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเปปซินจะเป็นอย่างไรเมื่ออยู่ในสภาวะต่าง ๆ ดังนี้

   ก. ที่ pH 5

   ข. ที่อุณหภูมิ 0 °C

   ก. เอนไซม์จะทำงานได้ดีที่สุดที่ pH หนึ่งเท่านั้น ที่ pH 5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเปปซินจะลดลง เพราะว่า pH ที่เหมาะสมคือ pH ประมาณ 2

   ข. ที่อุณหภูมิ 0 °C อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเปปซินจะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานได้ดีที่สุดคือประมาณ 37 °C

5. เมื่อโปรตีนถูกแปลงสภาพ โครงสร้างระดับใดบ้างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

   เมื่อโปรตีนถูกแปลงสภาพ โครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงไปคือ โครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ และจตุรภูมิ

13.4 ลิพิด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดไขมันหรือน้ำมันพร้อมทั้งเขียนสมการได้
2. บอกสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้
3. ระบุสถานะของไขมันหรือน้ำมันที่อุณหภูมิห้อง โดยพิจารณาจากสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้
4. บอกสมบัติของไขมันหรือน้ำมันได้
5. อธิบายความหมายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้
6. อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้
7. อธิบายการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันและวิธีป้องกันได้
8. อธิบายการเกิดและความสำคัญของฟอสโฟลิพิด ไข และสเตอรอยด์ได้

13.4.1 ไขมันและน้ำมัน

ให้ความรู้ว่าลิพิดเป็นสารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลิพิดที่ได้จากพืชและจากสัตว์ ตามรายละเอียดในบทเรียน

13.4.1.1 **สมบัติ โครงสร้าง และปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน**

อภิปรายและให้ความรู้เรื่องสถานะและแหล่งที่พบไขมันและน้ำมัน ตามรายละเอียดในบทเรียน ต่อจากนั้นจึงอภิปรายและซักถามเกี่ยวกับการละลายของไขมันหรือน้ำมันในน้ำที่พบในชีวิตประจำวัน แล้วให้ทำการทดลอง 13.3 เรื่องการละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายบางชนิด

การทดลอง 13.3 การละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายบางชนิด

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายบางชนิด

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายที่เป็นโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้วได้
2. อธิบายการละลายของไขมันและน้ำมันในตัวทำละลายที่เป็นโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้วได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	10	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	15	นาที
รวม	30	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อการสาธิต 1 ครั้ง
สารเคมี	
1. น้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันมะกอก	15 หยด
2. ไขมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมู เนย หรือไขมันวัว	15 หยด
3. เฮกเซน*	2 cm^3
4. เอทานอล	2 cm^3
5. น้ำ	2 cm^3
อุปกรณ์	
1. หลอดทดลองขนาดเล็ก	6 หลอด
2. หลอดหยด	2 อัน
3. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ใช้น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันมะกอกเป็นตัวอย่างของน้ำมันพืช และน้ำมันหมู เนย หรือไขมันวัว เป็นตัวอย่างของไขมันสัตว์
2. ควรอุ่นเนยหรือไขมันวัวให้เป็นของเหลวก่อนนำมาใช้ทดลอง

* อาจใช้น้ำมันเบนซินหรือน้ำมันก๊าดแทนได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

สมบัติ / น้ำมันหรือไขมัน	การละลายในตัวทำละลาย		
	น้ำ	เอทานอล	เฮกเซน
น้ำมันถั่วเหลือง	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวสีเหลือง ชั้นล่างเป็นของเหลวใสไม่มีสี	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวขุ่นน้อยกว่าชั้นล่าง	ละลายเป็นเนื้อเดียวใส
น้ำมันหมู	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวขุ่นขาว ชั้นล่างเป็นของเหลวขุ่นเล็กน้อย	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวขุ่นน้อยกว่าชั้นล่าง	ละลายเป็นเนื้อเดียวใส
ไขมันวัว	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของแข็ง ชั้นล่างเป็นของเหลวใส	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวขุ่นน้อยกว่าชั้นล่าง	ละลายเป็นเนื้อเดียวใส
เนย	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของแข็ง ชั้นล่างเป็นของเหลวขุ่น	แยกชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวขุ่นน้อยกว่าชั้นล่าง	ละลายเป็นเนื้อเดียวใส

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองจนได้ข้อสรุปภายในกลุ่ม แล้วจึงนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันอีกครั้ง ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. ไขมันและน้ำมันไม่ละลายน้ำ ละลายได้น้อยในเอทานอล แต่ละลายได้ดีในเฮกเซน แสดงว่าไขมันและน้ำมันเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วจึงละลายได้ดีในเฮกเซนซึ่งเป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว
2. ไขมันและน้ำมันลอยอยู่บนผิวหน้าของน้ำแต่จมอยู่ในเอทานอล แสดงว่าไขมันและน้ำมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำแต่มากกว่าเอทานอล

ให้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาการเกิดไขมันหรือน้ำมัน เพื่อให้ทราบว่าไขมันหรือน้ำมันเป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ ซึ่งเกิดจากแอลกอฮอล์ (กลีเซอรอล) ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ (กรดไขมัน) ได้ไขมันซึ่งเป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลซึ่งเรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ ตามรายละเอียดในบทเรียน ต่อจากนั้นให้ศึกษาสมบัติบางประการของกรดไขมันบางชนิดจากตาราง 13.5 ตลอดจนปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว

และไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของไขมันและน้ำมันจากสัตว์และพืชในตาราง 13.6 แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. โมเลกุลของกรดไขมันในธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเป็นเลขคู่ มีทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว
2. จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะสูงขึ้นเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนหรือมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น
3. กรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว เมื่อโมเลกุลมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน
4. ปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในไขมันหรือน้ำมัน จะมีผลต่อสถานะของไขมันและน้ำมัน
5. กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน แต่จำนวนพันธะคู่ต่างกัน จุดหลอมเหลวจะแตกต่างกัน โดยจุดหลอมเหลวจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้น

ต่อจากนั้นให้ความรู้เรื่องการเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสรวมทั้งการป้องกันการเหม็นหืน ตามรายละเอียดในบทเรียน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. กรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันจำเป็นที่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับจากอาหารที่บริโภค ถ้าร่างกายขาดกรดไขมันชนิดนี้จะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ผิวหนังแห้งแตก กรดไลโนเลอิกพบมากในน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วลิสง

2. เตรียมน้ำมันหรือไขมันใส่ในหลอดทดลองขนาดกลางประมาณ 1 cm^3 แล้วผ่านแก๊สออกซิเจนลงไป 5 นาที จะได้น้ำมันที่มีกลิ่นเหม็นหืน (ต้องใช้น้ำมันที่ไม่ได้เติมสารกันหืนลงไป)

3. การเหม็นหืนของไขมันหรือน้ำมันเกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันและน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนบริเวณตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวให้แอลดีไฮด์และกรดไขมันโมเลกุลขนาดเล็กที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นเหม็น เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH + O_2 \longrightarrow CH_3(CH_2)_7CH(-O-O-)CH(CH_2)_7COOH$$

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรดโอเลอิก)

เปอร์ออกไซด์

$$CH_3(CH_2)_7\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \;+\; H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_7COOH$$

แอลดีไฮด์ กรดไขมัน

4. การป้องกันการเหม็นหืนของน้ำมันและไขมัน นอกจากจะเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำและไม่ถูกแสงสว่างแล้ว อาจใช้วิธีเติมสารกันหืน เช่น วิตามินอี วิตามินซี วิตามินเอ บีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisole, BHA) หรือบีเอชที (Butylated Hydroxy Toluene, BHT)

ทบทวนปฏิกิริยาการเหม็นหืนของไขมันและน้ำมันแล้วให้ทำการทดลอง 13.4 เพื่อศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสน้ำมันหรือไขมันด้วยเบส

การทดลอง 13.4 ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสน้ำมันหรือไขมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นเอสเทอร์ด้วยสารละลายเบส

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันด้วยสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ได้
2. อธิบายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันหรือไขมันกับสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	5	นาที
ทดลอง	20	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	10	นาที
รวม	35	นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อการทดลอง 1 ครั้ง
สารเคมี	
1. น้ำมันหรือไขมัน	1 cm^3
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 mol/dm^3	2 cm^3
3. เอทานอล	1 cm^3
4. น้ำกลั่น	5 cm^3

รายการ	ต่อการทดลอง 1 ครั้ง
อุปกรณ์	
1. ถ้วยกระเบื้อง	1 ใบ
2. ขวดรูปกรวยขนาด 100 cm^3	1 ใบ
3. กระบอกตวงขนาด 10 cm^3	1 ใบ
4. แท่งแก้วคน	1 อัน
5. จุกยางปิดขวดรูปกรวย	1 อัน
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 mol/dm^3 100 cm^3 โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 g ในน้ำให้ได้ปริมาตร 100 cm^3 เก็บไว้ในขวดพลาสติกปิดฝา

อภิปรายก่อนการทดลอง

การให้ความร้อนแก่สารในถ้วยกระเบื้อง ถ้าใช้วิธีให้ความร้อนจากตะเกียงโดยตรงควรให้ความร้อนอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันการไหม้ก่อนเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

ตัวอย่างผลการทดลอง

สารที่ได้มีลักษณะข้นขาว มีกลิ่นคล้ายสบู่ เมื่อเติมน้ำและเขย่าจะเกิดฟอง

อภิปรายหลังการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองคือสบู่ ซึ่งเป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมัน

ให้ความรู้ต่อไปตามรายละเอียดในบทเรียน เกี่ยวกับปฏิกิริยาการเกิดสบู่ที่เรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน การทำสบู่ในอุตสาหกรรม และสมบัติของสบู่ในการซักล้างสิ่งสกปรกออกจากเสื้อผ้าหรือผิวหนัง รวมทั้งสาเหตุที่สบู่ไม่เกิดฟองในน้ำกระด้าง ต่อจากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับสารซักล้างที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือผงซักฟอก ซึ่งเป็นเกลือโซเดียมซัลโฟเนตที่มีโครงสร้างต่าง ๆ กัน ผงซักฟอกมีประสิทธิภาพในการซักล้างดีกว่าสบู่ แต่ทำให้มีผลต่อสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

1. ในการทดลองเตรียมสบู่ ควรใส่เอทานอลลงไปเพื่อให้น้ำมันและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกันได้ดี

2. ในกระบวนการผลิตสบู่ สามารถแยกสบู่ออกจากกลีเซอรอลได้โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป วิธีการนี้เรียกว่า salting out

3. ผงซักฟอกมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

3.1 **สารลดแรงตึงผิว (surfactant)** เป็นสารที่ทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของน้ำ ช่วยให้สิ่งสกปรกละลายน้ำได้มากขึ้น มีอยู่ในผงซักฟอกประมาณร้อยละ 12 – 30 สารพวกนี้เมื่อจำแนกโดยใช้สมบัติของหมู่ฟังก์ชันที่มีผลต่อการลดแรงตึงผิวเป็นเกณฑ์จะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ

ไอออนลบ สารพวกนี้เมื่อละลายน้ำ หมู่ที่แสดงสมบัติในการลดแรงตึงผิวเป็นไอออนลบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมซัลโฟเนตของเอสเทอร์จากกรดอินทรีย์ ($R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OSO_3Na$) เกลือโซเดียมของเอไมด์จากกรดอินทรีย์ ($R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N-SO_3Na$) โมเลกุลของกรดอินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วยคาร์บอน 16 – 18 อะตอม หรือเกลือโซเดียมซัลโฟเนตของแอลกอฮอล์ ($R-O-SO_3Na$) หรือเกลือโซเดียมซัลโฟเนตของแอลคิลเบนซีน ($R-C_6H_4-SO_3Na$)

ไอออนบวก สารพวกนี้เมื่อละลายน้ำ หมู่ที่แสดงสมบัติในการลดแรงตึงผิวเป็นไอออนบวก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลือของเบสที่มีสูตรทั่วไปเป็น R_4NCl

สารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออน สารพวกนี้เมื่อละลายน้ำจะไม่แตกตัวเป็นไอออน ส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์ของเอทิลีนอกไซด์ชนิดต่างๆ เช่น $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OC_2H_4OH$ $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{R}{|}}{N}-C_2H_4OH$ และ $C_6H_4-C_2H_4OH$

3.2 **สารประกอบฟอสเฟต** ได้แก่ เกลือ tetrasodium phosphate sodiumtripoly phosphate สารฟอสเฟตที่ผสมอยู่ในผงซักฟอกทำให้สารละลายเป็นเบส ช่วยให้ผงซักฟอกมีสมบัติในการซักล้างได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยึดสิ่งสกปรกไม่ให้กลับเข้าไปติดเนื้อผ้าอีก รวมทั้งช่วยลดความกระด้างของน้ำ ในผงซักฟอกมีสารประกอบฟอสเฟตประมาณร้อยละ 30 – 50

3.3 **สารประกอบซิลิเกต** เช่น sodium silicate ทำหน้าที่ป้องกันสนิม มีอยู่ในผงซักฟอกประมาณร้อยละ 5 – 10

3.4 **โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส** (sodium carboxymethyl cellulose) เป็นสารช่วยป้องกันการตกตะกอนของผงซักฟอก และช่วยให้ผงซักฟอกละลายน้ำได้ดี มีอยู่ใน ผงซักฟอกประมาณร้อยละ 0.5 – 1.0

3.5 **สารเพิ่มความสดใส** (optical brightening agents) เช่น ผงฟอกนวล สารพวกนี้จะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต และปลดปล่อยแสงบางช่วงคลื่นออกมา ทำให้ผ้าดูสดใส

นอกจากนี้ในผงซักฟอกอาจใส่สารช่วยเพิ่มฟอง สารฟอกขาว เอนไซม์เพื่อช่วยย่อยโปรตีนและคราบเลือด ส่วนที่เหลือจะใส่โซเดียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตลงไปเพื่อช่วยลดความกระด้างของน้ำ และโซเดียมซัลเฟตเพื่อเพิ่มปริมาณของเนื้อผงซักฟอกเป็นการลดต้นทุน

ปัจจุบันมีผงซักฟอกอยู่ 2 ชนิดคือ ผงซักฟอกชนิดอ่อน (soft detergent) ซึ่งใช้สารลดแรงตึงผิวที่หมู่แอลคิลมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงคล้ายกับโครงสร้างของสบู่ มีชื่อเรียกว่า LAS (Linear Alkylbenzene Sulfonate) ในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ในน้ำอย่างเพียงพอ สารลดแรงตึงผิวชนิดนี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่าย เพราะมีโครงสร้างคล้ายสารในธรรมชาติมาก อีกประเภทหนึ่งเป็นผงซักฟอกชนิดกระด้าง (hard detergent) ใช้สารลดแรงตึงผิวที่หมู่แอลคิลมีโครงสร้างเป็นกิ่ง มีชื่อว่า ABS (Alkyl Benzene Sulfonate) สารพวกนี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยาก ทำให้เกิดปัญหามลพิษทั้งในน้ำและในดิน ในปัจจุบันนี้ผงซักฟอกที่ผลิตในประเทศไทยเป็นประเภท LAS ทั้งนี้เพื่อช่วยให้น้ำมีสภาพดีขึ้นกว่าในอดีต

หัวข้อ 13.4 13.4.1 13.4.1.1 การทดลอง 13.3 13.4 และเฉลยแบบฝึกหัด 13.4 ควรใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัด 13.4

1. A และ B เป็นกรดไขมัน 2 ชนิดที่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม พันธะในโมเลกุลของกรดไขมัน A เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด แต่โมเลกุลของกรดไขมัน B มีพันธะคู่ 1 พันธะอยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ 9 และคาร์บอนอะตอมที่ 10 จงเขียนสูตรโครงสร้างของกรดไขมันทั้งสองชนิด

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของกรดไขมัน A คือ

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—COOH$ หรือ $CH_3(CH_2)_{16}COOH$

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของกรดไขมัน B คือ

18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH = CH—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$

4 3 2 1

$CH_2—CH_2—CH_2—COOH$ หรือ $CH_3(CH_2)_7CH= CH(CH_2)_7COOH$

(สูตรโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนใหญ่จะมีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 9 กับ 10 นับจากด้านหมู่คาร์บอกซิล)

2. สมมติให้ไขมันชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มิโตเลอิก ($C_{15}H_{29}COOH$) เมื่อต้มไขมันชนิดนี้กับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารประกอบที่ได้จะมีสูตรอย่างไร

เมื่อต้มไขมันที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มิโตเลอิกกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะได้เกลือโพแทสเซียมปาล์มิโตเลเอตและน้ำ ดังสมการ

$$C_{15}H_{29}COOH + KOH \longrightarrow C_{15}H_{29}COOK + H_2O$$

กรดปาล์มิโตเลอิก — โพแทสเซียมปาล์มิโตเลเอต

3. ผลการทดลองการฟอกสีสารละลายโบรมีน โดยการหยดสารละลายโบรมีนลงในสารละลายน้ำมันหรือไขมันในไดคลอโรมีเทน โดยทุกสารละลายมีความเข้มข้นเท่ากัน จนสีของสารละลายโบรมีนไม่จางหายไป ได้ผลดังนี้

ไขมันหรือน้ำมัน	จำนวนหยดของสารละลายโบรมีน
น้ำมันข้าวโพด	88
น้ำมันถั่วเหลือง	95
น้ำมันมะกอก	74
น้ำมันถั่วลิสง	72
น้ำมันหมู	45
ไขมันวัว	41
เนย	39

จงเปรียบเทียบความไม่อิ่มตัวของไขมันและน้ำมันตัวอย่าง

จากข้อมูลในตารางพบว่า น้ำมันพืชฟอกจางสีสารละลายโบรมีนได้ดีกว่าน้ำมันหรือไขมันจากสัตว์ แสดงว่าน้ำมันพืชมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าน้ำมันหรือไขมันสัตว์ ดังนั้นจึงสามารถเรียงลำดับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง > น้ำมันข้าวโพด > น้ำมันมะกอก > น้ำมันถั่วลิสง > น้ำมันหมู > ไขมันวัว > เนย

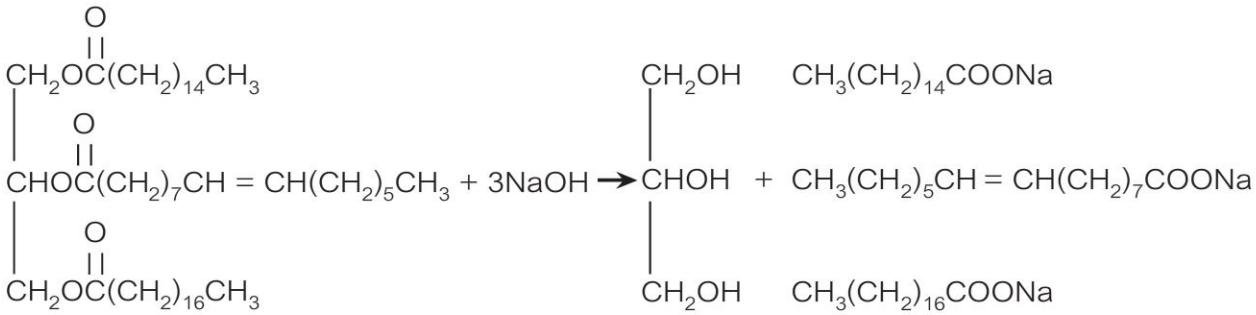
4. เมื่อเก็บไขมันหรือน้ำมันไว้เป็นเวลานานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ไขมันหรือน้ำมันเมื่อเก็บเป็นเวลานานจะเกิดการเหม็นหืน เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวตรงตำแหน่งที่มีพันธะคู่ ได้เปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ แล้วสลายให้แอลดีไฮด์และกรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ระเหยง่าย และมีกลิ่นเหม็นหืน

นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของไขมัน ได้กรดไขมันที่โมเลกุลมีขนาดเล็กซึ่งมีกลิ่นเหม็น

5. ไขมันชนิดหนึ่งมีกรดปาล์มิติก [$CH_3(CH_2)_{14}COOH$] กรดปาล์มิโตเลอิก [$CH_3(CH_2)_5\ CH{=}CH(CH_2)_7COOH$] และกรดสเตียริก [$CH_3(CH_2)_{16}COOH$] เป็นองค์ประกอบ ถ้าไขมันนี้ทำปฏิกิริยากับสารละลาย NaOH สบู่แต่ละชนิดที่ได้จะมีสูตรโครงสร้างอย่างไร

สบู่เกิดจากไขมันทำปฏิกิริยากับ NaOH เขียนสมการแสดงได้ดังนี้



ไขมัน กลีเซอรอล สบู่

สบู่เป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมัน สบู่ที่ได้จะมีสูตรดังนี้

$CH_3(CH_2)_{14}COONa$

$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COONa$

$CH_3(CH_2)_{16}COONa$

ครูนำอภิปรายต่อไปว่านอกจากไขมันและน้ำมันแล้ว ยังมีลิพิดอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต ซึ่งได้แก่ ฟอสโฟลิพิด ไข สเตอรอยด์ และอนุพันธ์ของสเตอรอยด์

13.4.2 ฟอสโฟลิพิด

อภิปรายเกี่ยวกับการเกิดฟอสโพลิพิด เปรียบเทียบโครงสร้างของไขมันกับฟอสโฟลิพิด รวมทั้งตัวอย่างของฟอสโฟลิพิดตามรายละเอียดในบทเรียน

13.4.3 ไข

อภิปรายเกี่ยวกับการเกิดไข เปรียบเทียบโครงสร้างของไขกับไขมันและฟอสโฟลิพิด รวมทั้งตัวอย่างและประโยชน์ของไข ตามรายละเอียดในบทเรียน

13.4.4 สเตอรอยด์

อภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของสเตอรอยด์ รวมทั้งโครงสร้างสเตอรอยด์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ คอเลสเตอรอล ฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติคอยด์ ฮอร์โมนเพศ และกรดน้ำดี ประโยชน์และความสำคัญของสเตอรอยด์ประเภทต่าง ๆ ตามรายละเอียดในบทเรียน

หัวข้อ 13.4.2 13.4.3 13.4.4 และเฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท ควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. กรดอะมิโนชนิดใดต่อไปนี้ละลายน้ำได้ดีที่สุด เพราะเหตุใด
   ก. อะลานีน
   ข. ซีสเตอีน
   ค. ฟีนิลอะลานีน

   เมื่อพิจารณาโครงสร้างของกรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิดจากข้อมูลในหนังสือเรียน พบว่าซีสเตอีนมีโซ่ข้างที่มีขั้ว ส่วนโซ่ข้างของอะลานีนและฟีนิลอะลานีนไม่มีขั้ว ดังนั้นซีสเตอีนจึงเป็นกรดอะมิโนที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด

2. เมื่อกรดอะมิโนตั้งแต่ 2 โมเลกุลมารวมกันจะมีการสร้างพันธะเพปไทด์อย่างไร

   เมื่อกรดอะมิโนตั้งแต่ 2 โมเลกุลมารวมตัวกันจะมีการสร้างพันธะเพปไทด์เชื่อมต่อกันระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง

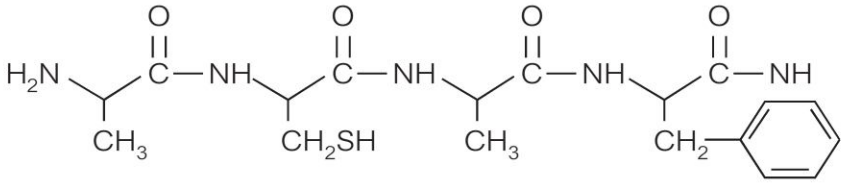
3. จงอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและ pH มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีนอย่างไร

   การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและ pH อาจทำให้โปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์ถูกแปลงสภาพได้ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง 3 มิติของโปรตีนคือเกิดการคลายเกลียวโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ หรือจตุรภูมิ

4. เอนไซม์ในกระเพาะอาหารของสัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหาร จะเร่งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของสารใด และจะได้สารใดเป็นผลิตภัณฑ์

ในกระเพาะอาหารของสัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหาร จะมีเอนไซม์เซลลูเลสช่วยย่อยเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบในใบไม้ใบหญ้า ได้กลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์

5. สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวกันของโมเลกุลย่อย ๆ มีโครงสร้างดังนี้

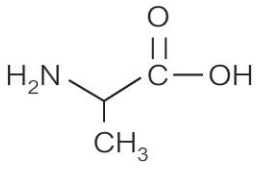


ก. จงเขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้

ข. เขียนโครงสร้างของโมเลกุลย่อยที่อยู่ปลายด้านซ้ายสุดก่อนที่จะเกิดการรวมตัวเป็นสารประกอบ

ก. สูตรโมเลกุลของสารประกอบคือ $C_{18}H_{26}N_4O_5S$

ข. โครงสร้างโมเลกุลย่อยซึ่งอยู่ปลายด้านซ้ายสุดของสารประกอบนี้คือ



6. ถ้านำ A B และ C ซึ่งเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตมาไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์อะไมเลสโดยใช้อัตราส่วน 1 : 1 แล้วตั้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์ได้ผลดังนี้

สารที่นำมาทดลอง	การเปลี่ยนแปลงเมื่อต้มกับสารละลายเบเนดิกต์
A	ตะกอนสีแดงอิฐ
B	ตะกอนสีแดงอิฐ
C	ไม่เปลี่ยนแปลง

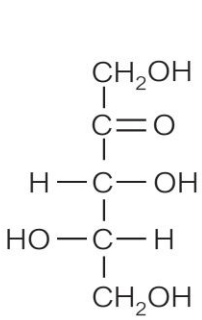
ก. สารใดคือเซลลูโลส

ข. สารใดเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสแล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์เป็นหมู่ฟังก์ชัน

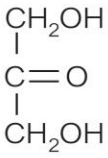
ก. สาร C คือเซลลูโลส เพราะไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส

ข. สาร A และ B เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสแล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์เป็นหมู่ฟังก์ชัน เพราะว่าหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์แล้วได้ตะกอนสีแดงอิฐ

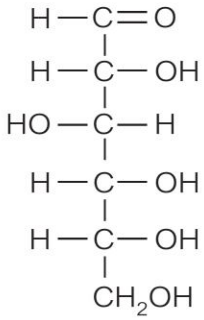
7. จากโครงสร้างของน้ำตาลที่กำหนดให้ จงบอกประเภทของน้ำตาลโดยระบุทั้งหมู่ฟังก์ชันและจำนวนอะตอมของคาร์บอน



ก.



ข.



ค.

ก. สารประกอบนี้เป็นคีโตน ประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม ดังนั้นจัดเป็นน้ำตาลคีโตเพนโทส

ข. สารประกอบนี้เป็นคีโตน ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ดังนั้นจัดเป็นน้ำตาลคีโตไตรโอส

ค. สารประกอบนี้เป็นแอลดีไฮด์ ประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม ดังนั้นจัดเป็นน้ำตาลแอลโดเฮกโซส

8. เพราะเหตุใดกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

เนื่องจากไขมันไม่อิ่มตัวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มากและมีโครงสร้างอย่างหลวม ๆ รวมทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงมีผลทำให้ไขมันไม่อิ่มตัวมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

9. เมื่อกรดไขมันและกลีเซอรอลทำปฏิกิริยากันจะมีการสร้างพันธะที่หมู่ฟังก์ชันใดบ้าง

เมื่อกรดไขมันและกลีเซอรอลทำปฏิกิริยากันจะมีการสร้างพันธะระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดไขมันและหมู่ไฮดรอกซิลของกลีเซอรอล

10. จงบอกความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์และฟอสโฟลิพิด

ไตรกลีเซอไรด์เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล ซึ่ง 1 โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เกิดจากการรวมตัวของกลีเซอรอล 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล ส่วนฟอสโฟลิพิดก็เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลเช่นเดียวกัน แต่ฟอสโฟลิพิด 1 โมเลกุลเกิดจากการรวมตัวของกลีเซอรอล 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน 2 โมเลกุลและหมู่ฟอสเฟต 1 หมู่

11. เพราะเหตุใดลิพิดจึงไม่ละลายในน้ำ

ลิพิดส่วนใหญ่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ดังนั้นจึงไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว แต่จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งไม่มีขั้ว

12. พิจารณาโครงสร้างของกรดโอเลอิกแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

$$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7\overset{\overset{O}{\|}}{C} - OH$$

ก. สารนี้เป็นกรดไขมันประเภทใด

ข. สารนี้จะมีสถานะใด ณ อุณหภูมิห้อง เพราะเหตุใด

ค. สารนี้ละลายในน้ำหรือไม่ เพราะเหตุใด

ก. สารนี้เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว เพราะมีพันธะคู่ในโมเลกุล

ข. สารนี้มีสถานะเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิห้อง เนื่องจากเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

ค. สารนี้ไม่ละลายน้ำเนื่องจากไฮโดรคาร์บอนสายยาวไม่มีขั้ว

13. นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยหน่วยย่อยใดบ้าง และนิวคลีโอไทด์ของ DNA และ RNA เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

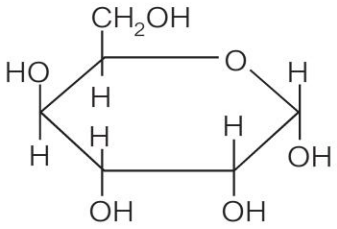
นิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วยหน่วยย่อย 3 ส่วน คือ น้ำตาลเพนโทส เบสที่มีไนโตรเจนในโมเลกุลและหมู่ฟอสเฟต สำหรับนิวคลีโอไทด์ของ DNA และ RNA ประกอบด้วยหน่วยย่อย 3 ส่วนเหมือนกัน แต่น้ำตาลและเบสบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน โดย DNA ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบสและเบสไซโตซีน ไทมีน อะดีนีน และกวานีน ส่วน RNA ประกอบด้วยน้ำตาลไรโบสและเบสยูราซิล ไทมีน อะดีนีน และกวานีน

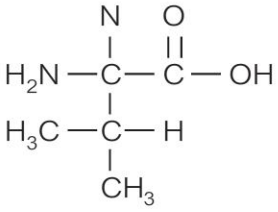
14. จงอธิบายเปรียบเทียบโครงสร้างของ DNA และ RNA

โครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 2 สาย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โครงสร้าง 3 มิติจึงมีลักษณะเป็นสายเกลียวคู่ ส่วนโครงสร้างของ RNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์เพียงสายเดียวเท่านั้น

15. พิจารณาโครงสร้างที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วระบุว่าสารใดเป็นหน่วยย่อยของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือลิพิด

ก. $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

ข. 

ค. 

ก. กรดไขมัน ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของลิพิด

ข. มอนอแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของคาร์โบไฮเดรต

ค. กรดอะมิโน ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน

เอกสารอ้างอิง

1. ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5**. พิมพ์ครั้งที่ 1 ; กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

2. Atkins, P.W. and Jones, L.L. **Chemistry : Molecules, Matter, and Change.** 3rd ed.; New York : W.H. Freeman and Company, 1997.

3. Aylward, G.H. and Findlay, T.J.V. **SI Chemical Data.** 5th ed.; Queensland : John Wiley & Sons Australia Ltd., 2002.

4. Brady, J.E.; Russell, J.W. and Holum, J.R. **Chemistry : Matter and It's Changes.** New York : John Wiley & Sons Inc., 2000.

5. Ebbing, D.D. **General Chemistry.** 5th ed.; Boston : Houghton Mifflin Company, 1996.

6. Hill, J.W. and Petrucci, R.H. **General Chemistry : An Integrated Approach.** 2nd ed.; New Jersey : Prentice-Hall Inc., 2000.

7. Kask, U.; Rawn, J.D. and DeLorenzo, R.A. **General Chemistry.** Iowa : Wm. C. Brown Communications Inc., 1993.

8. McMurry, J.; Fay, R.C. **Chemistry.** 2nd ed.; New Jersey : Prentice-Hall Inc., 1998.

9. Phillips, J.S.; Strozak, V.S. and Wistron, C. **Chemistry : Concepts and Applications.** Ohio : Glencoe/McGraw-Hill, 1997.

10. Sevenair, J.P. and Burkett, A.R. **Introductory Chemistry : Investigating the Molecular Nature of Matter.** Iowa : Wm. C. Brown Communications Inc., 1997.

11. Silberberg, M.S. **Chemistry : The Molecular nature of Matter and Change.** 2nd ed. : McGraw-Hill, 2000.

12. Seager, S.L. ; Slabaugh, M.R. **Chemistry for Today : General, Organic, and Biochemistry.** 6th ed.; California : Brooks/Cole-Thomson Learning, Inc., 2008.

13. Umland, J.B. and Bellama, J.M. **General Chemistry.** 3rd ed.; California : Brooks/Cole Publishing Company, 1999.

14. Wilbraham, A.C.; Staley, D.D.; Matta, M.S. and Waterman, E.L. **Chemistry.** 5th ed.; New Jersey : Prentice-Hall Inc., 2000.

15. Zumdahl, S.S. **Chemistry Principles.** 2nd ed.; Massachusetts : D.C. Heath and Company, 1995.

คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ปรับปรุงมาจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งคณะกรรมการที่ดำเนินการจัดทำและปรับปรุงหลักสูตรประกอบด้วย

- **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช** 2544

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5

นายสุกฤษ ตันตราวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
นางสาวรัชฎา บุญเต็ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม
นางณัฐสรวง ทิพานุกะ	นักวิชาการอิสระ
นางสาวสุปรีดา จุฬาวัฒนทล	โรงเรียนสตรีวิทยา 2
นางศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ	โรงเรียนเบญจมราชาลัย
นายณรงค์ศิลป์ ธูปพนม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางนันทวรรณ หรรษาเวก	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุพรรณี ชาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวประวีณา ติระ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุทธาทิพย์ พลับจ่าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

นายพิศาล สร้อยธุหร่ำ	ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุนีย์ คล้ายนิล	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายประมวล ศิริผันแก้ว	ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

นายสุกฤษ ตันตราวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
นางสาวรัชฎา บุญเต็ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม
นางณัฐสรวง ทิพานุกะ	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ศิลป์ ธูปพนม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 (ฉบับร่าง)

นางณัฐสรวง ทิพานุกะ	นักวิชาการอิสระ
นางวิไลวรรณ ถิรวณิชย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางสาวรัชฎา บุญเต็ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม
นายเทียนทอง ทองพันชั่ง	มหาวิทยาลัยมหิดล
นางศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ	โรงเรียนเบญจมราชาลัย
นางสาวสมศรี เซี๊ยกสาด	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม
นางสาวพรพิไล หาญทวีวงศา	โรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม
นายศรัณยู ศรีสมพร	โรงเรียนปราจีนราษฎรอำรุง จ.ปราจีนบุรี
นายณรงค์ศิลป์ ธูปพนม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางนันทวรรณ หรรษาเวก	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุพรรณี ชาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวประวีณา ติระ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุทธาทิพย์ พลับจ่าง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5

นางนันทวรรณ หรรษาเวก	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุพรรณี ชาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พฤฒินันทกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศิริรัตน์ พริกสี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวประวีณา ติระ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศุภราภรณ์ สุบงกช	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

รศ.ดร.ธนิต ผิวนิ่ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม
ดร.สุภาวดี เกียรติเสวี	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.เกษร พะลัง	นักวิชาการอิสระ
นางนันทวรรณ หรรษาเวก	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 (ฉบับร่าง)

นายสุกฤษ ตันตราวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
นางจินดา แต้มบรรจง	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
นายโรจน์ฤทธิ์ โรจนธเนศ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางสาวนฤมล เครือองอาจนุกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นายเทียนทอง ทองพันชั่ง	มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวยุวดี แจ่มศิริโรจน์รัตน์	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
นางสาวกัญญาณัฐ กกแก้ว	โรงเรียนปทุมคงคา
นายเรืองเดช สิรินันทสกุล	โรงเรียนราชินีบน
นางอรวรรณ หอมพรมมา	โรงเรียนปากสวยพิทยาคม จ.หนองคาย
นางทมยันต์ สงวนไวพานิชกุล	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
นางสุภาวดี สาระวัน	โรงเรียนเทศบาลวัดกลาง จ.ขอนแก่น
นางปรียาภรณ์ รัตนะ	โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จ.ภูเก็ต
นางสายสมร ศรียางค์	โรงเรียนมุกดาหาร จ.มุกดาหาร
นายวิวัฒน์ ปาหินา	โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จ.นครปฐม
นายเจษฎา เนตรสว่างวิชา	โรงเรียนทุ่งแฝกพิทยาคม จ.สุพรรณบุรี
นางนันทวรรณ หรรษาเวก	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวสุพรรณี ชาญประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ พฤฒินันทกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวศุภราภรณ์ สุบงกช	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว นายสมมาตร์ มีศิลป์ ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา พ.ศ. 2556

chemistry

สสวท

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์
พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว
นายสันติภาพ อินทรพัฒน์ ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา
www.suksapan.or.th