



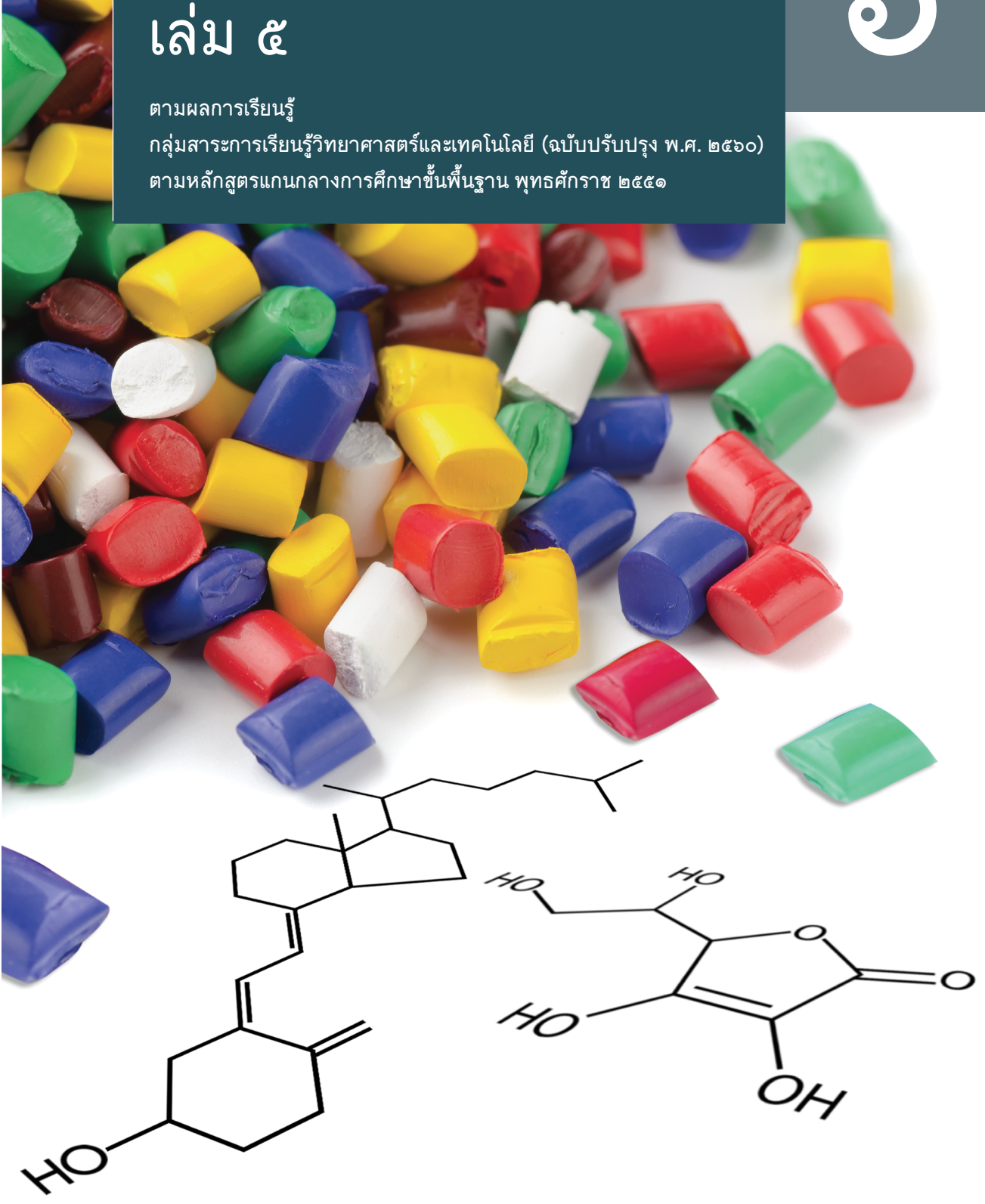
เคมี เล่ม ๕

๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑



ตารางธาตุ

18
VIII A



1
IA

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 H hydrogen 1.01 | 2 He helium 4.00 | 3 Li lithium 6.94 | 4 Be beryllium 9.01 | 5 B boron 10.81 | 6 C carbon 12.01 | 7 N nitrogen 14.01 | 8 O oxygen 16.00 | 9 F fluorine 19.00 | 10 Ne neon 20.18 |
| 11 Na sodium 22.99 | 12 Mg magnesium 24.30 | 13 Al aluminium 26.98 | 14 Si silicon 28.08 | 15 P phosphorus 30.97 | 16 S sulfur 32.06 | 17 Cl chlorine 35.45 | 18 Ar argon 39.95 | | |
| 19 K potassium 39.10 | 20 Ca calcium 40.08 | 21 Sc scandium 44.96 | 22 Ti titanium 47.87 | 23 V vanadium 50.94 | 24 Cr chromium 52.00 | 25 Mn manganese 54.94 | 26 Fe iron 55.85 | 27 Co cobalt 58.93 | 28 Ni nickel 58.69 |
| 37 Rb rubidium 85.47 | 38 Sr strontium 87.62 | 39 Y yttrium 88.91 | 40 Zr zirconium 91.22 | 41 Nb niobium 92.91 | 42 Mo molybdenum 95.95 | 43 Tc technetium | 44 Ru ruthenium 101.07 | 45 Rh rhodium 102.91 | 46 Pd palladium 106.42 |
| 55 Cs caesium 132.91 | 56 Ba barium 137.33 | 57-71 lanthanoids lanthanum 138.91 | 72 Hf hafnium 178.49 | 73 Ta tantalum 180.95 | 74 W tungsten 183.84 | 75 Re rhenium 186.21 | 76 Os osmium 190.23 | 77 Ir iridium 192.22 | 78 Pt platinum 195.08 |
| 87 Fr francium | 88 Ra radium | 89-103 actinoids actinium 226.03 | 104 Rf rutherfordium | 105 Db dubnium | 106 Sg seaborgium | 107 Bh bohrium | 108 Hs hassium | 109 Mt meitnerium | 110 Ds darmstadtium |
| 119 Og oganesson | 120 Ts tennessine | 121 Nh nihonium | 112 Fl flerovium | 113 Mc moscovium | 114 Lv livermorium | 115 Ts tennessine | 116 Og oganesson | | |

กลุ่มธาตุ
*แลนทานอยด์

กลุ่มธาตุ
**แอกทิโนอยด์

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 57 La lanthanum 138.91 | 58 Ce cerium 140.12 | 59 Pr praseodymium 140.91 | 60 Nd neodymium 144.24 | 61 Pm promethium | 62 Sm samarium 150.36 | 63 Eu europium 151.96 | 64 Gd gadolinium 157.25 | 65 Tb terbium 158.93 | 66 Dy dysprosium 162.50 | 67 Ho holmium 164.93 | 68 Er erbium 167.26 | 69 Tm thulium 168.93 | 70 Yb ytterbium 173.05 | 71 Lu lutetium 174.97 |
| 89 Ac actinium 226.04 | 90 Th thorium 232.04 | 91 Pa protactinium 231.04 | 92 U uranium 238.03 | 93 Np neptunium | 94 Pu plutonium | 95 Am americium | 96 Cm curium | 97 Bk berkelium | 98 Cf californium | 99 Es einsteinium | 100 Fm fermium | 101 Md mendeleevium | 102 No nobelium | 103 Lr lawrencium |



คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

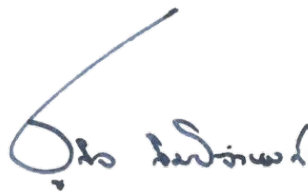
ฉบับเผยแพร่ เมษายน ๒๕๖๓

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระเคมี โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำถามและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนประกอบด้วยเรื่อง เคมีอินทรีย์ และพอลิเมอร์ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับตัวชี้วัดตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ รวมทั้งมี สื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยา ศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ เป็นดังนี้

- **จุดประสงค์การเรียนรู้**

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**

เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

- **แนวการจัดการเรียนรู้**

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- จุดประสงค์
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- วัสดุและอุปกรณ์
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- การเตรียมล่วงหน้า
ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- ข้อเสนอแนะสำหรับครู
ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ
- ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม
ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
- อภิปรายและสรุปผล
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- **แนวการวัดและประเมินผล**

แนวการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

- **เฉลยคำถาม**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- **เฉลยคำถามระหว่างเรียน**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- **เฉลยคำถามท้ายบทเรียน**

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

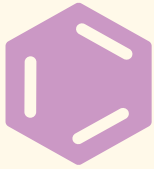
สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

12



เคมีอินทรีย์

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| บทที่ 12 เคมีอินทรีย์ | 1 |
| ผลการเรียนรู้ | 1 |
| การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ | 2 |
| ผังมโนทัศน์ | 6 |
| สาระสำคัญ | 7 |
| เวลาที่ใช้ | 8 |
| เฉลยตรวจสอบความรู้อ่อนเรียน | 8 |
| 12.1 พันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์ | 10 |
| 12.2 สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ | 14 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.1 | 18 |
| 12.3 หมู่ฟังก์ชัน | 20 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.2 | 23 |
| 12.4 ชื่อของสารประกอบอินทรีย์ | 26 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.3 | 30 |
| 12.5 ไอโซเมอร์ | 33 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.4 | 41 |
| 12.6 สมบัติของสารประกอบอินทรีย์ | 44 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.5 | 56 |
| 12.7 ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์ | 59 |
| เฉลยแบบฝึกหัด 12.6 | 77 |
| 12.8 สารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวันและ การนำไปใช้ประโยชน์ | 83 |
| เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท | 91 |

13



พอลิเมอร์

บทที่ 13 พอลิเมอร์

100

ผลการเรียนรู้

100

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

100

ผังมโนทัศน์

103

สาระสำคัญ

104

เวลาที่ใช้

104

เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

105

13.1 พอลิเมอร์และมอนอเมอร์

106

13.2 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

106

 เฉลยแบบฝึกหัด 13.1

109

13.3 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

115

 เฉลยแบบฝึกหัด 13.2

123

13.4 การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์

124

 เฉลยแบบฝึกหัด 13.3

132

13.5 การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์

133

 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

137

สารบัญ

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล 149

บรรณานุกรม 162

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู 165

บทที่ 12

เคมีอินทรีย์



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน
2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์
3. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน
4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC
5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ
6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน
7. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ผลการเรียนรู้</p> <p>1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้</p> <p>1. อธิบายการเกิดพันธะเคมีของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์</p> <p>2. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน</p> | | |
| <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> | <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</p> <p>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ</p> | <p>จิตวิทยาศาสตร์</p> <p>1. การใช้วิจารณญาณ</p> <p>2. ความใจกว้าง</p> <p>3. ความอยากรู้อยากเห็น</p> <p>4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์</p> |
| <p>ผลการเรียนรู้</p> <p>2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้</p> <p>1. เขียนสูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะของสารประกอบอินทรีย์</p> | | |
| <p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p> | <p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>-</p> | <p>จิตวิทยาศาสตร์</p> <p>1. การใช้วิจารณญาณ</p> <p>2. ความใจกว้าง</p> <p>3. ความรอบคอบ</p> |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ผลการเรียนรู้ 3. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน | | |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1. การจำแนกประเภท | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 - | จิตวิทยาศาสตร์ 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความรอบคอบ |
| ผลการเรียนรู้ 4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC | | |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 - | จิตวิทยาศาสตร์ 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความรอบคอบ |
| ผลการเรียนรู้ 5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ | | |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1. การสังเกต 2. การสร้างแบบจำลอง | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ | จิตวิทยาศาสตร์ 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. ความรอบคอบ |

ผลการเรียนรู้

6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การสังเกต
2. การทดลอง
3. การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ

จิตวิทยาศาสตร์

1. การใช้วิจารณญาณ
2. ความใจกว้าง
3. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

7. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การสังเกต
2. การลงความเห็น จากข้อมูล
3. การจำแนกประเภท
4. การทดลอง

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. ความร่วมมือ การทำงาน เป็นทีมและภาวะผู้นำ

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความรอบคอบ
2. ความใจกว้าง
3. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

2. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. การสังเกต
2. การลงความเห็นจากข้อมูล
3. การทดลอง

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความรอบคอบ
2. ความใจกว้าง
3. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

-

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ
2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

จิตวิทยาศาสตร์

1. การใช้วิจารณญาณ
2. ความใจกว้าง
3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ผังมโนทัศน์
บทที่ 12 เคมีอินทรีย์



สาระสำคัญ

สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอน ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลาย และแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ หรือสูตรโครงสร้างแบบเส้น

สารประกอบอินทรีย์มีหลายประเภท การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์จัดได้เป็นแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์ โดยสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภทมีชื่อเรียกที่สอดคล้องกับโครงสร้างและหมู่ฟังก์ชันตามระบบ IUPAC และบางชนิดอาจมีชื่อสามัญที่ยังนิยมใช้อยู่

ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสมบัติแตกต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ซิม และเรียกสารแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง

สารประกอบอินทรีย์มีสมบัติทางกายภาพ เช่น จุดเดือด การละลายในน้ำ ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล และโครงสร้าง สำหรับการละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของสารและการเกิดพันธะไฮโดรเจน โดยสารสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกัน หรือโมเลกุลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของตัวทำละลายได้

สมบัติทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันเป็นหลัก เช่น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน และปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะให้ผลของปฏิกิริยาต่างกัน จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นเอสเทอร์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นเอไมด์ เอสเทอร์และเอไมด์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในเบสแอลคาไล เรียกว่า ปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชัน

สารประกอบอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปใช้ เป็นสารตั้งต้นและตัวทำละลายในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเกษตร

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ

40 ชั่วโมง

| | |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| 12.1 พันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์ | 2 ชั่วโมง |
| 12.2 สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ | 3 ชั่วโมง |
| 12.3 หมู่ฟังก์ชัน | 3 ชั่วโมง |
| 12.4 ชื่อของสารประกอบอินทรีย์ | 3 ชั่วโมง |
| 12.5 ไอโซเมอร์ | 3 ชั่วโมง |
| 12.6 สมบัติของสารประกอบอินทรีย์ | 10 ชั่วโมง |
| 12.7 ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์ | 13 ชั่วโมง |
| 12.8 สารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวัน และการนำไปใช้ประโยชน์ | 3 ชั่วโมง |

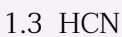
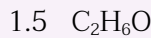
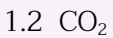
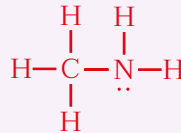
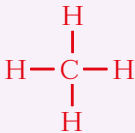
ความรู้ก่อนเรียน

พันธะโคเวเลนต์ โครงสร้างลิวอิส สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ปฏิกิริยาการเผาไหม้



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. เขียนโครงสร้างลิวอิสแบบเส้นของสารต่อไปนี้



2. ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และใส่เครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

...✓... 2.1 H_2O Cl_2 และ NH_4^+ เป็นสารที่มีพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม

...✗... 2.2 CH_3OCH_3 มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสาร

CH_3OCH_3 ไม่มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสาร เนื่องจากไม่มีอะตอมของไฮโดรเจนที่ต่อกับอะตอมของธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง

...✓... 2.3 CH_3OH มีจุดเดือดสูงกว่า CH_3CH_3

...✓... 2.4 CCl_4 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

...✗... 2.5 CH_3COOH มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนเท่านั้น

CH_3COOH มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอน แรงแรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน

...✗... 2.6 CH_3Br มีจุดเดือดสูงกว่า CH_3Cl เพราะ CH_3Br เป็นโมเลกุลที่มีขั้วมากกว่า CH_3Cl

CH_3Br มีจุดเดือดสูงกว่า CH_3Cl เพราะ CH_3Br มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอนมากกว่า CH_3Cl แต่ CH_3Br มีขั้วน้อยกว่า CH_3Cl เนื่องจาก Br มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีน้อยกว่า Cl

3. เขียนสมการเคมีที่ดุลแล้วของปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของแก๊สมีเทน (CH_4)



12.1 พันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดพันธะเคมีของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์
2. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูยกตัวอย่างสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม เครื่องสำอาง พลาสติก น้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เพื่อนำเข้าสู่ความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบบางชนิดที่ไม่จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ (เป็นสารอนินทรีย์) เช่น

1. สารที่เป็นอัญรูปของธาตุคาร์บอน เช่น เพชร (C) แกรไฟต์ (C) ฟูลเลอร์รีน (C_{60})
2. ออกไซด์ของคาร์บอน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)
3. กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) และเกลือของกรดคาร์บอนิก เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
4. เกลือออกซาลेट เช่น โซเดียมออกซาลेट ($Na_2C_2O_4$)
5. เกลือไซยาไนด์ เช่น โพแทสเซียมไซยาไนด์ (KCN)
6. เกลือไอโซไซยาเนต เช่น แอมโมเนียมไอโซไซยาเนต (NH_4OCN)
7. เกลือไทโอไซยาเนต เช่น โพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN)
8. เกลือคาร์ไบด์ เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2)

อย่างไรก็ตามสารบางชนิดอาจพิจารณาได้ยากหรือยังไม่สามารถสรุปได้ว่าจัดเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)

2. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ของธาตุคาร์บอนตามกฎออกเตต โดยใช้ตัวอย่าง การเกิดพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนด้วยกัน คาร์บอนกับไฮโดรเจน หรือกับธาตุชนิดอื่นได้ โดยยกตัวอย่างสารในตาราง 12.1 ประกอบการอธิบาย

3. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบ อินทรีย์แบบต่าง ๆ โดยใช้รูป 12.1 ประกอบการอธิบาย

4. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า อะตอมของคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของ คาร์บอนด้วยกันเองหรือกับธาตุอื่นด้วยรูปแบบพันธะและลักษณะการเชื่อมต่อที่หลากหลาย ทำให้มี สารประกอบอินทรีย์จำนวนมาก เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.1

5. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.1 สืบค้นข้อมูลสารประกอบอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวัน



กิจกรรม 12.1 สืบค้นข้อมูลสารประกอบอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน

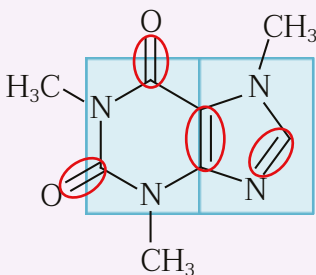
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 5 | นาที |
|------------|----------------------|----|------|
| | ทำกิจกรรม | 15 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 30 | นาที |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู


ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า และนำเสนอสิ่งที่นักเรียนสืบค้นข้อมูลในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

คาเฟอีน (caffeine) เป็นสารที่พบได้ในเครื่องดื่ม เช่น ชา กาแฟ น้ำอัดลม มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ร่างกายเกิดความตื่นตัว



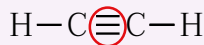
 แสดงตำแหน่งพันธะคู่


 แสดงตำแหน่ง
โครงสร้างแบบวง

(ตำแหน่งที่ไม่ได้ระบุเป็นตำแหน่ง
ของพันธะเดี่ยวจำนวน 21 พันธะ)

โมเลกุลของคาเฟอีนประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ และมีโครงสร้างแบบวง

แก๊สอะเซทิลีน (acetylene) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เมื่อเผาแก๊สผสมของอะเซทิลีนกับแก๊สออกซิเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้เปลวไฟที่ให้ความร้อนสูงถึง 3000 องศาเซลเซียส จึงนำมาใช้ในการเชื่อมและตัดโลหะได้



 แสดงตำแหน่งพันธะสาม

(ตำแหน่งที่ไม่ได้ระบุเป็นตำแหน่งของพันธะเดี่ยวจำนวน 2 พันธะ)

โมเลกุลของแก๊สอะเซทิลีนประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะสาม และมีโครงสร้างแบบโซ่เปิด

6. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับพันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์ว่า สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอน ส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับพันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย ผลการสืบค้นข้อมูล และการทดสอบ
2. ทักษะการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ
3. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูล

12.2 สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เขียนสูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะของสารประกอบอินทรีย์

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดเท่านั้น | การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสสามารถแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดหรือเส้นก็ได้ |
| การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสแบบเส้นไม่ต้องแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวด้วยจุด | การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสแบบเส้นต้องแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวด้วยจุด |
| สูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะเหมาะสมสำหรับแสดงโครงสร้างของสารทุกชนิด | สูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะไม่เหมาะสมสำหรับสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กบางชนิด เช่น CH_4 CH_3CH_3 CH_3OH |

สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

แบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีดำ สีขาว และสีแดง พร้อมก้านพลาสติก

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนพิจารณาตาราง 12.2 แล้วใช้คำถามว่า สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบใดที่สามารถเขียนได้ง่ายกว่า ซึ่งควรได้คำตอบว่า สูตรโครงสร้างแบบย่อ เพื่อนำเข้าสู่วิธีการเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อ

2. ครูอธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อ โดยใช้ตาราง 12.2 ประกอบการอธิบายและชี้ให้เห็นว่า

- สูตรโครงสร้างแบบย่อแสดงเฉพาะสัญลักษณ์ของธาตุ พันธะคู่หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน และตัวเลขที่แสดงจำนวนอะตอม โดยไม่จำเป็นต้องแสดงพันธะเดี่ยว

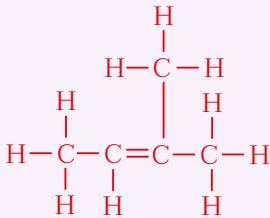
- ถ้ามีกลุ่มอะตอมที่ซ้ำกันมากกว่า 1 กลุ่มที่ต่อกัน หรือต่อกับอะตอมเดียวกัน อาจเขียนไว้ในวงเล็บ และใช้ตัวเลขแสดงจำนวนกลุ่มอะตอม

- โครงสร้างแบบวงให้แสดงพันธะเดี่ยวระหว่างอะตอมของคาร์บอนภายในวงและพันธะของอะตอมที่ไม่ใช่ไฮโดรเจนที่เชื่อมต่อกับวง
 - สูตรโครงสร้างแบบย่ออาจแสดงพันธะเดี่ยวระหว่างอะตอมที่ไม่ใช่ไฮโดรเจนเพื่อความชัดเจน
3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

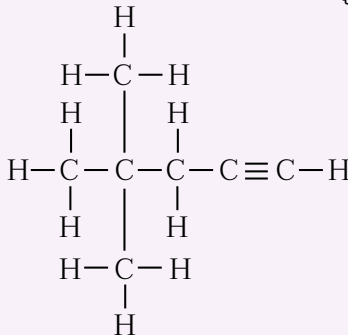


ตรวจสอบความเข้าใจ

1. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างแบบย่อเป็น $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$



2. เขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างลิวอิสดังนี้



4. ครูให้นักเรียนพิจารณาตาราง 12.3 แล้วใช้คำถามนำว่า เส้นและมุมในสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะแสดงถึงอะไร เพื่อนำเข้าสู่การเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ
5. ครูอธิบายวิธีการเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ โดยใช้ตาราง 12.3 ประกอบการอธิบายและชี้ให้เห็นว่า

- สูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะนิยมแสดงเส้นพันธะระหว่างอะตอมที่ไม่ใช่ไฮโดรเจน และเชื่อมต่อกันในลักษณะเส้นซิกแซ็ก
- โซ่กิ่งจะแสดงด้วยเส้นตรงที่ต่อออกมาจากมุมของเส้นซิกแซ็ก
- มุมระหว่างพันธะเดียวกับพันธะสามในสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ ให้เขียนเป็นเส้นตรงตามมุมพันธะจริง (180°)
- โครงสร้างแบบวงจะแสดงด้วยรูปเหลี่ยมด้านเท่า
- โครงสร้างที่มีอะตอมของธาตุอื่น เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน ต้องแสดงสัญลักษณ์ของธาตุและอะตอมไฮโดรเจนที่ต่อกับธาตุนั้นด้วย

6. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

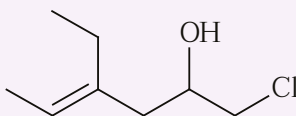


ตรวจสอบความเข้าใจ

1. เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างแบบย่อเป็น $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ และ $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CHO}$

| สูตรโครงสร้างแบบย่อ | สูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ | |
| $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CHO}$ | (หมายเหตุ : โดยทั่วไปนิยมเขียน H ของ CHO ในโครงสร้างด้วย) |

2. เขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อและสูตรโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะดังนี้



สูตรโครงสร้างแบบย่อ



สูตรโมเลกุล



7. ครูให้นักเรียนพิจารณาตาราง 12.4 แล้วใช้คำถามนำว่า โมเลกุล CH_4 มีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบใด และสูตรโครงสร้างลิวอิสแสดงรูปร่างโมเลกุลหรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ

8. ครูชี้ให้เห็นว่า สูตรโครงสร้างลิวอิสเป็นการแสดงการเชื่อมต่อกันของอะตอมในโมเลกุลด้วยรูป 2 มิติ โดยไม่ได้แสดงถึงรูปร่างโมเลกุลหรือตำแหน่งของอะตอมใน 3 มิติ จากนั้นครูต่อแบบจำลองโมเลกุลของมีเทนแล้วเปรียบเทียบกับภาพแบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ ในตาราง 12.4 ทั้งนี้ครูอาจให้นักเรียนต่อแบบจำลองโมเลกุลอื่น ๆ ในตาราง 12.4

9. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.1 เพื่อทบทวนความรู้

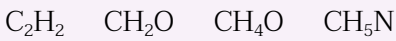
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
3. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด



แบบฝึกหัด 12.1

1. จากสูตรโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์



ตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส

| สูตรโมเลกุล | C_2H_2 | CH_2O | CH_4O | CH_5N |
|---------------------|------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| สูตรโครงสร้างลิวอิส | $H-C \equiv C-H$ | $\begin{array}{c} :O: \\ \\ H-C-H \end{array}$ | $\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-O-H \\ \\ H \end{array}$ | $\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -N-H \\ & \cdot\cdot \\ H & \end{array}$ |

1.2 สูตรโมเลกุลใดที่มีพันธะคู่ในโมเลกุล



1.3 สูตรโมเลกุลใดที่มีพันธะสามในโมเลกุล



1.4 เขียนสูตรโครงสร้างแบบย่อ

| สูตรโมเลกุล | C_2H_2 | CH_2O | CH_4O | CH_5N |
|---------------------|----------------|---------|----------|------------|
| สูตรโครงสร้างแบบย่อ | $CH \equiv CH$ | CH_2O | CH_3OH | CH_3NH_2 |

1.5 เขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะนี้เหมาะสมสำหรับการแสดงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ขนาดเล็กหรือไม่ อย่างไร

| สูตรโมเลกุล | C_2H_2 | CH_2O | CH_4O | CH_5N |
|---------------------------|----------|---------|---------|---------|
| สูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะ | \equiv | $=O$ | $-OH$ | $-NH_2$ |

ไม่เหมาะสม เนื่องจากสูตรโครงสร้างแบบเส้นพันธะของสารประกอบอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กดังตัวอย่างข้างต้น มีความชัดเจนน้อยกว่าสูตรโครงสร้างแบบอื่น ๆ

2. เติมข้อมูลในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

| ข้อ | สูตรโครงสร้าง ลิวอิส | สูตรโครงสร้าง แบบเส้นพันธะ | สูตรโครงสร้างแบบย่อ | สูตร โมเลกุล |
|------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 2.1 | | | (CH ₃) ₂ O หรือ CH ₃ OCH ₃ | C ₂ H ₆ O |
| 2.2 | | | CH ₃ CHCl ₂ | C ₂ H ₄ Cl ₂ |
| 2.3 | | | CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃ | C ₆ H ₁₄ |
| 2.4 | | | CH ₃ CH ₂ CH ₂ NH ₂ | C ₃ H ₉ N |
| 2.5 | | | | C ₃ H ₆ O |
| 2.6 | | | CH ₃ CH ₂ COOH | C ₃ H ₆ O ₂ |
| 2.7 | | | CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH=CH ₂ | C ₆ H ₁₂ |
| 2.8 | | | CH ₃ CH ₂ C(CH ₃) ₂ CH ₂ C≡CH | C ₈ H ₁₄ |
| 2.9 | | | | C ₄ H ₇ NO |
| 2.10 | | | ClC≡CCH(CH ₃)COCH ₃ | C ₆ H ₇ OCl |

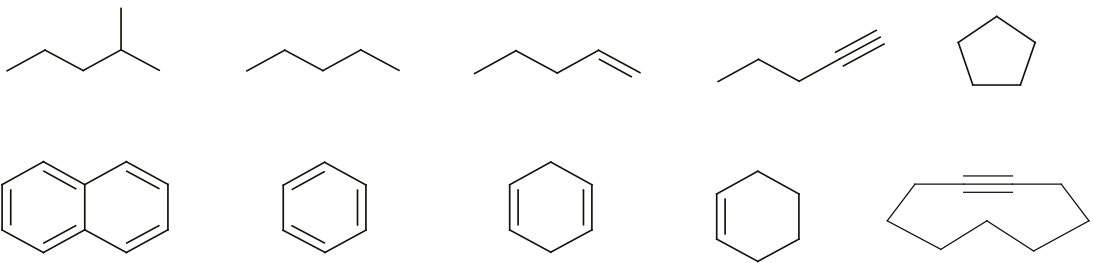
12.3 หมู่ฟังก์ชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์โครงสร้างและระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนจัดกลุ่มสารที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ครูกำหนดให้ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการจัดกลุ่มนั้น ตัวอย่างสารประกอบเป็นดังนี้



จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยครูชี้ให้เห็นว่าส่วนใดในโครงสร้างที่ใช้ในการจัดกลุ่มสาร เพื่อนำเข้าสู่หมู่ฟังก์ชัน

2. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามหมู่ฟังก์ชันได้เป็น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ตาราง 12.5 ประกอบการอธิบาย
3. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไซโคลแอลเคน โดยใช้รูป 12.2 ประกอบการอธิบาย
4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิด



ชวนคิด

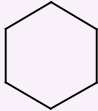

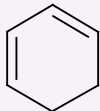
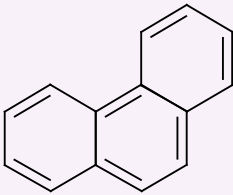
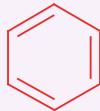
ไซโคลแอลเคนมีสูตรทั่วไปเหมือนหรือต่างจากแอลเคนโซ่เปิดอย่างไร
ไซโคลแอลเคนมีสูตรทั่วไปต่างจากแอลเคนโซ่เปิด โดยไซโคลแอลเคนมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n} ส่วนแอลเคนโซ่เปิดมีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n+2}

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว สารแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน และอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้รูป 12.3 และ 12.4 ประกอบการอธิบาย
6. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

ระบุประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่กำหนดให้ต่อไปนี้

| ข้อ | สูตรโครงสร้าง | ประเภทของสาร | หมู่ฟังก์ชัน |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. |  | แอลเคน (alkane) | C—C |
| 2. |  | แอลไคน์ (alkyne) | C≡C |
| 3. |  | แอลคีน (alkene) | C=C |
| 4. |  | แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) |  |

7. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ โดยใช้ตาราง 12.6 ประกอบการอธิบาย และให้ความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่ใช้แทนหมู่แอลคิลและหมู่เอริล
8. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

ระบุประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

| ข้อ | สูตรโครงสร้าง | ประเภทของสาร | หมู่ฟังก์ชัน |
|-----|--------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ | แอลดีไฮด์ (aldehyde) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| 2. | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ | แอลกอฮอล์ (alcohol) | $-\text{O}-\text{H}$ |
| 3. | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ | กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$ |
| 4. | $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ | เอสเทอร์ (ester) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$ |
| 5. | $\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ | คีโตน (ketone) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$ |
| 6. | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ | อีเทอร์ (ether) | $-\text{O}-$ |

9. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับประเภทและหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยใช้ตาราง 12.7 ประกอบการอธิบาย

10. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ว่า การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้เป็นแอลเคน แอลคีน แอลคีน แอลโคน์ แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์

11. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.2 เพื่อทบทวนความรู้

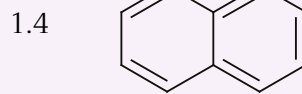
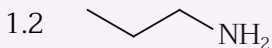
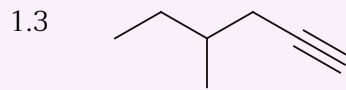
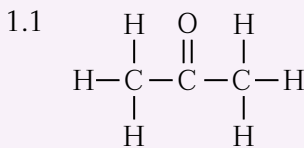
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ทักษะการจำแนกประเภท จากการทำแบบฝึกหัด
3. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการ อภิปราย
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด




แบบฝึกหัด 12.2

1. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดบ้างเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และระบุว่าเป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทใด

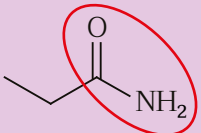
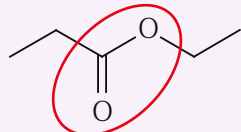


ข้อ 1.3 และ 1.4 เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากมีเฉพาะธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น โดยสารประกอบในข้อ 1.3 เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลไคน์ และข้อ 1.4 เป็นสารแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน

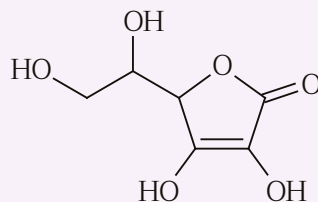
2. เติมข้อมูลในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

| ข้อ | ประเภทของสารประกอบ | สูตรทั่วไป | หมู่ฟังก์ชัน |
|------|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 | เอมีน (amine) | RNH_2 | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{N}-\text{H} \end{array}$ |
| 2.2 | แอลไคน์ (alkyne) | $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ | $\text{C}\equiv\text{C}$ |
| 2.3 | แอลดีไฮด์ (aldehyde) | RCHO | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| 2.4 | อีเทอร์ (ether) | ROR' | $-\text{O}-$ |
| 2.5 | คีโตน (ketone) | RCOR' | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$ |
| 2.6 | แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) | - |  |
| 2.7 | เอไมด์ (amide) | RCONH_2 | $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{N}-\text{H} \end{array}$ |
| 2.8 | แอลเคน (alkane) | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ | $\text{C}-\text{C}$ |
| 2.9 | เอสเทอร์ (ester) | RCOOR' | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$ |
| 2.10 | แอลกอฮอล์ (alcohol) | ROH | $-\text{O}-\text{H}$ |
| 2.11 | แอลคีน (alkene) | C_nH_{2n} | $\text{C}=\text{C}$ |
| 2.12 | กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) | RCOOH | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$ |

3. วงกลมล้อมรอบหมู่ฟังก์ชัน (ยกเว้น C-C) และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์ จากสูตรโครงสร้างที่กำหนดให้ต่อไปนี้

| ข้อ | สูตรโครงสร้าง | ประเภทของสาร |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 3.1 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ | แอลกอฮอล์ (alcohol) |
| 3.2 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) |
| 3.3 |  | เอไมด์ (amide) |
| 3.4 |  | เอสเทอร์ (ester) |
| 3.5 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{O}-\text{CH}_3$ | อีเทอร์ (ether) |
| 3.6 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ | แอลดีไฮด์ (aldehyde) |

4. ระบุหมู่ฟังก์ชันและจำนวนของหมู่ฟังก์ชันนั้น (ยกเว้น C-C) จากสูตรโครงสร้างของวิตามินซีดังนี้



โครงสร้างของวิตามินซีมีหมู่ฟังก์ชันดังนี้

$\text{C}=\text{C}$ 1 หมู่ $-\text{O}-\text{H}$ 4 หมู่ และ $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-$ 1 หมู่

12.4 ชื่อของสารประกอบอินทรีย์

12.4.1 ชื่อของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

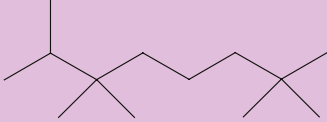
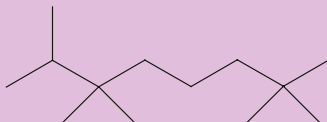
12.4.2 ชื่อของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

12.4.3 ชื่อของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ ตามระบบ IUPAC

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

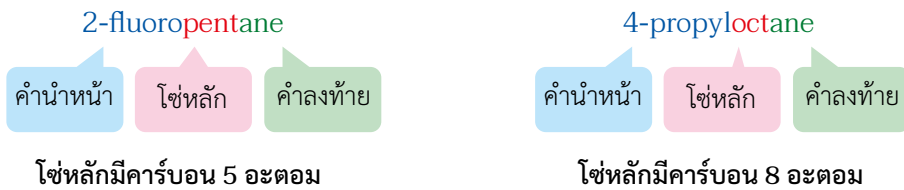
| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ระบุตำแหน่งของหมู่แทนที่ โดยพิจารณาจากผลรวมของตำแหน่งให้น้อยที่สุด เช่น</p>  <p>2,3,3,7,7-pentamethyloctane (ผลรวมตำแหน่งของหมู่แทนที่เป็น 22)</p> | <p>ระบุตำแหน่งของหมู่แทนที่ โดยพิจารณาจากตำแหน่งแรกที่แตกต่างกันให้เป็นตัวเลขน้อยที่สุด เช่น</p>  <p>2,2,6,6,7-pentamethyloctane (ผลรวมตำแหน่งของหมู่แทนที่เป็น 23)</p> |
| โซ่หลักคือสายคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนต่อกันยาวที่สุดเสมอ | โซ่หลักคือสายคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนต่อกันยาวที่สุดและมีหมู่ฟังก์ชันหลัก |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างชื่อสามัญของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น กรดแอสซิติค (CH_3COOH) เอทิลแอลกอฮอล์ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การเรียกชื่อสามัญไม่สามารถสื่อถึงโครงสร้างของสารได้ IUPAC จึงได้ตั้งข้อกำหนดในการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างของสารอย่างเป็นระบบ

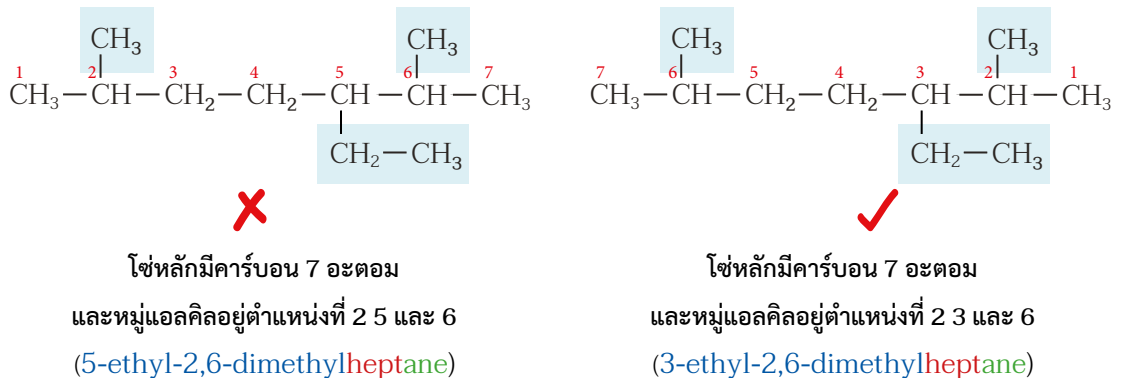
2. ครูอธิบายวิธีการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนคำลงท้าย โซ่หลัก และคำนำหน้า โดยใช้ตัวอย่าง 2-methylpentane ในหนังสือเรียน

3. ครูอธิบายการเขียนและการออกเสียงคำลงท้ายและชื่อที่แสดงจำนวนอะตอมของคาร์บอนในตาราง 12.8 และ 12.9 ตามลำดับ และการใช้คำนำหน้า โดยครูอาจยกตัวอย่างข้อสารเพิ่มเติมแล้วให้นักเรียนระบุว่าส่วนใดเป็นคำลงท้าย โข่หลัก และคำนำหน้า รวมทั้งโข่หลักมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่าใด ตัวอย่างข้อสารเป็นดังนี้



4. ครูอธิบายวิธีการเรียกชื่อของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยเริ่มจากการเรียกชื่อแอลเคนตามระบบ IUPAC ทั้งแอลเคนที่เป็นโซ่ตรงและแอลเคนที่เป็นโซ่กิ่ง ตามขั้นตอนและตัวอย่างในหนังสือเรียน

5. ครูแสดงโครงสร้างของสารที่หมู่แอลคิลตำแหน่งแรกเป็นตำแหน่งเดียวกัน แล้วให้นักเรียนเรียกชื่อสาร จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยครูชี้ให้เห็นว่า ถ้าตำแหน่งของหมู่แอลคิลตำแหน่งแรกเป็นตำแหน่งเดียวกันให้ดูตำแหน่งถัดไป จนกระทั่งพบตำแหน่งที่ต่างกัน ให้เลือกตำแหน่งของหมู่แทนที่ที่น้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น



6. ครูอธิบายวิธีการเรียกชื่อไซโคลแอลเคน แอลซีน แอลโคईน ไซโคลแอลซีน ไซโคลแอลโคईน และแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ตัวอย่างในหนังสือเรียน

7. ครูอธิบายวิธีการเรียกชื่อของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยใช้ตัวอย่างในหนังสือเรียน

8. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อทบทวนการเรียกชื่อของสารประกอบอินทรีย์ ดังตัวอย่างกิจกรรมเสนอแนะสำหรับครูดังนี้

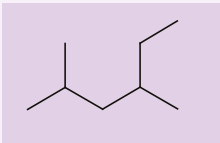
กิจกรรมเสนอแนะสำหรับครู
เรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์

วัสดุและอุปกรณ์

- กระดาษสีหรือกระดาษ A4
- ปากกาเขียนป้าย
- กรรไกร

วิธีทำกิจกรรม

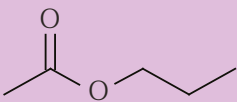
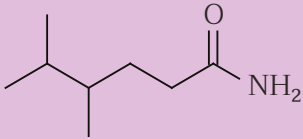
- ตัดกระดาษสีหรือกระดาษ A4 เพื่อทำบัตรคำโดยเขียนสูตรโครงสร้างหรือชื่อสารแผ่นละ 1 อย่าง ดังรูป



2,4-dimethylhexane

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างและชื่อสารที่จะทำบัตรคำดังตาราง

| สูตร | ชื่อสาร |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| | 3-ethyl-5-methylcyclohex-1-ene |
| | 4,5-dimethylhex-2-yne |
| | chlorobenzene |
| $ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array} $ | 3-methylhexan-3-ol |
| | 2-ethoxybutane |
| | 3-methylbutanal |

| สูตร | ชื่อสาร |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | pentan-2-one |
| $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$ | 3-methylbutanoic acid |
|  | propyl ethanoate |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2$ | pentan-2-amine |
|  | 4,5-dimethylhexanamide |

- ครูแจกบัตรคำที่แสดงสูตรโครงสร้างหรือชื่อสารให้นักเรียนคนละ 1 ใบ
- นักเรียนจับคู่กันตามบัตรคำที่มีสูตรโครงสร้างกับชื่อสารสอดคล้องกัน จากนั้นนำเสนอหน้าชั้นเรียน

9. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.3 เพื่อทบทวนความรู้

แนวทางการวัดและประเมินผล

- ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC จากการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
- จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
- จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด

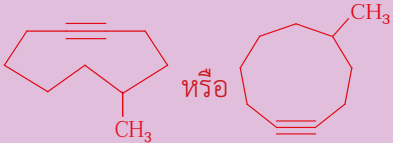
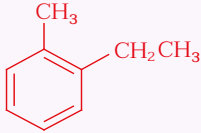
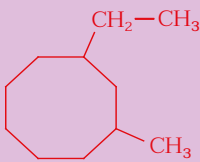


แบบฝึกหัด 12.3

1. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC จากสูตรโครงสร้างที่กำหนดให้ต่อไปนี้

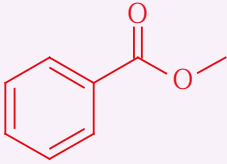
| ข้อ | สูตรโครงสร้าง | ชื่อของสารประกอบ |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1.1 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | 4-ethyl-3-methylheptane |
| 1.2 | | 3-methylcyclopent-1-ene หรือ 3-methylcyclopentene |
| 1.3 | | 1,4-diethyl-2-methylbenzene |
| 1.4 | $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_3$ | 6-methylhept-2-yne |
| 1.5 | $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OCH}_3)\text{CH}_3$ | 2-methoxypropane |
| 1.6 | | pentanamide |
| 1.7 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | ethyl propanoate |
| 1.8 | | 2-methylbutanal |
| 1.9 | | heptan-2-amine |
| 1.10 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | hexan-3-one |
| 1.11 | | pentan-3-ol |
| 1.12 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | 3-methylbutanoic acid |

2. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์จากชื่อที่กำหนดให้ต่อไปนี้

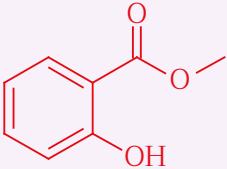
| ข้อ | ชื่อของสารประกอบ | สูตรโครงสร้าง |
|------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 | pent-2-ene | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 2.2 | hexanamide | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$ |
| 2.3 | butan-2-one | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 2.4 | propan-1-ol | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ |
| 2.5 | butan-1-amine | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ |
| 2.6 | ethyl butanoate | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 2.7 | 3-chlorobutanal | $\text{CH}_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| 2.8 | 1-ethoxypentane | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 2.9 | 5-methylcyclonon-1-yne |  |
| 2.10 | 1-ethyl-2-methylbenzene |  |
| 2.11 | 3,3-dimethylbutanoic acid | $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ |
| 2.12 | 3-ethyl-2,4-dimethylhexane | $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_2-\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 2.13 | 1-ethyl-3-methylcyclooctane |  |

3. สารแอโรแมติกบางชนิด เช่น กรดเบนโซอิก กรดซาลิซิลิก ฟีนอล ซึ่งเป็นชื่อสามัญที่ IUPAC ยอมรับให้ใช้ในการเรียกชื่อได้ จงเขียนโครงสร้างของสารประกอบเอสเทอร์ของสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้

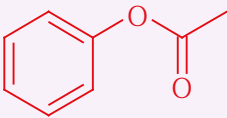
3.1 เมทิลเบนโซเอต (methyl benzoate)



3.2 เมทิลซาลิซิลเลต (methyl salicylate)



3.3 ฟีนิลเอทานอเอต (phenyl ethanoate)



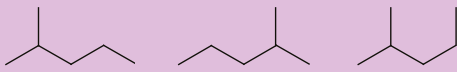
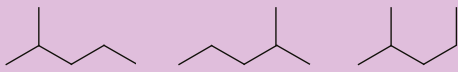
หมายเหตุ : นักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างเป็นแบบลิวอิส แบบย่อ หรือแบบเส้นพันธะ ก็ได้

12.5 ไอโซเมอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

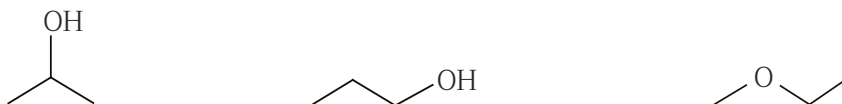
เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โครงสร้างสารชนิดเดียวกันแต่เขียนแสดงแตกต่างกัน เป็นไอโซเมอร์ เช่น | โครงสร้างสารที่เขียนแสดงแตกต่างกัน อาจเป็นสารชนิดเดียวกัน เช่น |
|  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างของ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ซึ่งจะพบว่านักเรียนอาจเขียนสูตรโครงสร้างได้ต่างกันทั้งที่มีสูตรโมเลกุลเดียวกัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารประกอบอินทรีย์บางชนิดที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน อาจเขียนสูตรโครงสร้างได้ต่างกัน เพื่อนำเข้าสู่เรื่องไอโซเมอร์ ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ เป็นดังนี้



2. ครูให้ความหมายของไอโซเมอร์ซิม ไอโซเมอร์ และไอโซเมอร์โครงร่างหรือไอโซเมอร์โครงสร้าง จากนั้นครูใช้คำถามนำว่า ลำดับการต่อกันของอะตอมจะทำให้สารมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.2

3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.2 การจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์



กิจกรรม 12.2 การจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ต่อบนแบบจำลองแสดงโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แบบต่าง ๆ ตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนที่กำหนดให้
2. เขียนสูตรโครงสร้างของแต่ละไอโซเมอร์ และระบุจำนวนไอโซเมอร์
3. อธิบายผลของการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนต่อโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 10 | นาที |
|------------|----------------------|----|------|
| | ทำกิจกรรม | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

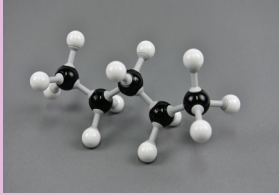

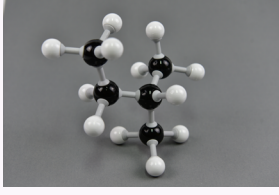
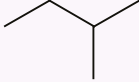
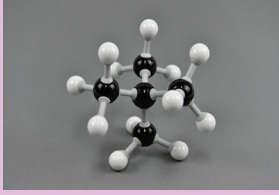

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจใช้ดินน้ำมันกับไม้จิ้มฟัน หรือวัสดุอื่น ๆ สำหรับใช้แทนแบบจำลองลูกกลมพลาสติกกับก้านพลาสติกได้

วัสดุและอุปกรณ์

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. แบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีดำแบบเจาะ 4 รู (แทนอะตอมของคาร์บอน) | 5 ลูก |
| 2. แบบจำลองลูกกลมพลาสติกสีขาวแบบเจาะ 1 รู (แทนอะตอมของไฮโดรเจน) | 12 ลูก |
| 3. ก้านพลาสติก (แทนพันธะ) | 16 อัน |

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

| แบบที่ | แบบจำลองโมเลกุล 3 มิติ | สูตรโครงสร้าง |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |  |  (pentane) |
| 2 |  |  (2-methylbutane) |
| 3 |  |  (2,2-dimethylpropane) |

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

เมื่อต่อแบบจำลองโมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอมและไฮโดรเจน 12 อะตอม จะได้แบบจำลองของสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} โดยมีโครงสร้างที่เป็นไปได้ 3 แบบ ดังนั้นสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_5H_{12} จึงมี 3 ไอโซเมอร์ ที่มีการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนแตกต่างกันคือมีลักษณะเป็นโซ่ตรงหรือโซ่กิ่ง

สรุปผลการทำกิจกรรม

สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนที่ต่างกันทำให้เกิดไอโซเมอร์

4. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสารที่เป็นไอโซเมอร์กันที่มีหมู่ฟังก์ชันเดียวกัน โดยใช้สารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_4H_{10} ในรูป 12.5 เป็นตัวอย่างตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

5. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับไอโซเมอร์ของแอลคีนและแอลไคน์ โดยใช้ให้เห็นตำแหน่งของพันธะคู่หรือพันธะสามในสายโซ่คาร์บอนที่ต่างกัน ดังรูป 12.6 และการต่อกันของอะตอมของคาร์บอนแบบโซ่เปิดและแบบวง ดังรูป 12.7 ประกอบการอธิบาย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

Degree of unsaturation หรือ Double bond equivalent (DBE) เป็นค่าที่แสดงถึงจำนวนพันธะคู่หรือจำนวนวงในโมเลกุลของสาร ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตรโมเลกุล ได้ดังนี้

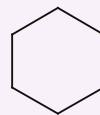
$$\text{Degree of unsaturation} = \frac{2C + 2 + N - X - H}{2}$$

เมื่อ C เป็นจำนวนอะตอมของคาร์บอน N เป็นจำนวนอะตอมของไนโตรเจน
X เป็นจำนวนอะตอมของฮาโลเจน H เป็นจำนวนอะตอมของไฮโดรเจน

ค่า Degree of unsaturation นี้ช่วยเป็นแนวทางในการเขียนโครงสร้างของสารจากสูตรโมเลกุล เช่น สารที่มีสูตรโมเลกุล C_6H_{12} เมื่อคำนวณ Degree of unsaturation ได้ค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นในโครงสร้างของสารอาจมีพันธะคู่ 1 พันธะ หรือมีวง 1 วง เช่น



hex-1-ene



cyclohexane

6. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลดังต่อไปนี้ และระบุว่าไอโซเมอร์ที่เป็นแบบโซ่เปิดและแบบวงอย่างละกี่ไอโซเมอร์

1. C_4H_8

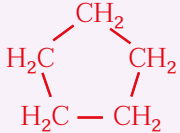
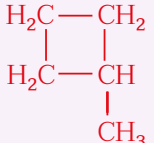
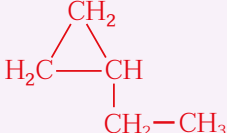
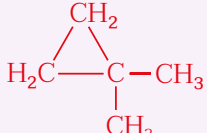
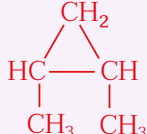
โครงสร้างแบบโซ่เปิด 3 ไอโซเมอร์ และแบบวง 2 ไอโซเมอร์ ดังนี้

| แบบที่ | โครงสร้างแบบโซ่เปิด |
|--------|---------------------------------------------------------|
| 1 | $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ |
| 2 | $CH_3-CH=CH-CH_3$ |
| 3 | $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_2=C-CH_3 \end{array}$ |

| แบบที่ | โครงสร้างแบบวง |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | $\begin{array}{c} H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$ |
| 2 | $\begin{array}{c} CH_2 \\ / \quad \backslash \\ H_2C-CH \\ \\ CH_3 \end{array}$ |

2. C₅H₁₀

โครงสร้างแบบโซ่เปิด 5 ไอโซเมอร์ และแบบวง 5 ไอโซเมอร์ ดังนี้

| แบบที่ | โครงสร้างแบบโซ่เปิด | แบบที่ | โครงสร้างแบบวง |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 1 |  |
| 2 | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 2 |  |
| 3 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | 3 |  |
| 4 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | 4 |  |
| 5 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | 5 |  |

หมายเหตุ : นักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างเป็นแบบลิวอิส แบบย่อ หรือแบบเส้นพันธะ ก็ได้

7. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเพิ่มเติมโดยการเรียกชื่อสารแต่ละไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุล C₅H₁₀ ในคำถามตรวจสอบความเข้าใจ เพื่อให้ทราบว่าป็นสารต่างชนิดกันด้วยการตรวจสอบจากชื่อสารที่ต่างกัน ซึ่งเป็นตัวอย่างกิจกรรมเสนอแนะสำหรับครูดังนี้

กิจกรรมเสนอแนะสำหรับครู
เรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กัน

| แบบที่ | โครงสร้างแบบโซ่เปิด | ชื่อของสารประกอบ |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1 | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | pent-1-ene |
| 2 | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | pent-2-ene |
| 3 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | 2-methylbut-1-ene |
| 4 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | 3-methylbut-1-ene |
| 5 | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | 2-methylbut-2-ene |

| แบบที่ | โครงสร้างแบบวง | ชื่อของสารประกอบ |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ | cyclopentane |
| 2 | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | 1-methylcyclobutane หรือ methylcyclobutane |
| 3 | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | 1-ethylcyclopropane หรือ ethylcyclopropane |
| 4 | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | 1,1-dimethylcyclopropane |
| 5 | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ | 1,2-dimethylcyclopropane |

8. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับไอโซเมอร์ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นไอโซเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน โดยใช้ตัวอย่างในรูป 12.8 ประกอบการอธิบาย
9. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.4 เพื่อทบทวนความรู้

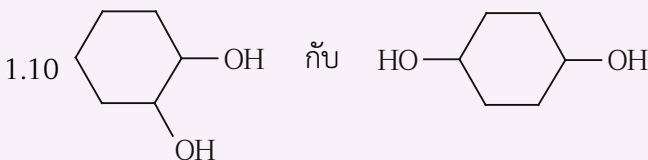
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับไอโซเมอร์ซิสม์ ไอโซเมอร์ และไอโซเมอร์โครงสร้าง จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ทักษะการสังเกตและการสร้างแบบจำลอง จากการทำกิจกรรม
3. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด



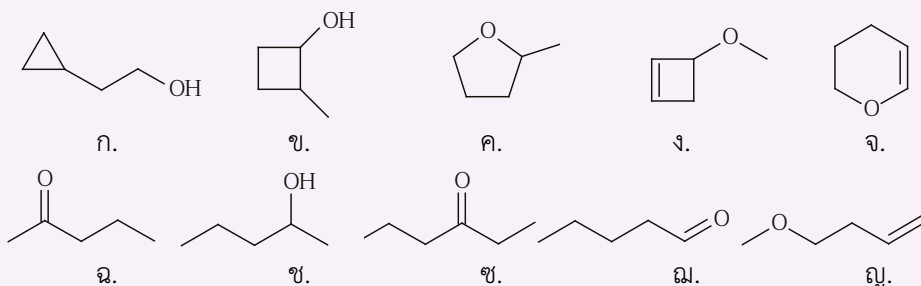
แบบฝึกหัด 12.4

1. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดเป็นไอโซเมอร์กัน
 - 1.1 CH_3OCH_3 กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
 - 1.2 $(\text{CH}_3)_2\text{CCl}_2$ กับ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{Cl}$
 - 1.3 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$ กับ $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{CO}$
 - 1.4 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{CHCH}_3$ กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$
 - 1.5 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NHCH}_3$
 - 1.6 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
 - 1.7 $\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$ กับ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CH}_2$
 - 1.8 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$ กับ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{OH}$



สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กัน ได้แก่ ข้อ 1.1 1.3 1.4 1.5 1.6 1.9 และ 1.10 ส่วนสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เป็นไอโซเมอร์กัน ได้แก่ ข้อ 1.2 เนื่องจากมีสูตรโมเลกุลต่างกัน และข้อ 1.7 และ 1.8 เป็นสารเดียวกัน

2. สารประกอบอินทรีย์ในข้อใดบ้างที่เป็นไอโซเมอร์กัน

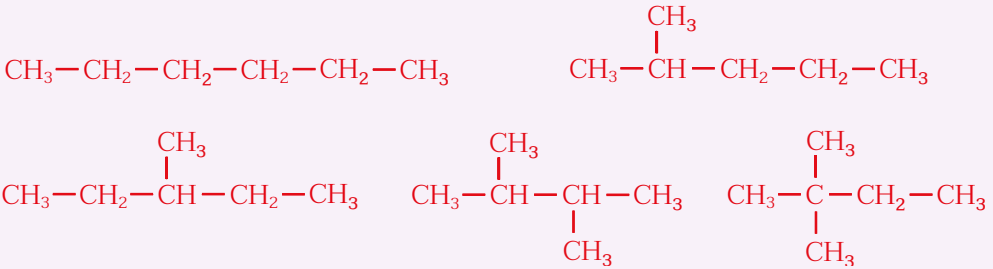


ก. ข. ค. ฉ. ฅ. และ ฉ. เป็นไอโซเมอร์กัน
 ง. และ จ. เป็นไอโซเมอร์กัน

3. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 6 อะตอม และมีโครงสร้างและพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนดังนี้

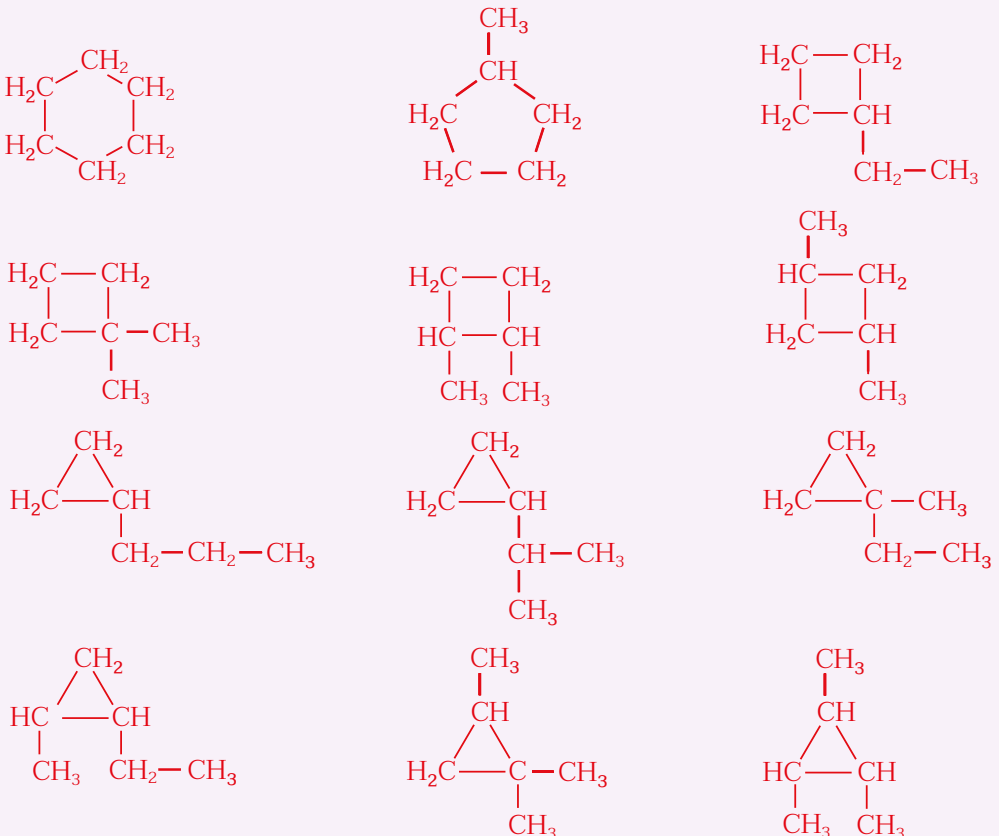
3.1 โซ่เปิดที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด

มี 5 ไอโซเมอร์ ดังนี้

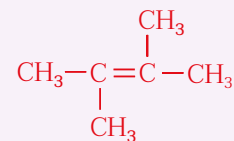
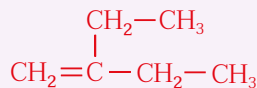
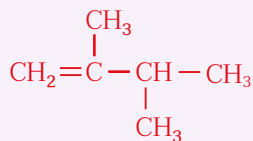
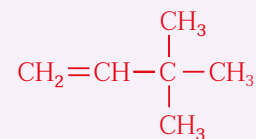
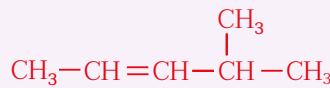
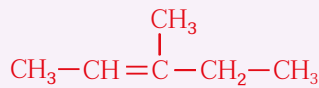
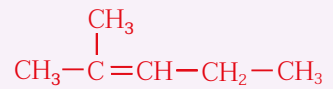
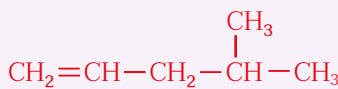
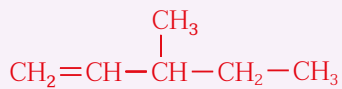
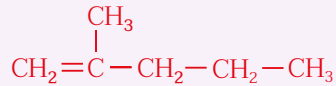
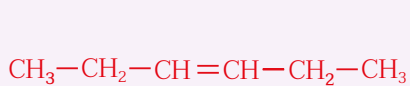
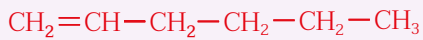


3.2 แบบวงที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด

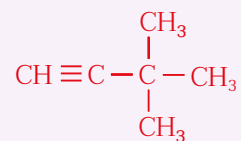
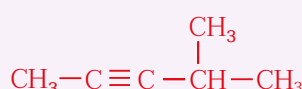
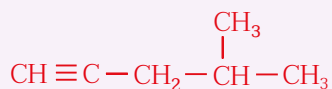
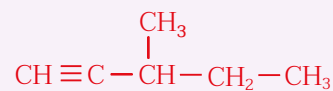
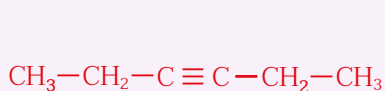
มี 12 ไอโซเมอร์ ดังนี้



3.3 โพลีเปิดที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ มี 13 ไอโซเมอร์ ดังนี้



3.4 โพลีเปิดที่มีพันธะสาม 1 พันธะ มี 7 ไอโซเมอร์ ดังนี้



หมายเหตุ : นักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างเป็นแบบลิวอิส แบบย่อ หรือแบบเส้นพันธะ ก็ได้

12.6 สมบัติของสารประกอบอินทรีย์

12.6.1 สมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

12.6.2 สมบัติของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

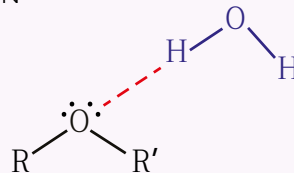
12.6.3 สมบัติของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สารประกอบอินทรีย์แต่ละชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเพียงชนิดเดียว เช่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์คือพันธะไฮโดรเจนเท่านั้น | สารประกอบอินทรีย์บางชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า 1 ชนิด เช่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์คือพันธะไฮโดรเจน แรงระหว่างขั้ว และแรงแผ่กระจายลอนดอน |
| อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน และเอสเทอร์ ไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ เพราะในโมเลกุลไม่มีอะตอมของไฮโดรเจนต่อกับออกซิเจน | สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจน เช่น อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างอะตอมออกซิเจนของโมเลกุลสารกับอะตอมไฮโดรเจนของโมเลกุลน้ำได้ เช่น อีเทอร์เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ดังแสดง |
| จุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์พิจารณาจากพลังงานพันธะภายในโมเลกุล | จุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์พิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล |



สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

แหล่งสืบค้นข้อมูล เช่น เว็บไซต์ ฐานข้อมูลสารเคมี

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากนั้นอธิบายเกี่ยวกับสภาพขั้วของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยยกตัวอย่างโมเลกุลมีเทนและโพรพินตามรูป 12.9 ประกอบ

2. ครูอธิบายสมบัติการละลายในน้ำของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้หลักการ like dissolves like ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

3. ครูอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารประกอบอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นใช้คำถามนำว่า แนวโน้มจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเมื่อมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนต่างกันเป็นอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.3

4. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.3 สืบค้นข้อมูลจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลเคน



กิจกรรม 12.3 สืบค้นข้อมูลจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลเคน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลเคน
2. นำเสนอแนวโน้มจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลเคน
3. เปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคน

| เวลาที่ใช้ | อธิบาย | เวลา | หน่วย |
|------------|----------------------|------|-------|
| | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

วัสดุและอุปกรณ์

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|----------------------------------------|----------------|
| 1. กระดาษกราฟ | 2 แผ่น |
| 2. ไม้บรรทัด | 1 อัน |
| 3. ดินสอสีหรือปากกาที่มีสีต่างกัน 2 สี | 2 ด้าม |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

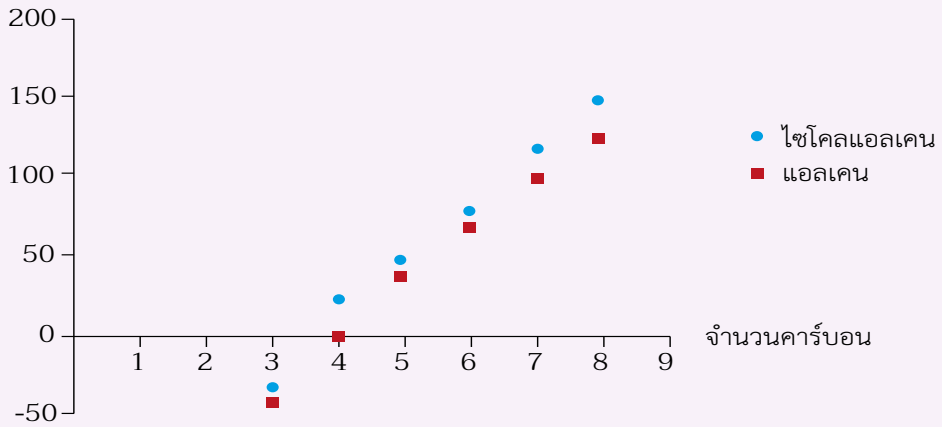
- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการกำหนดข้อมูลในแต่ละแกนของกราฟ โดยควรได้ข้อสรุปว่าจำนวนอะตอมของคาร์บอนซึ่งเป็นตัวแปรต้นควรอยู่บนแกน X และจุดเดือดหรือจุดหลอมเหลวซึ่งเป็นตัวแปรตามควรอยู่บนแกน Y
- ให้นักเรียนใช้ดินสอสีหรือปากกาที่มีสีต่างกันในการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด (และจุดหลอมเหลว) ของแอลเคนไซ้ตรงและไซโคลแอลเคนเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

| จำนวนคาร์บอน | จุดเดือด (°C) | | จุดหลอมเหลว (°C) | |
|--------------|---------------|-------------|------------------|-------------|
| | แอลเคน | ไซโคลแอลเคน | แอลเคน | ไซโคลแอลเคน |
| 3 | -42 | -33 | -188 | -128 |
| 4 | -0.5 | 23 | -138 | -91 |
| 5 | 36 | 49 | -129 | -93 |
| 6 | 69 | 80 | -95 | 7 |
| 7 | 98 | 118 | -91 | -12 |
| 8 | 126 | 149 | -57 | 15 |

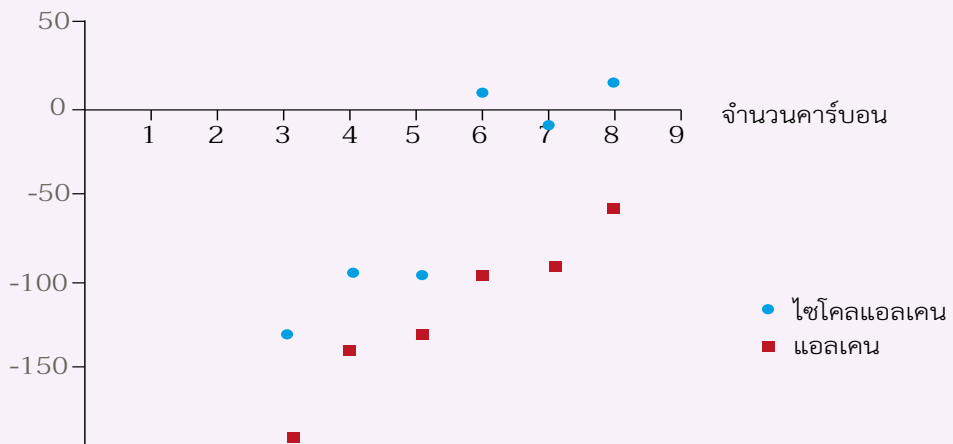
กราฟที่ 1 จุดเดือดของแอลเคนและไซโคลแอลเคนที่มีคาร์บอน 3–8 อะตอม

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



กราฟที่ 2 จุดหลอมเหลวของแอลเคนและไซโคลแอลเคนที่มีคาร์บอน 3–8 อะตอม

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



อภิปรายผลการทำกิจกรรม

จากกราฟที่ 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนของแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนที่มีคาร์บอน 3–8 อะตอม พบว่าทั้งแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนมีจุดเดือดเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน พบว่าไซโคลแอลเคนมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคนโซ่ตรงซึ่งแสดงว่าโครงสร้างแบบวงมีจุดเดือดสูงกว่าโครงสร้างแบบเส้น

จากกราฟที่ 2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนของแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนที่มีคาร์บอน 3–8 อะตอม พบว่าจุดหลอมเหลวของทั้งแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของจุดหลอมเหลวมีความต่อเนื่องน้อยกว่าจุดเดือด

สรุปผลการทำกิจกรรม

แอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของแอลเคนโซ่ตรงและไซโคลแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน พบว่าไซโคลแอลเคนมีจุดเดือดสูงกว่าแอลเคนโซ่ตรงเล็กน้อยแสดงว่า ทั้งขนาดโมเลกุลและโครงสร้างของสารมีผลต่อจุดเดือดของแอลเคน

5. ครูเชื่อมโยงแนวโน้มจุดเดือดของแอลเคนจากกิจกรรม 12.3 กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลเคนซึ่งเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอนที่ขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลและโครงสร้างของสารและชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของจุดหลอมเหลวมีลักษณะไม่ต่อเนื่องเหมือนจุดเดือดเนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในของแข็ง ดังนั้นการเปรียบเทียบสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารจึงนิยมพิจารณาจุดเดือดมากกว่าจุดหลอมเหลว

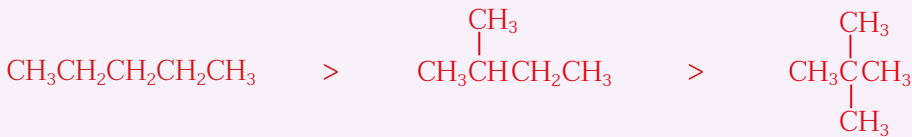
6. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

สารที่มีสูตรโมเลกุล C_5H_{12} มี 3 ไอโซเมอร์ เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างทั้งสามและเรียงลำดับจุดเดือดของไอโซเมอร์เหล่านี้จากสูงไปต่ำ

ไอโซเมอร์โครงสร้างและลำดับจุดเดือดของ C_5H_{12} เป็นดังนี้



7. ครูให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลจุดเดือดของแอลคีนและแอลคไนด์ตรงในตาราง 12.10 จากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวโน้มจุดเดือดของแอลคีนและแอลคไนด์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าจุดเดือดของแอลคีนและแอลคไนด์ตรงเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้น

8. ครูใช้คำถามว่า สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบมีสภาพขั้วต่างจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหรือไม่ อย่างไร ซึ่งควรได้คำตอบว่า สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบมีสภาพขั้วต่างจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบมีสภาพขั้วมากกว่า เพื่อนำเข้าสู่สมบัติการละลายในน้ำของแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นตัวแทนสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบตามกิจกรรม 12.4

9. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.4 การละลายได้ในน้ำของแอลกอฮอล์ แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถามท้ายการทดลอง



กิจกรรม 12.4 การทดลองการละลายได้ในน้ำของแอลกอฮอล์

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองหาการละลายได้ในน้ำของแอลกอฮอล์บางชนิด
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนกับการละลายได้ในน้ำของแอลกอฮอล์

| | | | |
|------------|-----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำการทดลอง | 10 | นาที |
| | ทำการทดลอง | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำการทดลอง | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|------------------------|----------------|
| สารเคมี | |
| 1. propan-1-ol | 1 mL |
| 2. butan-1-ol | 1 mL |
| 3. pentan-1-ol | 1 mL |
| 4. น้ำกลั่น | 3 mL |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 3 หลอด |
| 2. หลอดหยด | 4 อัน |
| 3. ปีกเกอร์ ขนาด 50 mL | 4 ใบ |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ควรย้ำให้นักเรียนหยดแอลกอฮอล์ลงในน้ำที่ระเหย พร้อมเขย่า
- เนื่องจากสารที่ทดลองใสไม่มีสีและใช้ในปริมาณน้อยจึงควรสังเกตให้ละเอียด โดยให้สังเกตการไม่ละลายในน้ำของแอลกอฮอล์ซึ่งมีลักษณะคล้ายหยดน้ำมันลอยบนผิวน้ำ ดังรูป



ถ้านักเรียนเห็นสารแยกเป็น 2 ชั้นแสดงว่าหยดแอลกอฮอล์มากเกินไป ควรทำการทดลองใหม่

3. อาจให้นักเรียนเริ่มทดลองโดยใช้ pentan-1-ol เนื่องจากสังเกตเห็นการไม่ละลายในน้ำของแอลกอฮอล์ชัดเจนและเร็วที่สุด

ตัวอย่างผลการทดลอง

| แอลกอฮอล์ | จำนวนหยด |
|-------------|-----------------|
| propan-1-ol | ละลายในน้ำได้ดี |
| butan-1-ol | 7 |
| pentan-1-ol | 2 |

หมายเหตุ ผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มอาจแตกต่างกันตามขนาดของหยดของแอลกอฮอล์

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า propan-1-ol ละลายในน้ำได้ดีกว่า butan-1-ol และ pentan-1-ol ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลแอลกอฮอล์กับการละลายในน้ำพบว่า แอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นหรือมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นละลายในน้ำได้น้อยลง

สรุปผลการทดลอง

แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นละลายในน้ำได้น้อยลง

10. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับผลของสภาพขั้วและพันธะไฮโดรเจนต่อการละลายในน้ำของแอลกอฮอล์ ตามรูป 12.10 จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับการละลายในน้ำของอีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน และ กรดคาร์บอกซิลิก ตามรูป 12.11 และ 12.12 โดยอธิบายหลักการละลายในน้ำได้เช่นเดียวกับ แอลกอฮอล์

11. ครูใช้คำถามนำว่า ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนนอกจากส่งผลต่อการละลาย ในน้ำแล้วยังส่งผลต่อจุดเดือดของสารอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.5

12. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.5 การทดลองหาจุดเดือดของ propan-2-one และ propan-2-ol แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถามท้ายการทดลอง



กิจกรรม 12.5 การทดลองหาจุดเดือดของ propan-2-one และ propan-2-ol

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองหาจุดเดือดของ propan-2-one และ propan-2-ol
2. เปรียบเทียบจุดเดือดของ propan-2-one และ propan-2-ol

| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำการทดลอง | 10 | นาที |
|------------|-----------------------|----|------|
| | ทำการทดลอง | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำการทดลอง | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

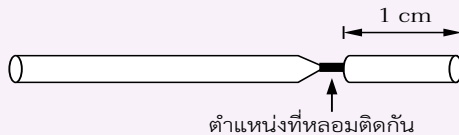
วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|------------------------|----------------|
| สารเคมี | |
| 1. propan-2-one | 1 mL |
| 2. propan-2-ol | 1 mL |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 2 หลอด |
| 2. หลอดคะปิลลารี | 2 หลอด |

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|-----------------------------------------------|----------------|
| 3. เทอร์มอมิเตอร์ 0–100 °C | 1 อัน |
| 4. ปีกเกอร์ ขนาด 100 mL | 1 ใบ |
| 5. กระบอกตวง ขนาด 10 mL | 2 อัน |
| 6. แท่งแก้วคน | 1 อัน |
| 7. ขาดังพร้อมที่จับหลอดทดลอง | 1 ชุด |
| 8. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด | 1 ชุด |
| 9. ด้ายยาว 20 cm | 2 เส้น |

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมหลอดคะปิลลารีโดยหลอมหลอดคะปิลลารี แล้วบิดหลอดหรือใช้คีมเหล็กบีบหลอดให้ติดกัน ให้ห่างจากปลายด้านหนึ่งประมาณ 1 cm ดังรูป



ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูอธิบายเพื่อทบทวนเหตุผลของการทำให้ภายในหลอดคะปิลลารีมีที่ว่างจากปลายด้านหนึ่งเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ไอของสารเข้าไปแทนที่อากาศภายในหลอดได้ทั้งหมดอย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้ได้ค่าจุดเดือดของสารที่ถูกต้อง เพราะถ้ามีอากาศอยู่มากจะต้องใช้เวลานานจึงจะทำให้ไอของสารเข้าไปแทนที่อากาศได้ทั้งหมด ทำให้จุดเดือดที่วัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

2. การผูกหลอดทดลองให้ติดกับเทอร์มอมิเตอร์อาจใช้เทปใสแทนด้าย

ตัวอย่างผลการทดลอง

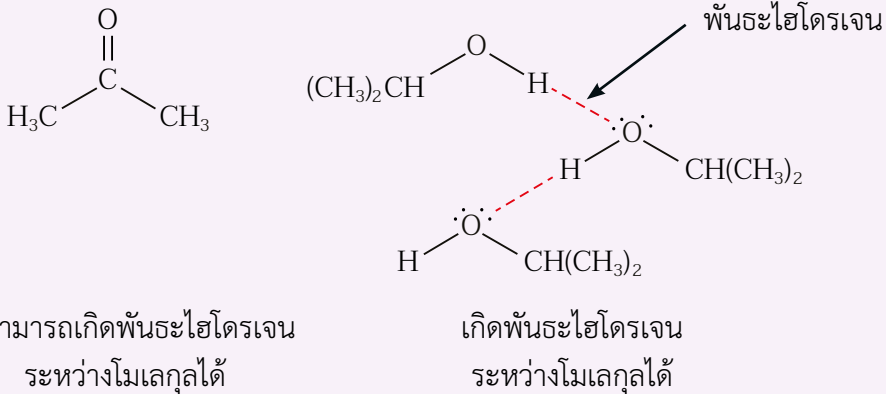
| สาร | จุดเดือด (°C) |
|--------------|---------------|
| propan-2-one | 56.0 |
| propan-2-ol | 82.5 |

หมายเหตุ

จุดเดือดที่นักเรียนวัดได้อาจมีค่าเบี่ยงเบนไปจากนี้เล็กน้อยเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความบริสุทธิ์ของสาร ความแม่นยำของเครื่องมือ

อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า จุดเดือดของ propan-2-one ต่ำกว่า propan-2-ol ทั้งที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาหมู่ฟังก์ชันของ propan-2-one พบว่า มีเพียงอะตอมของออกซิเจนแต่ไม่มีไฮโดรเจนที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสารได้ แต่ propan-2-ol มีหมู่ $-OH$ ที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ ดังรูป



สรุปผลการทดลอง

จุดเดือดของ propan-2-ol สูงกว่า propan-2-one เนื่องจาก propan-2-ol เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสารได้ แต่ propan-2-one ไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้

13. ครูเชื่อมโยงปัจจัยที่มีผลต่อจุดเดือดของแอลกอฮอล์และคีโตน จากกิจกรรม 12.5 กับจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอื่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน และใช้รูป 12.13 ประกอบ

14. ครูเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบกับจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าแนวโน้มจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์พิจารณาได้จากขนาดโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้แก่ แรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

15. ครูใช้คำถามนำว่า แนวโน้มการละลายในน้ำและจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เหมือนหรือแตกต่างจากสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอย่างไร

16. ครูอธิบายสมบัติการละลายในน้ำและจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 12.14 และตาราง 12.11 ประกอบ และชี้ให้เห็นว่า สามารถพิจารณาโดยใช้หลักการเดียวกันกับสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

17. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า จุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งมีผลมาจากหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล และโครงสร้างที่เป็นโซ่ตรง โซ่กิ่ง และแบบวง

18. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.5 เพื่อทบทวนความรู้

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับการละลายในน้ำและจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ จากการอภิปราย การทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ทักษะการสังเกต จากรายงานการทดลอง
3. ทักษะการทดลอง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง
4. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากรายงานผลการทำกิจกรรม
5. ทักษะการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
7. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ จากรายงานผลการทำกิจกรรม



แบบฝึกหัด 12.5

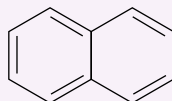
1. A B และ C เป็นสารประกอบแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน และมีโครงสร้างดังนี้

| สาร | โครงสร้าง |
|-----|-----------|
| A | |
| B | |
| C | |

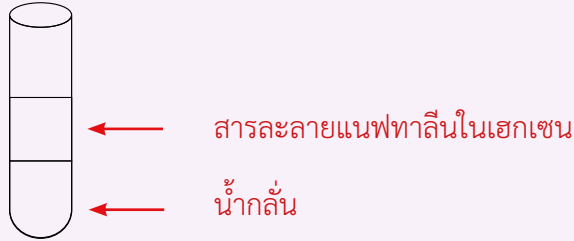
จงเรียงลำดับจุดเดือดของสารจากมากไปน้อย พร้อมอธิบายเหตุผล

จุดเดือดของสาร C มากกว่า B และ A ตามลำดับ เนื่องจากสารทั้ง 3 ชนิดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอนเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสาร โดยสาร C มีขนาดโมเลกุลใหญ่ที่สุด จึงมีขนาดของแรงแผ่กระจายลอนดอนมากที่สุด

2. ในการทดลองเติมผงเนฟทาซีนหรือลูกลูเหม็น ($C_{10}H_8$) ปริมาณ 0.1 กรัม ลงในหลอดทดลองที่มีสารผสมระหว่างน้ำกลั่นและเฮกเซนอย่างละ 5 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าแรงๆ และตั้งไว้ 3 นาที จงวาดรูปแสดงผลการทดลอง พร้อมอธิบายเหตุผล (กำหนดให้ความหนาแน่นของเฮกเซน = 0.66 กรัมต่อมิลลิลิตร)



โครงสร้างของเนฟทาซีนหรือลูกลูเหม็น



เนฟทาลินและเฮกเซนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขั้วน้อย เนฟทาลินจึงละลายได้ในเฮกเซนแต่ไม่ละลายในน้ำซึ่งเป็นสารมีขั้ว และเนื่องจากเฮกเซนมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ สารละลายเนฟทาลินในเฮกเซนจึงอยู่ชั้นบน

3. สาร A B และ C มีสูตรโครงสร้างและจุดเดือดดังนี้

| สาร | สูตรโครงสร้าง | จุดเดือด (°C) |
|-----|--------------------------------------------------|---------------|
| A | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ | 36.1 |
| B | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ | 27.8 |
| C | $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ | -11.7 |

เหตุใดจุดเดือดของสาร A จึงสูงกว่า B และ C ตามลำดับ

สาร A B และ C มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแผ่กระจายลอนดอนเท่านั้น แต่เนื่องจากสารทั้ง 3 ชนิดมีมวลโมเลกุลเท่ากัน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจึงขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารซึ่งส่งผลต่อการจัดเรียงโมเลกุลให้อยู่ใกล้ชิดกันโดยสาร A มีโครงสร้างแบบโซ่ตรงจึงสามารถอยู่ชิดกันได้มากกว่าสาร B ซึ่งโครงสร้างมี 1 กิ่ง และสาร C ซึ่งโครงสร้างมี 2 กิ่ง ตามลำดับ

4. เอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) และเมทอกซีมีเทน (CH_3OCH_3 เป็นไอโซเมอร์กัน แต่เอทานอลมีสถานะเป็นของเหลว ในขณะที่เมทอกซีมีเทนมีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง เพราะเหตุใด เอทานอลมีสถานะเป็นของเหลวแต่เมทอกซีมีเทนมีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง เพราะเอทานอลมีจุดเดือดสูงกว่าเมทอกซีมีเทน ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสารได้ ในขณะที่เมทอกซีมีเทนไม่เกิดจึงทำให้เอทานอลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าเมทอกซีมีเทน

5. ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้สอดคล้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ส่งผลต่อจุดเดือดของสาร (ทำเครื่องหมาย ✓ ได้มากกว่า 1 ช่อง)

| สาร | แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล | | |
|-----------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| | แรงแผ่กระจายลอนดอน | แรงระหว่างขั้ว | พันธะไฮโดรเจน |
| hexane | ✓ | | |
| pentan-1-ol | ✓ | ✓ | ✓ |
| 1-methoxybutane | ✓ | ✓ | |

6. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารต่อไปนี้ พร้อมอธิบายเหตุผล

6.1 butan-1-ol กับ pentan-1-ol

butan-1-ol มีจุดเดือดต่ำกว่า pentan-1-ol เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดเป็นแอลกอฮอล์เหมือนกัน แต่ butan-1-ol มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนน้อยกว่า pentan-1-ol จึงมีแรงแผ่กระจายลอนดอนน้อยกว่า

6.2 ethanoic acid และ methyl methanoate

ethanoic acid มีจุดเดือดสูงกว่า methyl methanoate เนื่องจากสารทั้งสองชนิดมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่ ethanoic acid สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสารได้ในขณะที่ methyl methanoate ไม่เกิด จึงทำให้ ethanoic acid มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า methyl methanoate

6.3 hexan-1-ol กับ hexan-1-amine

hexan-1-ol มีจุดเดือดสูงกว่า hexan-1-amine เนื่องจากสารทั้งสองชนิดมีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน แต่ผลต่าง EN ของ O-H มากกว่า N-H จึงทำให้ hexan-1-ol มีสภาพขั้วที่แรงกว่า hexan-1-amine ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของ hexan-1-ol แข็งแรงกว่า hexan-1-amine

12.7 ปฏิกริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์

12.7.1 ปฏิกริยาการเผาไหม้

12.7.2 ปฏิกริยาการฟอกจางสีสารละลาย

12.7.3 ปฏิกริยาการเกิดเอสเทอร์

12.7.4 ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

12.7.5 ปฏิกริยาการสังเคราะห์เอไมด์

12.7.6 ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอไมด์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปฏิกริยาการเผาไหม้ ปฏิกริยากับโบรมีนหรือปฏิกริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกริยาที่เกิดขึ้น
- เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกริยาสะปอนนิฟิเคชัน
- ทดสอบปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกริยาสะปอนนิฟิเคชัน

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิมตัวจะเกิดปฏิกริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ส่วนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิมตัวจะเกิดปฏิกริยาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เสมอ | การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน นอกจากขึ้นอยู่กับความอิมตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแล้วยังขึ้นกับภาวะของการเผาไหม้ด้วย เช่น ปริมาณแก๊สออกซิเจน |
| ปฏิกริยาการฟอกจางสีสารละลายโบรมีนของแอลคีนและแอลไคน์เกิดได้เฉพาะในที่มืดเท่านั้น | ปฏิกริยาการฟอกจางสีสารละลายโบรมีนของแอลคีนและแอลไคน์เกิดได้ทั้งในที่มืดและที่สว่าง |
| เอมีนทำปฏิกริยากับกรดคาร์บอกซิลิกที่อุณหภูมิห้องจะได้เอไมด์ | เอมีนทำปฏิกริยากับกรดคาร์บอกซิลิกที่อุณหภูมิห้องจะให้เกลือแอมโมเนียมคาร์บอกซิเลต แต่เมื่อให้ความร้อนจะได้เอไมด์เกิดขึ้น |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนโครงสร้างและสมบัติทางกายภาพของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากนั้นครูทบทวนความหมายของปฏิกิริยาการเผาไหม้และยกตัวอย่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
2. ครูอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และเขียนสมการเคมีประกอบ พร้อมทั้งชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของเขม่ากับอัตราส่วน C:H ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และปริมาณแก๊สออกซิเจนที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาการเผาไหม้ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

1. เหตุใดการใช้เตาถ่านจึงให้เขม่าควันมากกว่าการใช้เตาแก๊ส
ถ่านที่ใช้ในเตาถ่านได้จากการเผาไม้ทำให้ได้ธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก (มี C:H มาก) ดังนั้นการเผาถ่านในบรรยากาศปกติจึงมีเขม่ามากเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่เชื้อเพลิงในเตาแก๊สประกอบด้วยโพรเพนและบิวเทนซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (มี C:H น้อย) สามารถเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ที่บรรยากาศปกติ
2. ดุลสมการการเผาไหม้ของเฮปเทน โดยการเติมเลขสัมประสิทธิ์ในช่องว่าง
สมการ 1: $2C_7H_{14} + \dots O_2 \longrightarrow \dots CO_2 + \dots H_2O + 4CO + 2C$
สมการ 2: $2C_7H_{14} + \dots O_2 \longrightarrow \dots CO_2 + \dots H_2O + 2CO + 4C$
จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว ปริมาณแก๊สออกซิเจนมีผลต่อปริมาณการเกิดเขม่าอย่างไร
สมการ 1: $2C_7H_{14} + 1.7 O_2 \longrightarrow .8. CO_2 + 1.4 H_2O + 4CO + 2C$
สมการ 2: $2C_7H_{14} + 1.6 O_2 \longrightarrow .8. CO_2 + 1.4 H_2O + 2CO + 4C$
จากสมการเคมีที่ดุลแล้ว ถ้าในปฏิกิริยาการเผาไหม้มีปริมาณแก๊สออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยามาก (สมการ 1) จะเกิดเขม่าน้อยกว่ากรณีที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย (สมการ 2)

4. ครูอธิบายว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างชนิดกัน นอกจากเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ อย่างสมบูรณ์ได้แตกต่างกันแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาเคมีชนิดอื่น เช่น ปฏิกิริยาการฟอกจางสีสารละลาย แตกต่างกันด้วย ซึ่งสามารถนำมาใช้ระบุชนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

5. ครูให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลในตาราง 12.12 และเปรียบเทียบข้อมูลการฟอกจางสีสารละลาย โบรมีนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในที่มืดและที่สว่าง

6. ครูอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาการแทนที่และปฏิกิริยาการเติมของสารละลายโบรมีนกับ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยยกตัวอย่างสมการเคมีของปฏิกิริยาดังกล่าว ตามรายละเอียด ในหนังสือเรียน

7. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยา การแทนที่และปฏิกิริยาการเติมของสารละลายโบรมีนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประเภทต่าง ๆ โดยควรได้ข้อสรุปว่า แอลเคนเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ให้ผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็ก คือแก๊สไฮโดรเจนโบรมைด์ ส่วนแอลคีนและแอลไคน์เกิดปฏิกิริยาการเติมโดยไม่มีผลิตภัณฑ์พลอยได้ เกิดขึ้น ส่วนพันธะในวงเบนซีนของเอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนไม่เกิดปฏิกิริยาการเติมและการแทนที่

8. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



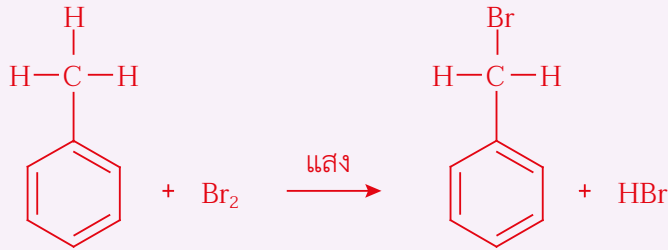
ตรวจสอบความเข้าใจ

เมทิลเบนซีน (โทลูอีน) และไซโคลเฮกซีน ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่สว่าง ได้ผลดังนี้

| หลอดที่ | สาร | ผลการสังเกต |
|---------|-----------------------|----------------------------------------------------------|
| 1 | เมทิลเบนซีน (โทลูอีน) | สารละลายโบรมีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสีอย่างช้า ๆ |
| 2 | ไซโคลเฮกซีน | สารละลายโบรมีนเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นไม่มีสีทันที |

1. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างเมทิลเบนซีนกับสารละลายโบรมีนในที่สว่างเป็นปฏิกิริยาการแทนที่ จึงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



ปฏิกิริยาระหว่างไซโคลเฮกซีนกับสารละลายโบรมีนในที่สว่าง เป็นปฏิกิริยาการเติม จึงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



2. เมื่อนำกระดาษลิตมัสขึ้นไปยังที่ปากหลอดทดลองของปฏิกิริยาข้างต้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ในหลอดทดลองที่ 1 กระดาษลิตมัสขึ้นน้ำเงินจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการแทนที่มีผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นแก๊สไฮโดรเจนโบรมایدที่มีสมบัติเป็นกรด ในขณะที่หลอดที่ 2 กระดาษลิตมัสขึ้นไม่เปลี่ยนสีเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเติม ไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดหรือเบสเกิดขึ้น

9. ครูใช้คำถามนำว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิดนอกจากจะเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีสารละลายโบรมีนได้แล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีกับสารละลายชนิดอื่นได้อีกหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.6

10. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.6 การทดลองปฏิกิริยาการฟอกจางสีของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถามท้ายการทดลอง



กิจกรรม 12.6 การทดลองปฏิกิริยาการฟอกจางสีของสารละลาย โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองการเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตของไฮโคลเฮกเซน ไฮโคลเฮกซีน และเมทิลเบนซีน
2. เปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตของไฮโคลเฮกเซน ไฮโคลเฮกซีน และเมทิลเบนซีน

| | | | |
|------------|-----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำการทดลอง | 10 | นาที |
| | ทำการทดลอง | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำการทดลอง | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |


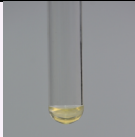

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| สารเคมี | |
| 1. ไฮโคลเฮกเซน | 1 mL |
| 2. ไฮโคลเฮกซีน | 1 mL |
| 3. เมทิลเบนซีน | 1 mL |
| 4. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) 0.01% โดยมวลต่อปริมาตร | 2 mL |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 3 หลอด |
| 2. หลอดหยด | 4 อัน |
| 3. ปีกเกอร์ขนาด 50 mL | 4 ใบ |

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียม KMnO_4 0.01 %w/v ปริมาตร 100 mL โดยละลาย KMnO_4 0.01 g ในน้ำกลั่นเล็กน้อย คนให้ละลายแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 mL ใช้สำหรับนักเรียน 100 กลุ่ม

ตัวอย่างผลการทดลอง

| สาร | ผลการสังเกต |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ไซโคลเฮกเซน |  สารละลายยังคงมีสีม่วงเช่นเดิม |
| ไซโคลเฮกซีน |  สารละลายสีม่วงจางหายไป และมีตะกอนสีน้ำตาลเกิดขึ้นเล็กน้อย หรืออาจสังเกตเห็นสีของสารผสมเป็นสีน้ำตาล |
| เมทิลเบนซีน |  สารละลายยังคงมีสีม่วงเช่นเดิม |

อภิปรายผลการทดลอง

ไซโคลเฮกซีนซึ่งเป็นแอลคีนทำให้สีของสารละลาย KMnO_4 จางหายไปและมีตะกอนสีน้ำตาลเกิดขึ้น แสดงว่าแอลคีนเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีกับสารละลาย KMnO_4 ได้ ส่วนไซโคลเฮกเซนซึ่งเป็นแอลเคนและเมทิลเบนซีนซึ่งเป็นแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน ไม่เปลี่ยนสีสารละลาย KMnO_4 แสดงว่าแอลเคนและแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนไม่เกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีกับสารละลาย KMnO_4

สรุปผลการทดลอง

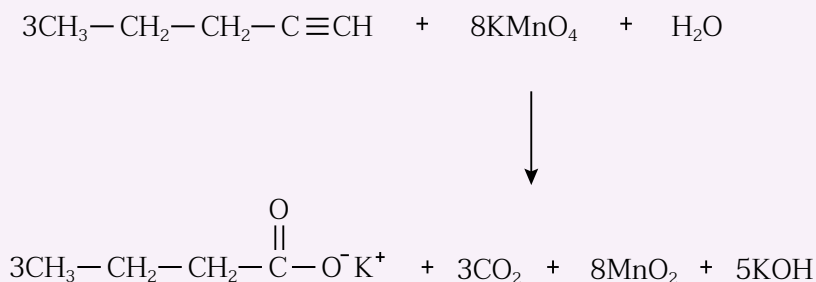
ไซโคลเฮกซีนสามารถเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีกับสารละลาย KMnO_4 ส่วนไซโคลเฮกเซนและเมทิลเบนซีนไม่เกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีกับสารละลาย KMnO_4

11. ครูเชื่อมโยงผลการทดลองจากกิจกรรม 12.6 กับการเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาการฟอกจางสีของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตกับแอลคีน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน พร้อมทั้งชี้ให้เห็นว่าแอลคีนสามารถฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้เช่นเดียวกับแอลคีน แต่อาจให้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

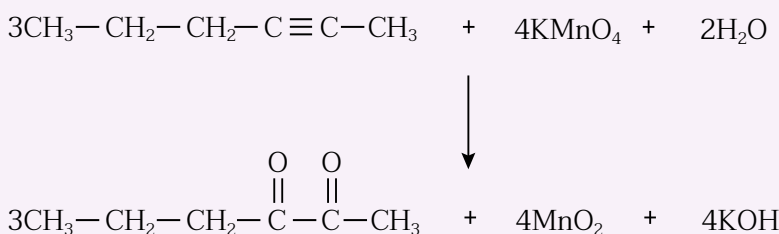


ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

แอลคีนสามารถฟอกจางสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้เช่นเดียวกับแอลคีน แต่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือคาร์บอกซิเลตและมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง pent-1-yne กับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตแสดงสมการเคมีได้ดังนี้



สำหรับแอลคีนที่พันธะสามอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นต้นไป เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบประเภทไดคีโตน เช่น ปฏิกิริยาระหว่าง hex-2-yne กับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แสดงสมการเคมีได้ดังนี้



12. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากปฏิกิริยาการฟอกจางสีสารละลายโบรมีนกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จนได้ข้อสรุปดังนี้

| สารประกอบไฮโดรคาร์บอน | การฟอกจางสีสารละลายโบรมีน | | การฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต |
|-----------------------|---------------------------|------------|--------------------------------------------|
| | ในที่มืด | ในที่สว่าง | |
| แอลเคน | ✗ | ✓ | ✗ |
| แอลคีน หรือ แอลไคน์ | ✓ | ✓ | ✓ |
| แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน | ✗ | ✗ | ✗ |

13. ครูใช้คำถามนำว่า กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยาเคมีกับแอลกอฮอล์ได้หรือไม่ จะทราบได้อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.7

14. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.7 การทดสอบปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทำกิจกรรมโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 12.7 การทดสอบปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

ทดสอบปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์

| | | | |
|------------|----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 5 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 15 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 30 | นาที |

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| สารเคมี | |
| 1. กรดเบนโซอิก | 0.5 g (1/2 ซ้อนเบอร์ 1) |
| 2. เอทานอล | 2 mL |
| 3. กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄) เข้มข้น 18 mol/L | 3 หยด |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 1 หลอด |
| 2. ปีกเกอร์ขนาด 100 mL | 1 ใบ |
| 3. กระจกบอแก้ว | 1 อัน |
| 4. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด | 1 ชุด |
| 5. ที่จับหลอดทดลอง | 1 อัน |
| 6. แท่งแก้วคน | 1 อัน |
| 7. เทอร์มอมิเตอร์ | 1 อัน |
| 8. สำลี | 1 ก้อน |

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

| กลิ่นของสารผสมก่อนให้ความร้อน | กลิ่นของสารผสมหลังให้ความร้อน |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| กลิ่นเอทานอล | กลิ่นแตกต่างจากเอทานอล (เช่น กลิ่นคล้ายน้ำมันมวย ดอกไม้หรือผลไม้บางชนิด) |

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

จากการทดสอบกลิ่นของสารผสมก่อนและหลังให้ความร้อนพบว่า สารในหลอดทดลองมีกลิ่นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนแสดงว่า กรดเบนโซอิกซึ่งเป็นกรดคาร์บอกซิลิกสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับเอทานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์เมื่อให้ความร้อนได้

สรุปผลการทำกิจกรรม

กรดคาร์บอกซิลิกสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับแอลกอฮอล์ได้

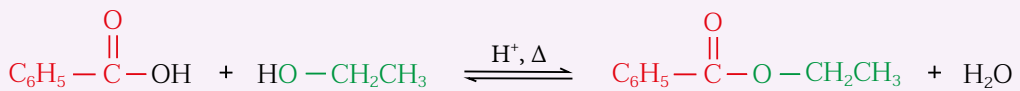
15. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันโดยชี้ให้เห็นว่า ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง และมีกรดเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา รวมทั้งยกตัวอย่างสมการเคมี ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

16. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

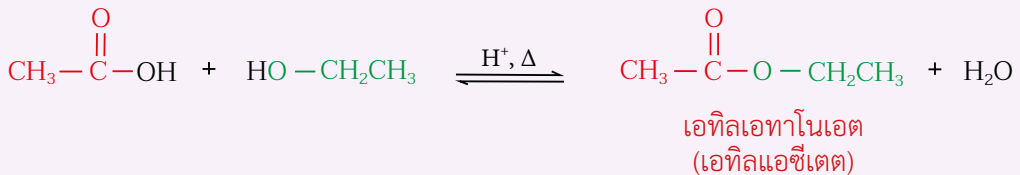


ตรวจสอบความเข้าใจ

1. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้สารตั้งต้นจากกิจกรรม 12.7



2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดแอซีติกกับเอทานอลพร้อมเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น



17. ครูให้ความรู้่ว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ จากนั้นใช้คำถามนำว่า ปฏิกิริยาย้อนกลับของการเกิดเอทิลเอทานอยด์หรือเอทิลแอซีเตตจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารใดจะทราบได้อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 12.8

18. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.8 การทดสอบปฏิกิริยาย้อนกลับของการเกิดเอสเทอร์ในภาวะกรด แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทำกิจกรรมโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 12.8 การทดสอบปฏิกิริยาย้อนกลับของการเกิดเอสเทอร์ในภาวะกรด

จุดประสงค์ของกิจกรรม

ทดสอบปฏิกิริยาย้อนกลับของการเกิดเอสเทอร์ในภาวะกรด

| เวลาที่ใช้ | อธิบายก่อนทำกิจกรรม | 5 นาที |
|------------|---------------------|---------|
| | ทำกิจกรรม | 15 นาที |
| | อธิบายหลังทำกิจกรรม | 10 นาที |
| | รวม | 30 นาที |

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|-------------------------------------------------------|----------------|
| สารเคมี | |
| 1. เอทิลแอสีเตต | 10 หยด |
| 2. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เจือจาง 1 mol/L | 5 หยด |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 1 หลอด |
| 2. ปีกเกอร์ขนาด 100 mL | 1 ใบ |
| 3. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด | 1 ชุด |
| 4. ที่จับหลอดทดลอง | 1 อัน |
| 5. แท่งแก้วคน | 1 อัน |
| 6. หลอดหยด | 1 อัน |
| 7. สำลี | 1 ก้อน |

การเตรียมล่วงหน้า

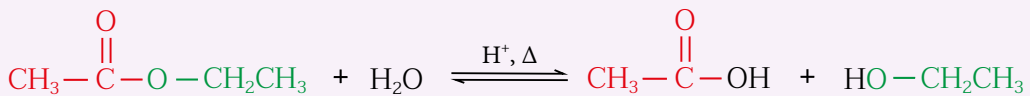
เตรียม H_2SO_4 1 mol/L ปริมาตร 25 mL โดยตวง H_2SO_4 6 mol/L ปริมาตร 4.2 mL แล้วละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 mL ใช้สำหรับนักเรียน 25 กลุ่ม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

| กลิ่นของสารผสมก่อนให้ความร้อน | กลิ่นของสารผสมหลังให้ความร้อน |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| กลิ่นคล้ายลูกโป่งวิทยาศาสตร์ | กลิ่นแตกต่างจากสารผสมก่อนให้ความร้อน (เช่น กลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชูหรือกรดแอสติก) |

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

จากการทดสอบกลิ่นของสารก่อนและหลังให้ความร้อนพบว่า สารในหลอดทดลองมีกลิ่นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยกลิ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการให้ความร้อนเป็นกลิ่นคล้ายกรดแอสติก แสดงว่า เอทิลแอสเตตซึ่งเป็นเอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาในภาวะกรดเจือจางให้กรดแอสติกได้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของการเกิดเอทิลแอสเตตจากกรดแอสติกและเอทานอลดังสมการเคมี



สรุปผลการทำกิจกรรม

เอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีในภาวะกรดเจือจาง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์

19. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างเอสเทอร์กับน้ำโดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและอาจมีการให้ความร้อนเพื่อทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น รวมทั้งยกตัวอย่างสมการเคมี ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

20. ครูให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิด



ชวนคิด

- เหตุใดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์จึงใช้สารละลายกรดเจือจาง
เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ใช้น้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยากับเอสเทอร์ โดยกรดทำหน้าที่เป็นเพียงตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นกรดที่ใช้จึงเป็นกรดเจือจางซึ่งมีน้ำอยู่มาก
- ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันให้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ หากต้องการผลิตเอสเทอร์ให้มีผลได้ร้อยละมากที่สุดควรทำอย่างไร
รบกวนปฏิกิริยาที่เข้าสู่ภาวะสมดุลโดยดึงน้ำหรือผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ออกจากปฏิกิริยา หรือใช้สารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งให้มากเกินไป

21. ครูทบทวนความรู้ว่า ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์จากกิจกรรม 12.8 เป็นปฏิกิริยาที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นให้ความรู้่ว่า ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เช่นกัน ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

22. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.9 การทดสอบปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทำกิจกรรมโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 12.9 การทดสอบปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

ทดสอบปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

| | | | |
|------------|----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 5 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 15 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 30 | นาที |

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|-----------------------------------------------|----------------|
| สารเคมี | |
| 1. น้ำมันพืช | 1 mL |
| 2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2.5 mol/L | 2 mL |
| 3. เอทานอล | 1 mL |
| 4. น้ำกลั่น | 5 mL |
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. ถ้วยกระเบื้อง | 1 ใบ |
| 2. ขวดรูปกรวยขนาด 100 mL พร้อมจุกยาง | 1 ชุด |
| 3. กระบอกตวงขนาด 10 mL | 1 ใบ |
| 4. แท่งแก้วคน | 1 อัน |
| 5. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด | 1 ชุด |

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียม NaOH 2.5 mol/L ปริมาตร 100 mL โดยชั่ง NaOH 10 g ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 mL ใช้สำหรับนักเรียน 50 กลุ่ม

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. การให้ความร้อนแก่สารในถ้วยกระเบื้อง ควรให้ความร้อนอย่างช้า ๆ โดยอาจปรับไส้ตะเกียงแอลกอฮอล์หรือให้ความร้อนผ่านไอน้ำ เพื่อป้องกันการไหม้ก่อนเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์
2. ไม่ควรให้ความร้อนจนสารแห้ง
3. เตือนนักเรียนไม่ให้สัมผัสสารผลิตภัณฑ์โดยตรง เนื่องจากสารที่ได้มีความเป็นเบสสูง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อเริ่มต้นสารผสมเป็นของเหลวที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่เมื่อให้ความร้อนจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะขาวขุ่นซึ่งแตกต่างจากสารผสมเมื่อตอนเริ่มต้น เมื่อเติมน้ำลงในผลิตภัณฑ์ที่ได้และเขย่าจะเกิดฟองคล้ายฟองสบู่

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

เมื่อนำน้ำมันพืชซึ่งเป็นเอสเทอร์มาทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสจะได้สารใหม่ที่มีลักษณะต่างไปจากเดิม แสดงว่าเอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาในภาวะเบสได้ โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เมื่อละลายในน้ำแล้วเกิดฟองได้คล้ายสบู่

สรุปผลการทำกิจกรรม

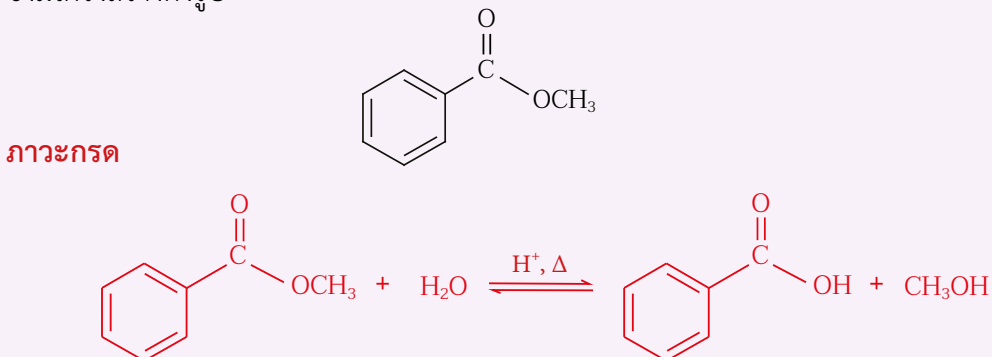
เอสเทอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (สะปอนนิฟิเคชัน) ได้สารใหม่ที่ละลายน้ำแล้วเกิดฟองคล้ายฟองสบู่

23. ครุยยกตัวอย่างปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในภาวะเบส รวมทั้งสมการเคมี และโครงสร้างทั่วไปของไขมันหรือน้ำมัน ตามรูป 12.15 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
24. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



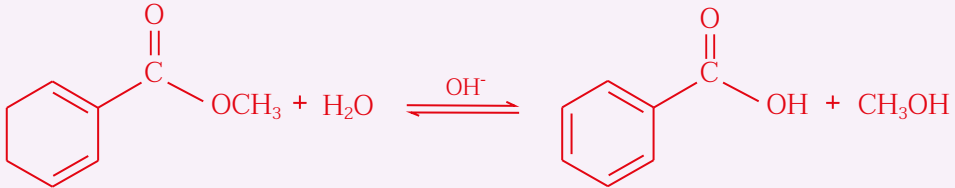
ตรวจสอบความเข้าใจ

เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสทั้งในภาวะกรดและเบสของเมทิลเบนโซเอต ซึ่งมีโครงสร้างดังรูป

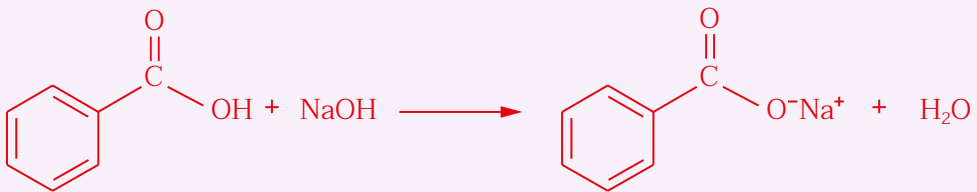


ภาวะเบส

ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



25. ครูให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิด



ชวนคิด

ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในภาวะกรดเกิดได้ไม่สมบูรณ์ โดยจะมีเอสเทอร์เหลืออยู่ในปฏิกิริยาเสมอ แต่ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในภาวะเบสเกิดได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่มีเอสเทอร์เหลืออยู่ในปฏิกิริยา เพราะเหตุใด

ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในภาวะกรดเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ จึงมีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เหลืออยู่ในปฏิกิริยา สำหรับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในภาวะเบส ปฏิกิริยาในขั้นที่ 2 เป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ซึ่งจัดเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ผันกลับ และยังช่วยดึงกรดคาร์บอกซิลิกออกจากปฏิกิริยาผันกลับได้ในขั้นที่ 1 ทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าได้อย่างสมบูรณ์

26. ครูใช้คำถามนำว่า ถ้านำกรดคาร์บอกซิลิกมาทำปฏิกิริยาเคมีกับแอมโมเนียหรือเอมีนแทนแอลกอฮอล์จะเกิดปฏิกิริยาได้หรือไม่ และได้สารใดเป็นผลิตภัณฑ์

27. ครูอธิบายการสังเคราะห์เอไมด์และยกตัวอย่างสมการเคมี ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยชี้ให้เห็นว่า หากปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่อุณหภูมิห้องจะได้เกลือแอมโมเนียมคาร์บอกซิเลตแต่เมื่อให้ความร้อนจะได้เอไมด์

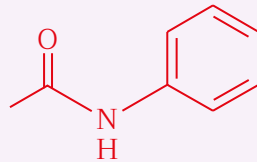
28. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

เขียนโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ที่เตรียมจากกรดคาร์บอกซิลิกและเอมีน แต่ละคู่ต่อไปนี้ และระบุว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ก. CH_3COOH และ $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$



ข. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ และ CH_3NH_2



ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากข้อ ก. และ ข. เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกัน

29. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาการควบแน่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

30. ครูให้ความรู้ที่ ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้เช่นเดียวกับปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยปฏิกิริยาย้อนกลับของการสังเคราะห์เอไมด์ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอไมด์ จากนั้นอธิบายปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอไมด์ในภาวะกรดและภาวะเบส โดยใช้ตัวอย่างสมการเคมีตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

31. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 12.6 เพื่อทบทวนความรู้

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับการระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน และปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต รวมทั้งการเขียนสมการเคมี จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเอสเตอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน รวมทั้งการเขียนสมการเคมี จากการอภิปราย รายงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
3. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และการจำแนกประเภท จากการอภิปรายและรายงานการทดลอง
4. ทักษะการสังเกต และการทดลอง จากรายงานการทดลองและการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง
5. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำการทดลอง
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
7. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
8. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ จากรายงานการทดลอง



แบบฝึกหัด 12.6

- เมื่อนำ pentane pent-1-ene และ pent-1-yne มาเผาภายใต้บรรยากาศปกติ สารใดให้ปริมาณเขม่ามากที่สุดและน้อยที่สุด เพราะเหตุใด
 pent-1-yne ให้ปริมาณเขม่ามากที่สุด เนื่องจากมี C:H สูงสุด
 pentane ให้ปริมาณเขม่าน้อยที่สุด เนื่องจากมี C:H ต่ำสุด
- เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเฮกเซนและไซโคลเฮกเซน

$$2\text{C}_6\text{H}_{14} + 19\text{O}_2 \longrightarrow 12\text{CO}_2 + 14\text{H}_2\text{O}$$

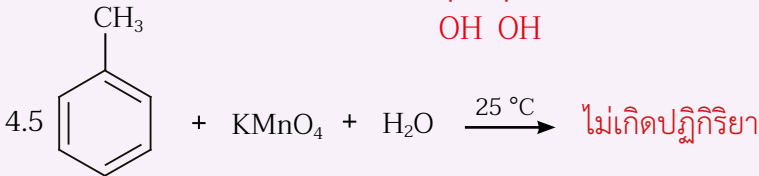
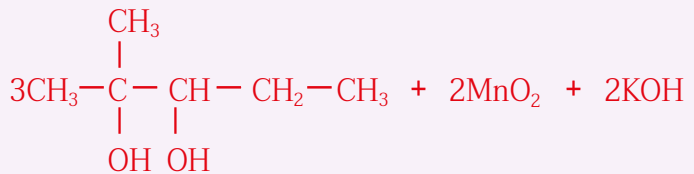
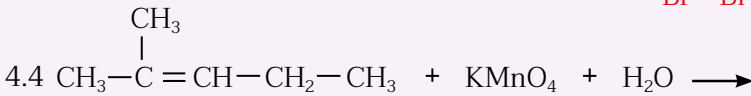
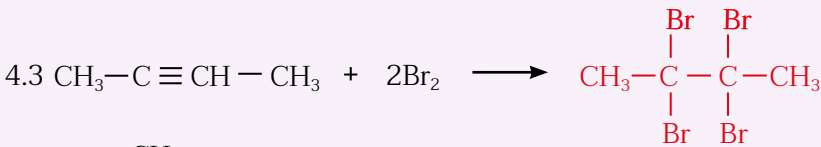
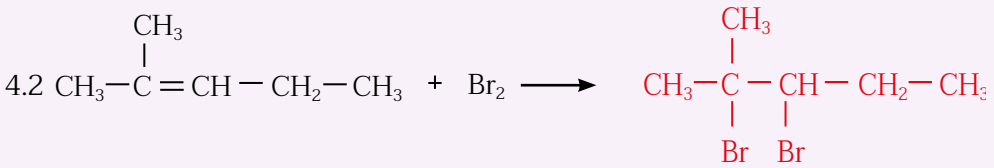
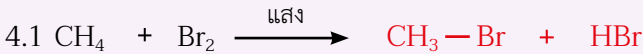
$$\text{C}_6\text{H}_{12} + 9\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$$
- สาร A B C และ D มีสมบัติดังนี้

| สาร | การละลายในน้ำ | การเผาไหม้ที่บรรยากาศปกติ |
|-----|---------------|----------------------------|
| A | ละลาย | ติดไฟ ไม่มีเขม่า |
| B | ไม่ละลาย | ติดไฟ มีเขม่า |
| C | ละลาย | ไม่ติดไฟ |
| D | ไม่ละลาย | ติดไฟ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่า |

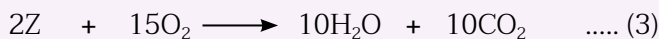
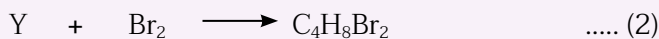
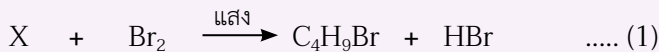
- สารใดมีโอกาเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะเหตุใด
 สาร B และ D มีโอกาเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากไม่ละลายในน้ำและติดไฟได้
- สารใดมีโอกาที่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่มืดได้
 สาร B เนื่องจากติดไฟและมีเขม่า แสดงว่าอาจมีพันธะคู่หรือพันธะสามที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่มืดได้

3.3 สารใดมีโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้ สาร B เนื่องจากติดไฟและมีเขม่า แสดงว่าอาจมีพันธะคู่หรือพันธะสามที่น่าจะทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้

4. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ พร้อมดุลสมการ



5. X Y และ Z เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังสมการเคมีต่อไปนี้



5.1 X Y และ Z มีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร

สูตรโมเลกุลของ X คือ C_4H_{10}

สูตรโมเลกุลของ Y คือ C_4H_8

สูตรโมเลกุลของ Z คือ C_5H_{10}

5.2 สารใดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว และสารใดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

X เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

Y เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

Z อาจเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว หรือเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวที่มีโครงสร้างแบบวง

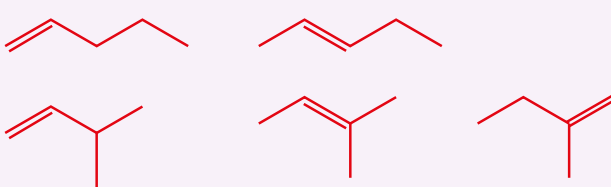
5.3 ระบุประเภทของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาที่ 1 เป็นปฏิกิริยาการแทนที่

ปฏิกิริยาที่ 2 เป็นปฏิกิริยาการเติม

ปฏิกิริยาที่ 3 เป็นปฏิกิริยาการเผาไหม้

5.4 สาร Z ทำปฏิกิริยาฟอกจางสีสารละลายโบรมีนในที่มืด เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสาร Z



6. ไอโอดีน (I_2) ที่อยู่ในสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีน สามารถเกิดปฏิกิริยาการเติมได้ เช่นเดียวกับโบรมีน จึงสามารถนำมาใช้เป็นรีเอเจนต์ในการเปรียบเทียบความไม่อิ่มตัว ในน้ำมันได้ โดยเมื่อนำน้ำมัน 3 ชนิด ปริมาณเท่ากัน มาหยดสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีน แล้วนับจำนวนหยดที่ใช้จนกระทั่งสีของสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนไม่จางหายไป ได้ผลการทดลองดังตาราง

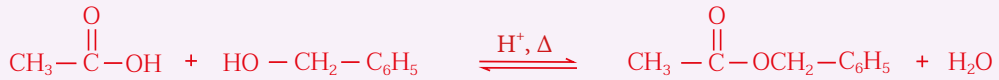
| ชนิดของน้ำมัน | จำนวนหยดของสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีน |
|-------------------|------------------------------------|
| น้ำมันถั่วเหลือง | 12 |
| น้ำมันดอกทานตะวัน | 15 |
| น้ำมันหมู | 2 |

น้ำมันชนิดใดมีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากที่สุด เพราะเหตุใด
น้ำมันหมู เพราะใช้จำนวนหยดของสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนน้อยที่สุด

(คำอธิบายเพิ่มเติม เนื่องจากสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนสามารถทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนของกรดไขมันแล้วเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นไม่มีสี ดังนั้นน้ำมันที่ต้องใช้จำนวนหยดของสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนหลายหยด แสดงว่ามีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก ซึ่งจากข้อมูลที่ให้มาแสดงว่าน้ำมันดอกทานตะวันมีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากที่สุด แต่น้ำมันหมูมีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบน้อยที่สุด)

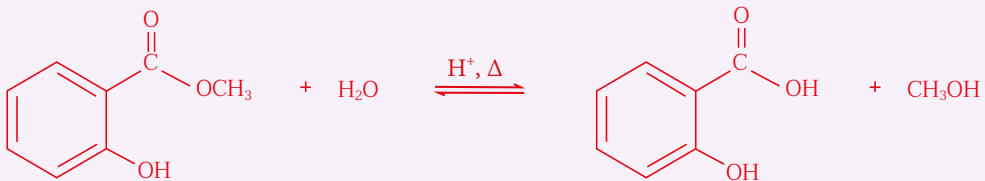
7. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันเพื่อเตรียมเบนซิลแอสีเตต ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ที่มีกลิ่นหอมของดอกมะลิ

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้



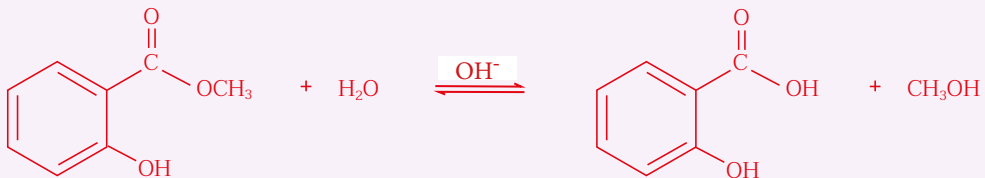
8. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเมทิลซาลิซิลเลตทั้งในภาวะกรดและเบส

ภาวะกรด

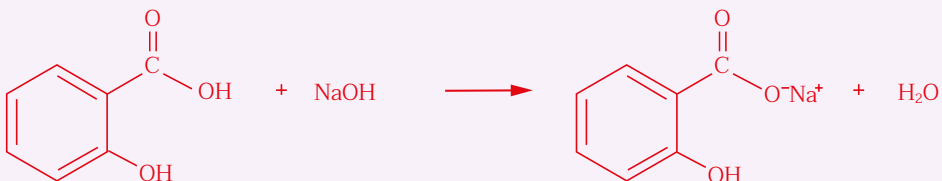


ภาวะเบส

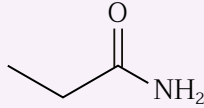
ขั้นที่ 1



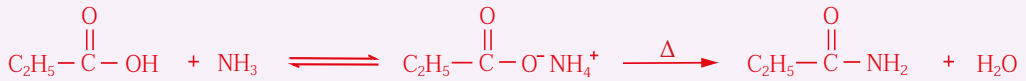
ขั้นที่ 2



9. โพรพานาไมด์ มีโครงสร้างดังแสดง



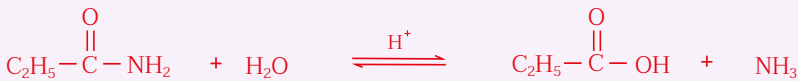
9.1 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์โพรพานาไมด์ จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับเอมีนหรือแอมโมเนีย



9.2 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของโพรพานาไมด์ทั้งในภาวะกรดและเบส

ภาวะกรด

ขั้นที่ 1

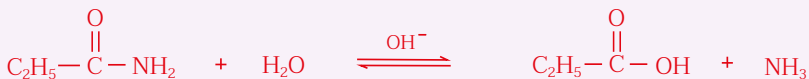


ขั้นที่ 2

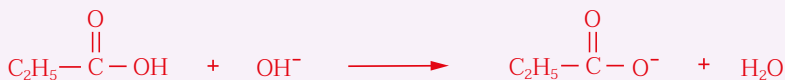


ภาวะเบส

ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



12.8 สารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวันและการนำไปใช้ประโยชน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติปลอดภัยไม่เป็นพิษ แต่สารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์เป็นอันตราย | สารประกอบอินทรีย์ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและสังเคราะห์อาจเป็นพิษและเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบความเป็นพิษหรือตรวจสอบข้อมูล เพื่อการนำไปใช้อย่างเหมาะสม |

สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

แหล่งสืบค้นข้อมูล เช่น เว็บไซต์ วารสาร ฐานข้อมูลสารเคมี

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวันหรือที่นำไปใช้ประโยชน์ พร้อมระบุว่า เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทใด
2. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่น่าสนใจตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิด



ชวนคิด

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันเหมือนและแตกต่างจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ิฟิเคชันอย่างไร

ความเหมือน

1. ใช้แอลกอฮอล์เป็นสารตั้งต้น
2. ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์
3. ใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา
4. เป็นปฏิกิริยาควบแน่น

ความแตกต่าง

1. ใช้เอสเทอร์เป็นสารตั้งต้นแทนกรดคาร์บอกซิลิก
2. ให้ผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นแอลกอฮอล์ (เช่น กลีเซอรอล) แทนน้ำ

4. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 12.10 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของสารประกอบอินทรีย์



กิจกรรม 12.10 สืบค้นข้อมูลของสารประกอบอินทรีย์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นและนำเสนอข้อมูลของสารประกอบอินทรีย์เกี่ยวกับประโยชน์ อันตรายและข้อควรระวัง

| | | | |
|------------|----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

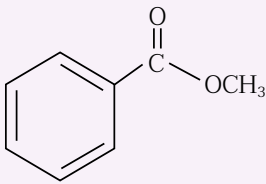
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า แล้วนำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ในชั้นเรียน
2. ครูอาจออกแบบวิธีการจัดการที่ให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนในการทำกิจกรรมด้วย ปริมาณเนื้อหาที่ใกล้เคียงกัน เช่น สืบค้นรายบุคคลหรือแบ่งกลุ่มการสืบค้นตามลักษณะประโยชน์หรือประเภทสาร
3. ควรให้มีการนำเสนอที่ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและข้อคิดเห็น เช่น เดินชมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) บทบาทสมมติ ได้ว่าที่

ตัวอย่างผลการสืบค้น

เมทิลเบนโซเอต

- โครงสร้าง



- ประโยชน์

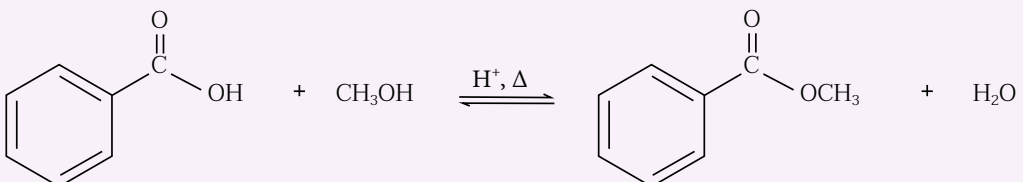
เป็นสารให้กลิ่นหอม ใช้เติมแต่งอาหารหรือทำน้ำหอม

- อันตรายและข้อควรระวัง

เมทิลเบนโซเอตเป็นสารที่ระคายเคืองต่อตา ระบบทางเดินหายใจ และผิวหนัง จึงไม่ควรให้เข้าตา ไม่ควรสัมผัส สูดดม หรือบริโภคสารที่มีความเข้มข้นสูง

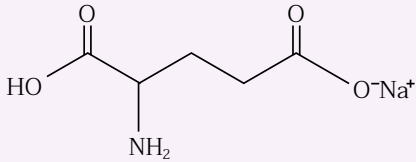
- ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

ปฏิกิริยาการเตรียมเมทิลเบนโซเอตซึ่งเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกรดเบนโซอิกกับเมทานอล แสดงได้ดังสมการเคมี



มอนอโซเดียมกลูตาเมต

- โครงสร้าง



- ประโยชน์

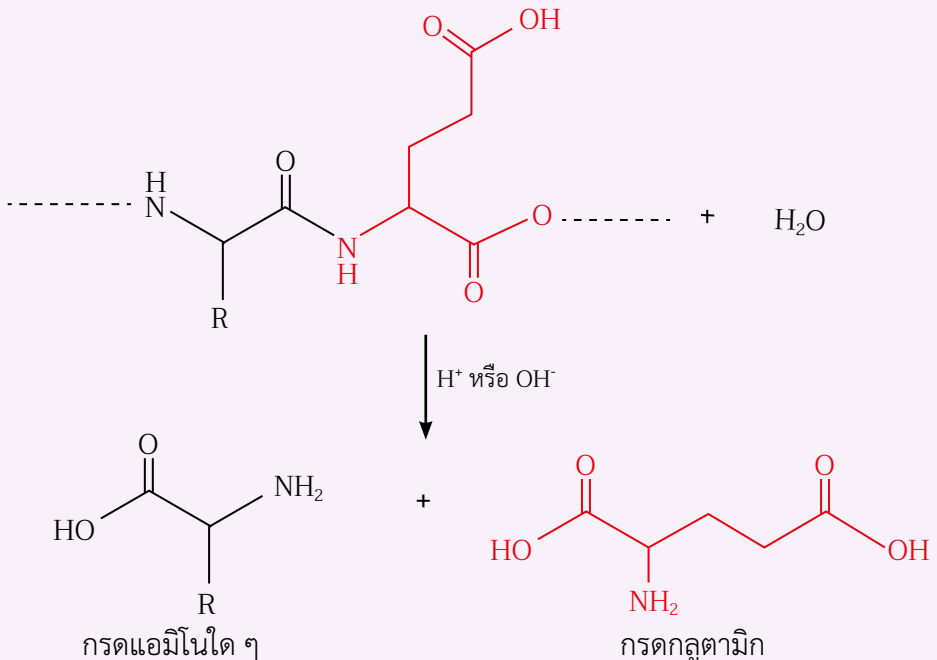
เป็นสารปรุงแต่งรสชาติอาหาร ทำให้อาหารมีรสชาติโดยรวมดีขึ้น

- อันตรายและข้อควรระวัง

หากรับประทานในปริมาณที่มากเกินไป จะมีผลต่อระบบการรักษาสสมดุลของร่างกายในระยะยาว อาจทำให้เป็นโรคไต โรคความดัน และโรคอื่น ๆ ดังนั้นจึงไม่ควรรับประทานในปริมาณที่มากเกินไป

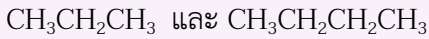
- ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

กรดกลูตามิกได้จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของโปรตีนในพืชบางชนิด ดังสมการเคมี



โพรเพนและบิวเทน

- โครงสร้าง



- ประโยชน์

เป็นแก๊สหุงต้ม

- อันตรายและข้อควรระวัง

อาจทำให้เกิดประกายไฟและเพลิงไหม้ได้ ถ้าหายใจหรือสูดดมเข้าไปมาก ๆ อาจเกิดอาการวิงเวียนเป็นลมได้ ดังนั้นจึงควรใช้งานแก๊สหุงต้มอย่างถูกวิธี เช่น ไม่เปิดเตาแก๊สอุ่นอาหารทิ้งไว้เป็นเวลานาน โดยไม่มีผู้ดูแล ปิดวาล์วถังแก๊สทุกครั้ง หมั่นตรวจสอบถังแก๊สหากเกิดการรั่วให้รีบปิดวาล์วถังแก๊สและเตาแก๊ส เปิดประตู หน้าต่างทุกบานเพื่อระบายแก๊สออกสู่ภายนอก หลีกเลี่ยงการกระทำที่ก่อให้เกิดประกายไฟ และไม่ควรรสูดดมแก๊สหุงต้มเพราะอาจทำให้วิงเวียนหรือหมดสติได้

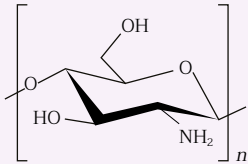
- ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

ปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของโพรเพนและบิวเทนเป็นดังสมการเคมี



ไคโตซาน

- โครงสร้าง



- ประโยชน์

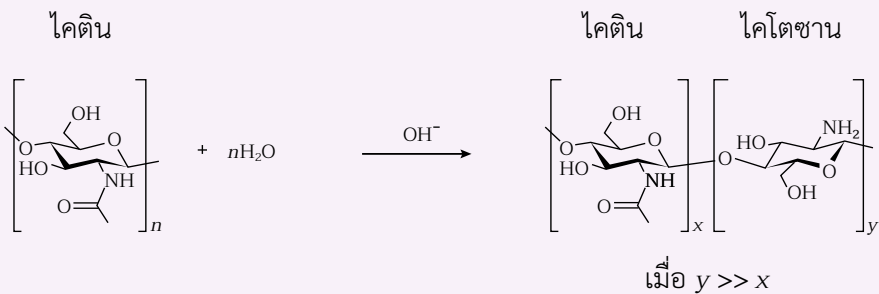
เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช สามารถนำไปใช้ในการป้องกันโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ และเชื้อราบางชนิด

- อันตรายและข้อควรระวัง

ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลกระทบที่ชัดเจนของการใช้ไคโตซานในด้านการเกษตร อย่างไรก็ตามเนื่องจากไคโตซานได้มาจากเปลือกกุ้ง กระดองปู หรือจากสัตว์อื่น ๆ ซึ่งไคโตซานที่ได้มาอาจมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม เช่น จากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก สารเคมี หรือยาปฏิชีวนะ ดังนั้นการนำไคโตซานไปใช้ต้องพิจารณาความจำเป็นและความเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด

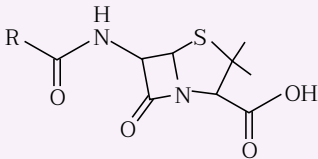
- ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

ไคโตซานได้จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของไคตินที่มีในเปลือกกุ้งและปู ดังสมการเคมี



เพนนิซิลิน

- โครงสร้าง



- ประโยชน์

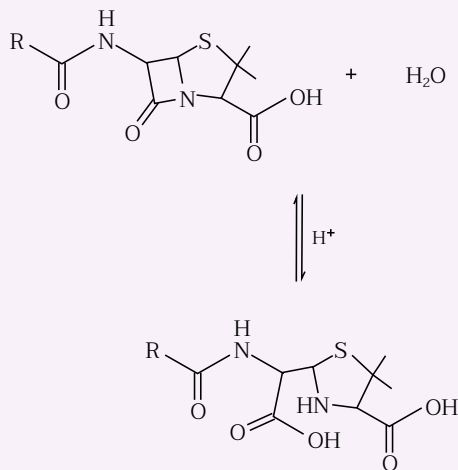
เป็นยาปฏิชีวนะ นำมาใช้รักษาอาการติดเชื้อต่าง ๆ เช่น เชื้อแบคทีเรีย

- อันตรายและข้อควรระวัง

อาจเกิดการแพ้ซึ่งอาจเกิดผื่นหรือมีอาการอื่นที่รุนแรงอย่างเฉียบพลัน เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ดังนั้นผู้ที่ต้องการรับประทานหรือใช้ยาเพนนิซิลินต้องปรึกษาแพทย์หรือเภสัชกร รวมทั้งศึกษาข้อบ่งชี้ในการใช้ยา

- ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

เอไมด์ในโครงสร้างวงแหวนของเพนนิซิลินอาจเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ ดังสมการเคมี



5. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อทบทวนความรู้

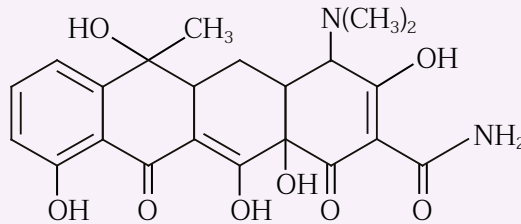
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ จากการอภิปราย ผลการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ
2. ทักษะการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ
3. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากผลการสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย

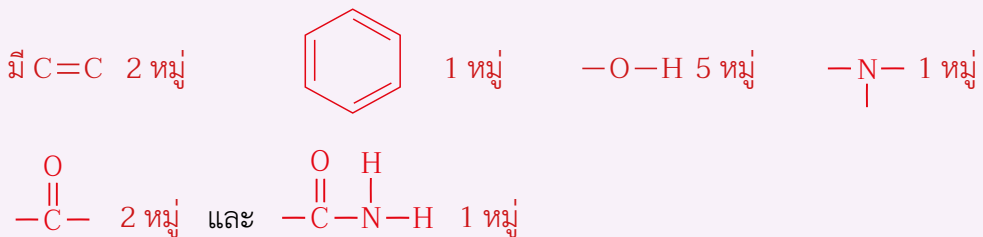
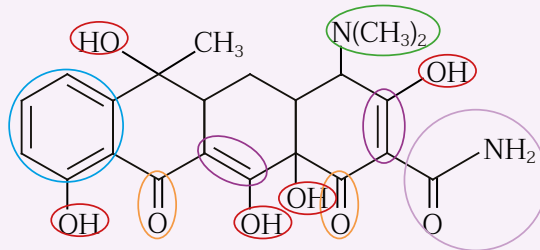


แบบฝึกหัดท้ายบท

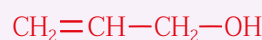
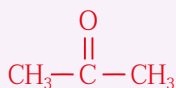
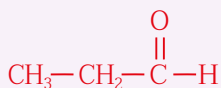
1. วงกลมล้อมรอบหมู่ฟังก์ชัน (ยกเว้น C-C) พร้อมทั้งระบุหมู่ฟังก์ชันและจำนวนของหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลเตตราไซคลิน (tetracycline) ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้ระงับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

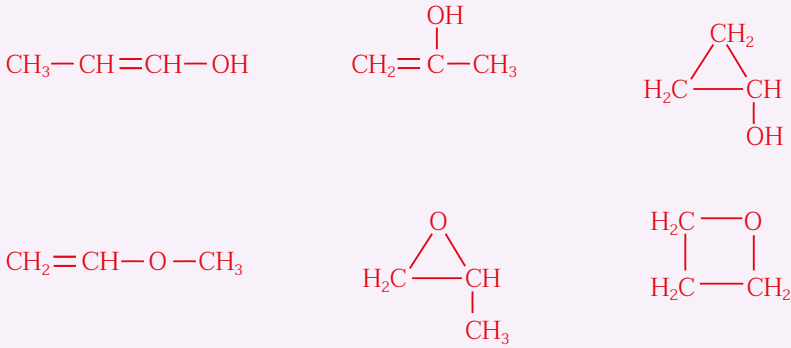


หมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลเตตราไซคลินเป็นดังนี้



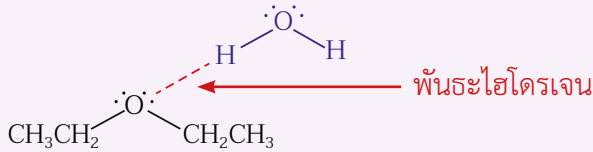
2. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ C_3H_6O
 C_3H_6O มี 9 ไอโซเมอร์ ดังนี้





3. เหตุใดเพนเทนไม่ละลายในน้ำแต่เอทอกซีอีเทนละลายในน้ำได้

เพนเทนไม่ละลายในน้ำเพราะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วและไม่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ส่วนเอทอกซีอีเทนเป็นโมเลกุลที่มีขั้วและสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ดังรูป จึงละลายในน้ำได้



4. เรียงลำดับจุดเดือดของ propanamide pent-2-ene และ methyl ethanoate จากสารที่มีจุดเดือดสูงไปต่ำ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

| | | | | |
|-------------------------------------------------------|---|--------------------------------------|---|-------------------------------------------------|
| propanamide | > | methyl ethanoate | > | pent-2-ene |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CONH}_2$ | | $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ | | $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ |
| แรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว พันธะไฮโดรเจน | | แรงแผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว | | แรงแผ่กระจายลอนดอน |

จากข้อมูลข้างต้น propanamide มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่า methyl ethanoate และ pent-2-ene ตามลำดับ

5. การเผาไหม้โทลูอิน (C_7H_8) มวล 23 กรัม ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 33 กรัม ไอน้ำ (H_2O) 18 กรัม แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 14 กรัม และมีเขม่าคาร์บอน (C) เกิดขึ้นปริมาณหนึ่ง (กำหนดให้ มวลต่อโมลของ $H = 1$ กรัมต่อโมล $C = 12$ กรัมต่อโมล และ $O = 16$ กรัมต่อโมล)

5.1 คำนวณมวลของเขม่าคาร์บอนที่เกิดขึ้น

ปริมาณ C ในแต่ละสารเป็นดังนี้

- ใน C_7H_8 23 g

$$\begin{aligned} \text{มวล } C &= 23 \cancel{\text{ g } C_7H_8} \times \frac{1 \cancel{\text{ mol } C_7H_8}}{92 \cancel{\text{ g } C_7H_8}} \times \frac{84 \text{ g } C}{1 \cancel{\text{ mol } C_7H_8}} \\ &= 21 \text{ g } C \end{aligned}$$

- ใน CO_2 33 g

$$\begin{aligned} \text{มวล } C &= 33 \cancel{\text{ g } CO_2} \times \frac{1 \cancel{\text{ mol } CO_2}}{44 \cancel{\text{ g } CO_2}} \times \frac{12 \text{ g } C}{1 \cancel{\text{ mol } CO_2}} \\ &= 9 \text{ g } C \end{aligned}$$

- ใน CO 14 g

$$\begin{aligned} \text{มวล } C &= 14 \cancel{\text{ g } CO} \times \frac{1 \cancel{\text{ mol } CO}}{28 \cancel{\text{ g } CO}} \times \frac{12 \text{ g } C}{1 \cancel{\text{ mol } CO}} \\ &= 6 \text{ g } C \end{aligned}$$

จากกฎทรงมวล

$$\text{มวลของคาร์บอนก่อนเผา} = \text{มวลของคาร์บอนหลังเผา}$$

$$21 = 9 + 6 + \text{เขม่า}$$

$$\text{เขม่า} = 6 \text{ g}$$

5.2 เขียนสมการเคมีของฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



6. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง จำนวน 1 โมล เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ให้ไอน้ำ 3 โมล และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 3 โมล เมื่อหยดไฮโดรคาร์บอนชนิดนี้ลงในสารละลายโบรมีน ในที่มืดพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้านำไปไว้ในที่สว่างเป็นเวลา 5 นาที สารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นไม่มีสี จงตอบคำถามต่อไปนี้

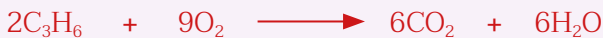
6.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนนี้มีสูตรโมเลกุลอย่างไร



6.2 เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนนี้พร้อมเรียกชื่อ



6.3 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนนี้



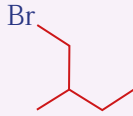
6.4 ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนนี้กับสารละลายโบรมีนคือปฏิกิริยาประเภทใด และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาการแทนที่ เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



หมายเหตุ หากมีโบรมีนอยู่มากเกินไป ปฏิกิริยาจะไม่หยุดที่การแทนที่เพียงหนึ่งอะตอม

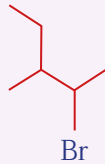
7. เขียนสูตรโครงสร้างพร้อมเรียกชื่อสารตามระบบ IUPAC ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากปฏิกิริยาการแทนที่ 1 ตำแหน่ง ของ 2-เมทิลบิวเทน ด้วยโบรมีน



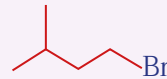
1-โบรมโ-2-เมทิลบิวเทน



2-โบรมโ-2-เมทิลบิวเทน



2-โบรมโ-3-เมทิลบิวเทน

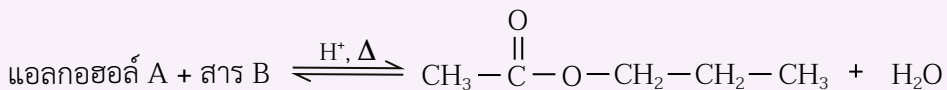


1-โบรมโ-3-เมทิลบิวเทน

8. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน A และ B มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันเป็น C_4H_8 สาร A ฟอกจางสีสารละลาย $KMnO_4$ แต่สาร B ไม่ฟอกจางสีสารละลาย $KMnO_4$ จากสมบัติดังกล่าว จงเขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งสองชนิด

| | |
|---------------------------|--|
| สูตรโครงสร้างของสาร A คือ | |
| สูตรโครงสร้างของสาร B คือ | |

9. พิจารณาสมการเคมีต่อไปนี้



9.1 ระบุชื่อของปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับ

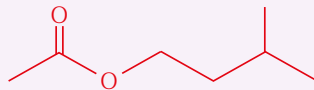
ปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้า เป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

ปฏิกิริยาเคมีย้อนกลับ เป็นปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

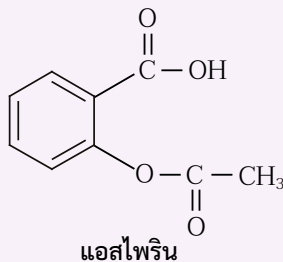
9.2 ระบุชื่อและเขียนสูตรโครงสร้างของแอลกอฮอล์ A และสาร B

| สาร | ชื่อ | โครงสร้าง |
|-------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| แอลกอฮอล์ A | propan-1-ol | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ |
| สาร B | ethanoic acid หรือ acetic acid | CH_3COOH |

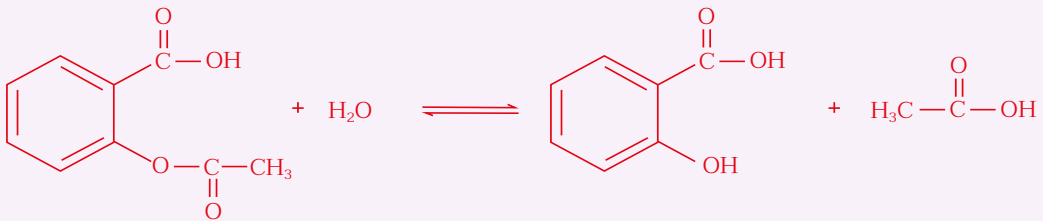
10. เอสเทอร์ที่มีกลิ่นคล้ายกล้วยหอมได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของ ethanoic acid และ 3-methylbutan-1-ol จงเขียนสูตรโครงสร้างของเอสเทอร์นี้



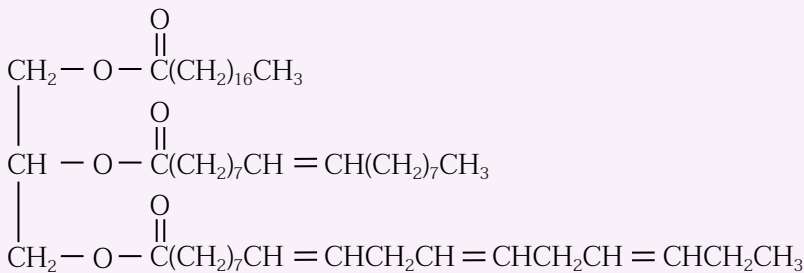
11. เหนือไธยาแอสไพรินที่เก็บไว้นานจึงมีกลิ่นน้ำส้มสายชู จงอธิบายโดยเขียนสมการเคมีและระบุชื่อปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง



เนื่องจากแอสไพรินเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสกับความชื้นในอากาศ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแอสซิติคซึ่งให้กลิ่นของน้ำส้มสายชู ดังสมการเคมี



12. เขียนโครงสร้างของสบู่และผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ที่มีโครงสร้างดังแสดงกับโซเดียมไฮดรอกไซด์

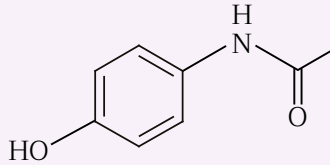


| โครงสร้างของผลิตภัณฑ์พลอยได้ | โครงสร้างของสบู่ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ | $ \begin{array}{l} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^-\text{Na}^+ \quad \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-\text{Na}^+ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-\text{Na}^+ \end{array} $ |

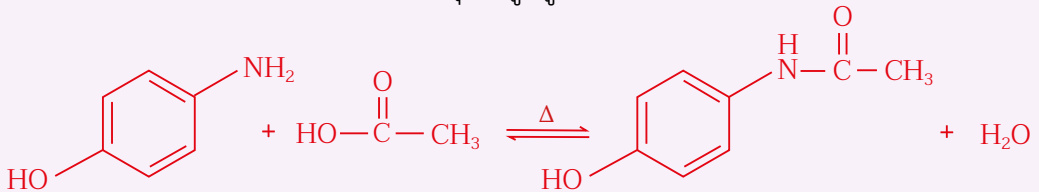
13. โดยทั่วไปการเตรียมเอทานาไมด์ทำได้โดยการผสมกรดแอสติคกับแอมโมเนียเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมแอสเตต แล้วนำไปให้ความร้อน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงต้องให้ความร้อน

ความร้อนช่วยระเหยน้ำ ทำให้สมดุลดำเนินไปข้างหน้าได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น นอกจากนี้ความร้อนยังช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นตามทฤษฎีการชน

14. แอเซตามิโนเฟนหรือที่รู้จักกันในชื่อพาราเซตามอลซึ่งใช้เป็นยาบรรเทาอาการปวดและลดไข้ มีสูตรโครงสร้างดังนี้

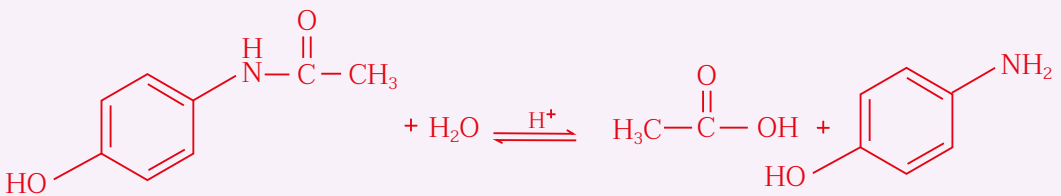


14.1 เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาการเตรียมแอเซตามิโนเฟนจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับเอมีนที่อุณหภูมิสูง

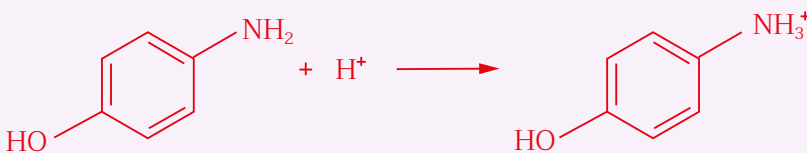


14.2 เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของแอเซตามิโนเฟนทั้งในภาวะกรดและเบส

ภาวะกรด
ขั้นที่ 1

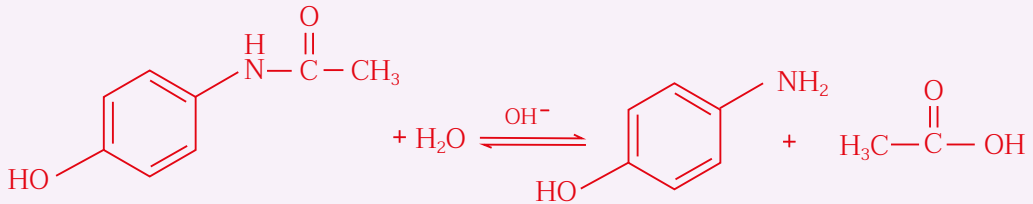


ขั้นที่ 2



ภาวะเบส

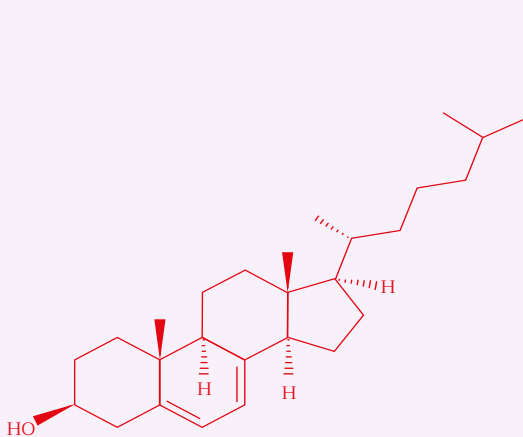
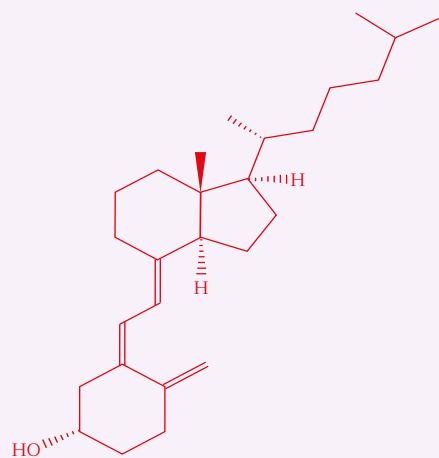
ขั้นที่ 1



ขั้นที่ 2



15. วิตามินดี 3 ได้จากกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างของสารที่เป็นไอโซเมอร์กันโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารใดต่อไปนี้อาจเป็นสารตั้งต้นของวิตามินดี 3 ระหว่าง เทสโทสเตอโรน อีสโตรเจน คอเลสเตอรอล และดีไฮโดรคอเลสเตอรอล เพราะเหตุใด
- ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล เพราะเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับวิตามินดี 3 ซึ่งโครงสร้างของดีไฮโดรคอเลสเตอรอล และวิตามินดี 3 เป็นดังแสดง

ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล (C₂₇H₄₄O)วิตามินดี 3 (C₂₇H₄₄O)

บทที่ 13

พอลิเมอร์



ipst.me/10772

ผลการเรียนรู้

1. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์
2. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์
3. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์
4. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์
5. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์
2. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์

| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 | จิตวิทยาศาสตร์ |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - | - | <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความรอบคอบ |

ผลการเรียนรู้

2. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ และยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 | จิตวิทยาศาสตร์ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. การจำแนกประเภท | - | - |
| ผลการเรียนรู้ 3. ทดสอบและระบุประเภทของพลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. ทดสอบและระบุประเภทของพอลิเมอร์ในผลิตภัณฑ์พลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ | | |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 | จิตวิทยาศาสตร์ |
| 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท | 1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ | 1. ความซื่อสัตย์ 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความใจกว้าง |
| ผลการเรียนรู้ 4. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. อธิบายผลของการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์โดยการเติมสารเติมแต่ง การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพอลิเมอร์ การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ และการสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า | | |
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 | จิตวิทยาศาสตร์ |
| 1. การสังเกต | 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ | 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น |

ผลการเรียนรู้

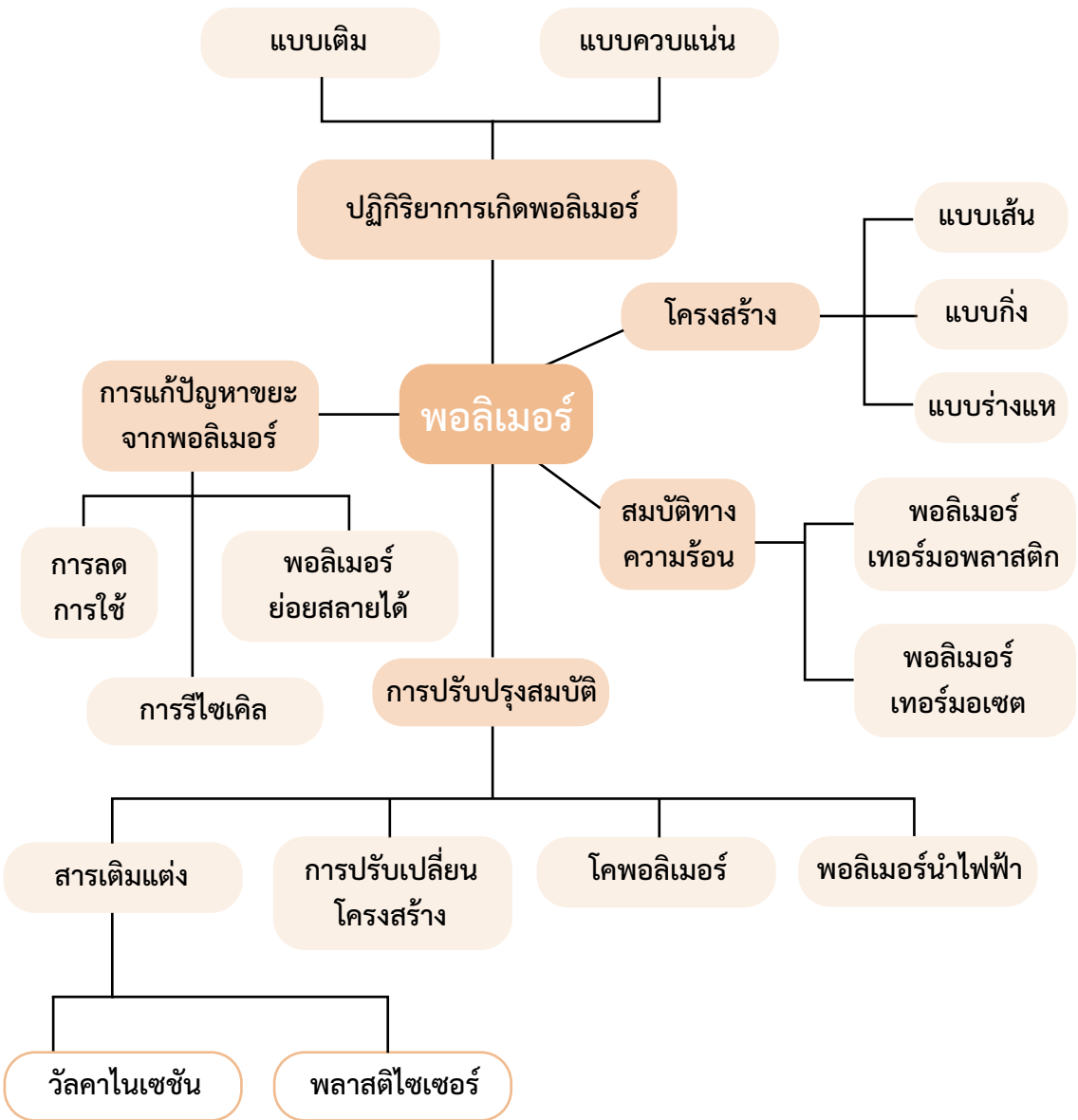
5. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ พร้อมทั้งแนวทางแก้ไข

| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 | จิตวิทยาศาสตร์ |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - | 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ | 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ |

ผังมโนทัศน์
บทที่ 13 พอลิเมอร์



สาระสำคัญ

พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของโมเลกุลขนาดเล็กที่เรียกว่า มอนอเมอร์ สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์จึงต่างจากมอนอเมอร์ที่เป็นสารตั้งต้น พอลิเมอร์มีทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ พอลิเมอร์อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมหรือแบบควบแน่น ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันที่ทำปฏิกิริยา

พอลิเมอร์อาจมีโครงสร้างเป็นแบบเส้น แบบกิ่ง แบบร่างแห ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการเชื่อมต่อกันของมอนอเมอร์ ซึ่งส่งผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ และการนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยพอลิเมอร์เทอร์โมพลาสติกมีโครงสร้างเป็นแบบเส้นหรือแบบกิ่ง เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถนำมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ สำหรับพอลิเมอร์เทอร์โมเซตส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบร่างแห เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน แต่เกิดการสลายตัวหรือไหม้เมื่อได้รับความร้อนสูงจึงไม่สามารถนำมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้

การปรับปรุงสมบัติพอลิเมอร์อาจทำได้โดยการเติมสารเติมแต่ง ซึ่งอาจเป็นสารที่เข้าไปผสมในเนื้อพอลิเมอร์หรือเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับพอลิเมอร์ นอกจากนี้การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์อาจทำได้โดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพอลิเมอร์ หรือการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่ ๆ เช่น โคพอลิเมอร์ พอลิเมอร์นำไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันอาจผ่านการปรับปรุงสมบัติหลายวิธีการร่วมกัน

การใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ในชีวิตประจำวันควรคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การป้องกันและการแก้ไขอาจทำได้โดย การลดการใช้ การรีไซเคิล และการใช้พอลิเมอร์ย่อยสลายได้

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ

20 ชั่วโมง

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 13.1 พอลิเมอร์และมอนอเมอร์ | 1 ชั่วโมง |
| 13.2 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ | 3 ชั่วโมง |
| 13.3 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ | 6 ชั่วโมง |
| 13.4 การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ | 6 ชั่วโมง |
| 13.5 การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ | 4 ชั่วโมง |

ความรู้ก่อนเรียน

หมู่ฟังก์ชัน ปฏิกิริยาการเติม ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการเกิดเอไมด์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โครงสร้างเรโซแนนซ์ การรีไซเคิล สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์



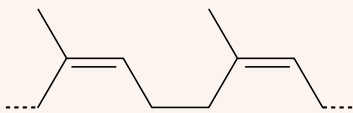
ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และใส่เครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

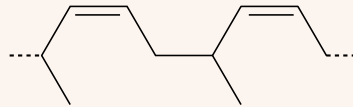
- ✗ 1.1 หมู่ฟังก์ชันของเอไมด์ คือ $-\text{NH}_2$
 หมู่ฟังก์ชันของเอไมด์ คือ $-\text{CONH}_2$
- ✓ 1.2 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน ทำให้พันธะคู่เปลี่ยนเป็นพันธะเดี่ยว
- ✓ 1.3 ปฏิกิริยาการควบแน่นระหว่างแอลกอฮอล์กับกรดคาร์บอกซิลิกได้เอสเทอร์และน้ำ
- ✗ 1.4 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์จากเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิกจัดเป็นปฏิกิริยาการเติม
 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์จากเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิกจัดเป็นปฏิกิริยาควบแน่น
- ✓ 1.5 เอไมด์มีจุดเดือดสูงกว่าเอสเทอร์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เพราะเอไมด์มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล
- ✗ 1.6 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์ทำให้แอลกอฮอล์ละลายน้ำได้
 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์กับโมเลกุลน้ำทำให้แอลกอฮอล์ละลายน้ำได้
- ✗ 1.7 โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดจากการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของอะตอมในโมเลกุล
 โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ
- ✗ 1.8 พลาสติกที่มีสัญลักษณ์รีไซเคิลทุกชนิดสามารถรีไซเคิลร่วมกันได้ โดยไม่ต้องคัดแยก
 พลาสติกที่มีสัญลักษณ์รีไซเคิลต้องคัดแยกก่อนนำไปรีไซเคิล

2. วงกลมล้อมรอบโครงสร้างที่เป็นสารเดียวกัน

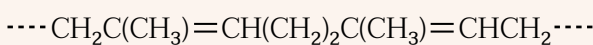
ก)



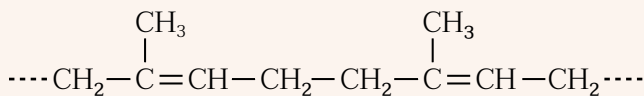
ข)



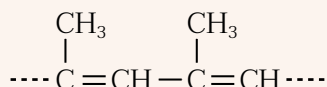
ค)



ง)



จ)



13.1 พอลิเมอร์และมอนอเมอร์

13.2 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

13.2.1 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม

13.2.2 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์
2. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| พอลิเมอร์คือพลาสติกเท่านั้น | พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ แต่พอลิเมอร์บางชนิดไม่เป็นพลาสติก เช่น ยาง กาว เจล |
| พลาสติกทำเป็นเส้นใยไม่ได้ | พลาสติก เช่น PET ทำเป็นเส้นใยได้ |
| พอลิเมอร์ทุกชนิดได้จากการสังเคราะห์ | พอลิเมอร์มีทั้งที่ได้จากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ |
| พอลิเมอร์แต่ละชนิดเกิดจากมอนอเมอร์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น | พอลิเมอร์แต่ละชนิดอาจเกิดจากมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่รู้จัก ซึ่งส่วนใหญ่น่าจะเป็นพลาสติก จากนั้นอธิบายว่า ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่พบเห็นส่วนใหญ่เป็นพลาสติก แต่บางชนิดอาจไม่เป็นพลาสติก เช่น ยาง กาว เจล จากนั้นอธิบายความหมายของพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ โดยใช้รูป 13.1 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2. ครูยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์และพอลิเมอร์ธรรมชาติตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างและการแสดงโครงสร้างของพอลิเมอร์แบบย่อ โดยใช้วงเล็บ [] ดังรูป 13.2

3. ครูอธิบายว่า พอลิเมอร์และมอนอเมอร์มีสมบัติทางกายภาพบางประการที่แตกต่างกัน เช่น สถานะ จุดหลอมเหลว สภาพการละลายได้ในน้ำ พร้อมยกตัวอย่างตามตาราง 13.1 จากนั้นอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเหนียวและความหนืด ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

ขนมสายไหมทำจากน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นไดแซ็กคาไรด์ ส่วนสำลีเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ จงเปรียบเทียบและอธิบายสมบัติการละลายน้ำและการทนแรงดึงของขนมสายไหมและสำลี

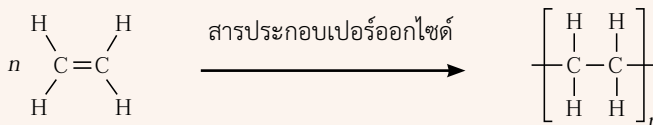
ขนมสายไหมละลายน้ำได้ดีกว่า แต่ทนแรงดึงได้น้อยกว่าสำลี เนื่องจากสำลีเป็นพอลิเมอร์ จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าขนมสายไหม ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่ามาก

- ครูใช้คำถามนำว่า มอนอเมอร์เกิดเป็นพอลิเมอร์ได้อย่างไร จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายและการแบ่งประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์
- ครูอธิบายปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมเชื่อมโยงกับปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน โดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมของเอทิลีน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างพอลิเมอร์ที่เตรียมจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม และการเรียกชื่อมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ตามตาราง 13.2
- ครูชี้ให้เห็นว่า พอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม มีสมบัติและนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย ตามข้อมูลดังตาราง 13.2

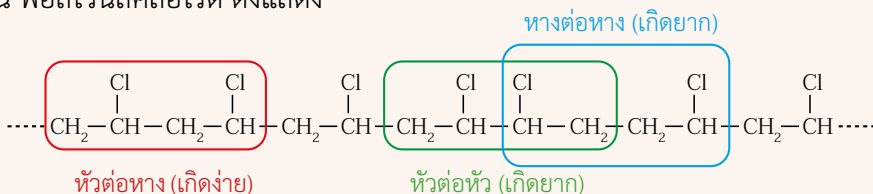


ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

- ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติมส่วนใหญ่ต้องใช้ตัวเริ่มปฏิกิริยา (initiator) ที่ใส่ลงไปเพียงเล็กน้อยเพื่อให้สารตั้งต้นสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น การสังเคราะห์พอลิเอทิลีนมีแก๊สออกซิเจนหรือสารประกอบเปอร์ออกไซด์เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา



- การสังเคราะห์พอลิเมอร์บางชนิดจะได้พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมต่อของมอนอเมอร์แตกต่างกัน เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ ดังแสดง



8. ครูอธิบายปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่นเชื่อมโยงกับปฏิกิริยาการเกิดเอไมด์ โดยใช้ตัวอย่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของไนลอน 6,6 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างพอลิเอสเทอร์และพอลิเอไมด์ที่เตรียมจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น ดังตาราง 13.3

9. ครูชี้ให้เห็นว่า พอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น มีสมบัติและนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย ตามข้อมูลดังตาราง 13.3

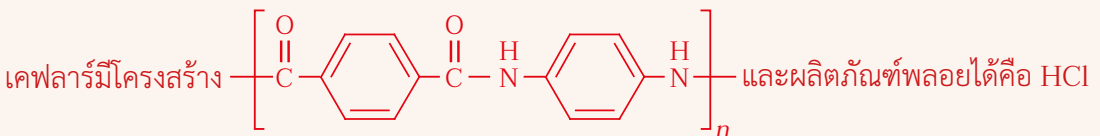
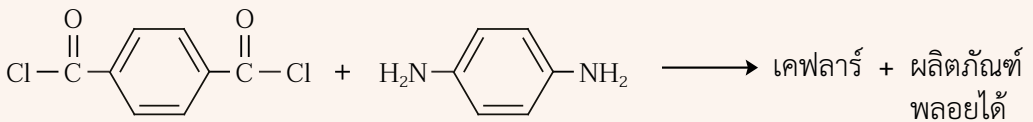
10. ครูให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิด



ชวนคิด

แอซิดคลอไรด์ (acid chloride) มีหมู่ฟังก์ชันเป็น $-\text{COCl}$ และมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถใช้แทนกรดคาร์บอกซิลิกในการสังเคราะห์พอลิเอไมด์ เช่น เคฟลาร์ (Kevlar) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ใช้ทำเส้นใยที่มีความเหนียว และทนความร้อนสูง นำไปทำเสื้อกันกระสุน

เขียนโครงสร้างเคฟลาร์และผลิตภัณฑ์พลอยได้จากปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



11. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 13.1 เพื่อทบทวนความรู้

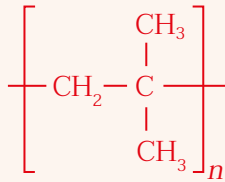
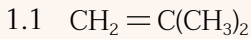
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับความหมายของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ ประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ จากการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
3. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรอบคอบ จากการทำแบบฝึกหัด

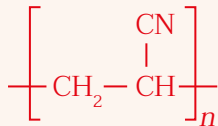
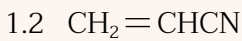


แบบฝึกหัด 13.1

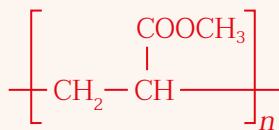
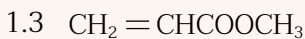
1. เขียนโครงสร้างพอลิเมอร์ที่ได้จากมอนอเมอร์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุว่าปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เป็นแบบใด



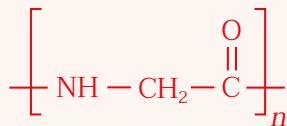
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม

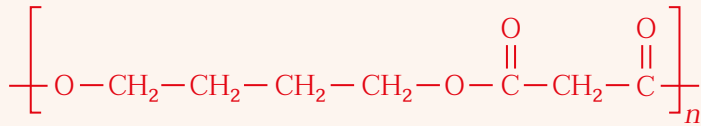


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



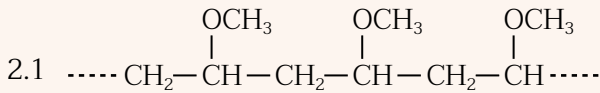
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

1.5 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ กับ $\text{HO}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$

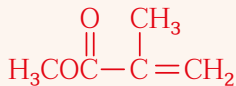
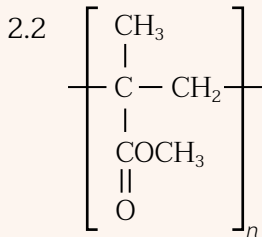


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

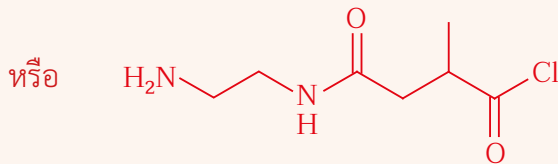
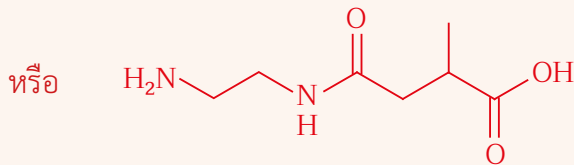
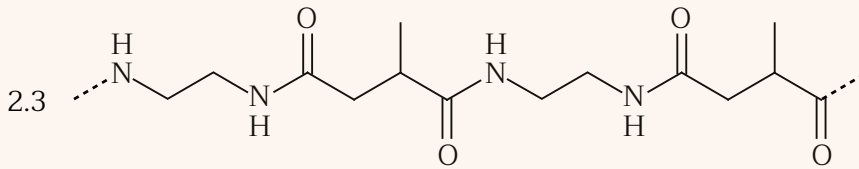
2. เขียนโครงสร้างของมอนอเมอร์จากสายพอลิเมอร์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุว่าปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เป็นแบบใด



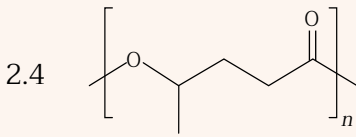
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



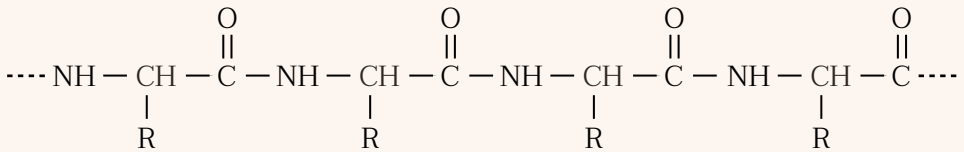
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น



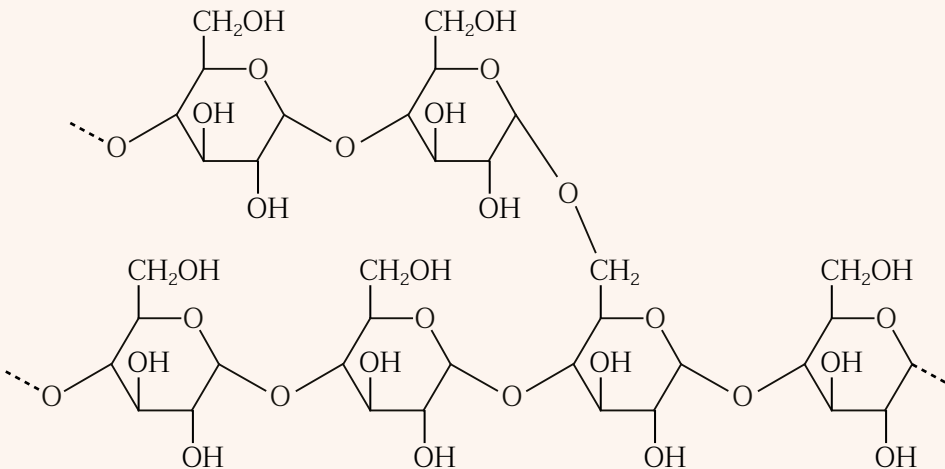
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

(นอกจากนี้อาจมีมอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นวงซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเปิดวง)

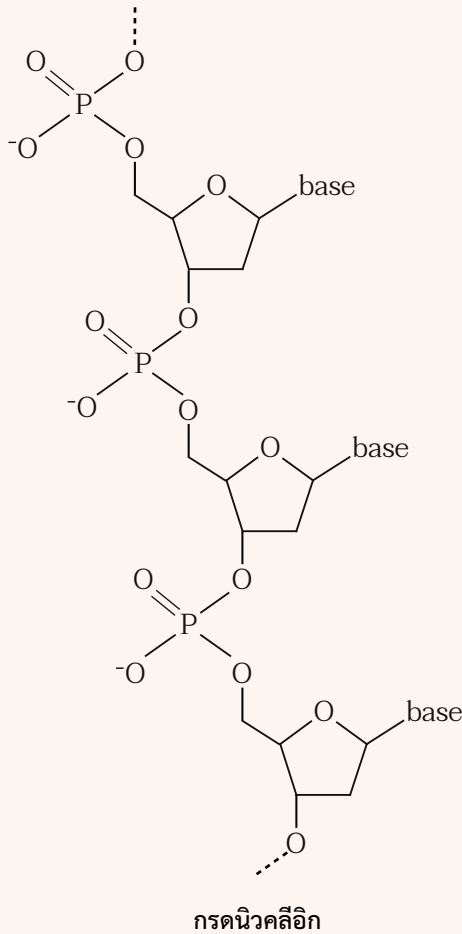
3. โปรตีน พอลิแซ็กคาไรด์ และกรดนิวคลีอิก เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งเป็นส่วนประกอบ และมีหน้าที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างโครงสร้างดังแสดง



พอลิเพปไทด์ในโปรตีน

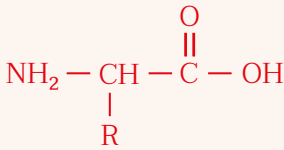


พอลิแซ็กคาไรด์ในไกลโคเจน



พอลิเมอร์แต่ละชนิดได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบใด และเกิดจากมอนอเมอร์ที่มีสูตรโครงสร้างอย่างไร

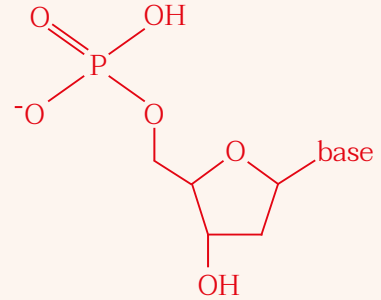
โปรตีน พอลิแซ็กคาไรด์ และกรดนิวคลีอิกเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น โดยมีมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์แต่ละชนิด คือ กรดแอมิโน กลูโคส และนิวคลีโอไทด์ ตามลำดับ มีโครงสร้างดังนี้



กรดแอมิโน

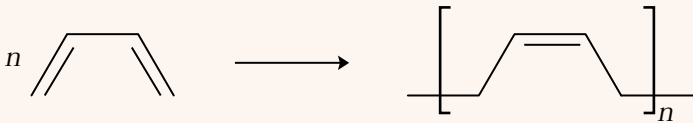


กลูโคส

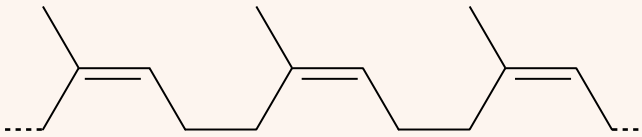


นิวคลีโอไทด์

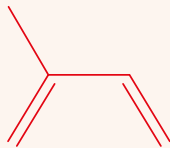
4. พอลิบิวทาไดอีน (polybutadiene) เป็นยางสังเคราะห์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ดังต่อไปนี้



ยางธรรมชาติ เช่น ยางพารา มีโครงสร้างดังแสดง



หากต้องการสังเคราะห์ยางที่มีโครงสร้างเหมือนกับยางพารา ควรใช้สารใดเป็นมอนอเมอร์ และปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เป็นแบบใด



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม

13.3 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ และยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์
2. ทดสอบและระบุประเภทของพอลิเมอร์ในผลิตภัณฑ์พลาสติกและผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>พอลิสไตรีนมีโครงสร้างแบบกิ่ง</p> $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$  | <p>พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้น เพราะวงเบนซีนเป็นส่วนหนึ่งของมอนอเมอร์</p> |
| <p>เทอร์โมเซตเป็นสมบัติของพลาสติก</p> | <p>เทอร์โมเซตเป็นสมบัติของพอลิเมอร์ ซึ่งอาจเป็นพลาสติกหรือยางก็ได้</p> |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนพิจารณาเปรียบเทียบโครงสร้างของพอลิเมอร์แบบเส้น แบบกิ่ง และแบบร่างแห ดังรูป 13.3 แล้วอภิปรายร่วมกันว่าโครงสร้างทั้งสามแบบแตกต่างกันอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า โครงสร้างแบบร่างแหมีส่วนที่เชื่อมระหว่างสายโซ่หลักมากกว่า 1 สาย ส่วนโครงสร้างแบบกิ่งมีสายโซ่ด้านข้างแยกออกมาจากสายโซ่หลัก โดยไม่เชื่อมกับสายโซ่หลักอื่น โครงสร้างแบบเส้นไม่มีสายโซ่ด้านข้างแยกออกมา
2. ครูใช้คำถามนำว่า นักเรียนคิดว่าโครงสร้างของพอลิเมอร์ส่งผลต่อสมบัติอย่างไร
3. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาสมบัติและโครงสร้างของพอลิเมอร์ ดังตัวอย่างกิจกรรมเสนอแนะสำหรับครู ดังนี้

กิจกรรมเสนอแนะสำหรับครู

เรื่อง ความหนาแน่นและโครงสร้างของพอลิเมอร์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

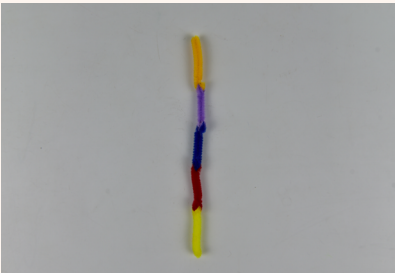
เพื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่ง

อุปกรณ์

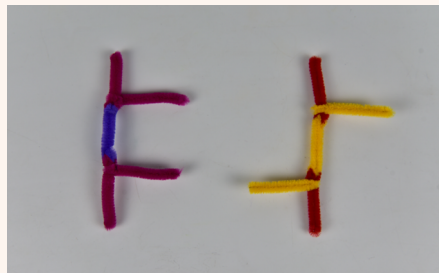
1. ลวดก้ามเหยี่ยว 100 เส้น
2. ขวดน้ำที่ตัดปากขวดแล้ว

วิธีทำกิจกรรม

1. ให้ลวดก้ามเหยี่ยว จำนวน 5 เส้น แก่นักเรียนแต่ละคน
2. แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ในกลุ่มที่ 1 ให้นักเรียนแต่ละคนต่อลวดก้ามเหยี่ยวทั้ง 5 เส้นเป็นโครงสร้างแบบเส้น ส่วนกลุ่มที่ 2 ต่อเป็นโครงสร้างแบบกิ่ง



โครงสร้างแบบเส้น



โครงสร้างแบบกิ่ง

3. ให้นักเรียนแต่ละคนนำลวดก้ามเหยี่ยวที่ต่อแล้วมาหย่อนลงในขวดตามประเภทโครงสร้างและหยุดเมื่อลวดก้ามเหยี่ยวเต็มขวด
4. นับจำนวนโครงสร้างที่อยู่ในแต่ละขวด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ขวดที่บรรจุโครงสร้างแบบใดบรรจุลวดก้ามเหยี่ยวได้มากกว่า เพราะเหตุใด
2. ขวดที่บรรจุโครงสร้างแบบใดมีความหนาแน่นมากกว่า

| | | |
|------------|----------------------|---------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 5 นาที |
| | ทำกิจกรรม | 15 นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 นาที |
| | รวม | 30 นาที |

วัสดุและอุปกรณ์

| รายการ | ปริมาณต่อห้อง (นักเรียน 50 คน) |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. ลวดก้ำมะหยี่ ยาวประมาณ 4.5 – 5.0 cm | 250 อัน |
| 2. ขวดน้ำขนาดประมาณ 550 mL ที่ตัดปากขวดแล้ว มีความสูงประมาณ 18 cm | 2 ขวด |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ครูอาจต่อลวดก้ำมะหยี่เป็นโครงสร้างแบบเส้นและแบบกึ่งให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างแล้วกำชับให้นักเรียนต่อลวดก้ำมะหยี่ให้แน่น
- ระวังอย่าให้นักเรียนกดลวดก้ำมะหยี่ขณะหย่อนลงในขวด
- อาจใช้ภาชนะอื่นที่มีความสูงประมาณ 18 cm แทนขวดน้ำ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5 cm

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

| โครงสร้าง | จำนวนลวดก้ำมะหยี่ที่อยู่ในขวด (เส้น) |
|-----------|--------------------------------------|
| แบบเส้น | 32 |
| แบบกึ่ง | 10 |



โครงสร้างแบบเส้น



โครงสร้างแบบกิ่ง

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

จากผลการทดลองพบว่า ขวดที่มีขนาดเท่ากันบรรจุหลอดก้ำมะหยี่ที่มีโครงสร้างแบบเส้น ได้จำนวนมากกว่าหลอดก้ำมะหยี่ที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง เนื่องจากโครงสร้างแบบเส้นสามารถจัดเรียงตัวให้อยู่ชิดกันได้มากกว่าโครงสร้างแบบกิ่ง ดังนั้นขวดที่บรรจุหลอดก้ำมะหยี่ที่มีโครงสร้างแบบเส้นจึงมีความหนาแน่นมากกว่าขวดที่บรรจุหลอดก้ำมะหยี่ที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง ถ้าเปรียบเทียบขวดที่บรรจุหลอดก้ำมะหยี่เป็นชั้นวัสดุพอลิเมอร์ จะได้ว่าชั้นวัสดุที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นมีความหนาแน่นมากกว่าแบบกิ่ง

สรุปผลการทำกิจกรรม

พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นมีความหนาแน่นมากกว่าแบบกิ่ง

4. ครูใช้คำถามว่า โครงสร้างของพอลิเมอร์มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสมบัติบางประการ เช่น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว ความแข็ง ความเหนียว ของพอลิเมอร์อย่างไร จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสมบัติของพอลิเมอร์แบบเส้น แบบกิ่ง และแบบร่างแห โดยใช้ตัวอย่างในรูป 13.4 และ 13.5 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

5. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจและคำถามชวนคิด



ตรวจสอบความเข้าใจ

1. ฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (phenol-formaldehyde) หรือเบเคอไลต์ (bakelite) เป็นพอลิเมอร์ที่แข็ง ทนไฟ ไม่หลอมเหลว เป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี นิยมใช้ทำด้ามหรือหูจับของอุปกรณ์เครื่องครัว แผงวงจร สวิตช์ไฟฟ้า โครงสร้างของฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นแบบใด

พอลิเมอร์แบบร่างแห

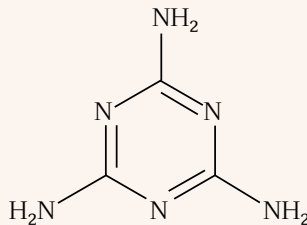
2. พลาสติกห่ออาหารและถุงหิ้วที่ทำมาจากพอลิเอทิลีน ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก HDPE และ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก LDPE เพราะเหตุใด

พลาสติกห่ออาหารเป็น LDPE ส่วนถุงหิ้วเป็น HDPE เนื่องจากถุงหิ้วต้องทนแรงดึงได้ดี จึงต้องใช้ HDPE ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบเส้นที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่สูงกว่า LDPE ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่ง

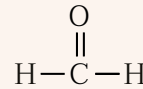


ชวนคิด

เมลามีน-ฟอร์แมลดีไฮด์ (melamine-formaldehyde) โครงสร้างดังรูป 13.5 ได้จากการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ระหว่างเมลามีนกับฟอร์แมลดีไฮด์ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์นี้เป็นแบบใด เพราะเหตุใด



เมลามีน



ฟอร์แมลดีไฮด์

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น เพราะโครงสร้างพอลิเมอร์เมื่อเทียบกับมอนอเมอร์ทั้งสองชนิด พบว่ามีอะตอมที่หายไป คือ ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม แสดงว่าในปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์มี H_2O หลุดออกไป

6. ครูให้ความรู้ว่า มอนอเมอร์บางชนิด หากทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์โดยใช้ภาวะที่ต่างกัน จะเกิดพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างต่างกัน โดยใช้ตัวอย่าง LDPE และ HDPE ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

7. ครูอธิบายว่า สมบัติของพอลิเมอร์นอกจากขึ้นกับโครงสร้างแบบเส้น แบบกิ่ง และแบบร่างแหแล้ว ยังขึ้นกับมวลโมเลกุลและหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

8. ครูใช้คำถามว่า การนำผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ต้องคำนึงถึงสมบัติใดบ้าง เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า นอกจากสมบัติต่าง ๆ เช่น ความแข็ง ความเหนียว ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงสมบัติที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ เช่น การทนความร้อนของพอลิเมอร์ จากนั้นใช้คำถามว่า พอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนแล้วมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 13.1

9. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 13.1 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน แล้วให้นักเรียนอภิปรายผลการทำกิจกรรมโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรม



กิจกรรม 13.1 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน

| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 5 | นาที |
|------------|----------------------|----|------|
| | ทำกิจกรรม | 15 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 30 | นาที |

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| สารเคมี 1. ชิ้นพอลิเมอร์จากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างน้อย 4 ชนิด เช่น ขวดน้ำดื่ม หลอดพลาสติก ภาชนะเมลามีน ยางลบ | อย่างละ 1 ชิ้น |
| วัสดุและอุปกรณ์ 1. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม 2. แผ่นกระเบื้อง 3. คีมคีบ | 1 ชุด 1 แผ่น 1 อัน |

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมชิ้นพอลิเมอร์แต่ละชนิดให้มีขนาดประมาณ $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ โดยควรมีทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นพอลิเมอร์เทอร์โมพลาสติก เช่น ขวดน้ำดื่ม หลอดพลาสติก และพอลิเมอร์เทอร์โมเซต เช่น ภาชนะเมลามีน ยางลบ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. อาจเปลี่ยนผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์เป็นชนิดอื่น เช่น กล่องพลาสติกใส (PS) ทั้งนี้ควรใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ไม่หนาและไม่ติดไฟ โดยครูควรทดลองก่อนนำไปใช้
2. เตือนนักเรียนไม่ให้นำชิ้นพอลิเมอร์เข้าไปในเปลวไฟ หากชิ้นพอลิเมอร์ไหม้หรือมีกลิ่นเหม็น (เช่น ยางลบ) ให้นำชิ้นพอลิเมอร์ออกจากเปลวไฟ
3. ครูควรเตือนให้นักเรียนวางชิ้นพอลิเมอร์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วบนแผ่นกระเบื้องจนเย็นลง ก่อนทิ้งถังขยะ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้จากการทดลองเป็นดังตาราง

| ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ | ลักษณะของผลิตภัณฑ์ | | |
|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | ก่อนได้รับความร้อน | ระหว่างได้รับความร้อน | หลังได้รับความร้อน |
| ขวดน้ำดื่ม | เหนียว แข็ง ใส | อ่อนตัวและโค้งงอ | รูปร่างเปลี่ยนไป |
| หลอดพลาสติก | เหนียว แข็ง ขุ่น | อ่อนตัวและหลอมเหลว | รูปร่างเปลี่ยนไป |
| เมลามีน | แข็งมาก ทึบแสง | ไม่อ่อนตัว | คงรูปร่างเดิม |
| ยางลบ | ยืดหยุ่น ทึบแสง | ไม่อ่อนตัว | คงรูปร่างเดิม |

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

ขวดน้ำดื่มและหลอดพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนมีการอ่อนตัวหรือหลอมเหลว และเมื่อวางไว้ให้เย็นตัวลง ชิ้นพอลิเมอร์มีรูปร่างเปลี่ยนไป แต่ยังคงมีความเหนียวและแข็งเหมือนเดิม ส่วนเมลามีนและยางลบเมื่อได้รับความร้อนไม่อ่อนตัว อาจไหม้หรือมีกลิ่นเหม็น และเมื่อวางไว้ให้เย็นตัวลงมีรูปร่างคงเดิม ดังนั้น จึงแบ่งกลุ่มของพอลิเมอร์โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนเป็นเกณฑ์ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พอลิเมอร์ที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วมีการอ่อนตัวหรือหลอมเหลว กับพอลิเมอร์ที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วไม่อ่อนตัวและไม่หลอมเหลว

สรุปผลการทำกิจกรรม

ถ้าใช้การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนเป็นเกณฑ์จะแบ่งพอลิเมอร์ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พอลิเมอร์ที่มีการอ่อนตัวหรือหลอมเหลวและเปลี่ยนรูปร่างได้เมื่อได้รับความร้อนกับพอลิเมอร์ที่ไม่อ่อนตัวและไม่หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน

10. ครูอธิบายเกี่ยวกับพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติกและพอลิเมอร์เทอร์มอเซต โดยเชื่อมโยงกับโครงสร้างของพอลิเมอร์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
11. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

จากกิจกรรม 13.1 ผลิตภัณฑ์ชนิดใดทำมาจากพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติกและชนิดใดทำมาจากพอลิเมอร์เทอร์มอเซต

จากกิจกรรม 13.1 ขวดน้ำดื่มและหลอดพลาสติกทำมาจากพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก ส่วนยางลบและเมลามีนทำมาจากพอลิเมอร์เทอร์มอเซต

12. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 13.2 เพื่อทบทวนความรู้

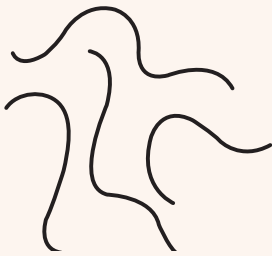
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ และการนำไปใช้ประโยชน์จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ทักษะการสังเกตและการจำแนกประเภท จากรายงานผลการทำกิจกรรมและการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
3. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย

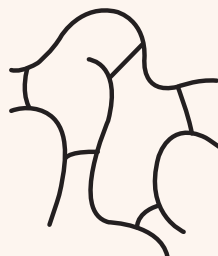


แบบฝึกหัด 13.2

1. พอลิเมอร์ A B และ C มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน สัมเคราะห์จากมอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน แต่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างให้ต่างกัน ดังแสดง



พอลิเมอร์ A



พอลิเมอร์ B



พอลิเมอร์ C

จากโครงสร้างของพอลิเมอร์ A B และ C พอลิเมอร์ใดมีสมบัติต่อไปนี้

- 1.1 จุดหลอมเหลวต่ำที่สุด
พอลิเมอร์ C
 - 1.2 ความหนาแน่นมากที่สุด
พอลิเมอร์ B
 - 1.3 แข็งที่สุด
พอลิเมอร์ B
 - 1.4 เป็นพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก
พอลิเมอร์ A และ C
2. ยางรถยนต์มีองค์ประกอบเป็นยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเชื่อมขวาง (crosslink) ระหว่างสายพอลิเมอร์ ยางรถยนต์สามารถนำรีไซเคิลได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
ไม่ได้ เนื่องจากยางรถยนต์เป็นยางที่ผ่านกระบวนการเชื่อมขวางระหว่างสายพอลิเมอร์ จึงเป็นพอลิเมอร์แบบร่างแห ซึ่งเป็นพอลิเมอร์เทอร์มอเซต จึงไม่สามารถนำกลับมาหลอมเพื่อใช้ใหม่ได้

13.4 การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์

13.4.1 การเติมสารเติมแต่ง

13.4.2 การปรับเปลี่ยนโครงสร้างพอลิเมอร์

13.4.3 โคพอลิเมอร์

13.4.4 พอลิเมอร์นำไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายผลของการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์โดยการเติมสารเติมแต่ง การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพอลิเมอร์ การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ และการสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า

| ความเข้าใจคลาดเคลื่อน | ความเข้าใจที่ถูกต้อง |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พอลิเมอร์แต่ละชนิดมีสมบัติคงที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ เช่น PVC เป็นพอลิเมอร์ที่แข็งใช้ทำท่อน้ำเท่านั้น | พอลิเมอร์แต่ละชนิดสามารถปรับเปลี่ยนสมบัติได้ เช่น PVC สามารถนำมาเติมสารเติมแต่งแล้วทำเป็นฟิล์มยืดห่ออาหารได้ |
| ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภททำมาจากพอลิเมอร์ได้เพียงชนิดเดียว เช่น แก้วพลาสติกแบบใสทำมาจาก PS เท่านั้น | ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทอาจทำมาจากพอลิเมอร์ได้หลากหลายประเภท เช่น แก้วพลาสติกแบบใสอาจทำมาจาก PS PP หรือ PLA |
| พอลิเมอร์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ไม่สามารถทำให้นำไฟฟ้าได้ | พอลิเมอร์บางชนิดสามารถทำให้นำไฟฟ้าได้ ซึ่งในปัจจุบันมีการนำพอลิเมอร์นำไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ |

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิเมอร์ชนิดเดียวกัน เช่น ท่อน้ำ ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ฟิล์มยืดห่ออาหาร จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดร่วมกัน และชี้ให้เห็นว่ามีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน จากนั้นครูอธิบายว่าผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ทั้งสามชนิดเป็นพอลิไวนิลคลอไรด์เหมือนกันแต่มีการปรับปรุงให้มีสมบัติแตกต่างกัน เพื่อนำเข้าสู่เรื่องการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์

2. ครูอธิบายเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์โดยการเติมพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งเป็นสารเติมแต่งที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสายพอลิเมอร์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 13.6 ประกอบการอธิบาย

3. ครูอธิบายเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์โดยการเติมสารเติมแต่งที่ทำปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ตัวอย่างกระบวนการวัลคาไนเซชันของยาง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 13.7 และ 13.8 ประกอบการอธิบาย

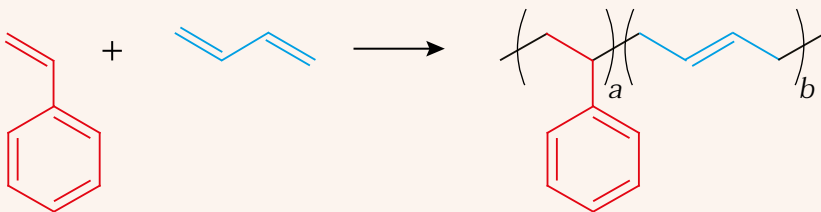
4. ครูอธิบายเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 13.9 13.10 และ 13.11 ประกอบการอธิบาย

5. ครูยกตัวอย่างไฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 13.12 ประกอบการอธิบาย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พอลิสไตรีนบิวทาไดอีน อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากสารที่แสดงดังสมการเคมี

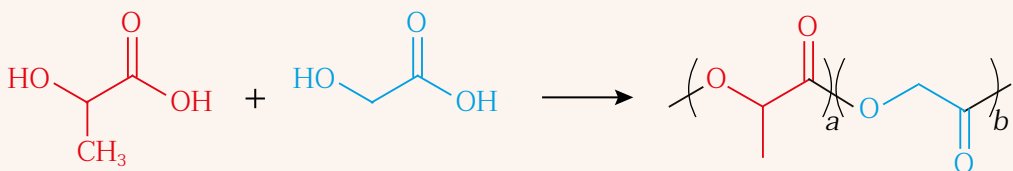


สไตรีน

บิวทาไดอีน

พอลิสไตรีนบิวทาไดอีน

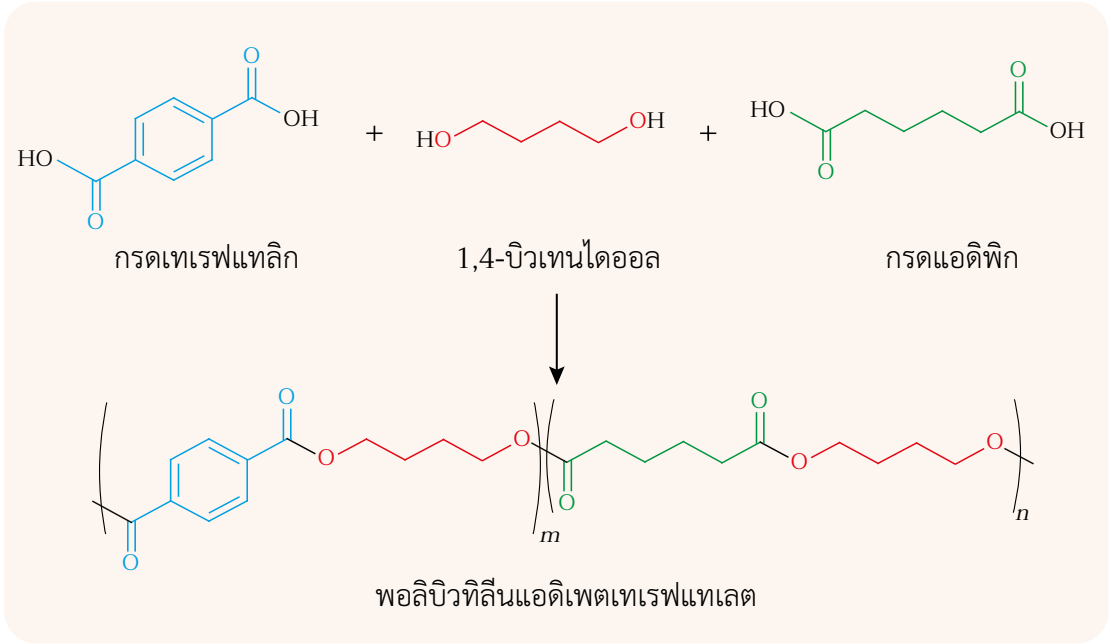
พอลิแลกติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากสารที่แสดงดังสมการเคมี



กรดแลกติก

กรดไกลโคลิก

พอลิแลกติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด



6. ครูอธิบายการจำแนกประเภทของโคพอลิเมอร์ตามลักษณะการจัดเรียงตัวของมอนอเมอร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

7. ครูใช้คำถามนำว่า โคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ที่มีสัดส่วนเดียวกัน แต่มีการจัดเรียงตัวต่างกัันมีสมบัติแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 13.2 สมบัติของโคพอลิเมอร์

 **กิจกรรม 13.2 สมบัติของโคพอลิเมอร์**

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เปรียบเทียบสมบัติของโคพอลิเมอร์กับโฮโมพอลิเมอร์
2. เปรียบเทียบสมบัติของโคพอลิเมอร์แบบสลับกับแบบบล็อก

| | | | |
|------------|----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

วัสดุและอุปกรณ์

| รายการ | ปริมาณต่อกลุ่ม |
|------------------------|----------------|
| วัสดุและอุปกรณ์ | |
| 1. ลวดเสียบกระดาษ | 20 ตัว |
| 2. ยางวงเล็ก | 20 เส้น |
| 3. ปีกเกอร์ขนาด 600 mL | 1 ใบ |
| 4. ตลับเมตร | 1 ตลับ |
| 5. ขวดบรรจุน้ำ 100 mL | 1 ขวด |
| 6. ขาดั่งพร้อมที่หนีบ | 1 ชุด |

การเตรียมล่วงหน้า

เตรียมขวดบรรจุน้ำ 100 mL โดยการเติมน้ำ 100 mL ลงในขวดที่เตรียมไว้ อาจใช้เส้นลวดเจาะรูฝาขวดดังกล่าวเพื่อทำเป็นตะขอ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การยึดของแบบจำลองพอลิเมอร์

| แบบจำลองที่ | ความยาว (cm) | | | ลักษณะการยึด |
|-------------|--------------|---------|--------|------------------------------------------------------|
| | เริ่มต้น | หลังยึด | ผลต่าง | |
| 1 | 30.60 | 31.00 | 0.40 | ยึดน้อยมากจนถือว่าไม่ยึด |
| 2 | 41.50 | 56.00 | 14.50 | ยึดตลอดทั้งเส้น |
| 3 | 36.00 | 44.00 | 8.00 | ยึดเฉพาะส่วนที่เป็นยางวงสลับไปตลอดทั้งสายของแบบจำลอง |
| 4 | 35.00 | 43.50 | 8.50 | ยึดเฉพาะส่วนที่เป็นยางวงครึ่งสายของแบบจำลอง |

การลอยน้ำของแบบจำลองพอลิเมอร์

| แบบจำลองที่ | ผลการสังเกต |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | แบบจำลองทั้งเส้นจมลงอยู่ที่ก้นปิกเกอร์  |
| 2 | แบบจำลองทั้งเส้นลอยอยู่บนน้ำ  |
| 3 | แบบจำลองทั้งเส้นจมลงก้นปิกเกอร์โดยส่วนที่เป็นยางวงลอยอยู่ ด้านบนของลวดเสียบกระดาษ  |
| 4 | แบบจำลองครึ่งเส้นที่เป็นลวดเสียบกระดาษจมอยู่ที่ก้นปิกเกอร์ อีก ครึ่งเส้นที่เป็นยางวงลอยน้ำ  |

อภิปรายผลการทำกิจกรรม

เมื่อออกแรงดึงแบบจำลองพอลิเมอร์ทั้ง 4 แบบ พบว่า แบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 1 ซึ่งเป็นลวดเสียบกระดาษทั้งเส้น ยืดออกน้อยมาก ส่วนแบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 2 ซึ่งเป็นยางวงทั้งเส้น ยืดออกมากที่สุด ในขณะที่แบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 3 และ 4 ซึ่งมีทั้งลวดเสียบกระดาษและยางวงอยู่ในแบบจำลอง ยืดออกได้ใกล้เคียงกันแต่น้อยกว่าแบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 2 แสดงว่า โคพอลิเมอร์มีสมบัติอยู่ระหว่างโฮโมพอลิเมอร์แต่ละชนิด และเมื่อสังเกตลักษณะการยืดของแบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 3 และ 4 พบว่า แตกต่างกัน โดยแบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 3 มีลักษณะการยืดออกเป็นช่วง ๆ ตลอดทั้งเส้น ส่วนแบบจำลองพอลิเมอร์ที่ 4 มีส่วนที่ยืดและไม่ยืดแบ่งส่วนชัดเจน แสดงว่าโคพอลิเมอร์แบบสลับมีสมบัติอยู่ระหว่างโฮโมพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ในขณะที่โคพอลิเมอร์แบบบล็อกจะคงสมบัติของโฮโมพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดไว้ได้ดีกว่าโคพอลิเมอร์แบบสลับ

การทดสอบการลอยน้ำของแบบจำลองพอลิเมอร์ทั้ง 4 แบบ ช่วยยืนยันว่า โคพอลิเมอร์มีสมบัติแตกต่างจากโฮโมพอลิเมอร์ โดยโคพอลิเมอร์แบบสลับมีสมบัติอยู่ระหว่างโฮโมพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด ส่วนโคพอลิเมอร์แบบบล็อกจะคงสมบัติของโฮโมพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดไว้ได้ดีกว่าโคพอลิเมอร์แบบสลับ

สรุปผลการทำกิจกรรม

โคพอลิเมอร์มีสมบัติต่างจากโฮโมพอลิเมอร์ โดยโคพอลิเมอร์แบบสลับมีสมบัติอยู่ระหว่างโฮโมพอลิเมอร์ ส่วนโคพอลิเมอร์แบบบล็อกจะคงสมบัติของโฮโมพอลิเมอร์แต่ละชนิดได้ดีกว่าโคพอลิเมอร์แบบสลับ

8. ครูยกตัวอย่างโคพอลิเมอร์ที่มีการปรับปรุงสมบัติและการนำมาใช้ประโยชน์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

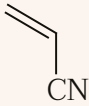
9. ครูให้นักเรียนพิจารณารูป 13.13 และแบ่งกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับชิ้นส่วนของรถยนต์ว่า โคพอลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นชิ้นส่วนของรถยนต์แต่ละชิ้นควรมีสมบัติอย่างไร จากนั้นอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมว่า สมบัติเหล่านั้นได้มาจากองค์ประกอบใดในโคพอลิเมอร์ เช่น ยางรถยนต์ควรมีความยืดหยุ่นสูงและทนการเสียดสี โคพอลิเมอร์ที่ใช้คือ SBR มีส่วนประกอบของพอลิบิวทาไดอีนที่มีความยืดหยุ่นและพอลิสไตรีนที่ช่วยเพิ่มความทนทาน

10. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

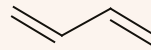


ตรวจสอบความเข้าใจ

ยางไนไตรล์หรือยางอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน (acrylonitrile butadiene rubber) เป็นยางที่ทนต่อน้ำมัน จึงนิยมใช้ทำปะเก็นรถยนต์ เพราะเหตุใดการเติมอะคริโลไนไตรล์ จึงทำให้โคพอลิเมอร์ที่ได้ทนต่อน้ำมันได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับยางบิวทาไดอีน



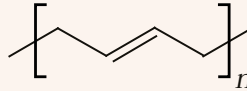
อะคริโลไนไตรล์



บิวทาไดอีน



พอลิอะคริโลไนไตรล์



พอลิบิวทาไดอีน

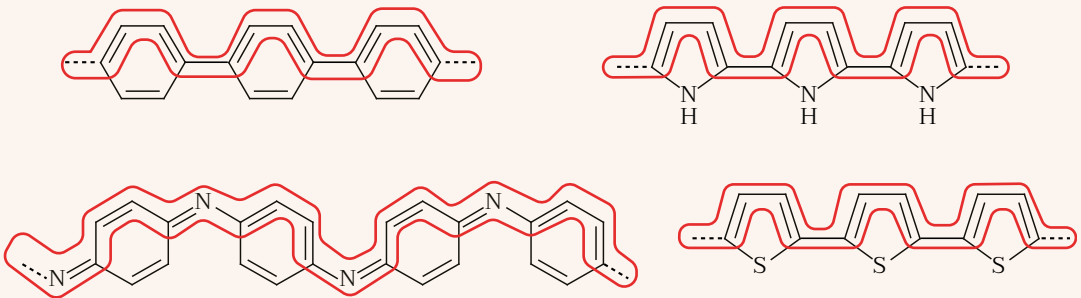
เพราะอะคริโลไนไตรล์มีขั้วจึงทำให้ยางอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน ทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์

11. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติการนำไฟฟ้าของพอลิเมอร์ และการค้นพบพอลิเมอร์นำไฟฟ้าตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
12. ครูอธิบายกลไกการนำไฟฟ้าของพอลิอะเซทิลีน โดยใช้รูป 13.14 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จากพันธะคู่ไปยังประจุบวก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
13. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์นำไฟฟ้าชนิดอื่น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยให้สังเกตโครงสร้างที่มีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว ในรูป 13.15
14. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

เขียนเส้นล้อมรอบส่วนของพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยวในโครงสร้างพอลิเมอร์ในรูป 13.15 ซึ่งแสดงส่วนที่อธิบายการนำไฟฟ้าในลักษณะเดียวกับพอลิอะเซทิลีน



15. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมบัติการนำไฟฟ้าของพอลิเมอร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

16. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 13.3 เพื่อทบทวนความรู้

แนวทางการวัดและประเมิน

1. ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ จากการอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทดสอบ
2. ทักษะการสังเกต จากรายงานผลการทำกิจกรรมและสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
3. ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรมและรายงานผลการทำกิจกรรม
4. ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

2. ในการเตรียมโคพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งโดยใช้โพรพิลีน 1 กรัม ให้ทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จนหมด จากนั้นเติมสไตรีน 1 กรัม ทำปฏิกิริยาเคมีต่อจนหมด แล้วเติมโพรพิลีนอีก 1 กรัม ให้ทำปฏิกิริยาเคมีต่อจนหมด

2.1 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แต่ละขั้นตอนเป็นปฏิกิริยาแบบใด

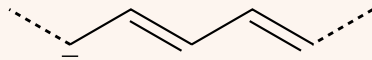
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ทุกขั้นตอนเป็นแบบเติม (เนื่องจากพันธะคู่ในโครงสร้างของโพรพิลีนและสไตรีนเปลี่ยนเป็นพันธะเดี่ยวในปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์)

2.2 เขียนโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าว โดยใช้สัญลักษณ์ P และ S แทนส่วนของมอนอเมอร์ที่มาจากโพรพิลีนและสไตรีน ตามลำดับ

พอลิเมอร์ที่ได้เป็นโคพอลิเมอร์แบบบล็อก อาจเขียนโครงสร้างได้ดังนี้

-P-P-P-P-P-P-P-P-P-P-S-S-S-S-S-S-S-S-S-S-P-P-P-P-P-P-P-P-P-P-
หรือ เขียนแทนด้วย $[P]_a-[S]_b-[P]_a$

3. ถ้าเติมตัวรีดิวซ์ลงในพอลิอะเซทิลีนแล้วเกิดประจุลบขึ้นในสายพอลิเมอร์ดังแสดง



จงเขียนโครงสร้างเรโซแนนซ์อีก 2 โครงสร้างเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า



13.5 การแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ พร้อมทั้งแนวทางแก้ไข

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูยกตัวอย่างปัญหาสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากขยะพอลิเมอร์ที่เป็นข่าวหรือเป็นเรื่องที่สนใจในชุมชน เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนัก
2. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างขยะพลาสติกในชีวิตประจำวันและเขียนวิธีการลดปัญหาขยะพลาสติกดังกล่าวลงในกระดาษคนละ 1 วิธี โดยครูอาจกระตุ้นให้นักเรียนยกตัวอย่างขยะที่มาจากพลาสติกที่แตกต่างกัน จากนั้นครูให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการลดปัญหาขยะพลาสติกตามรายละเอียดในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนนำกระดาษที่เขียนไว้มาจัดกลุ่มตามประเภทของวิธีการลดปัญหาขยะพลาสติกซึ่งได้แก่ การลดการใช้ การรีไซเคิล และการใช้พอลิเมอร์ย่อยสลายได้
3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 13.3 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข โดยสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากอินเทอร์เน็ตโดยใช้คำสำคัญต่าง ๆ เช่น ขยะพอลิเมอร์ biodegradable plastic bioplastic waste management



กิจกรรม 13.3 สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข

จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูล นำเสนอผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข

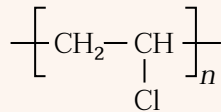
| | | | |
|------------|----------------------|----|------|
| เวลาที่ใช้ | อภิปรายก่อนทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | ทำกิจกรรม | 30 | นาที |
| | อภิปรายหลังทำกิจกรรม | 10 | นาที |
| | รวม | 50 | นาที |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า และนำเสนอสิ่งที่นักเรียนสืบค้นข้อมูลในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม 1

พอลิไวนิลคลอไรด์ (poly(vinyl chloride), PVC) ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดง เป็นพลาสติกที่ใช้ในผลิตภัณฑ์หลากหลายตั้งแต่ ท่อน้ำ หนังสืเยียม สายยาง พิล์มยืดห่ออาหาร



การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิไวนิลคลอไรด์อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้เนื่องจาก

1. การปนเปื้อนของสารกลุ่มแทเลต ซึ่งเป็นพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้ในพอลิไวนิลคลอไรด์ ถึงแม้ว่ายังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนถึงผลของสารกลุ่มแทเลตที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่จากการศึกษาในหนูทดลองพบว่า สารดังกล่าวส่งผลกระทบต่อระดับฮอร์โมนและทำให้การคลอดลูกมีความผิดปกติ

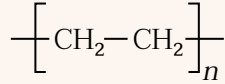
2. การปนเปื้อนของไวนิลคลอไรด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่อาจตกค้างอยู่ในพลาสติก ซึ่งการได้รับสารไวนิลคลอไรด์อย่างต่อเนื่องในปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้

นอกจากนี้การกำจัดขยะที่มีพอลิไวนิลคลอไรด์เป็นส่วนประกอบด้วยวิธีการเผาอาจก่อให้เกิดแก๊สพิษหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจนคลอไรด์ ไดออกซิน ฟิวราน ฟอสจีน ที่อาจสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การป้องกันอันตรายที่เกิดจากพอลิไวนิลคลอไรด์ อาจทำได้โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เช่น ต้องรับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และควรแยกขยะพอลิไวนิลคลอไรด์เพื่อทำการกำจัดด้วยวิธีการเหมาะสมหรือนำกลับมารีไซเคิล

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม 2

ถุงพลาสติกที่ใช้มากในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำมาจากพอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดง



การใช้ถุงพลาสติกส่วนใหญ่เป็นการใช้แบบครั้งเดียว ทำให้ขยะจากถุงพลาสติกเกิดขึ้นเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้การย่อยสลายของพอลิเอทิลีนในธรรมชาติใช้เวลานานและเกิดขึ้นได้ยาก ทำให้ขยะพอลิเอทิลีนตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมากและกลายเป็นปัญหาต่อสิ่งมีชีวิต เช่น การที่สัตว์เจ็บป่วยหรือตายจากการกินขยะพลาสติกที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

การลดปัญหาขยะถุงพลาสติกที่มีปริมาณมากและตกค้างในสิ่งแวดล้อม อาจทำได้โดย

1. ลดการใช้ถุงพลาสติกด้วยการนำถุงพลาสติกกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ถุงผ้า
2. ทำการแยกขยะพอลิเอทิลีนเพื่อสามารถนำกลับมารีไซเคิล
3. ใช้ถุงพลาสติกที่ทำจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ เช่น ถุงพลาสติกที่ทำจากพอลิบิวทิลีนแอดิเพตเทเรฟทาเลต (poly(butylene adipate terephthalate), PBAT)

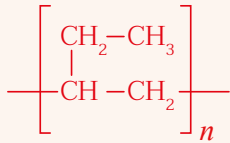
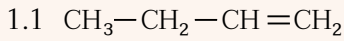
แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้พอลิเมอร์และการกำจัดขยะพอลิเมอร์และแนวทางแก้ไขจากการอภิปราย รายงานผลการสืบค้น และการนำเสนอ
2. ทักษะการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากรายงานผลการสืบค้นและการนำเสนอ
3. ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
6. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากรายงานผลการสืบค้น

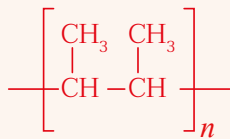


แบบฝึกหัดท้ายบท

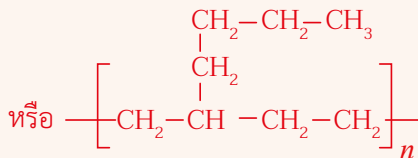
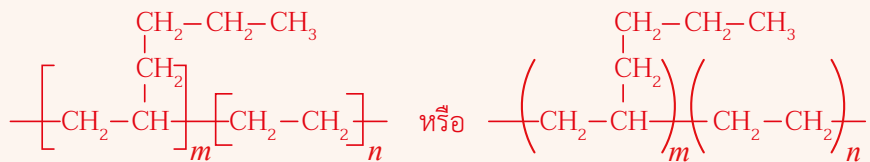
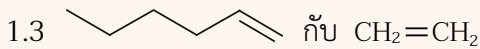
1. เขียนโครงสร้างพอลิเมอร์ที่ได้จากมอนอเมอร์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุว่าปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เป็นแบบใด



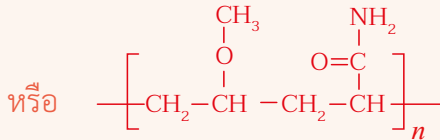
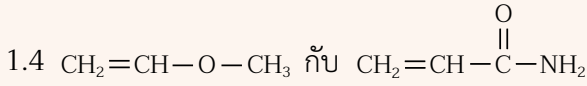
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



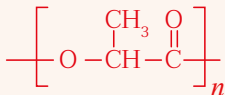
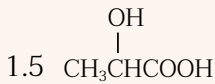
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



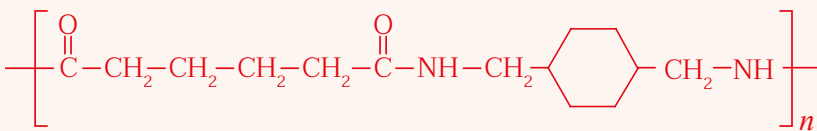
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



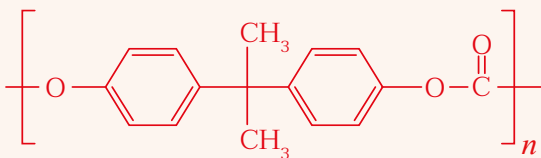
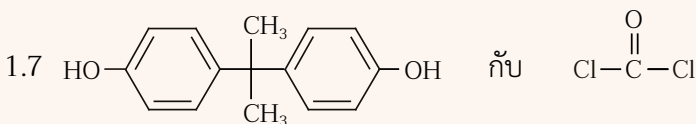
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

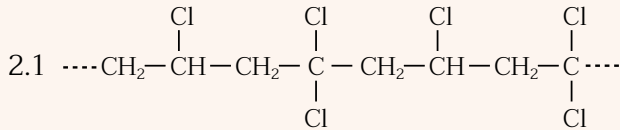


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

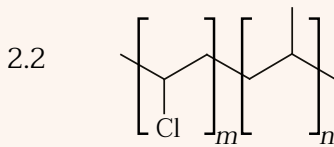


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

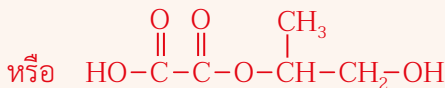
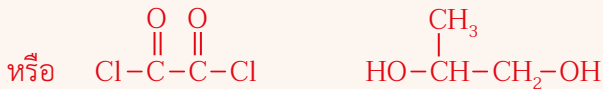
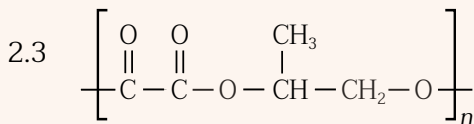
2. เขียนโครงสร้างมอนอเมอร์ของพอลิเมอร์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุว่าปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เป็นแบบใด



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม

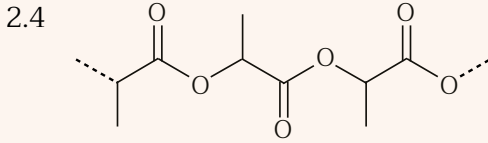


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม



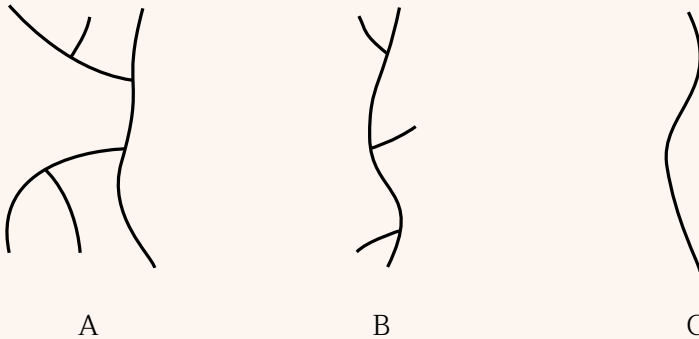
ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น

(นอกจากนี้อาจมีมอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นวงซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเปิดวง)



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น
(นอกจากนี้อาจมีมอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นวงซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเปิดวง)

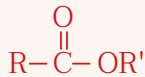
3. พอลิเอทิลีน 3 ชนิด มีโครงสร้างดังรูป A B และ C



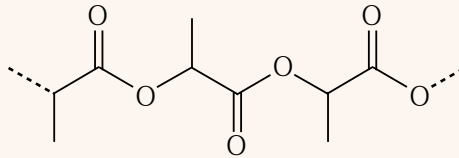
จงเรียงลำดับความหนาแน่นของพอลิเอทิลีนทั้งสามชนิดนี้ พร้อมอธิบายเหตุผล
ความหนาแน่นของพอลิเมอร์ $C > B > A$ เนื่องจากพอลิเมอร์ C มีโครงสร้างแบบเส้น
สายโซ่พอลิเมอร์จึงจัดเรียงตัวอยู่ใกล้กันได้มากที่สุด ทำให้มีความหนาแน่นมากที่สุด
ส่วนพอลิเมอร์ A และ B มีโครงสร้างแบบกิ่ง โดยพอลิเมอร์ A มีกิ่งยาวกว่าพอลิเมอร์ B
สายโซ่พอลิเมอร์ A จึงจัดเรียงตัวได้ห่างกว่าและมีความหนาแน่นน้อยกว่าพอลิเมอร์ B

4. เหตุใดฝ้ายซึ่งเป็นเซลลูโลส สามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ซึ่งเป็นพอลิเอสเทอร์

ฝ้ายเป็นเซลลูโลส ในสายพอลิเมอร์มีหมู่ $-OH$ ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้ดูดซับน้ำได้ดีกว่าเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งส่วนใหญ่ทำมาจาก PET ที่สายพอลิเมอร์มีหมู่



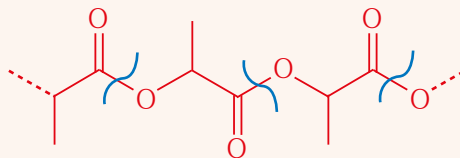
5. พอลิแลกติกแอซิด (PLA) โครงสร้างดังรูป สามารถเกิดการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สายพอลิเมอร์ที่สั้นลง



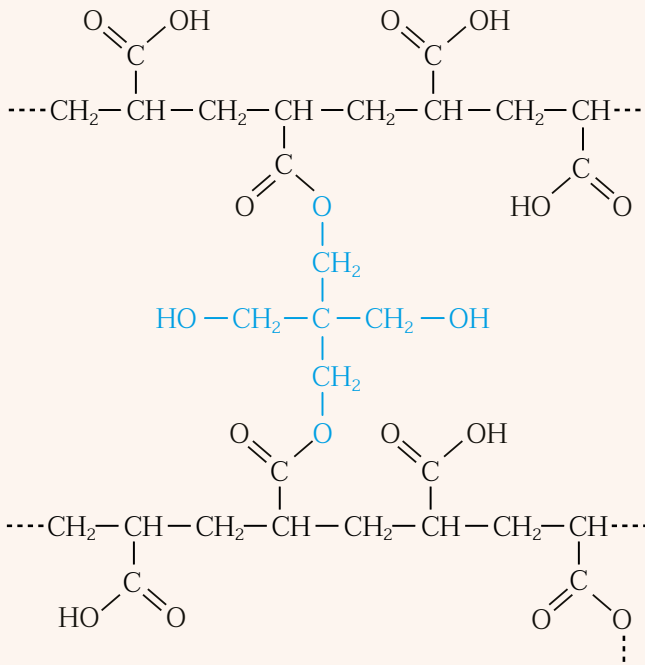
- 5.1 ระบุประเภทของ PLA ตามหมู่ฟังก์ชัน

PLA เป็นสารประเภทเอสเทอร์

- 5.2 ระบุตำแหน่งของพันธะที่แตกออกเมื่อมีการย่อยสลาย

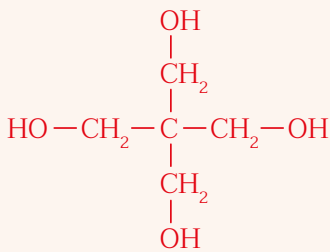


6. ไฮโดรเจล (hydrogel) เป็นพอลิเมอร์ที่บวมน้ำ แต่ไม่ละลายในน้ำ สามารถใช้ทำผ้าอ้อมสำเร็จรูป ดินวิทยาศาสตร์ ไฮโดรเจลชนิดหนึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์กับพอลิอะคริลิกแอซิด มีโครงสร้างดังแสดง

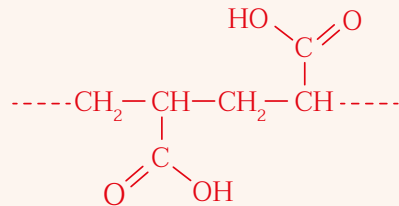


6.1 ไฮโดรเจลนี้เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบใด
พอลิเมอร์มีโครงสร้างแบบร่างแห

6.2 เขียนโครงสร้างของแอลกอฮอล์และพอลิอะคริลิกแอซิด

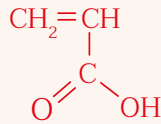


แอลกอฮอล์



พอลิอะคริลิกแอซิด

6.3 เขียนโครงสร้างของมอนอเมอร์ของพอลิอะคริลิกแอซิด และระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

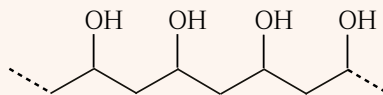


ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบเติม

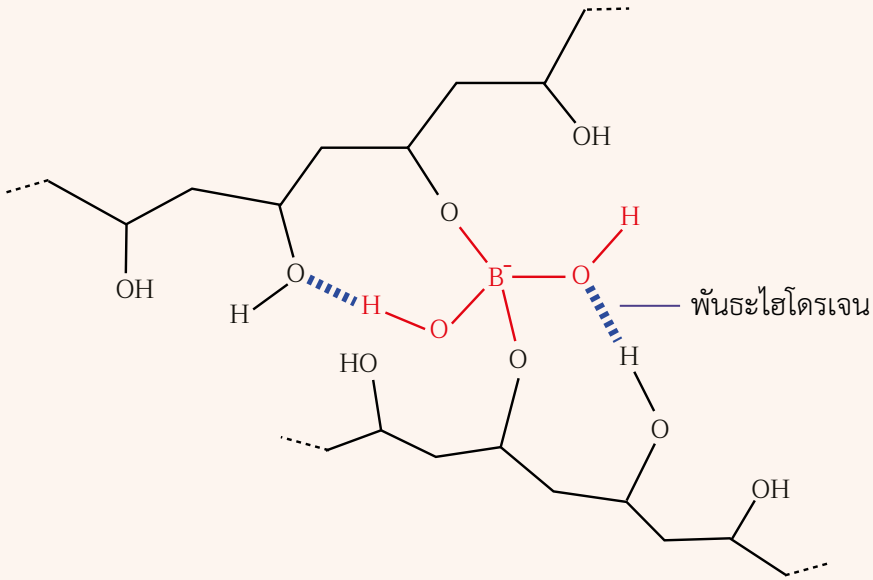
6.4 ระบุประเภทของปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์กับพอลิอะคริลิกแอซิด
ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันหรือปฏิกิริยาการควบแน่น

6.5 เหตุใดไฮโดรเจลจึงบวมน้ำ แต่พอลิอะคริลิกแอซิดที่เป็นสารตั้งต้นละลายน้ำเนื่องจากไฮโดรเจลมีหมู่ $-\text{OH}$ ในสายพอลิเมอร์ จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างแบบร่างแหทำให้ไฮโดรเจลไม่ละลายน้ำแต่จะอมน้ำไว้ได้ ส่วนพอลิอะคริลิกแอซิดมีโครงสร้างแบบเส้นตรง มีหมู่ $-\text{COOH}$ จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ และไม่มีส่วนของโครงสร้างแบบร่างแหจึงละลายในน้ำได้

7. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในกาวน้ำ มีโครงสร้างดังนี้



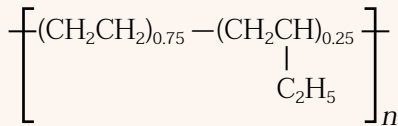
เมื่อเติมสารละลายบอแรกซ์ซึ่งประกอบด้วยบอเรตไฮดรอกไซด์ ($\text{B}(\text{OH})_4^-$) ลงไปจะได้สไลม์ (slime) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างดังนี้



เหตุใดการเติมสารละลายบอแรกซ์ลงไปในกาวน้ำจึงทำให้กาวน้ำเปลี่ยนเป็นสไลม์ที่มีความแข็งมากขึ้น

PVA มีโครงสร้างแบบเส้นตรง เมื่อใส่ $B(OH)_4^-$ ลงไป ทำให้มีการเชื่อมขวางระหว่างสายพอลิเมอร์ ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห พอลิเมอร์ที่ได้จึงมีความแข็งมากขึ้น

8. พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำแบบเส้น (linear low density polyethylene, LLDPE) เป็นพอลิเมอร์แบบสุมระหว่างเอทิลีนกับแอลคีนไซ่ตรง ถ้า LLDPE ชนิดหนึ่งมีโครงสร้างดังแสดง



แอลคีนไซ่ตรงที่ใช้ในการเตรียม LLDPE ชนิดนี้คือสารใด และควรใช้แอลคีนไซ่ตรงกี่กิโลกรัมหากต้องการเตรียม LLDPE นี้ปริมาณ 1 ตัน (กำหนดให้ มวลต่อโมลของ C = 12.0 กรัมต่อโมล และ H = 1.0 กรัมต่อโมล)

จากโครงสร้าง LLDPE ที่กำหนดให้ แอลคีนโซ่ตรงที่ใช้ในการเตรียม คือ but-1-ene หรือ 1-butene สำหรับการคำนวณมวลของ but-1-ene ที่ใช้ในการเตรียม LLDPE ปริมาณ 1 ตัน เป็นดังนี้

จากโจทย์กำหนด

$$\text{มวลต่อโมลของเอทิลีน (C}_2\text{H}_4) = (12.0 \times 2) + (1.0 \times 4) = 28.0 \text{ g/mol}$$

$$\text{มวลต่อโมลของ but-1-ene (C}_4\text{H}_8) = (12.0 \times 4) + (1.0 \times 8) = 56.0 \text{ g/mol}$$

จากสูตรโครงสร้าง

$$\begin{aligned} \text{มวลต่อโมลของ LLDPE} &= ((\text{มวลต่อโมล C}_2\text{H}_4 \times 0.75) + (\text{มวลต่อโมล C}_4\text{H}_8 \times 0.25))n \\ &= ((28.0 \times 0.75) + (56.0 \times 0.25))n \\ &= ((21) + (14))n \\ &= 35n \text{ g/mol} \end{aligned}$$

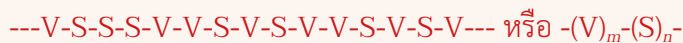
ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{มวลของ but-1-ene ที่ใช้} &= \frac{14n \text{ g/mol}}{35n \text{ g/mol}} \times 1 \text{ ton} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \\ &= 4 \times 10^2 \text{ kg} \end{aligned}$$

ดังนั้น การเตรียม LLDPE ปริมาณ 1 ตัน ต้องใช้ but-1-ene เท่ากับ 4×10^2 กิโลกรัม

9. ในการสังเคราะห์พลาสติกของโรงงานแห่งหนึ่ง มีการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของผสมไวนิลคลอไรด์กับสไตรีน แต่โรงงานอีกแห่งหนึ่งทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของไวนิลคลอไรด์แล้วจึงเติมสไตรีน เพื่อทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ต่อจากสายพอลิเมอร์เดิม พลาสติกที่ได้จากโรงงานทั้งสองแห่งนี้มีสมบัติเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด เขียนโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าว โดยใช้สัญลักษณ์ V และ S แทน ส่วนของมอนอเมอร์ที่มาจากไวนิลคลอไรด์และสไตรีน ตามลำดับ

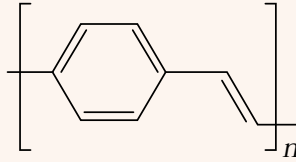
พลาสติกที่ได้จากโรงงานทั้งสองแห่งนี้มีสมบัติแตกต่างกัน เพราะพอลิเมอร์ที่ได้จากโรงงานแห่งที่ 1 เป็นโคพอลิเมอร์แบบสุ่ม เช่น



แต่พอลิเมอร์ที่ได้จากโรงงานแห่งที่ 2 เป็นโคพอลิเมอร์แบบบล็อก เช่น

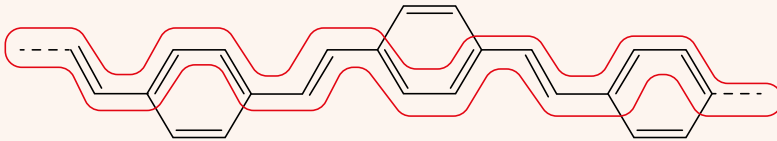


10. พอลิฟีนิลีนไวนิลีน (poly(phenylene vinylene)) มีโครงสร้างดังแสดง



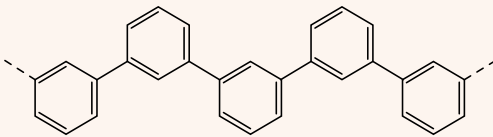
พอลิฟีนิลีนไวนิลีน

เพราะเหตุใดพอลิเมอร์นี้จึงนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์
เพราะพอลิฟีนิลีนไวนิลีนมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว ดังแสดง

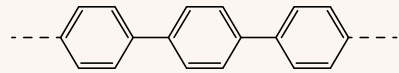


เมื่อเติมตัวออกซิไดส์จะทำให้เกิดประจุบวกบนสายพอลิเมอร์ ประจุและอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนบนสายพอลิเมอร์ได้ดี จึงนำไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

11. พอลิ-เมตา-ฟีนิลีนและพอลิ-พารา-ฟีนิลีน มีโครงสร้างดังแสดง

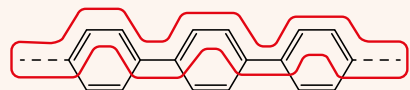
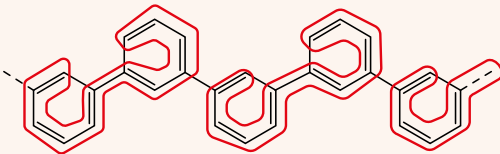


พอลิ-เมตา-ฟีนิลีน



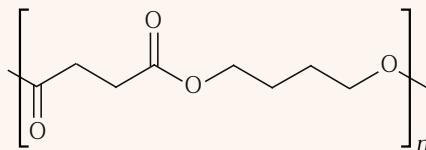
พอลิ-พารา-ฟีนิลีน

11.1 เขียนเส้นล้อมรอบแสดงพันธะคู่สลับเดี่ยวอย่างต่อเนื่องของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิด



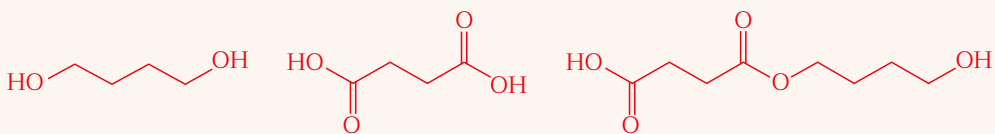
11.2 เมื่อเติมตัวออกซิไดส์ พอลิเมอร์ชนิดใดนำไฟฟ้าได้ดีกว่า เพราะเหตุใด
 พอลิ-พารา-ฟีนิลีนนำไฟฟ้าได้ดีกว่าเนื่องจากมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยพันธะคู่
 สลับพันธะเดี่ยวอย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง ในขณะที่
 พอลิ-เมตา-ฟีนิลีนมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยวไม่ต่อเนื่อง
 ตลอดทั้งสาย

12. พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (poly(butylene succinate)) เป็นพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทาง
 ชีวภาพ มีโครงสร้างดังแสดง



พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต

ในกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพพบว่า นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ยังมี
 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ซึ่งมีมวลโมเลกุลประมาณ 90
 118 และ 190 จงเขียนโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดนี้



มวลโมเลกุล 90

118

190

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน โดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

1) แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

1.1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดตัวเลือกให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกเพียงหนึ่งตัวเลือก องค์ประกอบหลักของแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นไปด้วย แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามเดียว แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามชุด แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โครงสร้างดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความ

- 1. ข้อความ.....
 2. ข้อความ.....
 3. ข้อความ.....
 4. ข้อความ.....
 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้ รวดเร็วและให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือ เป็นเท็จโดยสมบูรณ์ในบางเนื้อทำได้ยาก

1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็น คำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่า ในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้าข้อความในชุด คำถาม

| ชุดคำถาม | ชุดคำตอบ |
|---------------|----------|
| 1. | ก. |
| 2. | ข. |
| 3. | ค. |
| | ง. |

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่ายตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน และเดาคำตอบได้ยากเหมาะสำหรับวัดความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือข้อความ 2 ชุด แต่ในกรณีที่นักเรียนจับคู่ผิดไปแล้วจะทำให้มีการจับคู่ผิดในคู่อื่น ๆ ด้วย

2) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดคำตอบเอง จึงมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความคิดออกมาโดยการเขียนให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยทั่วไปการเขียนตอบมี 2 แบบ คือ การเขียนตอบแบบเติมคำหรือการเขียนตอบอย่างสั้น และการเขียนตอบแบบอธิบาย รายละเอียดของแบบทดสอบที่มีการตอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

2.1) แบบทดสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือตอบอย่างสั้น

ประกอบด้วยคำสั่ง และข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนที่เว้นไว้เพื่อให้เติมคำตอบหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้แบบทดสอบยังอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ให้นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่าย มีโอกาสเดาได้ยาก และสามารถวินิจฉัยคำตอบที่นักเรียนตอบผิดเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องทางการเรียนรู้หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ แต่การจำกัดคำตอบให้นักเรียนตอบเป็นคำ วลี หรือประโยคได้ยาก ตรวจให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

| รายการที่ต้องสำรวจ | ผลการสำรวจ | |
|----------------------------------|------------------------|-------|
| | มี (ระบุจำนวนครั้ง) | ไม่มี |
| การวางแผนการทดลอง | | |
| การทดลองตามขั้นตอน | | |
| การสังเกตการทดลอง | | |
| การบันทึกผล | | |
| การอธิบายผลการทดลองก่อนลงข้อสรุป | | |

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

| ทักษะปฏิบัติการทดลอง | คะแนน | | |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 3 | 2 | 1 |
| การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง | เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน | เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องแต่ไม่เหมาะสมกับงาน | เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองไม่ถูกต้อง |
| การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง | ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักการปฏิบัติ | ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองได้ถูกต้องตามหลักการปฏิบัติแต่ไม่คล่องแคล่ว | ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองไม่ถูกต้อง |
| การทดลองตามแผนที่กำหนด | ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ | ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ มีการปรับปรุงแก้ไขบ้าง | ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการข้ามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่มีการปรับปรุงแก้ไข |

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

| ทักษะที่ประเมิน | ผลการประเมิน | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | ระดับ 3 | ระดับ 2 | ระดับ 1 |
| 1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง และครบถ้วนสมบูรณ์ | ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 3 ข้อ | ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 2 ข้อ | ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 1 ข้อ |

ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

| คะแนน | | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 3 | 2 | 1 |
| เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริงและสื่อความหมาย | เขียนรายงานการทดลองตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย | เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอนไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย |

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนก ระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- | | |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| มาก | หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นอย่างสม่ำเสมอ |
| ปานกลาง | หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเป็นครั้งคราว |
| น้อย | หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นน้อยครั้ง |
| ไม่มีการแสดงออก | หมายถึง นักเรียนไม่แสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเลย |

| รายการพฤติกรรมการแสดงออก | ระดับพฤติกรรมการแสดงออก | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|------|-----------------|
| | มาก | ปานกลาง | น้อย | ไม่มีการแสดงออก |
| ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน | | | | |
| ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงาน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ | | | | |

| รายการพฤติกรรมกรรมการแสดงออก | ระดับพฤติกรรมกรรมการแสดงออก | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|------|-----------------|
| | มาก | ปานกลาง | น้อย | ไม่มีการแสดงออก |
| ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียน และมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำ ถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมัดกำลังใจ | | | | |
| ด้านความรอบคอบ 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง | | | | |
| ด้านความมุ่งมั่นอดทน 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าชุดการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า | | | | |

| รายการพฤติกรรมกรรมการแสดงออก | ระดับพฤติกรรมกรรมการแสดงออก | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|------|-----------------|
| | มาก | ปานกลาง | น้อย | ไม่มีการแสดงออก |
| เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ 2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสนใจติดตามข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ | | | | |

วิธีการตรวจให้คะแนน

ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่าง ๆ เป็น 4 3 2 1 ข้อความที่มีความหมายเป็นทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละข้อความดังนี้

| ระดับพฤติกรรมกรรมการแสดงออก | คะแนน |
|-----------------------------|-------|
| มาก | 4 |
| ปานกลาง | 3 |
| น้อย | 2 |
| ไม่มีการแสดงออก | 1 |

ส่วนของข้อความที่มีความหมายเป็นทางลบการกำหนดให้คะแนนในแต่ละข้อความจะมีลักษณะเป็นตรงกันข้าม

การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การให้คะแนนในภาพรวม เป็นการให้คะแนนที่ต้องการสรุปภาพรวมจึงประเมินเฉพาะประเด็นหลักที่สำคัญ ๆ เช่น การประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความรู้และการประเมินสมรรถภาพด้านการเขียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความถูกต้องของเนื้อหาความรู้ (แบบภาพรวม)

| รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|
| เนื้อหาไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ | ต้องปรับปรุง |
| เนื้อหาถูกต้องแต่ให้สาระสำคัญน้อยมาก และไม่ระบุแหล่งที่มาของความรู้ | พอใช้ |
| เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญ แต่ยังไม่ครบถ้วน มีการระบุแหล่งที่มาของความรู้ | ดี |
| เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญครบถ้วน และระบุแหล่งที่มาของความรู้ชัดเจน | ดีมาก |

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพด้านการเขียน (แบบภาพรวม)

| รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยง เนื้อหาบางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสมและสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้ | ต้องปรับปรุง |
| เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้ | พอใช้ |
| เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้ | ดี |
| เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักได้ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เรียบเรียงเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้ | ดีมาก |

2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เป็นการประเมินเพื่อต้องการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ และพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์ย่อย ๆ ในการประเมินเพื่อให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น ๆ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย มีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพ (แบบแยกองค์ประกอบย่อย)

| รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ด้านการวางแผน | |
| ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ | ต้องปรับปรุง |
| ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นบางส่วน | พอใช้ |
| ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน | ดี |
| ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน และตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ | ดีมาก |
| ด้านการดำเนินการ | |
| ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว | ต้องปรับปรุง |
| ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว | พอใช้ |
| ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ | ดี |
| ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์ | ดีมาก |

| รายการประเมิน | ระดับคุณภาพ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ด้านการอธิบาย | |
| อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ | ต้องปรับปรุง |
| อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก | พอใช้ |
| อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง | ดี |
| อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน | ดีมาก |

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2558). **คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงไว้นิคลคลอไรด์มอนอเมอร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2563, จาก <http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/01/Vinyl-chloride-monomer.pdf>.
- กรณีการ บุตรเอก. (2555). **มารู้จัก ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ กันเถอะ**. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 189. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2563, จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2555_189_60_p20-21.pdf.
- กองอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง กลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ พลาสติกที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ. (2562). **Polylactic acid (PLA)**. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2562, จาก <http://www.ocsb.go.th/upload/bioindustry/fileupload/9757-9874.pdf>.
- คมสัน ต้นยืนยงค์. (2543). **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับตัวทำละลายอินทรีย์**. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 48(152), 12–16.
- ไซโต คะลีโระ. (2557). **สารประกอบอินทรีย์มีประโยชน์ ฉบับการ์ตูน**. บงกช บางยี่ขัน, ผู้แปล. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ธนาวดี ลีจากภัย. (2544). **เรียนรู้โพลิเมอร์จากการทดลอง**. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).
- ศุสิทธิ์ แสงกระจ่าง ปัทมา พลอยสว่าง และปริดา พรหมทิตาธร. (2556). **ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม**. วารสารพิษวิทยาไทย, 28(1). สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2563, จาก <http://www.thaitox.org/media/upload/file/Journal/2013-1/04aricle.pdf>.
- สถาบันพลาสติก. (2560). **โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ: บทที่ 9 รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภท พอลิবিทิลีนอะดิเพท-โค-เทเรพทาเลท**. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2563, จาก http://asp.plastics.or.th:8001/files/article_file/20180624234830u.pdf.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). **คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). **หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). **พจนานุกรมศัพท์พอลิเมอร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครสวรรค์: บริษัท เดอะ เบสท์ เพรส แอนด์ ครีเอชัน จำกัด.

- Baird, C. & Gloffke, W. (2002). **Chemistry in your life**. New York: W.H. Freeman and Company.
- Bruice, P.Y. (2004). **Organic Chemistry**. 4th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Burdge, J. (2020). **Chemistry**. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Burrows A. & other. (2009). **Chemistry³ introducing inorganic, organic and physical chemistry**. New York: Oxford University Press Inc.
- Cann, P. & Hughes, P. (2015). **Cambridge International As and A Level: Chemistry**. London: Hodder Education.
- Chang, R. & Overby, J. (2019). **Chemistry**. New York: The McGraw-Hill.
- Derraik, J.G.B. (2002). *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. **Marine Pollution Bulletin** **44**. Retrieved March 12, 2020, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X02002205>.
- Eugene, L.Jr. & other. (2000). **Chemistry: Connections to Our Changing World**. 2nd ed. New Jersey: Prince-Hall, Inc.
- Fahlman, B.D. & other. (2018). **Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society**. 9th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Farre, H.A. & Powell, W.H. (2013). **Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013**. Retrieved July 3, 2019, from <https://pubs.rsc.org>.
- Hutchings, K. (2000). **Classic chemistry experiments**. London: The Royal Society of Chemistry.
- Jenkins, F. & other. (2003). **Nelson Chemistry 12**. Ontario: Thomson Nelson.
- Leja, K. & Lewandowicz, G. (2010). *Polymer biodegradation and biodegradable polymers-a review*. **Polish Journal of Environmental Studies**. **19**(2), 255–266.
- McMurry, J. E. & other. (2016). **Chemistry**. 7th ed. Essex: Pearson Education Limited.
- Merline, D.J. & Vukusic, S. & Abdala, A.A. (2013). *Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism*. **Polymer Journal**. Retrieved May 27, 2019, from <https://www.nature.com/articles/pj2012162>.
- Mohammad, F. (2001). **Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices: Chapter 8 - Stability of electrically conducting polymers**. San Diego: Academic Press.
- Polymer Properties Database**. Retrieved June 2, 2019, from <https://polymerdatabase.com/home.html>.

- Seymour, R.B. & other. (1989). *Karl Ziegler Father of High Density Polyethylene. Pioneers in Polymer Science*. Retrieved May 27, 2019, from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-2407-9_20.
- Shukla, P. & Sharma, A. (2017). *Food additives and organic chemistry perspective*. **MOJ Bioorganic & Organic Chemistry**. 1(3). 70–79.
- Silberberg, M.S. (2013). **Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change**. global edition. New York: McGraw-Hill.
- Singh, M. & other. (2015). *Challenges and opportunities for customizing polyhydroxyalkanoates*. **Indian Journal of Microbiology**. 55(3), 235–249.
- Skotheim, T.A. & Reynolds, J.R. (2007). **Conjugated polymers: theory, synthesis, properties and characterization**. Florida: CRC Press.
- Smith, K. & Evans, D. & El-Hiti, G. (2008). *Role of modern chemistry in sustainable arable crop protection*. **Philosophical transactions of the royal society B**. 363. 623–637.
- Solomon, T.W. & Fryhle, C.B. (2011). **Organic Chemistry**. 10th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, INC.
- Šprajcar, M. & Horvat, P. & Kržan, A. (2012). **Biopolymers and bioplastics: plastics aligned with nature; informational – educational material for teachers and laboratory assistants of chemistry at primary and secondary schools**. Retrieved May 20, 2019, from <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/ueber-uns/nationale-infostelle-nachhaltige-kunststoffe/biopolymers-bioplastics-brochure-for-teachers.pdf>.
- Stevens, M.P. (1999). **Polymer chemistry: an introduction**. 3rd ed. New York: Oxford University Press, Inc.
- Wan, M. (2008). **Conducting Polymers with Micro or Nanometer Structure**. Beijing: Tsinghua University Press.

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม 5
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒน์สินธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายณรงค์ศิลป์ รูปพนม

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง

ผู้ชำนาญ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสาวศศิณี อังกานนท์

ผู้ชำนาญ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางกมลวรรณ เกียรติกวินกุล

ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร

ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสาวศิริรัตน์ พริกสี

ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.สนธิ พลชัยยา

ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.วัชร ติยะสินธ์

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับร่าง)

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินธิ์
 ผศ.ดร.วรารุณี ตั้งพสุธาตล
 ผศ.ดร.นวพร วินยเวคิน
 นางสาวนันทน์ภัท วรรณภัทธีรากร
 นายอัครพงษ์ ธิติพงศ์กร
 นายอัครวิชญ์ พิวงษ์งาม
 นางสาวนิลาวัลย์ ง้าวกาเขียว
 นางสาวกนกวรรณ มะลิลลา
 นายชัยพร มิตรพิทักษ์
 นางวาสนา กุซัว
 นางสาวกัลยาณี พันโบ
 นางลัดดาวรรณ เหล่าเกียรติกุล
 นางสาวปรววรรณ คารวะวิชัย
 นางวรรณภา ธวัชวิทย์
 นางพนารัตน์ เอกปัจชา
 นางสาวจุฑารัตน์ ใจงาม
 นางชวนชื่น มลิลลา
 นางรักมณี วรรณดัด
 นางสุปราณี ชนะโชติ
 นางสาวณัฐฎิภา งามกิจภิญโญ

ดร.ปฎิภา พระพุทธคุณ

นายกฤชพล นิตินัยวินิจ

คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินธิ์
 ผศ.ดร.วรารุณี ตั้งพสุธาตล
 ผศ.ดร.นวพร วินยเวคิน
 นายณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม

ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง

นางกมลวรรณ เกียรติกวิณกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนสตรีรัตนบุรี จ.นนทบุรี

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นนทบุรี จ.นนทบุรี

โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จ.อ่างทอง

โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จ.อ่างทอง

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี จ.จันทบุรี

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ปทุมธานี

โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จ.ขอนแก่น

โรงเรียนท่าโพธิ์ศรีพิทยา จ.อุบลราชธานี

โรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์ จ.พระนครศรีอยุธยา

นักวิชาการอาวุโส สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ