



คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



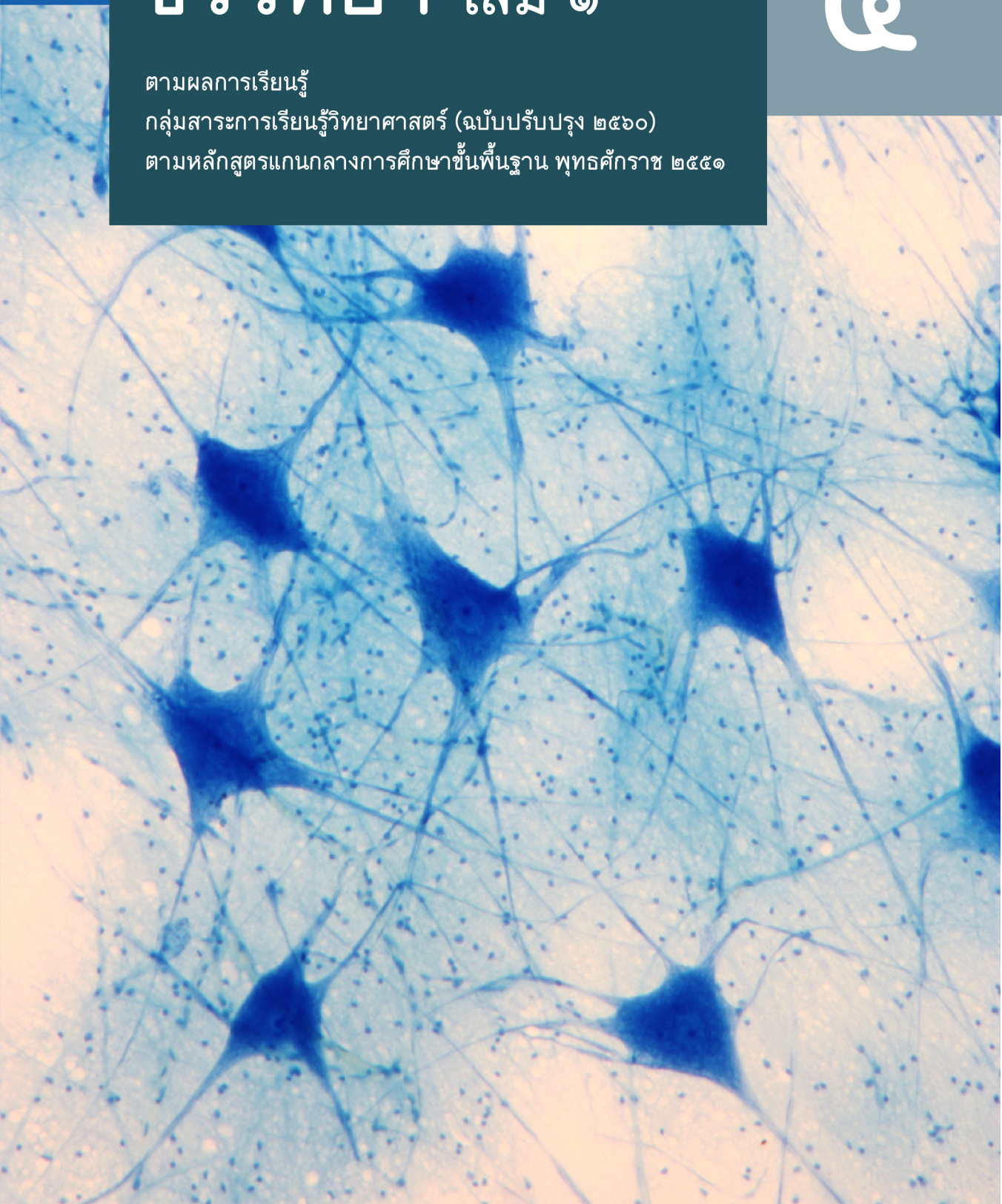
ชีววิทยา เล่ม ๑

๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พ.ศ. ๒๕๖๑

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระชีววิทยา โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำตอบ และแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(นางพรพรรณ ไวทยางกูร)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่างๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตและปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ รวมทั้งการแบ่งเซลล์ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ 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 ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ

ผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ จิตวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

- จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**
เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้
- **แนวการจัดการเรียนรู้**
แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- **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

แนวทางการวัดและประเมินผล

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

เฉลยคำถาม

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- เฉลยคำถามระหว่างเรียน

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- เฉลยคำถามท้ายบทเรียน

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่า หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

สารบัญ	บทที่ 1 - 3	
บทที่	เนื้อหา	หน้า
1	1 การศึกษาชีววิทยา	1
	ผลการเรียนรู้	1
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	2
	ผังมโนทัศน์	4
	สาระสำคัญ	6
	เวลาที่ใช้	7
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	8
	1.1 ธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต	9
	1.2 การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์	40
	1.3 กิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	58
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	73
2	2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	81
	ผลการเรียนรู้	81
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	82
	ผังมโนทัศน์	86
	สาระสำคัญ	88
	เวลาที่ใช้	89
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	90
	2.1 อะตอม ธาตุและสารประกอบ	91
	2.2 น้ำ	95
	2.3 สารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต	98
	2.4 ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	112
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	136

สารบัญ	บทที่ 1 - 3	
บทที่	เนื้อหา	หน้า
3 เซลล์และการทำงานของเซลล์	3 เซลล์และการทำงานของเซลล์	147
	ผลการเรียนรู้	147
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	148
	ผังมโนทัศน์	154
	สาระสำคัญ	156
	เวลาที่ใช้	156
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	157
	3.1 กล้องจุลทรรศน์	158
	3.2 โครงสร้างเซลล์และหน้าที่ของเซลล์	176
	3.3 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	198
	3.4 การหายใจระดับเซลล์	208
	3.5 การแบ่งเซลล์	219
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	239
ภาคผนวก	ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล	254
	บรรณานุกรม	266
	ที่มาของรูป	268
	คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	269

บทที่

1

| การศึกษาชีววิทยา

ipst.me/7691

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
2. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และอธิบายลักษณะเฉพาะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต
2. ออกแบบ ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต
4. อธิบายความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปขอบข่ายของศาสตร์ต่างๆ ทางด้านชีววิทยา
6. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างประโยชน์ของการศึกษาชีววิทยาต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
7. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับชีวจริยธรรม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความใจกว้าง

ผลการเรียนรู้

2. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

จุดประสงค์การเรียนรู้

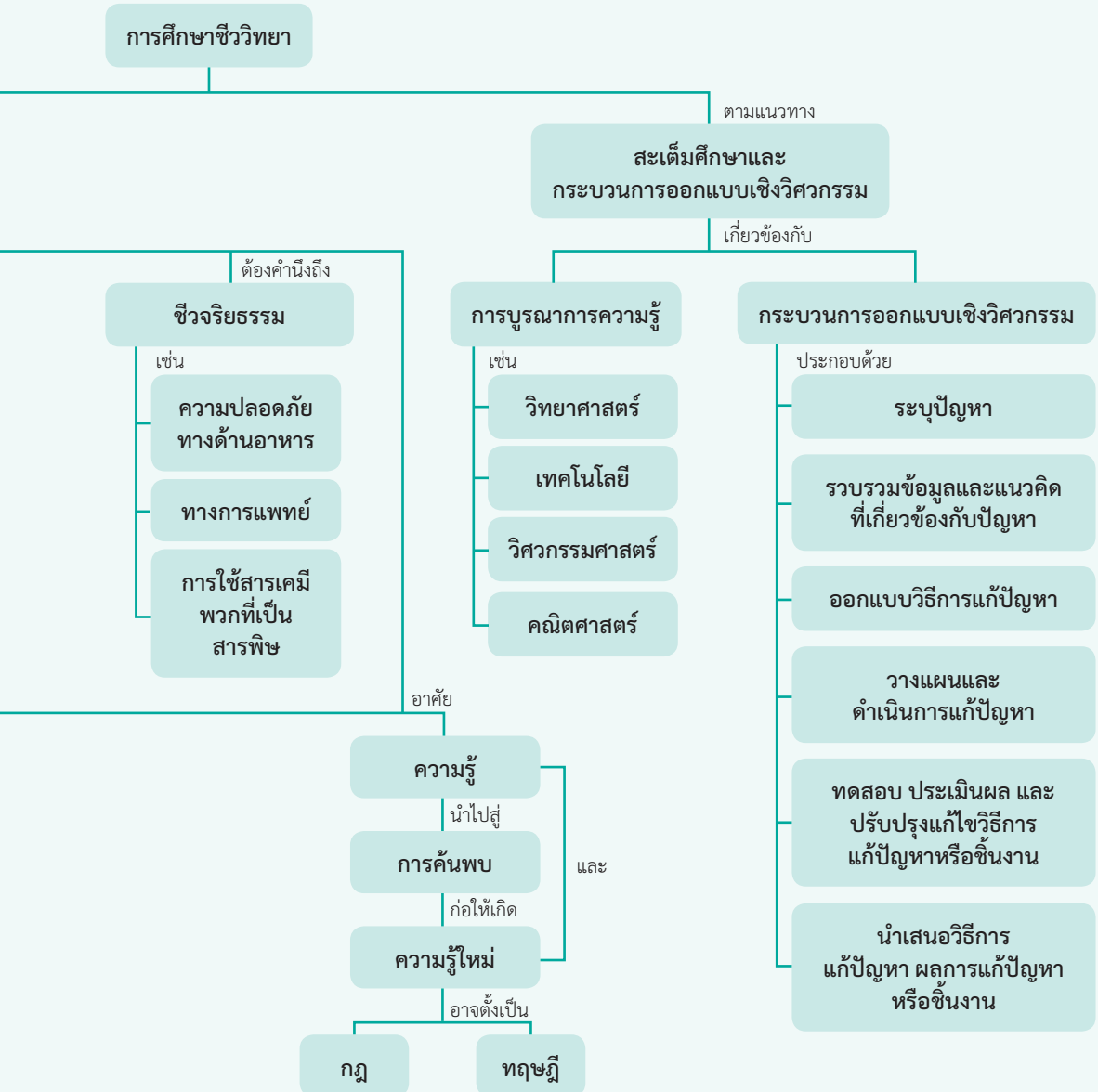
1. อธิบายวิธีทางวิทยาศาสตร์ และยกตัวอย่างนักวิทยาศาสตร์ของไทยและผลงานที่ศึกษา

2. อภิปราย และระบุความสำคัญของการตั้งปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
3. ออกแบบการทดลอง และทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์จากตัวอย่างการศึกษา
4. อธิบาย และบอกความสำคัญของสะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
5. เปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
6. ออกแบบกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การลงความเห็นจากข้อมูล 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 8. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 9. การทดลอง (ขั้นออกแบบการทดลอง)	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์บทที่ 1





สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนและดำรงเผ่าพันธุ์ ต้องการสารอาหารและพลังงานเพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีอายุขัยและขนาดแตกต่างกัน และมีลักษณะจำเพาะ สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ มีกลไกในการรักษาดุลยภาพภายในของร่างกายให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และมีการจัดระบบตั้งแต่ระดับเซลล์ไปจนถึงระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต

การศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตก่อให้เกิดวิชาเฉพาะด้านของสาขาชีววิทยา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การศึกษาและการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตต้องคำนึงถึงชีวจริยธรรม

การสังเกตเป็นทักษะสำคัญที่นำไปสู่การตั้งปัญหาและรวบรวมข้อมูล ความเป็นคนช่างสังเกตของนักวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการค้นพบความรู้ต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์

นักชีววิทยาใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาชีววิทยา ซึ่งประกอบด้วยการตั้งปัญหา การตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบสมมติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล การทดลอง ความรู้ทางชีววิทยาอาจได้จากการสำรวจและการศึกษาภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการ ความรู้ที่ได้จากการศึกษาบางเรื่องสามารถนำไปตั้งเป็นกฎและทฤษฎีสำหรับใช้อ้างอิงได้ ดังนั้นชีววิทยาจึงประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความรู้และส่วนที่เป็นกระบวนการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลหรือประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

สะเต็มศึกษา คือการศึกษาที่บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในรูปแบบการทำกิจกรรมที่นักเรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย การระบุปัญหา (problem identification) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (related information search) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (solution design) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (planning and development) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (testing, evaluation and design improvement) และการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (presentation) จุดประสงค์ของสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เพื่อการวางแผนในการทำงานและการแก้ปัญหา

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 15 ชั่วโมง

1.1	ธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต	5.0	ชั่วโมง
1.2	การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์	6.0	ชั่วโมง
1.3	กิจกรรมส่งเสริมศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.0	ชั่วโมง
รวม		15.0	ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

-  1. การสืบพันธุ์เป็นลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทำให้การเพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตที่เป็นสปีชีส์เดียวกันและต่างสปีชีส์ได้
-  2. พืชจะมีความแตกต่างจากสัตว์ตรงที่มีอายุขัยและขนาดที่ไม่จำกัด
-  3. จรรยาบรรณในการใช้สัตว์เพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ควรใช้สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายที่ไม่ซับซ้อนแทนสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อน
-  4. นักชีววิทยาโมเลกุลสนใจศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของสารชีวโมเลกุลและการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกิดขึ้นภายในร่างกายสิ่งมีชีวิต
-  5. การสังเกตเป็นจุดเริ่มต้นของการค้นพบปัญหา ผู้ที่มีความละเอียดรอบคอบในการสังเกตจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว
-  6. ทฤษฎีคือสมมติฐานที่ได้ผ่านการตรวจสอบแล้วหลายครั้งว่าเป็นจริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง
-  7. การทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีการออกแบบและทำการทดลองที่ดี จะได้ผลการทดลองที่อาจจะสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้
-  8. ชีววิทยาประกอบด้วยส่วนที่เป็นความรู้ (knowledge) และทักษะ (skills)
-  9. การตั้งปัญหาหรือการระบุปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญของวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
-  10. วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนที่สำคัญเหมือนกันแต่ต่างกันตรงการนำไปใช้ในการศึกษา

1.1 ธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และอธิบายลักษณะเฉพาะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต
2. ออกแบบ ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต
4. อธิบายความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปข้อบ่งชี้ของศาสตร์ต่าง ๆ ทางด้านชีววิทยา
6. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างประโยชน์ของการศึกษาชีววิทยาต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
7. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับชีวจริยธรรม

แนวการจัดการเรียนรู้

การนำเข้าสู่บทเรียนในหัวข้อนี้ ครูอาจใช้รูปนำบทในหนังสือเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน สงสัยใคร่รู้ หรือรูปอื่นๆ หรือของจริงประกอบการตั้งคำถาม เช่นถามว่า รูปที่เห็นนี้เป็นสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งไม่มีชีวิต ถ้าเป็นสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตนั้นคืออะไร และมีหลักในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกจากสิ่งไม่มีชีวิตอย่างไร ให้นักเรียนตอบพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

สำหรับรูปนำบทที่ 1 ครูเฉลยคำตอบว่า รูปที่เห็นนี้เป็นสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตนั้นคือ หนอนบุง เกาะอยู่ตรงกลางลำต้นของต้นไม้ บริเวณรอบๆ หนอนบุง จะมีไลเคนอยู่กระจาย ซึ่งโดยสรุปจะมีสิ่งมีชีวิตอยู่ 3 ชนิดได้แก่ หนอนบุง ต้นไม้ และไลเคน และมีหลักในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สิ่งมีชีวิตเคลื่อนไหวได้ กินอาหารได้ เจริญเติบโตได้ เป็นต้น จากนั้นนำเข้าสู่หัวข้อ 1.1.1 สิ่งมีชีวิตคืออะไร

1.1.1 สิ่งมีชีวิตคืออะไร

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 1.1 จากหนังสือเรียน ก. ไลเคน และ ข. ปะการัง ซึ่งทั้ง 2 รูปนี้หากนักเรียนไม่เคยรู้จักมาก่อนอาจจะคิดว่าเป็นสิ่งไม่มีชีวิต ครูจึงใช้คำถามนำในหนังสือเรียนถามนักเรียนว่า เราจะทราบได้อย่างไรว่าสิ่งใดเป็นสิ่งมีชีวิต และสิ่งมีชีวิตควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ครูให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามซึ่งคำตอบอาจมีหลากหลาย แต่ครูยังไม่สรุปและนำเข้าสู่รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะ (characteristic) ของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

● มีกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolic process)

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยอาจใช้ข้อมูลจากการทดลอง เช่น รูปแสดงการเจริญเติบโตของพืชในที่ที่มีแสงสว่างเปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่มีแสง ขาวเกี่ยวกับภาวะทุพโภชนาการ เช่น รูปเด็กขาดสารอาหารโปรตีนจนผอมโซ รูปคนเป็นโรคคอกพอกเนื่องจากขาดธาตุไอโอดีน เป็นต้น เพื่อจูงใจให้นักเรียนทราบว่า สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีวิตอยู่ได้ต้องอาศัยสารอาหารและพลังงาน จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ ความสำคัญของพลังงานต่อสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนิดของพลังงาน การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับพลังงาน ประโยชน์ของอาหาร และความหมายของเมแทบอลิซึม ซึ่งจากการอภิปรายควรสรุปได้ว่าพลังงานมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยพืชได้พลังงานจากการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีในรูปของสารอาหาร คือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์สารอาหารอื่นๆ ได้ เช่น โปรตีน ลิพิด ทั้งนี้สัตว์และมนุษย์จะไม่สามารถสร้างอาหารได้เองแต่จะได้พลังงานจากการกินพืชหรือกินสัตว์อีกต่อหนึ่ง ในร่างกายสิ่งมีชีวิตจะมีกระบวนการเปลี่ยนสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน ซึ่งพลังงานนี้จะนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิต ภายในเซลล์มีปฏิกิริยามากมายเพื่อสลายสารและสังเคราะห์สาร ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเซลล์นี้ เรียกว่า เมแทบอลิซึม ในขณะเดียวกันสิ่งมีชีวิตต้องมีการกำจัดของเสียออกจากร่างกายด้วย

นอกจากนี้ครูเชื่อมโยงหัวข้อนี้กับวิชาฟิสิกส์โดยให้นักเรียนทบทวนกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกล่าวไว้ว่าพลังงานไม่สูญหายไปไหนแต่สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานได้ และสามารถสรุปได้ว่าพลังงานแสงถูกพืชสีเขียวเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานเคมี พลังงานเคมีเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานต่าง ๆ เช่น พลังงานกลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวต่างๆ

● มีกระบวนการสืบพันธุ์และเจริญเติบโต (generative process)

ครูอาจหารูปของสัตว์ที่มีทั้งพ่อ แม่ และลูก หรือรูปอื่นๆ เช่น รูปการแตกหน่อของต้นกล้วย รูปการแตกหน่อของแห้ว หรือรูปของแมงดาทะเลที่มารวมตัวกันในฤดูสืบพันธุ์เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อนี้

ครูให้นักเรียนที่เคยเลี้ยงปลาหางนกยูง มาเล่าถึงวิธีการเลี้ยงและการเพิ่มจำนวนของลูกปลา เพื่อเพิ่มบรรยากาศให้น่าเรียนและปลูกฝังกระบวนการเรียนรู้และความเมตตาต่อสัตว์ทำให้นักเรียนมีจิตใจอ่อนโยน จากนั้นจึงให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับความหมายของการสืบพันธุ์และอภิปรายเกี่ยวกับประเภทของการสืบพันธุ์ที่พบในปลาหางนกยูงและแห้ว อภิปรายความสำคัญของการสืบพันธุ์ และการที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกัน จากนั้นจึงให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.1 เรื่องการงอกใหม่



กิจกรรม 1.1 การงอกใหม่

จุดประสงค์

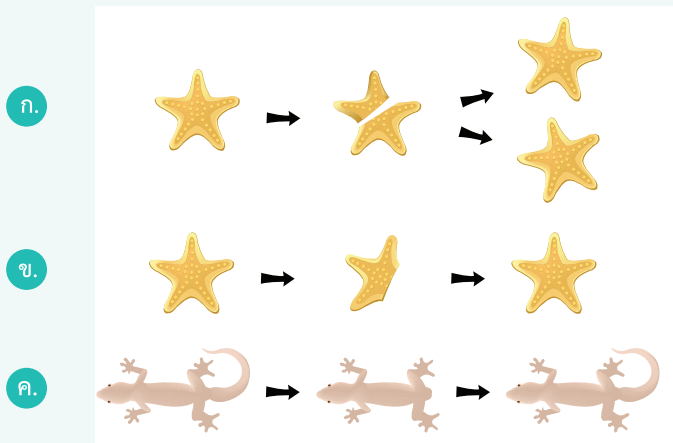
สรุปได้ว่าการงอกใหม่เป็นการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

วัสดุและอุปกรณ์

แผนภาพดาวทะเล และจิ้งจก

วิธีการทำกิจกรรม

ในกิจกรรมนี้ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในแผนภาพ ก. - ค. ดังนี้



แล้วอภิปรายว่าสิ่งมีชีวิตชนิดใดมีการสืบพันธุ์แบบการงอกใหม่ และตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในภาพ ก. ข. และ ค. มีลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

? ลักษณะที่เหมือนกันคือ ดาวทะเล (ภาพ ก. และ ข.) และจิ้งจก (ภาพ ค.) สามารถงอกส่วนของร่างกายที่ขาดไปให้ครบสมบูรณ์ได้ สิ่งที่แตกต่างกันคือ ดาวทะเล (ภาพ ก. ที่ตัดครึ่งลำตัวสามารถงอกเป็นตัวใหม่ได้ 2 ตัว เนื่องจากมีการตัดผ่านระบบประสาทที่ควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งพบได้ในดาวทะเลบางชนิด เช่น สกุล *Linckia* ส่วนดาวทะเล ภาพ ข. ที่ตัดเฉพาะส่วนแขน (arm) จะงอกเฉพาะส่วนแขนนั้นขึ้นมาใหม่ และจิ้งจกที่ถูกตัดหางจะงอกเฉพาะส่วนหางที่ขาดหายไป ทั้งภาพ ข. และ ค. ไม่มีการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิต

- ? การงอกใหม่ของสัตว์ภาพใดถือว่าการสืบพันธุ์ เพราะเหตุใด
- ✎ การงอกใหม่ของดาวทะเล ภาพ ก. เป็นการสืบพันธุ์ เพราะมีจำนวนเพิ่มขึ้นและมีลักษณะเหมือนตัวเดิม

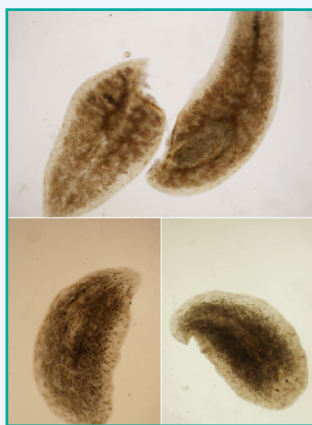


ลองทำดู

- ? ให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการงอกใหม่ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ อีกอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน
- ✎ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่มีการงอกใหม่อาจพบได้ทั้งในพืช เช่น ต้นวาสนาที่สับลำต้นออกเป็นท่อนๆ แล้วนำไปปลูกก็จะได้ต้นใหม่งอกออกมา ในสัตว์ เช่น พลาเนเรียที่ตัดลำตัวออกเป็นส่วนๆ แต่ละส่วนก็สามารถเจริญเป็นตัวใหม่ได้ ดังรูป



ต้นวาสนา



พลาเนเรีย

การสอนหัวข้อการเจริญเติบโต (growth and development) ครูควรให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกำเนิดของเซลล์แรก คือ ไซโกต ก่อให้เกิดชีวิตและกระบวนการที่ทำให้มีร่างกายเติบโตสูงขึ้น เช่น ในปัจจุบัน เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโต จากนั้นร่วมกันวิเคราะห์ว่าในขณะเจริญเติบโตจากไซโกตจนเป็นตัวเต็มวัยนั้นเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. มีการเพิ่มจำนวน (cell division)
2. มีการเจริญเติบโต เช่น มีการเพิ่มขนาดของเซลล์ และขนาดของร่างกาย
3. มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง (differentiation) ทำให้มีรูปร่างของอวัยวะ และรูปร่างของร่างกายเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาวัฏจักรชีวิตของผีเสื้อไหม และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน และแหล่งเรียนรู้อื่นๆ เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) หลังจากฟักจากไข่

การสอนหัวข้ออายุขัย ครูควรให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของอายุขัย และศึกษาข้อมูลอายุขัยของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ จากตาราง 1.1 แล้วตอบคำถาม ซึ่งมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

 จากตาราง 1.1 นักเรียนสรุปได้ว่าอย่างไร
 สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีอายุขัยต่างกัน

 สัตว์ชนิดใดมีอายุขัยสั้น และสัตว์ชนิดใดมีอายุขัยยาวกว่าสัตว์อื่น ๆ
 สัตว์ที่มีอายุขัยสั้น ได้แก่ หนูมีอายุ 3 ปี และสัตว์ที่มีอายุขัยยาวนาน ได้แก่ เต่ากาลาปากอส ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 152 ปีขึ้นไป และคนบางคนมีอายุได้ถึง 120 ปี

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับอายุขัยของพืชและการจำแนกพืชตามช่วงอายุต่างๆ พร้อมทั้งยกตัวอย่างพืชในท้องถิ่นจากประสบการณ์และการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน

การสอนหัวข้อขนาดของสิ่งมีชีวิต ครูควรให้นักเรียนเปรียบเทียบขนาดร่างกายของสัตว์ที่โตเต็มที่จากรูป 1.2 และจากตัวอย่างของจริงที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น หนู กระต่าย ม้า ซึ่งเมื่อโตเต็มที่แล้ว หนูจะมีขนาดเล็กกว่ากระต่าย และกระต่ายจะขนาดเล็กกว่าม้า ถึงแม้สัตว์ที่มีลักษณะเหมือนกันมาก เช่น แมวกับเสือ แมวจะมีขนาดเล็กกว่าเสือ ในพืช เช่น ต้นข้าวจะมีขนาดเล็กกว่าต้นอ้อย และต้นอ้อยจะมีขนาดเล็กกว่าต้นไผ่ เป็นต้น จากตัวอย่างนักเรียนควรสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีขนาดจำกัด จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับขนาดของ ลำต้นพืช และการจำแนกพืชตามความสูง

● มีกระบวนการการตอบสนองสิ่งเร้า (responsive process)

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาจากของจริงในสภาพแวดล้อมรอบโรงเรียนหรือยกตัวอย่างจากสถานการณ์จริงๆ ที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น แมลงเม่า (ตัวเต็มวัยของปลวก) จะบินเข้าหาดวงไฟ แต่ถ้าดับไฟ แมลงเม่าก็จะบินหนีไปหมด หรือมดที่เดินตามกันไปยังแหล่งอาหารเพื่อขนอาหารกลับเข้าสู่รัง แต่ถ้าเอาอาหารนั้นออกไป มดก็จะเดินกลับรังตามปกติ

จากสถานการณ์ที่ยกตัวอย่าง ครูอาจตั้งคำถามได้ดังนี้

- แมลงเม่าและมดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หรือไม่
- สิ่งเร้าจากสถานการณ์นี้คืออะไร
- นอกจากแมลงเม่าและมดแล้ว สัตว์อื่นมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หรือไม่ และสิ่งเร้านั้นคืออะไร
- นอกจากสัตว์แล้ว พืชสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หรือไม่ และสิ่งเร้านั้นคืออะไร

จากคำถามดังกล่าวนักเรียนจะนำประสบการณ์ที่ตนเคยพบเห็นมาเล่าสู่กันฟัง ทำให้นักเรียนมีความรู้กว้างขวางยิ่งขึ้น

ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมว่าสิ่งเร้ามีทั้งสิ่งเร้าภายในร่างกายและสิ่งเร้าภายนอกในร่างกาย จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



สิ่งแวดล้อมภายนอกและสิ่งแวดล้อมภายในที่เป็นสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิตมีอะไรบ้าง



สิ่งแวดล้อมภายนอกที่เป็นสิ่งเร้า เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ กระแสลม ความชื้น แรงโน้มถ่วง ธาตุอาหารของพืช พื้นที่ที่อาศัย เป็นต้น

สิ่งแวดล้อมภายในที่เป็นสิ่งเร้า เช่น ความเครียด ความหิว ระดับของฮอร์โมน ระดับของน้ำตาล และระดับของน้ำในเลือด เป็นต้น



การพัฒนาของระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ อย่างไร



มีความสัมพันธ์กันมาก ถ้าระบบประสาทมีการพัฒนาต่ำ การตอบสนองต่อสิ่งเร้าก็จะเป็นไปอย่างง่าย ๆ ถ้าระบบประสาทมีการพัฒนามากขึ้น จะมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ซับซ้อนขึ้น

จากการอภิปรายที่ผ่านมา นักเรียนควรสรุปได้ว่า สิ่งมีชีวิตมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อหาอาหาร และหลบหลีกภัยหรือศัตรู ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.2 เรื่องการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของไส้เดือนดิน



กิจกรรม 1.2 การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของไส้เดือนดิน

จุดประสงค์

สังเกต ทดลอง และอธิบายการตอบสนองของไส้เดือนดิน ต่อสารเคมี แสง และความชื้น

แนวการจัดกิจกรรม

ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำไส้เดือนดินมากลุ่มละ 1 ตัว โดยให้แต่ละกลุ่มเลือกศึกษาปัจจัยในการตอบสนองต่อสิ่งเร้ากลุ่มละ 1 ปัจจัยเท่านั้น โดยปฏิบัติตามวิธีศึกษาในหนังสือเรียน แล้วให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาน้ำชั้นเรียน เมื่อแต่ละกลุ่มทำปฏิบัติการเสร็จแล้วจะต้องนำไส้เดือนดินไปปล่อยกลับคืนสู่ดินที่ชื้นในบริเวณโรงเรียนทันที

ผลการทดลอง

นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลได้ดังนี้

ปัจจัยที่ศึกษา	การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของไส้เดือนดิน		
	วางใกล้ส่วนหัว	วางใกล้บริเวณ ส่วนกลางลำตัว	วางใกล้บริเวณ ส่วนท้ายลำตัว
แอมโมเนีย	เคลื่อนที่หนี	ไม่มีการตอบสนอง	ไม่มีการตอบสนอง
น้ำส้มสายชู	เคลื่อนที่หนี	ไม่มีการตอบสนอง	ไม่มีการตอบสนอง
แสง (ไฟฉาย)	เคลื่อนที่หนี	ไม่มีการตอบสนอง	ไม่มีการตอบสนอง
ความร้อน (โคมไฟ)	ไส้เดือนดินจะเคลื่อนที่หนีความร้อนไปอยู่อีกด้านหนึ่งของกล่องด้านที่ไม่มีโคมไฟส่อง		
ความชื้น	ไส้เดือนดินจะมีการตอบสนองต่อความชื้น โดยการเคลื่อนที่ไปยังด้านที่มีกระดาษเยื่อเปียกวางอยู่		

หมายเหตุ

1. ในระหว่างการทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวหนังของไส้เดือนดินแห้ง ต้องใช้น้ำชุบบริเวณผิวหนังของไส้เดือนดินเป็นระยะ ๆ โดยอาจจะใช้กระดาษเยื่อหรือสำลีชุบน้ำก็ได้
2. ถ้าใช้สำลีเปล่าไส้เดือนดินจะเคลื่อนที่ผ่านไปบนสำลีโดยไม่อ้อมผ่าน แต่ถ้าเป็นแอมโมเนียและน้ำส้มสายชูไส้เดือนดินจะเคลื่อนที่หนีไปอีกด้านหนึ่ง
3. การตอบสนองของไส้เดือนดินต่อแอมโมเนียจะใช้เวลาเร็วกว่าน้ำส้มสายชู
4. ในการทดลองนี้ใช้แสงจากไฟฉาย แต่ถ้าใช้คอมไฟไส้เดือนดินจะเคลื่อนที่หนีความร้อนไปอยู่ด้านที่ไม่มีความร้อน



ลองทำดู

1. ให้นักเรียนเลือกสิ่งมีชีวิตที่สนใจจะศึกษามาอย่างน้อย 1 ชนิด แล้วออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น อุณหภูมิ สี สารเคมี อาหาร ฯลฯ
2. ดำเนินการทดลองและบันทึกผล แล้วนำผลการทดลองมาเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน

ในกิจกรรมลองทำดูนั้น ครูควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดชนิดของสิ่งเร้าและเลือกชนิดของพืชหรือสัตว์ที่จะศึกษา โดยไม่ให้ซ้ำกับกลุ่มอื่น ๆ ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ออกแบบการทดลอง และนำเสนอหน้าชั้นเรียนแล้วให้เพื่อนนักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็น ครูควรแนะนำนักเรียนให้กำหนดปัญหาที่จะศึกษาให้ชัดเจน ทบทวนเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

ซึ่งตัวอย่างการออกแบบการทดลองมีดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์

ปัญหา:	ชนิดของอาหารมีผลต่อการเข้าหาอาหารของมดหรือไม่
สมมติฐาน:	ถ้าชนิดของอาหารมีผลต่อการเข้าหาอาหารของมด ดังนั้นหากใช้น้ำตาลเป็นอาหาร มดจะมีการเคลื่อนที่เข้าหาได้เร็วกว่าอาหารชนิดอื่น
ตัวแปรต้น:	อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำตาล เนื้อมีชีวะ ข้าว ผลไม้
ตัวแปรตาม:	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่เข้าหาอาหารของมด

ตัวแปรที่ควบคุม: ปริมาณอาหาร ชนิดและขนาดของมด ระยะทาง ภาชนะที่ใส่ อุณหภูมิ

การออกแบบการทดลอง

1. นำกล่องพลาสติกใสทรงกลมขนาดใหญ่ 1 กล่อง แบ่งช่องต่าง ๆ ภายในกล่องตามชนิดของอาหาร แล้วนำอาหารชนิดต่าง ๆ ไปใส่ไว้ในแต่ละช่องตามขอบกล่อง
2. นำมด 1 ตัว ไปวางไว้กลางกล่อง จับเวลา และสังเกตการเคลื่อนที่เข้าหาอาหาร
3. ชุดควบคุมคือ เหมือนข้อ 1 แต่ไม่ใส่อาหาร

ตัวอย่างที่ 2 การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืช

ปัญหา: เสียงเพลงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นฟักทองหรือไม่

สมมติฐาน: ถ้าเสียงเพลงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นฟักทอง ดังนั้นต้นฟักทองที่ได้รับเสียงเพลงจะเจริญเติบโตดีกว่าต้นฟักทองที่ไม่ได้รับเสียงเพลง

ตัวแปรต้น: เสียงเพลง

ตัวแปรตาม: การเจริญเติบโตของต้นฟักทอง

ตัวแปรที่ควบคุม: พันธุ์ของต้นฟักทอง จำนวนต้น อายุของต้นกล้า ปริมาณแสง อุณหภูมิ ปุ๋ย ปริมาณน้ำ

การออกแบบการทดลอง

1. แบ่งต้นฟักทองเป็น 2 ชุด ชุดละ 10 ต้น ปลูกในสภาพแวดล้อมเดียวกัน
2. ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุม ไม่ได้เปิดเพลงให้ฟัง
3. ชุดที่ 2 เป็นชุดทดลอง เปิดเพลงให้ฟังวันละ 6 ชั่วโมง
4. สังเกตการเจริญเติบโต โดยนับจำนวนใบ วัดความยาวของลำต้น และความอวบของโคนลำต้น บันทึกผลเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน หาค่าเฉลี่ยของแต่ละชุด

จากนั้นนำผลการทดลองมานำเสนอในชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าการทดลองของเพื่อนๆ ที่นำเสนอ ปัจจัยใดที่นำมาซึ่งผลการทดลอง ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ ควรจะปรับปรุงการทดลองอย่างไร และมีตัวแปรใดที่ควรจะศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง ต่อจากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

- ❓ สิ่งมีชีวิตที่นักเรียนศึกษาตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หรือไม่ อย่างไร
- ❓ ผลการทดลองของนักเรียนและของกลุ่มอื่น ๆ สรุปได้ว่อย่างไร

 สำหรับแนวการตอบคำถามนี้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดชนิดของสิ่งเร้าและการเลือกชนิดของพืชหรือสัตว์ที่จะศึกษาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

- **มีกระบวนการควบคุม** (regulating process) สมดุลของร่างกาย
 ครอบคลุมเกี่ยวกับการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต เช่น
- การรักษาคุณภาพในเซลล์ของพารามีเซียมซึ่งมีคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล ช่วยทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำ
- การรักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกายของสัตว์และมนุษย์

โดยอาจจะใช้คำถามดังนี้

- เมื่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมต่ำ เหตุใดร่างกายจึงขับถ่ายปัสสาวะมากกว่าเมื่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูง
- ขณะที่นักเรียนออกกำลังกายมาก ๆ อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปกติเพราะเหตุใด

จากประเด็นในการอภิปรายดังกล่าว นักเรียนอาจจะสรุปได้ดังนี้

เมื่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมต่ำ ร่างกายขับเหงื่อได้น้อย น้ำในเลือดมีมาก เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย จึงมีการกำจัดน้ำออกทางปัสสาวะมากกว่าปกติ และในขณะที่ออกกำลังกาย ร่างกายต้องใช้พลังงานมาก จึงต้องนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว และนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย เพื่อรักษาสมดุลของกรด - เบสของเลือด จึงต้องมีอัตราการหายใจสูงเพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด และเพิ่มออกซิเจนในเลือด

จากนั้นครูนำเข้าสู่กิจกรรมเสนอแนะ โดยนำอภิปราย เพื่อเข้าสู่ประเด็นปัญหาดังนี้

- นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่า ปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ถ้าอุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนไปจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ เช่น ปลาอย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ อุณหภูมิกับการรักษาคุณภาพของปลา

จุดประสงค์

ออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อแสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการรักษาคุณภาพของปลา

แนวการจัดกิจกรรม

ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำปลาที่ต้องการศึกษามาเลี้ยงไว้ล่วงหน้าในอ่างเลี้ยงปลา จากนั้นให้ทำการทดลองตามขั้นตอนในหนังสือเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

อุณหภูมิของน้ำ (°C)	อัตราการขยับแผ่นปิดเหงือก (ครั้งต่อนาที)
15	74
25	95
40	110

หมายเหตุ : ผลการทดลองอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของปลา

จากนั้นตอบคำถามท้ายกิจกรรมซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? อัตราการขยับแผ่นปิดเหงือก ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

 แตกต่างกัน โดยจากผลการทดลองควรสรุปได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลต่ออัตราการขยับแผ่นปิดเหงือกของปลา น้ำเย็นทำให้อัตราการขยับแผ่นปิดเหงือกลดลง ส่วนน้ำอุ่นทำให้อัตราการขยับแผ่นปิดเหงือกสูงขึ้น

? การขยับแผ่นปิดเหงือกของปลาเกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพของปลาอย่างไร

 ผลจากการทดลองควรนำไปเชื่อมโยงกับการรักษาคุณภาพ คือ เมื่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูง อัตราเมแทบอลิซึมภายในร่างกายของปลาจะเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย ปลาจึงต้องการออกซิเจนจากน้ำในปริมาณสูงขึ้น จึงต้องเพิ่มอัตราการหายใจ โดยขยับแผ่นปิดเหงือกให้น้ำไหลผ่านเหงือกมากขึ้น เพื่อให้ออกซิเจนแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยในเหงือกมากขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายไม่ต้องการจะแพร่เข้าสู่ได้อีกเช่นกัน



ลองทำดู

? ให้นักเรียนศึกษาและทดลองเกี่ยวกับปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพของปลาอีกครั้ง
1 ปัจจัย แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน

 กิจกรรมนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่นักเรียนออกแบบการทดลอง เช่น

1. ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำ
2. ความขุ่นใสของน้ำ

จากกิจกรรมดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่าสัตว์มีการรักษาคุณภาพของร่างกาย เช่นเดียวกับในมนุษย์ ซึ่งครูสามารถเชื่อมโยงเกี่ยวกับการรักษาคุณภาพในสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้อีก เช่น พืช โดยให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนดังนี้



พืชมีการรักษาสมดุลของน้ำได้อย่างไร



พืชก็มีการรักษาคุณภาพเช่นเดียวกับในสัตว์และมนุษย์ โดยพืชมีการคายน้ำผ่านทางรูปากใบ ซึ่งการคายน้ำของพืชจะสัมพันธ์กับการดูดน้ำของพืชผ่านทางราก

● มีการจัดระบบ (organization)

ครูควรให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการจัดระบบในสิ่งมีชีวิต โดยใช้รูป 1.4 เริ่มตั้งแต่ในระดับเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ และร่างกายสิ่งมีชีวิต



การจัดระบบภายในเซลล์หรือภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตนั้นอย่างไร



การจัดระบบภายในเซลล์หรือร่างกายทำให้มีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานของโครงสร้างต่างๆ ทำให้การทำงานของเซลล์หรือร่างกายมีประสิทธิภาพดีขึ้น



สิ่งมีชีวิตยังมีลักษณะเฉพาะอื่นใดอีกหรือไม่ที่แสดงถึงความเป็นชีวิต ยกตัวอย่างประกอบ



ลักษณะเฉพาะอื่นๆ ที่แสดงถึงความเป็นชีวิตของสิ่งมีชีวิต ได้แก่

- **มีลักษณะที่ปรากฏเฉพาะ** เช่น รูปร่าง ขนาด ลักษณะขนที่ปกคลุมร่างกาย สีผิว เสียงร้องหรือกลิ่น เป็นต้น ลักษณะเฉพาะเหล่านี้จะพบในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน จึงสามารถแยกออกได้ว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด เช่น เป็ดกับไก่ วัวกับควาย แพะกับแกะ สุนัขกับแมว โหระพากับกะเพรา มะเขือยาวกับบวบ มะนาวกับมะกรูด ลองกองกับลำไย กล้วยกับกล้วยไม้ เป็นต้น
- **มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่ง** โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในรุ่นลูกจะพบว่ามีลักษณะที่ปรากฏหรือฟีโนไทป์ (phenotype) ที่เหมือนกับรุ่นพ่อแม่ เช่น เราอาจจะมียา จมูก หรือลักษณะที่เหมือนกับแม่ ขณะเดียวกันก็อาจมี คิ้ว ลักษณะของผม สีตา สีผิว เหมือนกับพ่อ ลักษณะดังกล่าวนี้เกิดจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



ชวนคิด



ไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่ เพราะเหตุใด



ในหัวข้อชวนคิดนี้ ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไวรัส จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยใช้เกณฑ์ลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตในการจำแนก ในหัวข้อนี้ นักเรียนอาจมีความเห็นแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับการให้เหตุผลประกอบ ซึ่งผลจากการอภิปรายควรสรุปได้ดังนี้

ไวรัสไม่ใช่สิ่งมีชีวิต แต่จัดเป็นอนุภาคที่มีชีวิต (Living particle หรือ Virion) เท่านั้น เนื่องจากหากพิจารณาตามลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตแล้วพบว่า

1. ไวรัสไม่มีส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเซลล์ของตัวเอง เนื่องจากไม่ได้ประกอบด้วยเซลล์ ซึ่งเซลล์ต้องมีเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อแยกองค์ประกอบอื่นๆ ในเซลล์ออกจากสิ่งแวดล้อมและรักษาสภาพในเซลล์ให้สมดุล เมื่อไวรัสไม่ได้ประกอบด้วยเซลล์ ไวรัสก็ไม่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้า ไม่มีการสร้างและสลายพลังงานเพื่อดำรงชีวิต

2. ไวรัสไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ด้วยตัวเอง แต่สามารถแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนได้เมื่ออยู่ในเซลล์เจ้าบ้านที่มีชีวิต (living host)
3. ไวรัสไม่มีเมแทบอลิซึมเมื่ออยู่นอกเซลล์เจ้าบ้าน (host cell)

1.1.2 ชีววิทยาคืออะไร

เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของชีววิทยา ครูอาจถามนักเรียนว่าชีววิทยาคืออะไร ให้นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง จากนั้นครูควรบอกรากศัพท์ของคำว่า ชีววิทยา (biology) ว่าเป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำคือ bios แปลว่าชีวิต และ logos แปลว่า ความคิดและเหตุผล สำหรับคำภาษาไทยชีววิทยามาจากคำว่า ชีวะ และ วิทยา จากนั้นให้นักเรียนให้ความหมายของคำว่า biology และชีววิทยาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าชีววิทยาเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าองค์ประกอบของชีววิทยาควรแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความรู้และส่วนที่เป็นกระบวนการค้นหาความรู้

จากนั้นครูใช้คำถามนำในหนังสือเรียนถามนักเรียนว่า ขอบข่ายของชีววิทยากล่าวถึงอะไรบ้าง แล้วให้นักเรียนศึกษารูป 1.5 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันบอกชื่อแขนงวิชาต่างๆ ในสาขาชีววิทยา พร้อมทั้งอธิบายถึงประโยชน์ของชีววิทยาและผู้ที่ใช้วิชาชีววิทยาเป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ แล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

 มีแขนงวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมอีกหรือไม่ ถ้ามีแขนงวิชานั้นคืออะไรบ้าง
 ยังมีแขนงวิชาอื่นๆ อีก เช่น

มินวิทยา (ichthyology) ศึกษาเกี่ยวกับปลา

ปักษีวิทยา (ornithology) ศึกษาเรื่องนก

วิทยาเห็ดรา (mycology) ศึกษาเกี่ยวกับเห็ดและรา

เฮอพิโทโลยี (herpetology) ศึกษาเกี่ยวกับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน

แมมมาโลยี (mammalogy) ศึกษาเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ไบรโอโลยี (bryology) ศึกษาเกี่ยวกับพวกมอส

เทอริโดโลยี (pteridology) ศึกษาเกี่ยวกับเฟิน

สาหร่ายวิทยา (algology หรือ phycology) ศึกษาเกี่ยวกับสาหร่าย



การนำความรู้ทางด้านชีววิทยาไปเชื่อมโยงกับศาสตร์ในวิชาอื่นๆ จะได้ความรู้ใหม่ๆ ทางด้านใดบ้าง อธิบายและยกตัวอย่างประกอบ



การนำความรู้ทางด้านชีววิทยาไปเชื่อมโยงกับศาสตร์ในวิชาอื่นๆ เช่น

- **ชีวสารสนเทศศาสตร์หรือชีววิทยาเชิงคำนวณ** (bioinformatics หรือ computational biology) เป็นสาขาที่ใช้ความรู้จากคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถิติศาสตร์ สารสนเทศศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ เพื่อแก้ปัญหาทางชีววิทยา
- **วิศวกรรมชีวการแพทย์ หรือ วิศวกรรมชีวเวช** (biomedical engineering) หรือ **วิศวกรรมการแพทย์** (medical engineering) เป็นสาขาที่นำความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ มาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ งานส่วนใหญ่ของวิศวกรรมชีวเวช คือการออกแบบอุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมถึงค้นคว้าวิจัยเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วย ซึ่งครอบคลุมไปถึงการออกแบบอวัยวะเทียม และการวางระบบโปรแกรมต่างๆ เพื่อสนับสนุนการทำงานของแพทย์ ให้สามารถทำงานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- **วิทยาศาสตร์การกีฬา** (sport science) เป็นสาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่นำหลักวิชาต่างๆ เช่น กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยาการออกกำลังกาย การแพทย์ โภชนาการ จิตวิทยา มาประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกาย การฝึกซ้อมกีฬา การแข่งขันกีฬา ตลอดจนการดูแลสุขภาพร่างกายอย่างเป็นขั้นตอน
- **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม** (environmental science) เป็นสาขาที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์ และมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะเน้นถึงปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ใช้หลักการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ มาเพื่อการศึกษาสิ่งแวดล้อมอย่างมีขั้นตอนและมีเงื่อนไข สามารถนำความรู้ไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานสิ่งแวดล้อมได้ หรือนำไปปรับปรุงสิ่งแวดล้อมที่ตนเองอาศัยอยู่ให้เหมาะสมต่อคุณภาพชีวิตที่ดีได้

1.1.3 ชีววิทยากับการดำรงชีวิต

ครูอาจถามคำถามนำว่า **ชีววิทยาสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร** แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการนำชีววิทยามาใช้ในการดำรงชีวิตในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตร การแพทย์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือมอบหมายงานให้นักเรียนบางกลุ่มรายงานหน้าชั้นเรียน ครูอาจอำนวยความสะดวกโดยการหาภาพหรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับโครงการส่วนพระองค์ หรือโครงการหลวงและอาจวางแผนร่วมกับนักเรียนพาไปทัศนศึกษาและเยี่ยมชมโครงการต่างๆ เช่น โครงการส่วนพระองค์ที่พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน โครงการหลวงตามจังหวัดต่างๆ โครงการสาธิตพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร อำเภอมะนัง จังหวัดปราจีนบุรี คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

อำเภอนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นต้น สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวการตอบดังนี้

? ถ้าหากเกษตรกรมีความต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้ได้ผลผลิตที่มีทั้งปริมาณและคุณภาพ เพื่อสนองต่อความต้องการในการบริโภค นักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ทางชีววิทยาแขนงใดบ้าง และนำความรู้นั้นมาใช้อย่างไร

 ต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้ได้ผลผลิตที่มีทั้งปริมาณและคุณภาพ เพื่อสนองต่อความต้องการในการบริโภค จะต้องใช้ความรู้ทางชีววิทยาแขนงที่เกี่ยวข้อง เช่น

- สัตววิทยา และสรีรวิทยาของสัตว์ เนื่องจากต้องเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง รูปร่าง และสรีรวิทยาของสัตว์แต่ละชนิด วัฏจักรชีวิตของสัตว์ การสืบพันธุ์และขยายพันธุ์สัตว์ ตลอดจนพฤติกรรมของสัตว์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของสัตว์ประเภทนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี
- พฤกษศาสตร์ และสรีรวิทยาของพืช เนื่องจากต้องเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง รูปร่าง และสรีรวิทยาของพืชแต่ละชนิด วัฏจักรชีวิตของพืช การสืบพันธุ์และขยายพันธุ์พืช ความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของพืชประเภทนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี
- เทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีมาช่วยในการเพิ่มผลผลิตได้ เช่น การใช้เทคโนโลยีการถ่ายฝากตัวอ่อนในสัตว์ การผสมเทียมในสัตว์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หรือการฉายรังสี เป็นต้น
- เทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์ เช่น การใช้ความรู้ทางด้านพันธุวิศวกรรมในการตัดต่อยีนให้ได้ลักษณะที่ต้องการ

? ให้นักเรียนยกตัวอย่างโครงการพระราชดำริ โครงการส่วนพระองค์ หรือโครงการหลวงของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ที่ใช้ความรู้ทางด้านชีววิทยามาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม หรืออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ มา 2 ตัวอย่าง

 โครงการพระราชดำริ เช่น

1. โครงการแก้มลิง

โครงการแก้มลิง เป็นแนวคิดในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เพื่อแก้ปัญหาอุทกภัย โดยพระองค์ทรงตระหนักถึงความรุนแรงของอุทกภัยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ.2538 จึงมีพระราชดำริ "โครงการแก้มลิง" ขึ้น เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2538 โดยให้จัดหาสถานที่เก็บกักน้ำตามจุดต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร เพื่อรองรับน้ำฝนไว้ชั่วคราว เมื่อถึงเวลาที่คลองพอจะระบายน้ำได้จึงค่อยระบายน้ำจากส่วนที่กักเก็บไว้ออกไป จึงสามารถลดปัญหาน้ำท่วมได้

ทั้งนี้ นอกจากโครงการแก้มลิงจะมีขึ้นเพื่อช่วยระบายน้ำ ลดความรุนแรงของปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่กรุงเทพมหานครและบริเวณใกล้เคียงแล้ว ยังเป็นการช่วยอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ เมื่อถูกระบายสู่คลอง จะไปบำบัดน้ำเน่าเสียให้เจือจางลง และในที่สุดน้ำเหล่านี้จะผลักดันน้ำเสียให้ระบายออกไปได้

แนวคิดของโครงการแก้มลิง

แนวคิดของโครงการแก้มลิง เกิดจากการที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระราชดำริถึงสิ่งที่อ้อมกลัวยไว้ในกระพุ้งแก้มได้คราวละมาก ๆ จึงมีพระราชกระแสอธิบายว่า "ลิงโดยทั่วไปถ้าเราส่งกลัวยให้ ลิงจะรีบปอกเปลือก เอาเข้าปากเคี้ยว แล้วนำไปเก็บไว้ที่แก้มก่อน ลิงจะทำอย่างนี้จนกลัวยหมดหัวหรือเต็มกระพุ้งแก้ม จากนั้นจะค่อย ๆ นำออกมาเคี้ยวและกลืนกินภายหลัง" ด้วยแนวพระราชดำรินี้ จึงเกิดเป็น "โครงการแก้มลิง" ขึ้น เพื่อสร้างพื้นที่กักเก็บน้ำ ไว้รอการระบาย เพื่อใช้ประโยชน์ในภายหลัง

ลักษณะและวิธีการของโครงการแก้มลิง

ลักษณะของโครงการแก้มลิงจะดำเนินการระบายน้ำออกจากพื้นที่ตอนบน เพื่อให้ น้ำไหลลงคลองพักน้ำที่ชายทะเล จากนั้นเมื่อระดับน้ำทะเลลดลงจนต่ำกว่าน้ำในคลอง น้ำในคลองจะไหลลงสู่ทะเลตามธรรมชาติ ต่อจากนั้นจะเริ่มสูบน้ำออกจากคลองที่ทำหน้าที่แก้มลิง เพื่อทำให้น้ำตอนบนค่อย ๆ ไหลมาเอง จึงทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่ลัดน้อยลง จนในที่สุดเมื่อระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับในคลอง จึงปิดประตูระบายน้ำ โดยให้น้ำไหลลงทางเดียว (One Way Flow)

ประเภทของโครงการแก้มลิง

โครงการแก้มลิงมี 3 ขนาด คือ

1. แก้มลิงขนาดใหญ่ (Retarding Basin) คือ สระน้ำหรือบึงขนาดใหญ่ ที่รวบรวมน้ำฝนจากพื้นที่บริเวณนั้น ๆ โดยจะกักเก็บไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะระบายลงสู่ลำน้ำ พื้นที่เก็บกักน้ำเหล่านี้ได้แก่ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฝาย พุงเกษตรกรรม เป็นต้น ลักษณะสิ่งก่อสร้างเหล่านี้จะมีวัตถุประสงค์อื่นประกอบด้วย เช่น เพื่อการชลประทาน เพื่อการประมง เป็นต้น
2. แก้มลิงขนาดกลาง เป็นพื้นที่ชะลอน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า ก่อสร้างในระดับลุ่มน้ำ มักเป็นพื้นที่ธรรมชาติ เช่น หนอง บึง คลอง เป็นต้น
3. แก้มลิงขนาดเล็ก (Regulating Reservoir) คือแก้มลิงที่มีขนาดเล็กกว่า อาจเป็นพื้นที่สาธารณะ สนามเด็กเล่น ลานจอดรถ หรือสนามในบ้าน ซึ่งต่อเข้ากับระบบระบายน้ำหรือคลอง

ทั้งนี้แก้มลิงที่อยู่ในพื้นที่เอกชน เรียกว่า "แก้มลิงเอกชน" ส่วนที่อยู่ในพื้นที่ของราชการและรัฐวิสาหกิจจะเรียกว่า "แก้มลิงสาธารณะ"

การจัดหาและออกแบบโครงการแก้มลิง

การพิจารณาจัดหาพื้นที่กักเก็บน้ำนั้น ต้องทราบปริมาณน้ำผิวดินและอัตราการไหลของน้ำผิวดิน ที่มากที่สุดที่จะยอมปล่อยให้ไหลออกได้ในเวลาฝนตก โดยสิ่งสำคัญคือต้องจัดหาพื้นที่กักเก็บให้พอเพียง เพื่อจะได้ไม่เป็นปัญหาในการระบายน้ำ ปัจจุบันมีแก้มลิงทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วกรุงเทพมหานคร กว่า 20 จุด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางฝั่งธนบุรี เนื่องจากมีคลองจำนวนมาก และระบายน้ำออกทางแม่น้ำเจ้าพระยา

ทั้งนี้โครงการแก้มลิงแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ โครงการระบายน้ำในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยจะใช้คลองที่ตั้งอยู่ชายทะเลด้านจังหวัดสมุทรปราการ ทำหน้าที่เป็นทางเดินของน้ำ ตั้งแต่จังหวัด สระบุรี พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพมหานคร

ส่วนที่สอง คือคลองในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจะใช้คลองมหาชัย คลองสนามชัย และแม่น้ำท่าจีน ทำหน้าที่เป็นคลองรับน้ำในพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดอ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นครปฐม และกรุงเทพมหานคร แล้วระบายลงสู่ทะเลด้านจังหวัดสมุทรสาคร

นอกจากนี้ยังมีโครงการแก้มลิง "แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง" เพื่อช่วยระบายน้ำที่ท่วมให้เร็วขึ้น โดยใช้หลักการควบคุมน้ำในแม่น้ำท่าจีน คือ เปิดการระบายน้ำจำนวนมากลงสู่อ่าวไทย เมื่อระดับน้ำทะเลต่ำ ซึ่งโครงการนี้จะประกอบไปด้วย 3 โครงการในระบบคือ

1. โครงการแก้มลิง "แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง"
2. โครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย-คลองสนามชัย"
3. โครงการแก้มลิง "คลองสุนัขหอน"

ด้วยพระปรีชาญาณ และพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9 ที่ทรงห่วงใยพสกนิกรของพระองค์ "โครงการแก้มลิง" จึงเกิดขึ้น และช่วยบรรเทาวิกฤต และความเดือดร้อนจากน้ำท่วมรอบกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลให้เบาบางลงไปได้ โดยอาศัยเพียงแค่วิธีการทางธรรมชาติ(ที่มา: โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ)

2. โครงการแก้มลิงดิน

แก้มลิงดิน เป็นแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เกี่ยวกับการแก้ปัญหาดินเปรี้ยว หรือดินเป็นกรด โดยมีการขังน้ำไว้ในพื้นที่ จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้ดินเปรี้ยวจัดจนถึงที่สุด แล้วจึงระบายน้ำออกและปรับสภาพพื้นผิวดินด้วยปูนขาว จนกระทั่งดินมีสภาพดีพอที่จะใช้ในการเพาะปลูกได้

หลังจากที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เสด็จเยี่ยมราษฎรในเขตจังหวัดนราธิวาส เมื่อปี พ.ศ. 2524 ทรงพบว่า ดินในพื้นที่พรุที่มีการขังน้ำออก เพื่อจะนำที่ดินมาใช้ทำการเกษตรนั้น แปรสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ทำให้เพาะปลูกไม่ได้ผล จึงมีพระราชดำริให้ส่วนราชการต่างๆ พิจารณา

หาแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่พรุที่มีน้ำแช่ขังตลอดปีให้เกิดประโยชน์ในทางการเกษตรมากที่สุด และให้คำนึงถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศด้วย การแปรสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด เนื่องจากดินมีลักษณะเป็นเศษอินทรีย์วัตถุ หรือซากพืชเน่าเปื่อยอยู่ข้างบน และมีระดับความลึก 1-2 เมตร เป็นดินเลนสีเทาปนน้ำเงิน ซึ่งมีสารประกอบกำมะถัน ที่เรียกว่า สารประกอบไพไรต์ (Pyrite : FeS_2) อยู่มาก

ดังนั้นเมื่อดินแห่งสารไพไรต์จะทำปฏิกิริยากับอากาศ ปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมา ทำให้ดินแปรสภาพเป็นดินกรดจัดหรือเปรี้ยวจัด ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จึงได้ดำเนินการสนองพระราชดำริโครงการ "แก้งดิน" เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดิน เริ่มจากวิธีการ "แก้งดินให้เปรี้ยว" คือทำให้ดินแห้งและเปื่อยสลายกันไป เพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของดิน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้สารไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมา ทำให้ดินเป็นกรดจัดจนถึงขั้น "แก้งดินให้เปรี้ยวสุดขีด" จนกระทั่งถึงจุดที่พืชไม่สามารถเจริญงอกงามได้ จากนั้นจึงหาวิธีการปรับปรุงดินดังกล่าวให้สามารถปลูกพืชได้ วิธีการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจัดตามแนวพระราชดำริ คือควบคุมระดับน้ำใต้ดิน เพื่อป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน จึงต้องควบคุมน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือชั้นดินเลนที่มีสารไพไรต์อยู่ เพื่อมิให้สารไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือถูกออกซิไดซ์

จากการทดลอง ทำให้พบว่า วิธีการปรับปรุงดินตามสภาพของดินและความเหมาะสม มีอยู่ 3 วิธีการด้วยกัน คือ

1. ใช้น้ำชะล้างความเป็นกรด เพราะเมื่อดินหายเปรี้ยว จะมีค่า pH เพิ่มขึ้น หากใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสเฟต ก็จะทำให้พืชให้ผลผลิตได้
2. ใช้ปูนมาร์ลผสมคลุกเคล้ากับหน้าดิน
3. ใช้ทั้งสองวิธีข้างต้นผสมกัน

(ที่มา: โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ)

1.1.4 ชีวจริยธรรม

การนำเข้าสู่หัวข้อนี้ ครูอาจใช้คำถามนำในหนังสือเรียนเพื่อโยงเข้าสู่หัวข้อนี้ว่า ชีววิทยาสัมพันธ์กับจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย หรือครูอาจเชื่อมโยงกิจกรรมการรักษาคุณภาพของปลาที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้ว และตั้งคำถามถามนักเรียนว่า นักเรียนทำอย่างไรกับปลาก่อนและหลังทำการทดลอง เพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน แล้วครูสรุปเข้าเรื่องชีวจริยธรรม (bioethics) เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าการนำความรู้ทางชีววิทยาไปใช้ต้องคำนึงถึงชีวจริยธรรม ซึ่งหมายถึง การปฏิบัติต่อสิ่งมีชีวิตอย่างมีคุณธรรม ไม่ทำร้าย หรือทำอันตรายสิ่งมีชีวิต แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? จากกิจกรรมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของไส้เดือนดิน และอุณหภูมิกับการรักษาคุณภาพของปลา นักเรียนคิดว่าเกี่ยวกับจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ข้อใดบ้าง

 กิจกรรมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของไส้เดือนดิน และอุณหภูมิกับการรักษาคุณภาพของปลานั้นเกี่ยวกับจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ข้อ 1 และ 4 ดังนี้คือ

ข้อ 1. ผู้ใช้สัตว์ต้องตระหนักถึงคุณค่าของชีวิตสัตว์ ต้องใช้สัตว์เฉพาะกรณีที่ได้พิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วว่าเป็นประโยชน์และจำเป็นสูงสุดต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสัตว์และหรือความก้าวหน้าทางวิชาการ และได้พิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วที่ไม่มีวิธีการอื่นที่เหมาะสมเท่าหรือเหมาะสมกว่า

ข้อ 4. ผู้ใช้สัตว์ต้องตระหนักว่าสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับมนุษย์ ผู้ใช้สัตว์ต้องตระหนักว่าสัตว์มีความรู้สึกเจ็บปวดและมีความรู้สึกตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับมนุษย์ จึงต้องปฏิบัติต่อสัตว์ด้วยความระมัดระวังทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การขนส่ง การใช้วัสดุอุปกรณ์ในการเลี้ยงสัตว์ การจัดการสภาพแวดล้อมของสถานที่เลี้ยง เทคนิคในการเลี้ยง และการปฏิบัติต่อสัตว์โดยไม่ให้สัตว์ได้รับความเจ็บปวด ความเครียด หรือความทุกข์ทรมาน

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงจรรยาบรรณในการใช้สัตว์ทดลอง การใช้อาวุธชีวภาพ การบริโภคผลิตภัณฑ์ของสิ่งมีชีวิต GMOs เป็นต้น โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ในส่วนที่เป็นประโยชน์และส่วนที่อาจเป็นโทษ โดยนำหลักวิชาการมาอ้างอิงในการให้เหตุผลประกอบการอภิปราย และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล โดยเปิดเว็บไซต์ที่ปรากฏในหนังสือเรียนหัวข้อชีวจริยธรรม แล้วให้นักเรียนนำเสนอต่อชั้นเรียน นอกจากนี้ในการสอนเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต GMOs ซึ่งมีมุมมองได้ทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ครูอาจให้นักเรียนไปศึกษาข้อมูลจากวารสารต่างๆ เพิ่มเติมแล้วใช้เทคนิค Fisherman ring ช่วยในการสอน โดยจัดให้นักเรียนนั่งหรือยืน 2 แถว หันหน้าเข้าหากัน ครูผู้สอนอาจกำหนดให้นักเรียนที่นั่งหรือยืนทางซ้ายพูดถึงประโยชน์ของสิ่งมีชีวิต GMOs ให้เพื่อนที่นั่งตรงข้ามฟัง โดยกำหนดเวลาให้พูด 1 นาที แล้วให้นักเรียนที่นั่งหรือยืนทางขวาเป็นฝ่ายพูดถึงโทษของสิ่งมีชีวิต GMOs ให้คู่ของตนฟัง โดยใช้เวลาเท่ากัน ผลัดกันพูดเช่นนี้ 2-3 ครั้ง นักเรียนที่พูดจะมีทักษะในการพูด และรวบรวมเรื่องที่จะพูดได้ครบถ้วนกว่าเดิม และได้แลกเปลี่ยนทัศนคติในเชิงบวกและเชิงลบของเรื่องที่ศึกษา รวมทั้งได้เสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอนให้สนุกขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.3 ในหนังสือเรียน



กิจกรรม 1.3 กรณีศึกษาเกี่ยวกับชีวจริยธรรม

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับชีวจริยธรรม
2. ตระหนักถึงการนำความรู้ทางชีววิทยาไปใช้ว่าต้องคำนึงถึงจริยธรรมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

แนวการจัดกิจกรรม

ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกศึกษากรณีศึกษากลุ่มละ 1 หัวข้อ จากนั้นให้แต่ละกลุ่มที่ได้หัวข้อเดียวกันมานำเสนอผลการศึกษานำขึ้นเรียน

อภิปรายและสรุปผล

การอภิปรายผลจากกรณีศึกษา มีดังต่อไปนี้

? การซื้อขายอวัยวะของมนุษย์ การขโมยอวัยวะของมนุษย์ เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ ในการรักษาคนไข้ ผิดหลักชีวจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยให้เหตุผลประกอบ

✎ แนวทางการอภิปรายในประเด็นนี้ อาจมีดังนี้

การซื้อขายอวัยวะของมนุษย์ การขโมยอวัยวะของมนุษย์ ถือว่าผิดหลักชีวจริยธรรม ไม่ว่าจะทำเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ในการรักษาคนไข้ หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ ก็ตาม เป็นสิ่งที่ไม่ควรทำอย่างยิ่ง เนื่องจาก

1. ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่างๆ มากมายที่ทำหน้าที่ที่แตกต่างกัน แต่ทำหน้าที่ประสานกันเป็นระบบเพื่อให้ร่างกายดำรงชีวิตอยู่ได้ อวัยวะทุกส่วนของร่างกายมีความสำคัญเมื่อถูกตัด หรือนำออกไปขณะที่บุคคลนั้นยังมีชีวิตอยู่ ก็อาจทำให้บุคคลคนนั้นอาจดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้แต่ระบบต่างๆ ในร่างกายอาจทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์นำไปสู่การเจ็บป่วยได้ในอนาคต
2. การซื้อขายอวัยวะของมนุษย์ถือเป็นเรื่องที่ผิดกฎหมาย จึงมักมีการลักลอบขาย หากผู้ซื้อไม่มีความรู้ทางการแพทย์ที่ดีพอ การตัดชิ้นส่วนอวัยวะภายในร่างกายอาจนำไปสู่ความเสี่ยงที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

? การอุ้มบุญในกรณีของผู้ที่ต้องการมีบุตรแต่ไม่สามารถมีบุตรด้วยตนเองได้ ผิดหลักชีวจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยให้เหตุผลประกอบ



แนวทางการอภิปรายในประเด็นนี้ อาจมีดังนี้

การอุ้มบุญในกรณีของผู้ที่ต้องการมีบุตรแต่ไม่สามารถมีบุตรด้วยตนเองได้ หากกระทำโดยถูกต้องตามกฎหมาย ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองเด็กที่เกิดโดยอาศัยเทคโนโลยีช่วยการเจริญพันธุ์ทางการแพทย์ พ.ศ. 2558 ก็สามารถทำได้ และกรณีในแง่ของหลักชีวจริยธรรม การพิจารณาว่าผิดหลักหรือไม่นั้น อาจพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้างนั้นว่าทำไปเพื่อวัตถุประสงค์ใด เช่น

1. ต้องการมีบุตรเพื่อสืบทอดวงศ์ตระกูล แต่ภรรยาของคู่สมรสนั้นไม่สามารถตั้งครรภ์ได้ด้วยตนเองอันเนื่องมาจาก
 - 1) ภรรยาไม่มีมดลูกแต่กำเนิด หรือได้รับการผ่าตัดมดลูกออกเนื่องจากเป็นโรค เช่น เนื้องอกกล้ามเนื้อมดลูก
 - 2) คู่สมรสที่ภรรยามีโรคประจำตัวหรือภาวะที่การตั้งครรภ์จะก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้
 - 3) ภรรยามีภาวะแท้งซ้ำซาก และการตั้งครรภ์นั้นไม่เคยดำเนินจนสามารถคลอดบุตรที่มีชีวิตได้ เช่น มดลูกผิดปกติรูปร่างแต่กำเนิด

ในกรณีนี้ถือว่าการอุ้มบุญไม่ผิดหลักชีวจริยธรรม เพราะภรรยามีความผิดปกติของร่างกายที่เกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ การมีโรคประจำตัว หรือสุขภาพที่ไม่แข็งแรงหากมีการตั้งครรภ์อาจเกิดความเสี่ยง จึงไม่สามารถตั้งครรภ์ด้วยตนเองได้และจำเป็นต้องให้ผู้อื่นตั้งครรภ์แทน

2. ต้องการอุ้มบุญเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เช่น การค้ามนุษย์ แรงงานทาส เป็นต้น การอุ้มบุญในกรณีนี้ถือว่าผิดหลักชีวจริยธรรม เนื่องจากทารกที่คลอดออกมาอาจได้รับการเลี้ยงดูที่ไม่ดี หรืออาจถูกทำร้ายทั้งร่างกายและจิตใจจากคนเลี้ยงดู เมื่อพวกเขาเติบโตเป็นผู้ใหญ่อาจก่อให้เกิดปัญหาทางสังคมได้
ทั้งนี้หากพิจารณาตามลักษณะของการอุ้มบุญก็ควรมีข้อพิจารณาในเชิงชีวจริยธรรมดังนี้

1. การอุ้มบุญที่ทารกในครรภ์เกิดจากการปฏิสนธิของอสุจิและไข่ของคู่สมรสที่ต้องการมีบุตร แต่ฝ่ายภรรยาของคู่สมรสไม่สามารถตั้งครรภ์เองได้ต้องจ้างหญิงอื่นมาอุ้ม

บุญแทน การอุ้มบุญแบบนี้หญิงผู้รับอุ้มบุญจะไม่มีสารพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับทารกในครรภ์เลย เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของเด็กจะถูกกำหนดตั้งแต่ตอนที่มีการปฏิสนธิและเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนแล้ว การอุ้มบุญในกรณีนี้ทารกที่เกิดมาจะมีรูปร่างหน้าตาเหมือนคู่สมรส ซึ่งไม่มีปัญหาตามมาภายหลัง แต่กรณีที่คุณแม่อุ้มบุญมีโรคติดต่อบางอย่างซึ่งเป็นโรคประจำตัว เช่น โรคติดเชื้อไวรัส HIV ไวรัสตับอักเสบ เป็นต้น ทารกก็จะมีโอกาสติดเชื้อจากคุณแม่อุ้มบุญได้ กรณีนี้อาจผิดหลักชีวจริยธรรมในแง่ที่ทำให้ทารกที่เกิดมาต้องได้รับผลกระทบต่อสุขภาพของร่างกายที่เกิดจากความประมาทของผู้ใหญ่ ดังนั้นก่อนอุ้มบุญจึงต้องมีการตรวจสุขภาพคุณแม่อุ้มบุญอย่างละเอียด เพื่อป้องกันการติดเชื้อจากคุณแม่อุ้มบุญสู่ทารกในครรภ์ได้

2. การอุ้มบุญที่ทารกในครรภ์เกิดจากการปฏิสนธิของอสุจิของสามีของผู้ว่าจ้าง กับไข่ของหญิงที่รับอุ้มบุญ ในกรณีนี้หญิงที่รับอุ้มบุญเป็นเจ้าของไข่ที่ทำให้กำเนิดตัวอ่อนจะมีส่วนเกี่ยวข้องทางพันธุกรรมกับทารกในครรภ์ ทั้งนี้วิธีการอุ้มบุญแบบนี้ถือว่าผิดกฎหมายในประเทศไทย และอาจก่อให้เกิดปัญหาได้ในภายหลังเช่น ความรู้สึกผูกพันระหว่างหญิงที่รับอุ้มบุญกับทารก ทำให้ตัดสายสัมพันธ์กันไม่ขาดอาจเกิดกรณีการไม่คืนลูกกับคู่สมรสที่เป็นผู้ว่าจ้าง หรือกรณีที่เด็กเติบโตขึ้นแล้วพบว่าลักษณะหน้าตาไม่เหมือนกับคนในครอบครัว เป็นต้น

3. กรณีที่ทารกในครรภ์พิการซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ คู่สมรสที่เป็นผู้ว่าจ้าง อาจไม่ยอมรับเลี้ยงดูทารกายนั้น อาจส่งผลให้เกิดกรณีปัญหาเกี่ยวกับการเลี้ยงดูทารกตามมาในภายหลัง

4. กรณีปัญหาการแยกทางของคู่สมรส หรือคู่สมรสเสียชีวิตก่อนที่ทารกจะเกิดมา หญิงที่รับอุ้มบุญอาจจะต้องรับภาระในการเลี้ยงดูทารกายนั้น เป็นต้น

ทั้งนี้การอุ้มบุญจะต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมายและมีข้อตกลงที่ชัดเจนเป็นลายลักษณ์อักษรระหว่างคู่สมรสที่เป็นผู้ว่าจ้าง และหญิงที่รับอุ้มบุญ

? กรณีของผู้ที่เป็นโรคเอดส์ หรือติดเชื้อ HIV ที่มีพฤติกรรมในการก่อเหตุด้วยความตั้งใจในการเผยแพร่เชื้อ HIV ไปสู่ผู้อื่น โดยการใช้เข็มฉีดยาที่ติดเชื้อไปจิ้มแทงผู้อื่น ผิดหลักชีวจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยให้เหตุผลประกอบ

 กรณีของผู้ที่เป็นโรคเอดส์ หรือติดเชื้อ HIV ใช้เข็มฉีดยาที่ติดเชื้อไปจิ้มแทงผู้อื่น เพื่อต้องการให้ผู้อื่นติดเชื้อ HIV ไปด้วยนั้น การกระทำดังกล่าวถือว่าผิดหลักชีวจริยธรรม เนื่องจากผู้กระทำทราบว่าคนที่เป็นโรคเอดส์นั้น ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการรักษาให้หายขาด และเป็นโรคที่สังคมรังเกียจ ผู้ที่เป็นโรคนี้อาจได้รับความทุกข์ทรมานทั้งร่างกายและจิตใจ

- **สาเหตุที่เกิดขึ้น** อาจเนื่องมาจากผู้กระทำอาจเคยถูกสังคมรังเกียจจากการเป็นโรค แม้แต่บุคคลในครอบครัวก็ไม่ยอมรับ ทำให้ต้องแยกตัวออกจากสังคมมาอยู่ตามลำพัง อยู่อย่างยากลำบาก จึงเกิดความเครียดและต้องการคิดแก้แค้นเพื่อให้ผู้อื่นได้มีโอกาสติดเชื้อและได้รับความทุกข์ทรมานเช่นเดียวกับตนเอง
- **ผลกระทบที่เกิดขึ้น** เมื่อผู้ถูกกระทำได้รับเชื้อ HIV และทำให้เป็นโรคเอดส์ ย่อมส่งผลกระทบต่อบุคคลนั้น เช่น ทำให้ครอบครัวมีปัญหา ครอบครัวแตกแยก ขาดรายได้ในการประกอบอาชีพอื่นเนื่องจากความเจ็บป่วยจนไม่สามารถทำงานได้ หรือสังคมรังเกียจหมดอนาคตในการเรียน การหารายได้ เสียค่าใช้จ่ายในการรักษาตัวค่อนข้างมาก เป็นต้น

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- สมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและการจัดระบบในสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การลงความเห็นข้อมูลและการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ และการคิดแบบมีเหตุผลผ่านการสอนชีวจริยธรรม

การสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสังคมเป็นสิ่งที่ครูผู้สอนควรตระหนักและคิดหาวิธีการที่จะผสมกลมกลืนเข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนการสอนในทุกระดับชั้นให้ได้ หากปลูกฝังแนวคิดเหล่านี้ให้กับเยาวชนของเราตั้งแต่ยังเยาว์ไปเรื่อยๆ ผ่านการศึกษาในระบบ เชื่อว่าต่อไปเยาวชนของประเทศไทยจะมีจิตสำนึกที่ดีต่อสังคมและเติบโตเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพของประเทศชาติ การมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสังคม เป็นหลักพึงปฏิบัติในด้านของจริยธรรม (ethics) ซึ่งโดยความหมายของจริยธรรมแล้ว คือ แนวทางของการประพฤติหรือปฏิบัติตนของบุคคลในสังคม ซึ่งการประพฤติหรือปฏิบัติตนภายใต้การอยู่ร่วมกันในสังคมย่อมหลีกเลี่ยงไม่พ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตด้วยกันรวมทั้งมนุษย์ด้วยกัน หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น การใช้และดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การปฏิบัติตนตามประเพณีและวัฒนธรรมที่ดี หรืออื่นๆ อีกมากมาย เป็นต้น การประพฤติของบุคคลย่อมส่งผลได้ทั้งในทางบวกและทางลบ โดยครูผู้สอนมักคาดหวังให้เยาวชนประพฤติตนในเชิงบวกมากกว่าในเชิงลบ แต่จะทำได้อย่างไร นั่นคือคำตอบที่ต้องค้นหาค้นกัน ทั้งนี้หากครูผู้สอนสอนให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ ด้วยการใช้เหตุและผลก่อนที่จะตัดสินใจในการกระทำหรือแสดงออก จะทำให้นักเรียนมีความตระหนักและมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสังคมได้

ทุกวิชาสามารถเข้าถึงจริยธรรมได้หรือไม่?

ทุกวิชาย่อมมีจริยธรรมภายใต้วิชาของตนเอง เช่นเดียวกับวิชาชีววิทยาที่มีชีวจริยธรรม (bioethics) เพื่อเป็นแนวปฏิบัติให้ผู้ที่ศึกษาชีววิทยาได้พึงปฏิบัติต่อสิ่งที่มีชีวิตด้วยกันหรือสิ่งที่ต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตในแนวทางที่ถูกต้อง คำว่า ชีวจริยธรรม ประกอบด้วยคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำคือ bios หมายถึง ชีวิต (life) และ ethicos หมายถึง ดี (good) หรือ เลว (bad) ถูก (right) หรือ ผิด (wrong) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าชีวจริยธรรมเกี่ยวข้องกับคุณค่าของชีวิตหรือการมีชีวิตนั่นเอง และเป็นส่วนประกอบหนึ่งของจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (life sciences) และชีววิทยา เนื่องจากวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุดไปจนถึงสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้คงไม่มีใครที่จะปฏิเสธว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันส่วนหนึ่งมีพื้นฐานมาจาก

ชีววิทยา เพราะว่ามันมนุษย์เป็นผู้คิดค้นสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา ก็เพื่อสนองตอบต่อปัจจัยต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุก ๆ ด้าน เช่น ด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม พาณิชยกรรม สถาปัตยกรรม วิศวกรรม ฯลฯ เป็นต้น ความก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เกิดเป็นนวัตกรรมของโลกสมัยใหม่ ที่ช่วยให้ประชากรโลกนับล้านล้านคนได้รับผลประโยชน์ ในขณะที่เดียวกันก็จะนำความเสี่ยงที่อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ควบคุมด้วย จึงไม่แปลกเลยที่จะเกือบจะทุกครั้งที่มีการเผยแพร่นวัตกรรมหรือความก้าวหน้าใหม่ ๆ เกิดขึ้น ครูผู้สอนมักจะได้อินคำถามจากประเด็นต่าง ๆ นานา มาให้ลูกคิดกันอยู่เสมอว่าจะเหมาะสมต่อการนำมาใช้หรือไม่ มีผลดีและผลเสียต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร เป็นต้น ดังนั้นการมีชีวจริยธรรมจะช่วยให้คนในสังคมทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องได้มีการวิเคราะห์ และตัดสินใจอย่างรอบคอบในประเด็นคำถามต่าง ๆ ที่รัฐ องค์กร หรือชุมชนต้องเผชิญร่วมกัน ซึ่งประเด็นคำถามทางชีวจริยธรรมเหล่านี้เองที่ครูผู้สอนสามารถนำมาใช้สอนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะของการคิดเชิงวิเคราะห์ (analytical thinking) การคิดวิพากษ์วิจารณ์ (critical thinking) และการคิดแบบมีเหตุผล (reasonable thinking) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

ในการสอนชีวจริยธรรมในชั้นเรียนครูผู้สอนบางท่านอาจจะคิดว่ายาก หรือมองภาพไม่ออกว่าจะสอนสอดแทรกไปในเนื้อหาได้อย่างไร อันที่จริงแล้วสามารถสอนสอดแทรกไปได้ในทุกเนื้อหา ทั้งในช่วงของการนำเข้าสู่บทเรียน ในระหว่างสอน หรือในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการ หรือการให้นักเรียนสรุปเนื้อหาบทเรียน เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทางเลือกประเด็นทางชีวจริยธรรมที่จะเข้าไปสอดแทรก หากเป็นประเด็นทางสังคมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันก็จะสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี ทั้งนี้หัวข้อหรือเนื้อหาที่สามารถใช้ชีวจริยธรรมในการจัดการเรียนการสอนได้ เช่น ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ พันธุศาสตร์ หน้าที่และการทำงานของระบบต่าง ๆ ของมนุษย์และสัตว์ และการใช้สัตว์เพื่อการทดลอง ฯลฯ



เหตุผลที่สำคัญที่ต้องสอนชีวจริยธรรมในชั้นเรียน

1. ชีวจริยธรรมเป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนที่ดีที่จะช่วยให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เพราะว่าครูต้องหาประเด็นที่น่าสนใจทางชีววิทยามาให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้สึกนึกคิดของตนเอง คุณค่าของบุคคล สิทธิ และความรับผิดชอบกับประเด็นต่างๆ ทางชีววิทยาที่มีต่อสังคม
2. ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น การสอนชีวจริยธรรมสามารถใช้เป็นแนวทางในการสอนวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนกลุ่มที่ไม่ชอบเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดี เนื่องจากในการสอนครูผู้สอนต้องหาเหตุการณ์หรือสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนนั้นๆ หรือการใช้**กรณีศึกษา** (case study) มาให้นักเรียนค้นหาแนวความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนกับการนำไปประยุกต์ใช้ในเหตุการณ์หรือประเด็นต่างๆ ทางสังคมที่พบได้ในชีวิตประจำวัน และยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้มีความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับ**ข้อเท็จจริง** (fact) ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปใช้เป็นเหตุผลในการโต้แย้งเชิงจริยธรรมในสังคมได้
3. ส่งเสริมความท้าทายและความสามารถของนักเรียนให้มีการพัฒนาทักษะในด้านการแก้ปัญหา เนื่องจากการตัดสินใจเชิงชีวจริยธรรม นักเรียนต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสิ่งที่**เป็นข้อเท็จจริง** กับ**สิ่งที่เห็นเป็นความคิดเห็น** (opinion) และ**สิ่งที่เห็นคุณค่า** (values) ภายใต้ประเด็นนั้นๆ โดยสำรวจความคิดเห็นของบุคคลอื่น ๆ ก่อน แล้วนำข้อมูลมาคิดเชิงวิเคราะห์วิพากษ์วิจารณ์ และคิดแบบมีเหตุผล อย่างระมัดระวังก่อนแล้วจึงตัดสินใจ
4. ส่งเสริมให้นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นและมุมมองของบุคคลที่หลากหลายและแตกต่างกัน เพราะการอภิปรายทางชีวจริยธรรมจะช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในด้านการใช้เหตุผล และยังช่วยกระตุ้นนักเรียนในการคิดหาตัวเลือกที่เหมาะสมจากมุมมองที่หลากหลายของเพื่อนนักเรียนด้วยกัน ซึ่งทักษะเหล่านี้จำเป็นเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการเกิดประชาธิปไตยที่แท้จริง

แนวทางในการจัดการเรียนการสอนชีวจริยธรรม

การจัดการเรียนการสอนชีวจริยธรรม อาจใช้รูปแบบของการอภิปราย การอภิปรายแบบคณะ (panel discussion) **โต้เถียง** (debate) **บทบาทสมมติ** (role play) **การสัมมนา** (seminar) โดย

ครูจะเป็นผู้กำหนดหัวข้อ หรือเรื่องทางชีวจริยธรรมที่เป็นประเด็นปัญหา หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน มาให้นักเรียนศึกษา และใช้ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนที่เรียกว่า บันได 7 ขั้นดังนี้

1. ขั้นระบุและนำเสนอ

ครูมอบหมายให้นักเรียนอ่านและศึกษาเรื่องที่ครูกำหนดมาให้ จากนั้นก็ให้นักเรียนนำเสนอ แนวคิดที่ว่าเรื่องที่อ่านนั้นมีประเด็นทางชีวจริยธรรมใดบ้าง พร้อมทั้งให้นักเรียนระบุประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้เช่น

1.1 ระบุบริบทว่า ปัญหาทางชีวจริยธรรมใดที่ควรนำมาใช้ในการตัดสินใจ อะไรที่ต้องตัดสินใจ ใครต้องเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งนั้น มีข้อมูลอะไรบ้างที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ มีสิ่งใดบ้างที่ต้องพิจารณาในการสร้างตัวเลือก การกระทำแบบใดที่เป็นไปได้ที่สามารถแก้สถานการณ์นั้น ๆ

1.2 ระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากการตัดสินใจ เช่น ใครบ้างจะได้รับผลกระทบจากการตัดสินใจ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละคนจะได้รับผลกระทบจากทางเลือกนั้นอย่างไรบ้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูควรจะต้องมอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อทำการวิเคราะห์ผล

2. ขั้นหาภูมิหลังของข้อมูล

ขั้นนี้เป็นการเข้าถึงข้อมูลที่แท้จริงของนักเรียนผู้ซึ่งจะกลายเป็นผู้ที่ทำหน้าที่ในการตัดสินใจ นักเรียนต้องหาภูมิหลังของข้อมูล (background information) ที่เป็นข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษาและสาระสำคัญของเนื้อหาที่จะนำมาใช้ประกอบการพิจารณาตัดสินใจในทางชีวจริยธรรม

3. ขั้นหาคคุณค่าในตัวบุคคล

ขั้นนี้ให้นักเรียนแต่ละคนหาคคุณค่าในความเป็นตัวตนของตนเองออกมา ซึ่งแต่ละคนอาจมีบุคลิกที่แตกต่างกัน เพื่อครูจะได้จัดวางตัวบุคคลที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม และจะช่วยในการสร้างความมั่นใจในการตัดสินใจทางชีวจริยธรรมได้ สิ่งที่สำคัญคือทำให้นักเรียนยอมรับตนเองและผู้อื่น

4. ขั้นอภิปรายกลุ่มย่อย

ขั้นนี้ให้นักเรียนได้พูดคุยระหว่างนักเรียนด้วยกันในกลุ่มเล็ก ๆ ในบรรยากาศที่เป็นกันเอง การพูดคุยกันในกลุ่มย่อยจะทำให้นักเรียนแต่ละคนได้ร่วมกิจกรรมกันอย่างทั่วถึง และ

แสดงความคิดเห็นของตนเองได้อย่างมีคุณค่า การแสดงออกแบบนี้จะพื้นฐานให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ความคิดของตนเองและรวบรวมความคิดของคนอื่นในกลุ่ม แล้วนำกลับมาคิดใหม่ เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันหรือเห็นพ้องกัน วิธีการนี้จะเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้คิด (metacognition) จากการคิดแล้วคิดอีก (thinking about thinking) นั่นเอง



5. ขั้นอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นนี้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อคิดเห็นของกลุ่มตนเอง และเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ในขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนที่ยังมีความคิดเห็นต่างกันได้มีการเติมเต็มข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นจากกลุ่มอื่นๆ ซึ่งกันและกันเพื่อนำมาทบทวนความคิดใหม่ สำหรับใช้ประกอบในการตัดสินใจได้อีก

6. ขั้นสรุป

ในขั้นนี้เป็นการหาข้อสรุป หรืออย่างน้อยทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ เข้าใจในสิ่งที่ควรต้องมีการปรับปรุง มีแนวคิดที่ชัดเจนขึ้น และนักเรียนได้เรียนรู้ที่จะคิด และเกิดการรู้คิด ที่สำคัญคือ ครูจะต้องไม่ลืมว่า ไม่มีคำตอบใดที่ถูกหรือผิด ใช่ว่า ใช่ว่า หรือใช้ไม่ได้ ขึ้นอยู่กับการใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ และแต่ละความคิดเห็นล้วนมีประโยชน์ซึ่งจะนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบเพิ่มเติมต่อไปได้อีก

7. ขั้นนำไปใช้

ขั้นนี้เป็นทางเลือกให้แก่ครู ที่จะขยายผลหรือทำกิจกรรมสู่นักเรียนเป็นรายบุคคลที่สนใจได้อีกเช่น ครูอาจให้นักเรียนเขียนบทความ จัดนิทรรศการเผยแพร่ความรู้ หรือร่วมรณรงค์ในเหตุการณ์ที่เป็นประเด็นทางสังคมที่ควรให้ชุมชนได้รับรู้และมีส่วนร่วม เป็นต้น

ทั้งนี้แนวการสอนชีวจริยธรรมแบบบันได 7 ขั้นสรุปได้ดังตาราง

ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน	กิจกรรมของครู	กิจกรรมของนักเรียน
1. ขั้นระบุและนำเสนอ	ครูใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นทางชีวจริยธรรม และกำหนดประเด็นทางชีวจริยธรรม	นักเรียนระบุบริบทที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางชีวจริยธรรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่ระบุให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน
2. ขั้นหาภูมิหลังของข้อมูล	ครูมอบหมายให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงของเนื้อหาสาระในประเด็นทางชีวจริยธรรมที่เกี่ยวข้องจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ	นักเรียนอ่านเรื่องหรือกิจกรรมที่ครูมอบหมายให้กำหนดหัวข้อที่จะต้องไปสืบค้นข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงในประเด็นทางชีวจริยธรรมที่เกี่ยวข้อง
3. ขั้นหาคุณค่าในตัวบุคคล	ครูให้แนวทางแก่นักเรียนในการค้นหาคุณค่าของตนเอง	นักเรียนแต่ละคนสำรวจคุณลักษณะที่เฉพาะของตนเอง ค้นหาความมีคุณค่าของตนเอง กำหนดบทบาทและการทำหน้าที่ต่าง ๆ ในกลุ่ม
4. ขั้นอภิปรายกลุ่มย่อย	ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายในกลุ่มย่อย	นักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยแสดงความคิดเห็นตามบทบาทหน้าที่ที่กำหนด และอภิปรายร่วมกัน เพื่อหาข้อสรุปของแนวคิดที่เป็นของกลุ่ม

ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน	กิจกรรมของครู	กิจกรรมของนักเรียน
5. ขั้นอภิปรายในชั้นเรียน	ครูใช้คำถามในการอภิปรายในชั้นเรียนและจัดการมอบหมายให้แต่ละกลุ่มได้ออกมานำเสนอแนวคิดที่เป็นข้อสรุปของกลุ่ม	นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานหน้าชั้นเรียน และร่วมอภิปรายในประเด็นต่างๆ
6. ขั้นสรุป	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทบทวนแนวคิดที่ได้จากการอภิปราย และลงข้อสรุปที่เป็นความคิดเห็นร่วมของนักเรียนในชั้น	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อคิดเห็นจากกลุ่มอื่นๆ มาวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจและลงความเห็นด้วยกัน
7. ขั้นนำไปใช้	ตรวจสอบกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนทำเพิ่มเติมตามความสนใจ	ทำกิจกรรมเพิ่มเติมตามความสนใจตามที่ครูมอบหมายให้

จากแนวการจัดการเรียนการสอนชีวจริยธรรมที่กล่าวมานี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการสอนเนื้อหาอื่นๆ สำหรับการสอนชีวจริยธรรมนี้จะเป็นการกระตุ้นและส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ และการคิดแบบมีเหตุผลให้นักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ที่ต้องตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสังคมและคาดหวังว่าจะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสังคมได้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2553).

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช
2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

- Helland, D.E. (2002). “What is Bioethics?”. (Online). Available : <http://uni.hi.is/vilhjarn/files/2015/02/Teaching.Bioeth.pdf>. (Retrieved 09/04/2018)
- Macer, DRJ. (2006). **A Cross Cultural Introduction to Bioethics**. Eubios Ethics Institute. (Online). Available : <http://www.eubios.info/ccib.htm> (Retrieved 08/04/2018)
- Nelson, G.M. **Teaching Bioethics**. (Online). Available : http://www.accessexcellence.org/AE/AEPC/WWC/1992/teaching_bioethics.html (Retrieved 09/04/2018)
- National Institutes of Health. (2009). **Exploring Bioethics**. (Online). Available : <https://science.education.nih.gov/supplements/ExploringBioethics.pdf>. (Retrieved 09/04/2018)

1.2 การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวิธีทางวิทยาศาสตร์ และยกตัวอย่างนักวิทยาศาสตร์ของไทยและผลงานที่ศึกษา
2. อภิปรายและระบุความสำคัญของการตั้งปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
3. ออกแบบการทดลองและทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากตัวอย่างการศึกษา

1.2.1 การศึกษาชีววิทยา

ครูอาจใช้คำถามนำในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนว่า **ชีววิทยามีความสำคัญต่อชีวิตของเราอย่างไร** โดยครูให้นักเรียนนึกถึงกิจวัตรประจำวันของนักเรียนว่าในแต่ละวันมีเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยาในด้านใดบ้างจากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนดังนี้



ให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่น่าสนใจที่นักเรียนเคยสนใจที่อยากจะเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต 1 ตัวอย่าง สิ่งนั้นศึกษาเกี่ยวกับอะไรและเกี่ยวข้องกับแขนงใดของวิชาชีววิทยา



ตัวอย่างแนวคำตอบเช่น

- การเลี้ยงกล้วยไม้: ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของกล้วยไม้ ชนิดของกล้วยไม้ วิธีการเลี้ยงดู การบำรุงรักษาให้ออกดอกสวยงาม เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจจะศึกษานี้ เกี่ยวข้องกับแขนงวิชาพฤกษศาสตร์ เกษตรศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพ
- การเลี้ยงปลาหางนกยูง: ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของปลาหางนกยูง การผสมพันธุ์ปลาเพื่อให้มีสีส้มสวยงาม การขยายพันธุ์ปลา เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจจะศึกษานี้ เกี่ยวข้องกับแขนงวิชาสัตววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ (การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์)

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปถึงสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต อาจพบว่ามีหลากหลาย ซึ่งความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตนั้น เป็นพื้นฐานในการนำไปสู่การศึกษาชีววิทยาได้หลากหลายแขนงในเวลาต่อมา ความรู้ดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยเฉพาะมนุษย์

1.2.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ครูอาจใช้คำถามว่า การศึกษาชีววิทยาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของทุกคนจริงหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการที่นักชีววิทยา นักเรียน นักศึกษา บุคคลทั่วไปที่สนใจทางด้านชีววิทยาใช้ในการศึกษาชีววิทยาในแขนงต่าง ๆ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ซึ่งประกอบด้วย การสังเกต (observation) การตั้งสมมติฐาน (hypothesis) การตรวจสอบสมมติฐาน (hypothesis testing) การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล (data collection and analysis) และการสรุปผล (conclusion)

การสังเกต

ครูให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการทำงานและลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ และเน้นให้นักเรียนได้ทราบว่าการเป็นคนช่างสังเกตช่วยให้นักเรียนเก็บข้อมูลได้ละเอียดและมีความรอบคอบ สามารถตั้งคำถามได้รัดกุม แล้วให้นักเรียนสังเกตลักษณะของสิ่งมีชีวิตตามกิจกรรม 1.4

ครูชี้แจงว่าถ้านักเรียนอยากทราบว่าตนเองเป็นคนช่างสังเกตมากน้อยแค่ไหน จะทราบได้โดยการทำกิจกรรม 1.4 นี้



กิจกรรม 1.4 การสังเกตและการตั้งคำถาม

จุดประสงค์

1. สังเกตและบันทึกเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งมีชีวิต
2. ตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสังเกต
3. เปรียบเทียบข้อมูลและคำถามของนักเรียนกับเพื่อน

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกสังเกตสิ่งมีชีวิตจากรูปที่กำหนด ก. ข. และ ค. แล้วให้นักเรียนทำตามขั้นตอนในกิจกรรมดังนี้
 - สังเกตลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาให้มากที่สุด แล้วบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ภายในเวลา 5 นาที (ครูอาจจับเวลาให้เริ่มสังเกตได้พร้อมๆ กันทุกกลุ่ม)
 - เขียนคำถามอย่างน้อย 2-3 ข้อ เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้

2. ครูให้นักเรียนกลุ่มที่เลือกศึกษารูปที่เหมือนกันมารวมกลุ่มกัน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลและคำถามที่ได้จากการสังเกตของนักเรียนกับข้อมูลและคำถามของเพื่อนนักเรียนคนอื่น แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? ข้อมูลที่นักเรียนบันทึกได้จากการสังเกต เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับคนอื่น ๆ แล้วมีข้อมูลละเอียด ครบถ้วนหรือไม่ อย่างไร

 นักเรียนบางคนอาจบันทึกได้ละเอียดครบถ้วน บางคนอาจบันทึกไม่ครบถ้วน

? คำถามที่นักเรียนตั้งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อน ๆ แล้วเป็นอย่างไร

 คำถามบางคำถามอาจนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่น่าสนใจ บางคำถามอาจไม่น่าสนใจ



ลองทำดู

? ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล การค้นพบและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ไทย ที่เป็นผลมาจากการสังเกตและตั้งคำถามมาอย่างน้อย 1 ผลงาน

 ตัวอย่างการค้นพบและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ไทย ที่เป็นผลมาจากการสังเกตและตั้งคำถาม เช่น

ศ.ภญ.ดร.กฤษณา ไกรสินธุ์ (เภสัชกรยิปซี)

ผู้คิดค้นยา “GPO-VIR” ซึ่งเป็นการรวมตัวยารักษาโรคเอดส์ 3 ชนิดในเม็ดเดียวเป็นครั้งแรกของโลก โดยจุดเริ่มต้นของการคิดค้นยาชนิดนี้มาจากการสังเกตและตั้งคำถามที่ว่า “คนเป็นโรคเอดส์ ต้องกินยาเยอะมาก แล้วต้องกินตรงเวลา อย่างเช่น กินทุก 12 ชั่วโมง คือ 12 ชั่วโมงเป๊ะๆ ไม่ได้มีกินก่อนอาหาร หลังอาหารแบบยาทั่วไป ทำให้ผู้ป่วยมีค่าใช้จ่ายในการรักษาสูงมาก อีกทั้งยังมีปัญหาลืมกินยา กินยาไม่ครบอยู่บ่อยๆ ทำให้เชื้อดื้อยาและต้องขยับไปใช้ยาที่ราคาแพงขึ้นอยู่เรื่อย ๆ ถ้าหากเราสามารถรวมยาเอดส์หลาย ๆ ตัวไว้ในเม็ดเดียวได้ ปัญหานี้ก็จะหมดไป แต่ความยากอยู่ที่ทำอย่างไร ให้ยาเอดส์ทั้ง 3 ตัว อยู่ด้วยกันได้ โดยไม่มีปัญหาเรื่องความไม่เข้ากันของยา และยังคงประสิทธิภาพและประสิทธิผลไม่ต่างจากการทานยาทั้ง 3 ชนิด แยกกัน”

ประวัติและผลงานของ ศ.ภญ.ดร.กฤษณา ไกรสินธุ์

ศ.ภญ.ดร.กฤษณา ไกรสินธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2495 ที่ อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี ครอบครัวค่อนข้างมีฐานะ คุณพ่อของอาจารย์เป็นคุณหมอ ส่วนคุณแม่เป็นพยาบาล ส่วนญาติๆ ทำธุรกิจโรงแรมที่เกาะสมุย

- **การศึกษา :** จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชินี จากนั้นศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาที่ คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาเภสัชวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยสตรัคไคลด์ (Strathclyde) และปริญญาเอก สาขาเภสัชเคมี มหาวิทยาลัยบาธ (Bath) ประเทศสหราชอาณาจักร
- **การทำงาน :** หลังเรียนจบได้ทำงานเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาเภสัชเคมี ในปีต่อมาลาออกจากการเป็นอาจารย์ แล้วสมัครเข้ามาทำงานที่องค์การเภสัชกรรม เนื่องจากเห็นว่าหากทำงานด้านวิจัยยา จะสามารถช่วยผู้คนได้มากกว่า และเนื่องจากปี พ.ศ. 2535 จำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์ในไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สนใจศึกษาวิจัยยาต้านไวรัสเอดส์ หลังจากความพยายาม 3 ปี ในปี พ.ศ. 2538 ก็ประสบความสำเร็จในการผลิตยาสามัญ “ZIDOVUDINE” หรือ azidothymidine (AZT) ที่เป็นยาต้านไวรัสเอดส์ได้เป็นครั้งแรกของโลก หลังจากนั้นได้วิจัยต่อยอดยาอีกหลายชนิด แต่ที่ประสบความสำเร็จและดังมากที่สุดคือ “GPO-VIR” ซึ่งเป็นการรวมตัวยารักษาโรคเอดส์ 3 ชนิดในเม็ดเดียวเป็นครั้งแรกของโลก

(ที่มา: <https://www.tobepharmacist.com>)

หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรม 1.4 เสร็จแล้ว ครูควรยกย่องชมเชยนักเรียนที่สามารถบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้อย่างละเอียดและสร้างสรรค์หรือบันทึกลักษณะที่ผู้อื่นสังเกตไม่เห็น และเน้นให้นักเรียนทั้งหมดตระหนักว่าการสังเกตเป็นทักษะที่สำคัญนำไปสู่การค้นพบปัญหาและการรวบรวมข้อมูล ดังนั้นนักเรียนจึงควรฝึกให้เป็นคนช่างสังเกต สนใจธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว

จากนั้นครูจึงยกตัวอย่างการค้นพบยาเพนิซิลลิน ยาปฏิชีวนะชนิดแรกของโลก ซึ่งได้มาจากการเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างวิเคราะห์ และความอยากรู้อยากเห็นของอเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง นักจุลชีววิทยาชาวอังกฤษ โดยชี้ให้เห็นว่าการค้นพบนี้เป็นการค้นพบโดยบังเอิญ แต่ก่อให้เกิดคุณประโยชน์อย่างมหาศาล

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปว่าปัญหาได้มาอย่างไร ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ได้มาจากการสังเกต ปรากฏการณ์และความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายและตอบคำถามเกี่ยวกับ คำกล่าวของแอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ที่กล่าวว่า “การตั้งปัญหาย่อมสำคัญกว่าการแก้ปัญหา ส่วนการตั้งปัญหาใหม่ๆ และการกำหนดแนวทางที่อาจเป็นไปได้จากปัญหาเก่าๆ ในทักษะใหม่มัมน้อยกว่าความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งถือว่าเป็นความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง” แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

 จากตัวอย่างการค้นพบเชื้อราเพนิซิลเลียมของเฟลมมิง นักเรียนคิดว่าเฟลมมิงมีสมบัติของนักวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง

 การเป็นคนช่างสังเกต สามารถค้นพบปัญหา ซึ่งนำไปสู่การค้นหาคำตอบของปัญหา

 นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวของไอน์สไตน์หรือไม่ เพราะเหตุใด

 ควรให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ โดยควรให้เหตุผลทางวิชาการมาสนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียน

ครูให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามต่อไป โดยให้ทำกิจกรรม 1.5 ดังนี้



กิจกรรม 1.5 การตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

จุดประสงค์

ตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

แนวการจัดกิจกรรม

ในกิจกรรมนี้ได้กำหนดสถานการณ์ที่เป็นการทดลองมาให้ เพื่อต้องการให้นักเรียนวิเคราะห์ เปรียบเทียบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำสับปะรดและน้ำเชื่อมที่นักเรียนสองคนบรรจุไว้ในขวดคนละ ใบ ใบที่หนึ่งมีฟองอากาศเกิดมากกว่าอีกใบหนึ่งและมีกลิ่นแอลกอฮอล์มากกว่าด้วย เนื่องจากในน้ำสับปะรดมีเอนไซม์ช่วยสลายน้ำตาลในน้ำสับปะรด ทำให้เกิดแก๊ส CO_2 และแอลกอฮอล์

ครูควรถามเพื่อให้นักเรียนทราบประเด็นปัญหาของสถานการณ์ คือ ขวดบรรจุของเหลวทั้ง 2 ใบ เกิดปริมาณแก๊ส CO_2 และแอลกอฮอล์ไม่เท่ากัน แล้วให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

? จากสถานการณ์ที่เป็นปัญหานี้ นักเรียนคิดว่าคำถามที่อาจเป็นไปได้มีอะไรบ้าง



คำถามที่อาจเป็นไปได้ คือ

1. อุณหภูมิของสถานที่เก็บมีผลต่อการสลายน้ำตาลของเอนไซม์หรือไม่
2. ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของเอนไซม์หรือไม่
3. ปริมาณน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของเอนไซม์หรือไม่
4. ปริมาตรอากาศในขวดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของเอนไซม์หรือไม่
5. ปริมาณเอนไซม์ในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของเอนไซม์หรือไม่

ครูควรชี้แจงให้เห็นว่าหลังจากเก็บข้อมูลเพิ่มเติม นักเรียนทั้งสองคนพบว่าขวดน้ำสับปะรดทั้งสองขวดตั้งอยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิเท่ากัน มีขนาดขวดและรูปร่างของขวดเหมือนกัน ดังนั้นนักเรียน จึงอาจตัดคำถามเรื่องอุณหภูมิและปริมาตรของอากาศในขวดออกไปแล้วตอบคำถาม

? ถ้ามีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมและพบว่า ขวดน้ำสับปะรดทั้ง 2 ขวด ตั้งอยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิเท่ากัน ขนาดของขวด และรูปร่างของขวดเหมือนกันทุกประการ นักเรียนคิดว่าข้อมูลเพียงพอที่จะตั้งคำถามชัดเจนแล้วหรือไม่ ถ้ายังไม่ชัดเจนนักเรียนควรหาข้อมูลเพิ่มเติม แต่ถ้านักเรียนคิดว่าสามารถตั้งคำถามได้ชัดเจนแล้ว จงระบุคำถามว่า คำถามมีอะไรบ้าง

 คำถามอาจเกี่ยวข้องกับ

1. ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำสับปะรดผสมน้ำเชื่อม
2. ปริมาณยีสต์ในน้ำสับปะรด
3. พันธุ์ของสับปะรด
4. อายุของผลสับปะรด
5. สถานที่ปลูกสับปะรด



ลองทำดู

? ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์จริงที่เกี่ยวกับชีววิทยา แล้ววิเคราะห์ว่าจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหานี้ นักเรียนคิดว่าคำถามที่อาจเป็นไปได้มีอะไรบ้าง ตั้งคำถามมาอย่างน้อยคนละ 2 คำถาม

 ยกตัวอย่างสถานการณ์จริงที่เกี่ยวกับชีววิทยา เช่น บุชบาเตรียมตัวอย่างหนักที่จะต้องสอบปลายภาคเพื่อให้ได้คะแนนที่ดี และเก็บสะสมคะแนนเอาไว้สำหรับการเข้าเรียนต่อในระดับมหาวิทยาลัย โดยในแต่ละวันหลังจากที่เรียนในชั้นเรียนปกติแล้ว เธอยังต้องไปเรียนพิเศษเพิ่มเติมในวิชาต่าง ๆ อีกหลายวิชา เมื่อกลับมาถึงบ้านเธอก็ใช้เวลาในตอนค่ำโหมอ่านและทบทวนบทเรียนต่าง ๆ เธอทำเช่นนี้เป็นเวลากว่า 1 เดือนก่อนที่จะถึงวันสอบ เพื่อน ๆ ต่างก็สงสัยว่าเธอทำได้อย่างไร เธอให้คำตอบแก่เพื่อน ๆ ว่า เธอต้องดื่มกาแฟอย่างน้อยวันละ 4 แก้ว โดยเธอเชื่อว่าคาเฟอีนในกาแฟเป็นตัวทำให้เธอเกิดความตื่นตัวและกระชุ่มกระชวย เมื่อวันสอบปลายภาคมาถึง บุชบาได้เข้าห้องสอบด้วยความมั่นใจ และเมื่อเริ่มสอบวิชาแรกผ่านไป เธอทำข้อสอบได้ดี แต่หลังจากที่สอบวิชาต่อมาอีกหลายวิชา เธอเริ่มมีอาการเบลอปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก จนไม่สามารถทำข้อสอบต่อไปได้

คำถามที่เกี่ยวกับสถานการณ์จริงนี้ เช่น

- อาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกนี้มีผลมาจากการดื่มกาแฟหรือไม่
- คาเฟอีนในกาแฟมีผลต่อการทำงานของสมองหรือไม่
- บุชบาดื่มเครื่องดื่มอย่างอื่นนอกเหนือจากกาแฟอีกหรือไม่
- บุชบามีโรคประจำตัวอะไรบ้างที่เมื่อได้รับสารคาเฟอีนเข้าไปจึงออกฤทธิ์ทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก
- การดื่มกาแฟในปริมาณมากต่อวันต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนานทำให้นอนไม่หลับจึงส่งผลทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกหรือไม่
- ฯลฯ

การตั้งสมมติฐาน

ครูให้นักเรียนทบทวนความหมายของสมมติฐานซึ่งนักเรียนคงทราบแล้วว่า สมมติฐานคือคำตอบที่อาจเป็นไปได้ของคำถามหรือปัญหา ดังนั้นการตั้งสมมติฐานจึงต้องยึดปัญหาและข้อเท็จจริงเป็นหลัก ปัญหาหนึ่งปัญหาอาจมีคำตอบได้หลายแนวทาง ดังนั้นจึงอาจมีสมมติฐานได้หลายข้อ เป็นการฝึกให้นักเรียนมีใจกว้าง รอบคอบ สุขุม ไม่รีบตัดสินใจว่าสมมติฐานแรกเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ในหัวข้อนี้ต้องการให้นักเรียนฝึกกำหนดปัญหาให้ชัดเจนจากข้อมูลที่กำหนดให้แล้วจึงฝึกตั้งสมมติฐาน โดยใช้ คำว่า ถ้า ดังนั้น.....

เมื่อให้นักเรียนสังเกตปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วจึงให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร และควรตั้งสมมติฐานอย่างไร



เมื่อนักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลแล้วพบว่าความชื้นและธาตุอาหารในดินไม่น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นนักเรียนควรมุ่งประเด็นไปที่ปริมาณแสง

ปัญหาจึงควรเป็นดังนี้

ความเข้มของแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่

สมมติฐาน ควรเป็นดังที่ปรากฏจากข้อมูลในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถาม



จงวิเคราะห์สมมติฐานของนักเรียนทั้ง 2 คนว่าถูกต้องหรือไม่ และมีข้อแตกต่างกันอย่างไร ถูกต้อง เพราะสมมติฐานของนักเรียนทั้ง 2 คนในส่วนที่เป็น **ตั้ง** นั้น จะแนะแนวทางในการออกแบบการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งให้พืชเจริญเติบโตในที่แจ้ง อีกกลุ่มให้พืชเจริญเติบโตในที่ร่ม ส่วนที่แตกต่างกัน คือ นักเรียนคนแรกไม่ได้ระบุนิยามปฏิบัติการของการเจริญเติบโตของพืชว่าจะวัดจากความสูง หรือความอวบ หรือจำนวนใบ หรือน้ำหนักแห้ง ส่วนสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ระบุนิยามปฏิบัติการของการเจริญเติบโตว่าจะวัดจากความสูง ดังนั้น สมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ชี้แนะวิธีวัดผลการทดลองด้วย

ครูควรเน้นให้นักเรียนทราบว่าการตั้งสมมติฐานที่ดีจะช่วยแนะแนวทางในการตรวจสอบสมมติฐานและวิธีวัดผลการทดลอง

ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่านักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานได้ดี โดยปฏิบัติตามกิจกรรม 1.6



กิจกรรม 1.6 การตั้งสมมติฐาน

จุดประสงค์

ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดขึ้น

แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนใช้ตัวอย่างปัญหาที่นักเรียนได้ตั้งขึ้นมาจากการทำกิจกรรม 1.5 ที่ผ่านมาเพื่อกำหนดเป็นสมมติฐาน ซึ่งตัวอย่างการตั้งสมมติฐานมีดังนี้

ตัวอย่าง

ปัญหาที่ 1 : ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์หรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์ ดังนั้นในน้ำสับปะรดที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงจะเกิดแก๊ส CO_2 มากกว่าในน้ำสับปะรดที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำ

ปัญหาที่ 2 : ปริมาณยีสต์ในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์หรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าปริมาณยีสต์ในน้ำสับปะรดมีผลต่อการสลายน้ำตาล **ดังนั้น** ในน้ำสับปะรดที่มีปริมาณยีสต์มาก ย่อมเกิดแก๊ส CO_2 มากกว่าในน้ำสับปะรดที่มีปริมาณยีสต์น้อย

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายและตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? สมมติฐานมีความสำคัญในการแก้ข้อสงสัยทางวิทยาศาสตร์อย่างไร

 สมมติฐานมีความสำคัญในการแก้ข้อสงสัยทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ เป็นคำตอบที่คาดคะเนว่าน่าจะเป็นคำตอบของปัญหาที่สงสัย ส่วนจะใช้คำตอบที่แท้จริงหรือไม่ จะต้องผ่านการตรวจสอบอย่างรอบคอบ



ลองทำดู

? ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์จริงที่เกี่ยวกับชีววิทยาจากลองทำดูในกิจกรรม 1.5 มาอย่างน้อย 2 สมมติฐาน

 ตัวอย่างสมมติฐานที่ตั้งขึ้นมาจากคำถามในลองทำดูของกิจกรรม 1.5 มีดังนี้

ปัญหา : อาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกนี้มีผลมาจากการดื่มกาแฟหรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกนี้มีผลมาจากการดื่มกาแฟ **ดังนั้น** ในกาแฟต้องมีสารบางอย่างที่ออกฤทธิ์ทำให้เกิดอาการดังกล่าว

หรือ : ถ้าอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกนี้มีผลมาจากการดื่มกาแฟ **ดังนั้น** ผู้ที่ดื่มกาแฟในปริมาณมากต้องมีอาการดังกล่าวนี้มากกว่าผู้ที่ดื่มกาแฟในปริมาณที่น้อย

ปัญหา : คาเฟอีนในกาแฟมีผลต่อการทำงานของสมองหรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าคาเฟอีนในกาแฟมีผลต่อการทำงานของสมอง **ดังนั้น** ผู้ที่เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น และตื่นตระหนกเป็นผลมาจากคาเฟอีนที่มีอยู่ในกาแฟ

ปัญหา : บุชบาต้มน้ำร้อนอย่างอื่นนอกเหนือจากกาแฟอีกหรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าบุชบาต้มน้ำร้อนอย่างอื่นนอกเหนือจากกาแฟ ซึ่งเครื่องต้มนั้น ๆ มีสารคาเฟอีนอยู่ด้วย **ดังนั้น** ปริมาณคาเฟอีนที่บุชบาได้รับต่อวันจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นและส่งผลทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก

ปัญหา : บุชบาที่มีโรคประจำตัวอะไรบ้างที่เมื่อได้รับสารคาเฟอีนเข้าไปจึงออกฤทธิ์ทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก

สมมติฐาน : ถ้าบุชบาที่มีโรคหัวใจเป็นโรคประจำตัว **ดังนั้น** การเกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก จึงเป็นผลมาจากสารคาเฟอีนที่ไปออกฤทธิ์ต่อการทำงานของหัวใจด้วย

ปัญหา : การต้มน้ำร้อนในปริมาณมากต่อวันต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนานทำให้นอนไม่หลับ ส่งผลทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนกหรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าต้มน้ำร้อนในปริมาณมากต่อวันเป็นเวลายาวนานทำให้เกิดอาการเบลอ ปวดหัว ตัวสั่น ตื่นตระหนก **ดังนั้น** การนอนไม่หลับจึงเป็นผลมาจากการต้มน้ำร้อน ฯลฯ

การตรวจสอบสมมติฐาน

ครูควรให้นักเรียนสืบค้นและอภิปรายข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน ซึ่งมีได้หลายวิธี เช่น การสังเกต การตอบแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสำรวจ การทดลอง เป็นต้น

ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าการตรวจสอบสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ควรใช้วิธีใด ซึ่งนักเรียนควรเลือกใช้วิธีการทดลองที่มีการควบคุม เพราะสามารถควบคุมตัวแปรได้ ซึ่งทำให้ได้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ จากนั้นจึงให้นักเรียนศึกษาข้อมูลการดำเนินการทดลองจากหนังสือเรียนแล้วตอบคำถามซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



จากการทดลองนี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ควบคุม คืออะไร



ตัวแปรต้น คือ ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่แตกต่างกัน

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

ตัวแปรที่ควบคุม คือ ปริมาณของยีสต์ ปริมาณน้ำสับปะรด ขนาดของขวดรูปชมพู่ อุณหภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับบันทึกผลการทดลองและการเก็บข้อมูล ซึ่งอาจจัดกระทำข้อมูลได้หลายแบบ เช่น การเขียนเป็นตารางหรือกราฟ เป็นต้น ซึ่งต้องสอดคล้องกับผลการทดลอง และข้อมูลจากตัวอย่างในหนังสือเรียนได้เลือกบันทึกลงในตาราง จากนั้นฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล โดยตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



นักเรียนจะอธิบายผลการทดลองนี้อย่างไร



เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำสับประรดเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊ส CO_2 จะมากขึ้น



ผลการทดลองนี้เชื่อถือได้หรือไม่ อย่างไร



น่าจะเชื่อถือได้ เพราะได้ทดลองถึง 3 ครั้ง



เพราะเหตุใดจึงทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จงอธิบาย



เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จะต้องทำการทดลองหลายๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากผลการทดลองแต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของการวัด



ถ้าทำการทดลองอีกครั้ง ข้อมูลจะเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร



อาจไม่เหมือนเดิม เพราะเป็นการทดลองคนละครั้งอาจมีการคลาดเคลื่อนจากการวัด การสังเกต แต่ควรได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน



ขั้นตอนใดในการทดลองนี้น่าจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนและควรแก้ไขอย่างไร



การชั่งยีสต์ และน้ำตาล อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ควรแก้ไขโดยใช้เครื่องชั่งเครื่องเดียวกัน ผู้ชั่งคนเดียวกัน หรือการปิดฝาจุกถ้าปิดไม่แน่น แก๊สที่เกิดขึ้นอาจรั่วไปได้ อาจแก้ไขโดยใช้วาสลินทารอบๆ จุกยางบริเวณปากขวดรูปชมพู่ และหลอตนํ้าแก๊สบริเวณปากขวดรูปชมพู่ เพื่อไม่ให้แก๊สรั่วออกมา

การสรุปผลการทดลอง

ครูให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการสรุปผลการทดลอง โดยยึดความสอดคล้องกับสมมติฐานเป็นหลัก แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การสรุปเช่นนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่



สอดคล้องกัน



ผลการทดลองจำเป็นต้องสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้เสมอไปหรือไม่



ผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจจะสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน



ถ้าผลการทดลองไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ นักเรียนควรจะดำเนินการอย่างไร



พิจารณาหาข้อผิดพลาดแล้วดำเนินการทดลองซ้ำ ถ้าทดลองซ้ำหลายครั้งผลการทดลองไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ควรตั้งสมมติฐานใหม่ และดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานอีกครั้ง

หลังจากที่นักเรียนทราบถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาชีววิทยาแล้ว ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.7 เพื่อทบทวนความรู้ที่เรียนมาแล้วดังนี้



กิจกรรม 1.7 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการรายงานผลการทดลอง

จุดประสงค์

ฝึกทักษะการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการรายงานผลการทดลอง

แนวการจัดกิจกรรม

ครูนำอภิปรายให้นักเรียนสรุปขั้นตอนในการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ และมุ่งใจให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแบบเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ นับตั้งแต่การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองและการดำเนินการทดลอง และการสรุปผล กำหนดเวลานัดหมายให้แต่ละกลุ่มนำผลการทดลองเสนอต่อชั้นเรียน แล้วตอบคำถาม

ตัวอย่างในการศึกษา เช่น

ปัญหา : อุณหภูมิมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์ในน้ำสับปะรดหรือไม่

สมมติฐาน : ถ้าอุณหภูมิมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์ในน้ำสับปะรด **ดังนั้น**อุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อปริมาณแก๊ส CO_2 ที่ได้จากการสลายน้ำตาลของยีสต์แตกต่างกัน

การออกแบบการทดลอง

1. ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน
2. ตัวแปรตาม คือ ปริมาณแก๊ส CO_2
3. ตัวแปรที่ควบคุม คือ
 - ขนาดของขวดรูปชมพู่
 - ปริมาณน้ำสับปะรด
 - ปริมาณยีสต์

การดำเนินการทดลอง

1. ปอกสับปะรดหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ คั้นเอาแต่น้ำสับปะรด
2. ตวงน้ำสับปะรด 10 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL ทำเช่นเดียวกันนี้ 3 ขวด
3. ชั่งยีสต์ 2.5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ในข้อ 2 ทั้ง 3 ขวด
4. นำชุดที่ 1 ไปแช่ในบีกเกอร์ที่ปรับอุณหภูมิเป็น 0°C
ชุดที่ 2 ไปแช่ในบีกเกอร์ที่ปรับอุณหภูมิเป็น 25°C
ชุดที่ 3 ไปแช่ในบีกเกอร์ที่ปรับอุณหภูมิเป็น 40°C
5. แต่ละชุดปิดด้วยจุกยางที่มีหลอดนำแก๊สเสียบอยู่ เพื่อเก็บแก๊สโดยการแทนที่น้ำ
6. ตั้งชุดการทดลองไว้ประมาณ 10 นาที สังเกตปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น
7. ทำการทดลองข้อ 2- 6 ซ้ำ อีก 2 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

ตารางบันทึกผลการทดลอง

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ปริมาณแก๊ส CO_2 ที่เกิดขึ้น (mL)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	0.3	0.4	0.3	0.33
25	1.5	1.5	1	1.33
40	2.2	2.3	2.1	2.20

สรุปผลการทดลอง

อุณหภูมิมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์ในน้ำสับปะรด
สำหรับคำถามท้ายกิจกรรม ควรมีแนวการตอบดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? จากผลการทดลองของนักเรียนและผลการทดลองของเพื่อน จะสรุปได้อย่างไร

 อุณหภูมิมีผลต่อการสลายน้ำตาลของยีสต์ในน้ำสับปะรด

? จากการทดลองนี้ น่าจะศึกษาในเรื่องใดเพิ่มเติมอีกบ้าง

 ให้นักเรียนตอบอย่างอิสระแต่ครูควรพิจารณาว่าสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับปัญหาเดิมหรือไม่ อย่างไร

ข้อเสนอแนะ : ถ้านักเรียนสนใจปัญหาอื่นและต้องการศึกษาปัญหานั้น ๆ ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบตามที่สนใจ



ลองทำดู

? ถ้าหากการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลที่ไม่เหมือนกัน นักเรียนจะหาสาเหตุและรายงานผลการทดลองในประเด็นใดบ้าง

 ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน อาจมาจากสาเหตุดังนี้

1. เกิดจากการกำหนดปัญหา และสมมติฐานไม่ตรงกับประเด็นที่ศึกษา
2. ออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลองไม่สอดคล้องกับปัญหาและสมมติฐานที่ตั้งไว้

หลังจากทำกิจกรรม 1.7 แล้ว ครูควรให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าการตรวจสอบสมมติฐานอาจทำโดยผู้ตรวจสอบคนเดียวหรือหลายคนก็ได้ ถ้าความรู้ที่ได้ค้นพบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางก็สามารถนำไปตั้งเป็นทฤษฎีได้ เช่น ทฤษฎีเซลล์ หรือถ้าความรู้ที่ได้รับเป็นความจริงก็นำไปตั้งเป็นกฎได้ เช่น กฎของเมนเดล ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

ครูควรให้นักเรียนร่วมกันสรุปว่าการศึกษาชีววิทยาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความรู้ และส่วนที่เป็นกระบวนการที่ใช้ในการศึกษา จากนั้นจึงให้นักเรียนคิดวิเคราะห์แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

 จากกิจกรรม 1.5 นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าส่วนใดบ้างที่จัดว่าเป็นความรู้และส่วนใดบ้างที่จัดว่าเป็น กระบวนการ

 ส่วนที่เป็นความรู้จากกิจกรรม 1.5 พบว่าการสลายน้ำตาลของยีสต์จะได้แอลกอฮอล์ ส่วนที่เป็นกระบวนการ คือ การตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบสมมติฐาน การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง ซึ่งในหัวข้อนี้ครูควรอธิบายให้นักเรียนทราบเพิ่มเติมว่า ความรู้ที่ได้จากการทดลองยังต้องผ่านการตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่าน จนกระทั่งได้ข้อสรุปที่เป็นหลักการเดียวกัน ความรู้ส่วนนี้จึงสามารถนำไปตั้งเป็นกฎ และทฤษฎี เช่น กฎของเมนเดล และทฤษฎีเซลล์ เป็นต้น

 สมมติฐานต่างจากทฤษฎีอย่างไร

 สมมติฐานเป็นคำตอบที่คาดคะเนไว้ยังไม่ได้ตรวจสอบ ส่วนทฤษฎีคือสมมติฐานที่ได้ผ่านการตรวจสอบแล้วหลายครั้งว่าเป็นจริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง

หลังจากนั้นครูควรชี้ให้เห็นประโยชน์ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีประโยชน์ต่อตัวนักเรียน ประเทศชาติ และมวลมนุษยชาติ

นอกจากนี้ครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการศึกษาทางชีววิทยา นอกจากจะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนต้องมีความเข้าใจและตระหนักในธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ดังที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายได้ศึกษาและมีผลงานประจักษ์ วิธีการหนึ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การให้นักเรียนศึกษาประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ แล้วร่วมกันวิเคราะห์ และอภิปรายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในประวัติการศึกษานั้น ซึ่งครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.8 เพื่อศึกษากรณีตัวอย่างการศึกษาทางชีววิทยาจากการค้นพบของ โรบิน วอร์เรน และ แบร์รี มาร์แชล ต่อไป



กิจกรรม 1.8 การศึกษาการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จากกรณีศึกษา การค้นพบแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุหนึ่งของโรคระเพาะอาหาร

จุดประสงค์

วิเคราะห์วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จากกรณีศึกษาที่กำหนดให้

แนวการจัดกิจกรรม

ครูควรให้นักเรียนอ่านบทความจากกิจกรรมเกี่ยวกับประวัติการค้นพบของ โรบิน วอร์เรน และ แบร์รี มาร์แชล จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ และอภิปรายในประเด็นต่างๆ ดังนี้

? ข้อมูลจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งสามารถส่งผลต่อการตั้งคำถามของนักวิทยาศาสตร์ อีกคนหนึ่งได้อย่างไร

 การค้นพบแบคทีเรียที่อาศัยในกระเพาะอาหารจากการศึกษาของวอร์เรน ทำให้มาร์แชลสนใจ และตั้งคำถามต่อว่า “แบคทีเรียเหล่านั้นเข้าไปอาศัยในกระเพาะอาหารได้อย่างไร”

? ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการตั้งคำถามของนักวิทยาศาสตร์อย่างไร

 การตั้งคำถามของนักวิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนการค้นพบของวอร์เรนและมาร์แชล ระบุว่าสภาพที่เป็นกรดในกระเพาะอาหารไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ นำไปสู่การตั้งคำถามว่า แบคทีเรีย *Helicobacter pylori* อาศัยอยู่ในกระเพาะอาหารได้อย่างไร

? จากการศึกษาของมาร์แชลที่พบว่าผู้ป่วยที่มีแผลในกระเพาะอาหาร ร้อยละ 77 และผู้ป่วยที่มีแผลในลำไส้เล็กตอนต้น มีแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ในกระเพาะอาหาร นำไปสู่การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้อย่างไร

 สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้คือ

“ถ้าแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* มีบทบาทในการก่อโรคระเพาะอาหาร ดังนั้นเมื่อมนุษย์ได้รับ แบคทีเรีย *Helicobacter pylori* และเกิดการติดเชื้อ มนุษย์คนนั้นจะเกิดอาการของโรคระเพาะอาหาร” และ

“ถ้ารักษาผู้ป่วยโรคระเพาะอาหารด้วยยาปฏิชีวนะซึ่งออกฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ดังนั้นผู้ป่วยจะหายขาดจากโรคระเพาะอาหาร”

? การศึกษาของมาร์แชลแสดงให้เห็นถึงการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ อย่างไร

 ในการศึกษาในช่วงแรก มาร์แชลใช้วิธีการที่หลากหลาย ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ มีการตรวจเนื้อเยื่อ การสัมภาษณ์สืบทายผู้ป่วย นำข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้มาวิเคราะห์ในเชิงสถิติ และนำข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ประวัติการทำฟัน มาใช้เพื่อการอธิบายสาเหตุที่เป็นไปได้ในการรับแบคทีเรียของผู้ป่วย

? มาร์แชลมีวิธีการอย่างไรในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ว่า “ถ้ารักษาผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหารอักเสบด้วยยาปฏิชีวนะซึ่งออกฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรีย *H. pylori* ผู้ป่วยจะหายขาดจากโรคดังกล่าว”

 มาร์แชล วิเคราะห์ข้อมูลการตรวจซ้ำผู้ป่วยที่หายจากอาการของโรค เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน 6 เดือน และ 12 เดือน เพื่อศึกษาว่าผู้ป่วยกลับมาเป็นโรคอีกครั้งหรือไม่โดยวิเคราะห์เป็นร้อยละของผู้ป่วยที่กลับมาเป็นโรคอีกครั้ง การวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทำให้สมมติฐานดังกล่าวได้รับการยอมรับในที่สุด

? จากการศึกษาของ วอร์เรน และ มาร์แชล ส่งผลให้ความรู้เดิมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

 ผลการศึกษาของวอร์เรน และมาร์แชล ส่งผลให้ความรู้เดิมเกี่ยวกับสาเหตุของโรคกระเพาะอาหารเปลี่ยนแปลงไป จากที่เชื่อว่า ความเครียด และรูปแบบการดำรงชีวิตของคนเป็นสาเหตุหลักของการเป็นโรค ในที่สุดมีการยอมรับว่า แบคทีเรีย *Helicobacter pylori* นั้นมีบทบาทสำคัญในการก่อโรค



ลองทำดู

? ให้นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับชีวจริยธรรมมาใช้อภิปรายเกี่ยวกับกรณีที่มาร์แชลใช้ตนเองเป็นผู้ทดลองว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

 สำหรับคำตอบที่นักเรียนควรจะอภิปรายได้ก็คือว่า กรณีที่มาร์แชลใช้ตนเองเป็นผู้ทดลองนั้น ตามหลักชีวจริยธรรมแล้วไม่ควรทำ เนื่องจากมนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างจากสัตว์ที่มีพัฒนาการด้านต่าง ๆ สูง มีวัฏจักรชีวิตที่ยาวนาน รวมทั้งมีองค์ประกอบด้านอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น สังคม ศาสนา และวัฒนธรรม ปกติการทดลองกับสิ่งมีชีวิตจะนิยมใช้ทดลองกับสัตว์ขนาดเล็กที่มีวัฏจักรชีวิตที่สั้น เช่น พวกรูหนู กระต่าย เป็นต้น ก่อนที่จะมีการทดลองในลิงเพื่อยืนยันถึงผลที่ได้แล้วนำไปสู่การทดลองในมนุษย์ในภายหลัง

หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ครูควรให้นักเรียนร่วมกันสรุปอีกครั้งหนึ่งว่าการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือชีววิทยา นอกจากต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) แล้ว ยังต้องมีความเข้าใจและตระหนักในธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ว่าสามารถเปลี่ยนแปลงได้และผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ต่อไป

จากนั้นครูนำเข้าสู่หัวข้อต่อไป โดยชี้ให้นักเรียนเห็นว่านักเรียนสามารถนำวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาในการทำโครงงานในวิชาต่าง ๆ ได้ เพื่อฝึกกระบวนการคิด การวางแผนในการทำงานและการแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ การดำรงชีวิต และการพัฒนาประเทศชาติได้ต่อไปในอนาคต

1.3 กิจกรรมส่งเสริมศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและบอกความสำคัญของสะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
2. เปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. ออกแบบกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการยกตัวอย่างการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าในบางครั้งสิ่งที่ต้องการจะศึกษาไม่ได้ใช้ความรู้ทางสาขาใดเพียงแขนงเดียวแต่มักจะเกี่ยวข้องกับความรู้ในแขนงอื่น ๆ ด้วย เช่น คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น ในปัจจุบันนี้มีแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ในด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง จากนั้นนำเข้าสู่หัวข้อสะเต็มศึกษา

1.3.1 สะเต็มศึกษาคืออะไร

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) แก่นักเรียนว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิด โดยเฉพาะทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดแก้ปัญหา และทักษะการคิดสร้างสรรค์ผ่านการทำกิจกรรม ที่มีจุดเริ่มต้นจากการมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ของนักเรียน และมีความต้องการจะแก้ปัญหาเหล่านั้นๆ โดยใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งการแก้ปัญหานั้นๆ อาจนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมในด้านต่างๆ ได้ เช่น ด้านการเกษตร อุตสาหกรรม พลังงาน การคมนาคม การจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ครูใช้คำถามนำเพื่อเชื่อมโยงความรู้เพิ่มเติมศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยาว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยยกตัวอย่างกระต๊อบข้าว ซึ่งเป็นการออกแบบภาชนะใส่ข้าวเหนียวที่ทำให้สามารถเก็บความร้อนของข้าวไว้ได้นานที่สุด แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ? การศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการศึกษาชีววิทยา มีจุดเริ่มต้นที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ✍ การศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการศึกษาชีววิทยา มีจุดเริ่มต้นที่เหมือนกันคือ การสังเกต การเป็นคนช่างสงสัย การมองเห็นปัญหาแล้วเกิดเป็นคำถาม และนำไปสู่การศึกษาเพื่อแก้ปัญหา

1.3.2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ครูเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยาที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษา กับสะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการศึกษา โดยมีขั้นตอนต่างๆ



ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ครูอธิบายเพิ่มเติมในแต่ละขั้น ดังนี้

1. ระบุปัญหา (problem identification)
เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทายวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (related information search)
เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (solution design)
เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (planning and development)
เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (testing, evaluation and design improvement)
เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (presentation)
เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ครูอาจนำวิดีโอทัศนกิจกรรมสะเต็มศึกษาดีเด่นระดับนานาชาติ ให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เผยแพร่อยู่ในเว็บไซต์ สสวท. เช่น เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของหนอนไหมเพื่อใช้ควบคุมการพันใยในการผลิตแผ่นใยไหม ของโรงเรียนดำรงราษฎร์สงเคราะห์ จ.เชียงราย จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.9 ในหนังสือเรียน



กิจกรรม 1.9 ถ้างอกสร้างอาชีพ

จุดประสงค์

1. ออกแบบและทำการทดลอง เพื่อเพาะถ้างอกให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ
2. อธิบายปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ใช้ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด สารควบคุมการเจริญของพืช (ออกซิน ไซโทไคนิน กรดแอบไซซิก)
3. สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาใช้เลือกวัสดุที่ใช้ในการเพาะถ้างอก โดยคำนึงถึงพื้นที่ในการปลูกรวมทั้งต้นทุนและกำไรที่ได้

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|-------------------|---|
| 1. เมล็ดถั่วเขียว | 8. ตะแกรงไนลอน |
| 2. เครื่องชั่ง | 9. ถุงดำ |
| 3. กรรไกรหรือมีด | 10. ฝักบัวรดน้ำ |
| 4. ขวดพลาสติก | 11. ถุงพลาสติก |
| 5. ตะกร้าพลาสติก | 12. ด้ายหรือเชือก |
| 6. กระดาษพลาสติก | 13. อุปกรณ์อื่นๆ ที่เหลือใช้หาได้ในท้องถิ่น |
| 7. กระสอบป่าน | เช่น ขวดกาแฟ กระถางต้นไม้ โถงดินเผา |

แนวการจัดกิจกรรม

ก่อนที่ครูจะมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมนี้ ครูอาจให้นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเนื้อหาว่าการเจริญเติบโตของพืชเกี่ยวข้องกับองค์ความรู้อะไรบ้าง ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าการเจริญเติบโตของพืชเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอก ได้แก่ แสง น้ำ ธาตุอาหาร ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแก๊สออกซิเจน ปัจจัยภายใน ได้แก่ ฮอร์โมนพืช ซึ่งพืชมีการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตในช่วงชีวิตต่างๆ

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยก่อนให้นักเรียนทำกิจกรรม ครูควรเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องด้านวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ที่เกี่ยวกับถั่วงอก สร้างอาชีพ ดังนี้

วิทยาศาสตร์

เมล็ดและเอ็มบริโอ ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด (น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ แสง) สภาพพักตัวของเมล็ด การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สารควบคุมการเจริญของพืช (ออกซิน ไซโทไคนิน กรดแอบไซซิก) การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

คณิตศาสตร์

เรขาคณิตเพื่อการออกแบบต่าง ๆ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ เช่น ออกแบบบรรจุภัณฑ์ การคำนวณต้นทุน กำไร

เทคโนโลยี (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และการออกแบบและเทคโนโลยี)

การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการ ตามกระบวนการเทคโนโลยี ปฏิบัติตาม ขั้นตอนดังนี้ (1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ (2) รวบรวมข้อมูล (3) เลือกวิธีการ (4) ออกแบบ และปฏิบัติการ พัฒนา วิเคราะห์และเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด แล้วจึงร่างภาพฉายและสร้างแบบจำลองจากภาพฉาย อาจใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ หรือถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการด้วยผังงาน แล้วลงมือปฏิบัติ (5) ทดสอบ (6) ปรับปรุงแก้ไข (7) ประเมินผล โดยการทำงานตามกระบวนการเทคโนโลยีต้องคำนึงถึงข้อจำกัดทางเทคโนโลยี การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการควรมีการฝึกความคิดสร้างสรรค์ 4 ลักษณะคือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

จากนั้นครูดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

ขั้นระบุปัญหา

1. ครูให้นักเรียนศึกษารูปอาหารที่มีถั่วงอกเป็นองค์ประกอบ เช่น ผัดถั่วงอก กระเพาะปลา หอยทอด ผักไทย ออส่วน กว๊านเตี้ย แล้วให้นักเรียนพิจารณาว่าถั่วงอกในอาหารต่างๆ นั้น มีรูปร่างลักษณะที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร ตัวอย่างรูปอาหาร เช่น



ผัสดั้วงอก



ก้วยเตี๋ยว



ผัดไทย



กระเพาะปลา

2. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้ศึกษาวิถีทัศน์เกี่ยวกับการเพาะถั่วงอกทางการค้า การเพาะถั่วงอกในครัวเรือนเพื่อประกอบอาหาร แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ต่อไปนี้

การนำถั่วงอกมาประกอบอาหารนิยมใช้ถั่วงอกที่มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหาร เช่น ผัสดั้วงอกและก้วยเตี๋ยวมักใช้ถั่วงอกที่อวบอ้วน แต่กระเพาะปลามักใช้ถั่วงอกที่มีลักษณะผอมและยาว ถ้ากำหนดให้ถั้วเขียวเริ่มต้น 0.5 กิโลกรัม และมีพื้นที่สำหรับเพาะถั่วงอก 0.5 ตารางเมตร ให้ได้กำไรจากการขายมากที่สุด และการเพาะถั่วงอกในครั้งนี้ผู้เพาะไม่มีเวลารดน้ำด้วยตนเอง ซึ่งโดยทั่วไป ถั่วงอกต้องการน้ำทุก ๆ 2-3 ชั่วโมง ถั่วงอกที่เพาะได้ต้องมีลักษณะดังนี้

1. ถั่วงอกที่มีลักษณะผอมยาว ตรง อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม
2. ถั่วงอกที่มีลักษณะอวบสั้น อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม
3. ถั่วงอกที่มีใบสีเขียว อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม

***โดยกำหนดให้ถั่วงอก 0.5 กิโลกรัม สามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้ประมาณ 3 กิโลกรัม

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ถั่วงอกมีลักษณะต่าง ๆ เช่น อวบสั้น ยาว มีสีต่าง ๆ และวิธีการเพาะให้ได้ถั่วงอกตามลักษณะที่ต้องการ
4. จากนั้นให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะถั่วงอก และใบความรู้ที่ 2 ตัวอย่างวิธีการเพาะถั่วงอก เพื่อให้นักเรียนมีความรู้เพียงพอสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบกิจกรรม

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

5. ครูให้นักเรียนพิจารณาวัสดุอุปกรณ์ที่ได้จัดเตรียมไว้ จากนั้นออกแบบการเพาะถั่วงอก เพื่อให้ได้ถั่วงอกตามลักษณะที่ต้องการ โดยให้คำนึงถึงปัญหาการรดน้ำที่ผู้เพาะถั่วงอกไม่มีเวลารดน้ำด้วยตนเองต้องออกแบบระบบการรดน้ำด้วย โดยเขียนร่างการออกแบบลงบนกระดาษแผ่นใหญ่ พร้อมทั้งบันทึกลงในใบกิจกรรม

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

6. ครูให้นักเรียนเพาะถั่วงอกตามที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขวิธีการเพาะถั่วงอก

(หมายเหตุ : การเพาะถั่วงอกต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3 วัน จึงต้องเลือกวันที่จะเริ่มทดลองปลูกเป็นวันจันทร์หรือวันอังคารเพื่อให้เด็กมีเวลาเพาะและดูแลรดน้ำ ถั่วงอกได้ ในกรณีที่ชั่วโมงเรียนไม่ตรงกับวันจันทร์หรืออังคาร ครูอาจให้นักเรียนจัดเตรียมอุปกรณ์และใส่ถั่วงอกให้เสร็จเรียบร้อยภายในชั่วโมงเรียน)

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

7. นักเรียนบันทึกผลการเพาะถั่วงอก สรุป วิเคราะห์ผลการเพาะถั่วงอก และอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเพาะถั่วงอก เพื่ออธิบายว่าการออกแบบและการเพาะ

- ถ่วงอก ได้ผลตามลักษณะที่ต้องการหรือไม่ อย่างไร และในกรณีที่มีการเพาะถ่วงอกไม่ เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้จะมีวิธีการปรับปรุงและแก้ไขการเพาะถ่วงอกอย่างไร
8. จัดเตรียมข้อมูลที่ได้จากการเพาะถ่วงอกเพื่อนำเสนอโดยใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ หรือนำเสนอในรูปแบบอื่น ๆ ที่น่าสนใจ

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

9. ครูให้นักเรียนนำเสนอและร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบในการเพาะ ถ่วงอกตามลักษณะที่ต้องการ รวมทั้งระบุแนวทางปรับปรุงแก้ไขวิธีการเพาะถ่วงอก
10. ครูนำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะถ่วงอก และ การเพาะเมล็ดพืชอื่น ๆ เช่น ถั่วเหลือง ทานตะวัน ถั่วลิ้นเต่า ว่าเหมือนหรือแตกต่าง จากการเพาะถ่วงอกอย่างไร

การวัดผลประเมินผล

ประเมินจากผลงาน การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความสำเร็จของชิ้นงาน การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถามในการทำกิจกรรม โดยมีอัตราส่วนการให้คะแนน ดังนี้

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)
ผลงาน	น้ำหนักของถ่วงอก และลักษณะของถ่วงอกที่ได้	15
การออกแบบเชิงวิศวกรรม	ใบบันทึกกิจกรรม / ใบร่างการออกแบบ	20
ความสำเร็จของชิ้นงาน	ใบประเมินชิ้นงาน	20
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	ใบประเมินการนำเสนอ	20
การวางแผนและความร่วมมือในการทำงาน	ใบประเมินการวางแผนและความร่วมมือในการทำงาน	20
การตอบคำถามในการทำกิจกรรม	ใบบันทึกกิจกรรม	5

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน				
	0 คะแนน	5 คะแนน	10 คะแนน	15 คะแนน	20 คะแนน
การออกแบบเชิงวิศวกรรม	ไม่มีร่องรอยของการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูล แต่ขาดการเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้	ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูลและใช้ข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ
ความสำเร็จของผลงาน	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นตามเงื่อนไขทั้งหมด	สามารถทำงานสำเร็จแต่เป็นไปตามเงื่อนไขบางส่วน	สามารถทำงานสำเร็จ และเป็นไปตามเงื่อนไขเกือบทั้งหมด	สามารถทำงานสำเร็จและเป็นไปตามเงื่อนไขครบถ้วน
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	ไม่สามารถนำเสนอผลงานได้	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้ดี แต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจน และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจน มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง และใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ประยุกต์
การวางแผนและความร่วมมือในการทำงาน	ไม่มีการวางแผน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผน ระดมความคิด และลงข้อสรุปของกลุ่ม	ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน ไม่มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ แต่มีการระดมความคิดและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมวางแผนการทำงาน มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ แต่ไม่มีการระดมความคิด ไม่มีการอภิปราย และลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมวางแผนการทำงาน มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ มีการระดมความคิด มีการอภิปราย และลงข้อสรุปร่วมกัน

ผลงาน

ถั่วงอกที่ได้มีลักษณะตามที่ต้องการ ดังนี้

ที่	รายการประเมิน	คะแนน		
		1 คะแนน	3 คะแนน	5 คะแนน
1	ถั่วงอกที่มีลักษณะ พอมยาว ตรง	≤ 0.25 กิโลกรัม	0.26-0.49 กิโลกรัม	≥ 0.5 กิโลกรัม
2	ถั่วงอกที่มีลักษณะ อวบสั้น	≤ 0.25 กิโลกรัม	0.26-0.49 กิโลกรัม	≥ 0.5 กิโลกรัม
3	ถั่วงอกที่ใบสีเขียว	≤ 0.25 กิโลกรัม	0.26-0.49 กิโลกรัม	≥ 0.5 กิโลกรัม

แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ใบความรู้ที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะถั่วงอก
2. ใบความรู้ที่ 2 ตัวอย่างวิธีการเพาะถั่วงอก
3. วิดีทัศน์การเพาะถั่วงอกเชิงพาณิชย์



ใบบันทึกกิจกรรมถ่วงอสร้างอาชีพ

1. จากสถานการณ์ที่กำหนด ให้ระบุปัญหาและเงื่อนไข

ปัญหา การเพาะถั่วงอกผู้เพาะไม่มีเวลารดน้ำ และต้องการเพาะถั่วงอกให้มี 3 ลักษณะได้แก่

1. ถั่วงอกที่มีลักษณะผอมยาว ตรง
2. ถั่วงอกที่มีลักษณะอวบสั้น
3. ถั่วงอกที่มีใบสีเขียว

ภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

กำหนดให้ถั่วงอกเริ่มต้น 0.5 กิโลกรัม และมีพื้นที่สำหรับเพาะถั่วงอก 0.5 ตารางเมตร ให้ได้กำไรจากการขายมากที่สุด และการเพาะถั่วงอกในครั้งนี้ผู้เพาะไม่มีเวลารดน้ำด้วยตนเอง ซึ่งโดยทั่วไปถั่วงอกต้องการน้ำทุก ๆ 2-3 ชั่วโมง ถั่วงอกที่เพาะได้ต้องมีลักษณะดังนี้

1. ถั่วงอกที่มีลักษณะผอมยาว ตรง อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม
2. ถั่วงอกที่มีลักษณะอวบสั้น อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม
3. ถั่วงอกที่มีใบสีเขียว อย่างน้อย 0.5 กิโลกรัม

***โดยกำหนดให้ถั่วงอก 0.5 กิโลกรัม สามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้ประมาณ 3 กิโลกรัม

2. ออกแบบการทดลองและทดลองเพาะถั่วงอกเพื่อให้ได้ถั่วงอกตามลักษณะที่ต้องการ

2.1 ตัวแปรต้นของการทดลอง คือ

น้ำหรือความชื้น แก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ แสง

2.2 ตัวแปรตามของการทดลอง คือ

ลักษณะของถั่วงอกทั้ง 3 แบบ ได้แก่

1. ถั่วงอกที่มีลักษณะผอมยาวตรง
2. ถั่วงอกที่มีลักษณะอวบสั้น
3. ถั่วงอกที่มีใบสีเขียว

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชที่นำมาเพาะ

ปัจจัยภายนอกคือ

น้ำหรือความชื้น แก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ แสง การพักตัวของเมล็ด โครงสร้างของเมล็ด
ปัจจัยภายในคือ

ฮอร์โมนพืช หรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

3. ระบุแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เพาะถั่วงอก

 ขึ้นอยู่กับนักเรียนแต่ละคน

4. วาดภาพชุดการเพาะถั่วงอกที่ได้จากการออกแบบ พร้อมระบุเหตุผลที่เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ชนิดนั้น ๆ



5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลักษณะถั่วงอก	ถั่วงอกเริ่มต้น (กิโลกรัม)	ถั่วงอก ที่ต้องการ (กิโลกรัม)	ถั่วงอกที่ใช้จริง (กิโลกรัม)	ถั่วงอก ที่ได้จากการเพาะ (กิโลกรัม)
ผอมยาว ตรง		0.5		
อวบสั้น		0.5		
ใบสีเขียว		0.5		

6. ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะถั่วงอกแต่ละแบบ

ลักษณะถั่วงอก	ปัจจัยที่ทำให้ได้ถั่วงอกตามลักษณะที่ต้องการ
พอมยาว ตรง	
อวบสั้น	
ใบสีเขียว	

7. จากการเพาะถั่วงอกจงตอบคำถามต่อไปนี้

- 7.1 วิธีการคำนวณต้นทุนในการผลิตเป็นอย่างไร
- 7.2 ในการเพาะถั่วงอกครั้งนี้ได้กำไรหรือขาดทุน อธิบาย
- 7.3 ในกรณีที่ขาดทุนมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้ได้กำไร



กิจกรรม 1.10 กิจกรรมสะเต็มศึกษา

จุดประสงค์

1. เลือกหัวข้อในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน
2. ออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และดำเนินการศึกษาตามที่ออกแบบได้ถูกต้อง
3. นำเสนอผลการศึกษาและเผยแพร่ให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ภายในโรงเรียนในรูปแบบต่าง ๆ

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูอาจกำหนดธีม (theme) ในการศึกษาที่เกี่ยวกับสภาพปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น สิ่งแวดล้อม พลังงาน การเกษตร จากนั้นให้นักเรียนเลือกหัวข้อหรือปัญหาในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา 1 หัวข้อ
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนเค้าโครงของกิจกรรม ส่งครูที่ปรึกษา เพื่อขอคำแนะนำก่อน จากนั้นออกแบบวิธีการศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ รวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วนและเขียนรายงานการศึกษา
4. จัดทำโปสเตอร์แสดงผลงานการทำกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาของนักเรียนและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

กิจกรรมนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของนักเรียน ซึ่งอาจจะออกมาในลักษณะของการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานก็ได้

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การตั้งปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐานจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- การออกแบบการทดลองและทดลองจากตัวอย่างการศึกษา
- การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ด้านทักษะ

- การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง (ขั้นตอนแบบการทดลอง) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสาธิตการทดลอง และการออกแบบการทดลอง

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็นและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการตั้งคำถาม การออกแบบการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน
- ความรับผิดชอบ และความร่วมมือช่วยเหลือ จากการสังเกตพฤติกรรมในการออกแบบการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน

แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

หนังสือประกอบการค้นคว้า

วงจันทร์ วงศ์แก้ว. **หลักสูตรวิทยาของพืช**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดพินิจพิบูลย์. 2535.

สุพจน์ ไขเที่ยมวงศ์ และคณะ. **หลักชีววิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 11. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2539.

ธีระชัย ปุณณโชติ. **การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์: คู่มือสำหรับครู**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2531.

Biggs, A. and the others. (1998). **A Blencoe Program, Biology : The Dynamics of Life**, Teacher Wraparound Edition. McGraw - Hill, Inc.

Hopson, J. L. and Wessells, N. K. (1990). **Essentials of Biology**. McGraw - Hill, Inc.

Hopson, J. L. and Wessells, N. K. (1995). **The Nature of Life** (3rd ed). McGraw- Hill, Inc.

Roberts, M. (1986). **Biology of Life** (2nd ed). Thomas Nelson and Sons Ltd.

Raven, H. P. and Johnson, B. G. (1998). **Understanding Biology**. Wm. C. Brown Communications, Inc.

สถานที่

- โครงการสวนพระองค์ที่พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน
- โครงการหลวงตามจังหวัดต่าง ๆ
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอนมสาร จันทบุรี
- โครงการสาธิตการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี
- สถานีบำรุงพันธุ์พืชและสัตว์

Website

Green World Foundation. (Online). Available : <http://www.greenworld.or.th>. (Retrieved 09/04/2018)

นิตยสารสารคดี. (Online). Available : <http://www.sarakadee.com>. (Retrieved 08/04/2018)

Press Release: **The 2005 Nobel Prize in Physiology or Medicine to Barry J. Marshall and J. Robin Warren**. Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. (Online). Available : http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2005/press.html. (Retrieved 09/04/2018)

Barry J. Marshall. (2005). **Helicobacter Connection**. (Online). Available : http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2005/marshall-lecture.pdf. (Retrieved 10/04/2018)



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

1. จงนำตัวอักษรหน้าลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตเติมลงในช่องว่างหน้าข้อความให้มีความสัมพันธ์กัน (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)

- ก. มีกระบวนการเมแทบอลิซึม
- ข. มีการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต
- ค. มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า
- ง. มีการควบคุมสมดุลของร่างกาย
- จ. มีการจัดระบบภายในสิ่งมีชีวิต

.....1) การสปีกของจิ้งหรีดเพศผู้

.....2) ลูกอ๊อดของกบมีลักษณะที่แตกต่างไปจาก พ่อ แม่

ก......3) ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหาร และระบบต่อมไร้ท่อ

.....4) แมวเลียอุ้งเท้าในช่วงของวันที่มีอากาศร้อน

.....5) ต้นขามีต้นอ่อนงอกออกมาเจริญอยู่ด้านข้าง

.....6) การยกเท้าหนีทันที่เมื่อเหยียบของมีคม

.....7) ไซเล็มและโฟลเอ็มเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงสารในพืชดอก

ก......8) เสือวิ่งไล่ฆ่าเหยื่อในทุ่งหญ้า

...จ.9) การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วทำให้เกิดอาการสั่น เมื่ออยู่ในที่มีอากาศหนาวเย็น

...จ.10) ตัวอ่อนของแมลงปอกินลูกอ๊อด ลูกปลา ส่วนแมลงปอตัวเต็มวัยกินแมลงเป็นอาหาร

...ข.11) แมวมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 25 ปี

...ง.12) นักวิ่งมาราธอนควรดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่เพื่อชดเชยน้ำและแร่ธาตุที่สูญเสียไป

2. ในการศึกษาหยดน้ำจากบ่อแห่งหนึ่งด้วยกล้องจุลทรรศน์พบก้อนวัตถุทรงกลมรีหลายขนาด มีเยื่อบางปกคลุม เมื่อหยดน้ำเกลือ และกรดแอซีติกลงข้างหยดน้ำ พบว่าวัตถุเคลื่อนหนีน้ำเกลือแต่เคลื่อนเข้าหากรดแอซีติก ข้อใดเป็นหลักฐานว่าวัตถุนั้นเป็นสิ่งมีชีวิต

ก. การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต

ข. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกาย

ค. การตอบสนองต่อสิ่งเร้า

ง. การควบคุมสมดุลของสารในร่างกาย

3. นักเรียนคนหนึ่งมีความคิดว่าการฉายรังสีทำให้ต้นส้มมีผลขนาดใหญ่ จึงแบ่งต้นส้มออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ต้น กลุ่มที่ 1 ฉายรังสี กลุ่มที่ 2 ไม่ฉายรังสี แล้วนำต้นส้มไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน เมื่อออกผลก็นำผลส้มมาวัดขนาด และบันทึกผล จากการทดลองของนักเรียน ข้อใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตามลำดับ

ก. ขนาดของผลส้ม การฉายรังสี ต้นส้มที่ได้รับรังสี

ข. ขนาดของผลส้ม การฉายรังสี สภาพแวดล้อมที่ปลูกส้ม

ค. การฉายรังสี ขนาดของผลส้ม ต้นส้มที่ได้รับรังสี

ง. การฉายรังสี ขนาดของผลส้ม สภาพแวดล้อมที่ปลูกส้ม

4. จากข้อมูลข้อที่ 3. ข้อใดทำให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือน้อยลง

ก. ควบคุมให้มีการถ่ายเรณูภายในต้นเดียวกัน

ข. เพิ่มจำนวนต้นส้มเป็นกลุ่มละ 20 ต้น

ค. ให้ต้นส้มกลุ่มที่ 1 และ 2 มีสายพันธุ์ต่างกัน

ง. เก็บผลการทดลองไว้โดยไม่เผยแพร่สู่สาธารณชน

5. การกระทำในข้อใดที่ขัดต่อหลักชีวจริยธรรม

ก. การตัดต่อยีนเพื่อสร้างพืชตัดแปรพันธุกรรม

ข. การใช้สารสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช เพื่อพัฒนารังไข่เป็นผลโดยไม่มี
การปฏิสนธิ

ค. การใช้ฟอร์มาลินยืดอายุของพืชผัก

ง. การนำเทคโนโลยีทาง DNA มาใช้ในการวินิจฉัยโรค

6. จงใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมาย × หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และ ขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำ หรือข้อความ ที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

.....✓ 1 ในการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขข้อสงสัยว่าคนที่บริโภคอาหารทะเลจะมี
โอกาสเป็นโรคคอพอกน้อยกว่าคนที่ไม่บริโภคอาหารทะเล ควรเริ่มต้นจากการเก็บ
รวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

.....✓ 2 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และสืบค้นข้อมูลมีความสำคัญต่อการตั้งสมมติฐาน

.....× 3 การตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีเป็นขั้นตอนหนึ่งของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
แก้ไขเป็น สมมติฐาน

.....× 4 สรีรวิทยา (physiology) เป็นสาขาของชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของ
ร่างกาย

กรณีที่ 1 สรีรวิทยา (physiology) เป็นสาขาของวิชาชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับ
โครงสร้างของร่างกาย

แก้ไขเป็น สรีรวิทยา (physiology) เป็นสาขาของวิชาชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับการ
ทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย

กรณีที่ 2 สรีรวิทยา (physiology) เป็นสาขาของวิชาชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับ
โครงสร้างของร่างกาย

แก้ไขเป็น กายวิภาคศาสตร์ (anatomy) เป็นสาขาของชีววิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับ
โครงสร้างของร่างกาย

.....× 5 นักเรียนตั้งสมมติฐานว่า ถ้าพืช A เป็นพืชดินเค็ม ดังนั้นพืช A สามารถเจริญเติบโต
ได้ดีในบริเวณป่าชายเลนซึ่งดินมีเกลือโซเดียมคลอไรด์มาก ตัวแปรต้นคือ การเจริญ
เติบโตของพืช A และตัวแปรตาม คือ ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่พืชได้รับ

แก้ไขเป็น ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่พืชได้รับ และตัวแปรตาม คือ การเจริญ
เติบโตของพืช A

.....✓6 การทดลองเลี้ยงปลานิลสายพันธุ์เดียวกันมีอายุ น้ำหนัก และจำนวนเท่ากัน 2 กลุ่ม โดยเลี้ยงในบ่อที่มีสภาพเหมือนกัน ให้อาหารสูตรเดียวกัน แต่วิธีให้อาหารต่างกัน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้อาหารวันละ 1 ครั้ง

กลุ่มที่ 2 ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งมีปริมาณอาหารเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าที่กลุ่มที่ 1 ได้รับ

กลุ่มซึ่งน้ำหนักปลานิลครั้งละ 10 ตัว ทุกสัปดาห์ จำนวน 5 สัปดาห์ ตัวแปรต้นของการทดลอง คือ จำนวนครั้งในการให้อาหารต่อวัน

.....✓7 การเกี่ยวพันของมือเกาะของตำลึงจัดเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืช

.....✗8 การออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แก้ไขเป็น การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

7. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 7.1-7.3

ไส้เดือนดินได้ชื่อว่าเป็นเครื่องจักรชีวภาพย่อยสลายขยะ สามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว ขอนไชลงใต้ดินได้ลึกมาก ซึ่งเป็นการไหลพรุนทางธรรมชาติที่เครื่องจักรกลทางการเกษตรไม่สามารถทำได้ ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศลงสู่ดินได้ดี นอกจากนี้ไส้เดือนดินยังใช้เป็นอาหารล่อเหยื่อตกปลา และผลิตภัณฑ์จากไส้เดือนดินสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยน้ำหมักฉีดพ่น ผลไม้ ทั้งนี้ไส้เดือนดินมีราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 300 บาทขึ้นไปตามชนิดของสายพันธุ์

7.1 นักเรียนคนหนึ่งต้องการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อประโยชน์ทางการค้า นักเรียนคนนี้จะต้องออกแบบวิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินอย่างไร จึงจะได้ไส้เดือนดินจำนวนมาก



จากข้อมูลที่มีอยู่นี้สามารถวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบวิธีการเลี้ยงไส้เดือนดิน ดังนี้

1. ไส้เดือนดินมีราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 300 บาท
2. ผลิตภัณฑ์จากไส้เดือนดินสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยน้ำหมักฉีดพ่น ผลไม้ได้
3. ไส้เดือนดินยังใช้เป็นอาหารล่อเหยื่อตกปลาได้

ในการเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อการค้ำน้น 1) ต้องเลี้ยงไส้เดือนดินให้สามารถเพิ่มปริมาณได้มาก และ 2) การเก็บและรวบรวมผลผลิตภักข์ของไส้เดือนดินเพื่อนำไปขายในรูปของปุ๋ยจะอย่างไร ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้มีความรู้เพียงพอสำหรับการออกแบบการทดลอง ดังนี้

1. สายพันธุ์ไส้เดือนดิน
2. วัฏจักรชีวิต
3. อาหาร
4. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเลี้ยง

การออกแบบวิธีการเลี้ยงไส้เดือนดิน

1. สายพันธุ์ของไส้เดือนดิน ควรเลือกสายพันธุ์ที่เป็นที่นิยมในท้องตลาดและเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น ใช้เป็นเหยื่อตกปลา ใช้เพื่อการเกษตรในการปรับโครงสร้างของดิน หรือใช้เพื่อนำผลผลิตภักข์จากไส้เดือนดินมาทำเป็นปุ๋ยน้ำหมัก เป็นต้น เพราะไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์จะมีต้นทุนในการจำหน่าย พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีราคาแตกต่างกัน
2. วัฏจักรชีวิต มีความสำคัญต่อการเลี้ยงไส้เดือนดิน เพราะในการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะ การดำรงชีวิตจนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย และมีการสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนประชากร การเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อเพิ่มปริมาณควรมีการวางแผนกำหนดว่าในแต่ละช่วงเวลาของวัฏจักรชีวิต ต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินอย่างไรบ้าง
3. อาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดินควรเป็นอาหารประเภทใด เช่น ผัก เศษอาหาร ใบไม้ที่เป็น พืชสด ควรให้อาหารวันละกี่ครั้ง เพื่อให้มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ และกำหนดตารางเวลาการให้อาหาร
4. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเลี้ยง เนื่องจากไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ สภาพแวดล้อมที่จะดัดแปลงเพื่อการเพาะเลี้ยงให้เหมือนธรรมชาติที่ไส้เดือนดินอาศัยอยู่ควรเป็นอย่างไร เช่น ภาชนะที่ใช้เพาะเลี้ยง อุณหภูมิ ความชื้น รวมทั้งการระบายของเสียที่เป็นมูลของไส้เดือนดินที่จะนำมาใช้เป็นผลผลิตภักข์จะออกแบบเพื่อเก็บมูลไส้เดือนดินอย่างไร

7.2 จากข้อมูลดังกล่าวนี้เพียงพอต่อการออกแบบการทดลองเพื่อขยายพันธุ์ไส้เดือนดินหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอ นักเรียนคิดว่ายังขาดข้อมูลด้านใดบ้างที่ใช้ประกอบการออกแบบการทดลอง

 ข้อมูลที่กล่าวมาไม่เพียงพอต่อการออกแบบการทดลองเพื่อการขยายพันธุ์ไส้เดือนดิน ควรเพิ่มข้อมูลต่อไปนี้

1. สายพันธุ์ และวัฏจักรชีวิตของไส้เดือนดินที่จะเลี้ยง
2. วิธีการให้อาหาร ปริมาณ และระยะเวลาในการให้อาหาร
3. การเก็บผลผลิต และผลิตภัณฑ์ของไส้เดือนดิน

7.3 มีตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

 คำตอบข้อนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล เนื่องจากในกรณีนี้จะระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้นั้น ให้ขึ้นอยู่กับที่ตั้งสมมติฐานของการทดลอง ซึ่งอาจมีหลายสมมติฐานได้

8. ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีทางเลือกอื่น ๆ ในการเรียนการสอนและการวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้สัตว์ทดลองแล้ว เพราะเหตุใดจึงพบว่ายังคงมีการทดลองลักษณะดังกล่าวในสัตว์อยู่อีก

 เนื่องจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของอวัยวะในระบบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและมีการทำงานประสานกัน ไม่สามารถทำการทดลองในหลอดทดลองได้ จึงมีความจำเป็นต้องทำการทดลองในสัตว์ทดลอง เนื่องจากการทดลองในสภาพภายนอกร่างกายกับสภาพภายในร่างกายสิ่งมีชีวิตมีปัจจัยแวดล้อมต่างกัน เช่น ในร่างกายจะมีการทำงานของระบบอวัยวะต่าง ๆ เพื่อรักษาสมดุลของร่างกาย เช่น การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ความเป็นกรด-เบสในเลือด เป็นต้น เพราะฉะนั้นการทดลองบางอย่างภายนอกร่างกายเป็นการทดลองแยกส่วน ๆ ตามเป้าประสงค์เฉพาะโดยไม่ได้คำนึงถึงการทำงานประสานกันของระบบที่เกี่ยวข้อง

9. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเรียนการสอน และการวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้สัตว์ทดลอง

 ตัวอย่างการเรียนการสอนและการวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้สัตว์ทดลอง เช่น การทดลองเสมือนจริงที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายของมนุษย์ การศึกษาทางสรีรวิทยาของสัตว์ หรือการทดลองกับเซลล์ในหลอดทดลอง สามารถใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้ และไม่ขัดต่อจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองและชีวจริยธรรม

10. ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 10.1-10.2

ยูเครนตรกรคนหนึ่งมีพื้นที่ว่างเปล่าใกล้บ้านประมาณ 600 ตารางเมตร และต้องการหารายได้ จากการปลูกผักโดยเลือกปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ ซึ่งเป็นพืชอายุสั้นเก็บผลผลิตได้เร็ว เป็นที่นิยมบริโภคของคนรุ่นใหม่ เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลง เขาจึงปลูกพืชในโรงเรือนหรือที่เรียกว่าปลูกผักกางมุ้ง แต่มีข้อเสียคือไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสรเพื่อให้มะเขือเทศเชอร์รี่ติดลูก

10.1 จากข้อมูลดังกล่าวนี้ ให้นักเรียนระบุว่าปัญหาคืออะไร

 ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ คือ มะเขือเทศเชอร์รี่ปลูกในโรงเรือนไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสร ทำให้มะเขือเทศเชอร์รี่ไม่ติดผล

10.2 นักเรียนจะใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร ในการแก้ปัญหาการปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ในโรงเรือนดังกล่าวนี้

 ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาการปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ในโรงเรือนประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา

ปัญหาที่พบคือ มะเขือเทศเชอร์รี่ที่ปลูกในโรงเรือนไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสรทำให้มะเขือเทศเชอร์รี่ไม่ติดผล

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

การปลูกพืชในโรงเรือนมีข้อดี คือ สามารถควบคุมป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชได้ง่าย ไม่ต้อง ใช้สารเคมีกำจัด แต่ข้อเสียที่พบคือ ไม่มีแมลงช่วยผสมเกสรทำให้มะเขือเทศเชอร์รี่ไม่ติดผล

- นักเรียนควรไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับฮอร์โมนพืชและสารเคมีสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช ที่ทำให้มะเขือเทศเชอร์รี่สามารถพัฒนารังไข่เป็น

ผลได้โดยไม่ต้องมีการปฏิสนธิ

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ใช้การฉีดพ่นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช โดยคำนึงถึงสภาพของต้นมะเขือเทศเชอร์รี่ที่มีความแข็งแรงพร้อมที่จะติดผล ซึ่งสังเกตจากก้านช่อดอกที่มีขนาดใหญ่ และมีปริมาณดอกค่อนข้างมาก ฉีดพ่นในช่วงที่อากาศไม่ร้อน เช่น ตอนเช้าหรือตอนเย็น

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาโดยดำเนินการดังนี้

4.1 ปลุกมะเขือเทศเชอร์รี่ในโรงเรือน

4.2 ฉีดพ่นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช ให้มะเขือเทศเชอร์รี่ในช่วงที่เหมาะสม

4.3 สังเกตการติดผลของมะเขือเทศเชอร์รี่

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5.1 เก็บรวบรวมข้อมูล เช่น ความเหมาะสมชนิดของสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช และวิธีการฉีดพ่น ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศเชอร์รี่

5.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขวิธีการดำเนินการ

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลงผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

รายงานการดำเนินการแก้ปัญหาคาที่มะเขือเทศเชอร์รี่ที่ปลูกในโรงเรือนไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสร ทำให้มะเขือเทศเชอร์รี่ไม่ติดผล ด้วยการฉีดพ่นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืช

คำตอบดังกล่าวเป็นเพียงตัวอย่างที่สามารถใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหาได้ นอกจากแนวทางการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนฮอร์โมนพืชแล้วนักเรียนอาจเสนอวิธีการเลี้ยงแมลงที่ช่วยในการผสมเกสรให้มะเขือเทศเชอร์รี่อย่างครบวงจรตามวัฏจักรชีวิตของแมลง หรือควรใช้แรงงานมนุษย์ในการช่วยผสมเกสรแทนแมลง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มค่าในการเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ

บทที่

| เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

2



ipst.me/7692



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
5. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต
7. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ
2. ยกตัวอย่างและบอกความสำคัญของธาตุชนิดต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ

ผลการเรียนรู้

2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การทดลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความซื่อสัตย์ 3. ความมุ่งมั่นอดทน 4. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้

3. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้

4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิดและระบุกลุ่มของลิพิดตามโครงสร้าง และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ

ผลการเรียนรู้

5. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA
2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของ DNA กับ RNA
3. ระบุความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ

ผลการเรียนรู้

6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานที่เกิดขึ้นในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
2. อธิบายความสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาคว่กันระหว่างปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานในสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายความหมายและประเภทของเมแทบอลิซึม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การจำแนกประเภท 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้

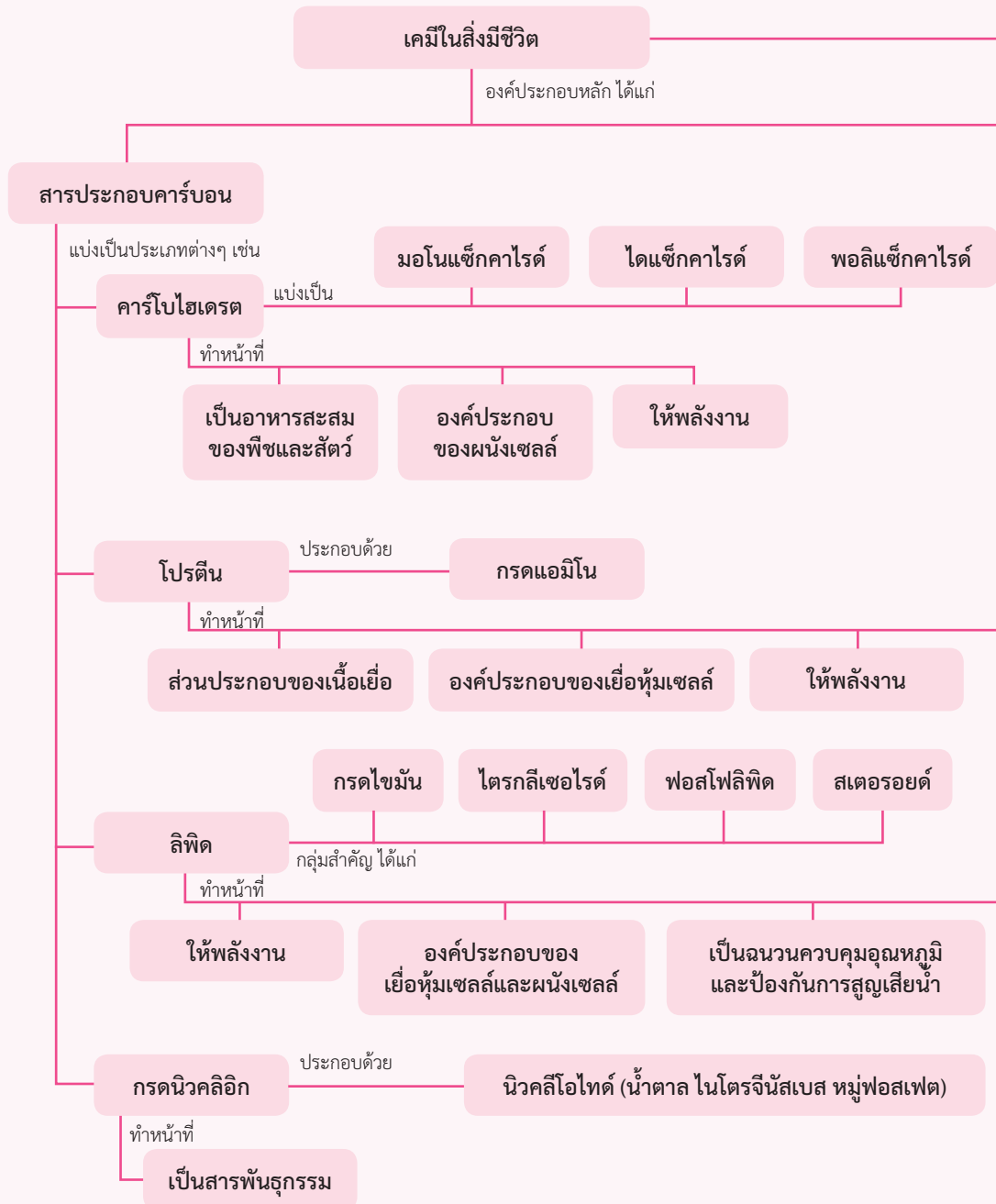
7. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

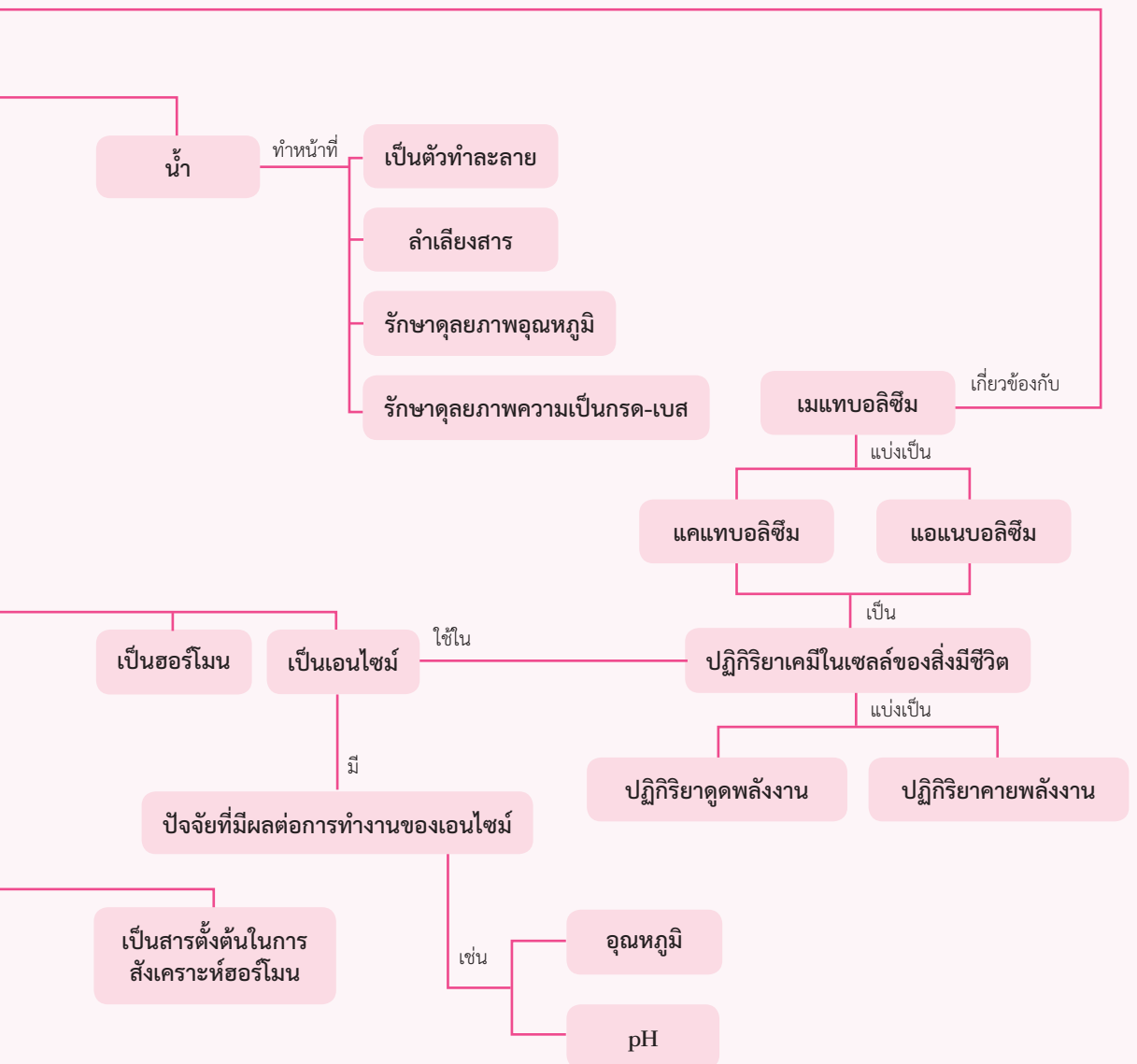
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกลไกการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์
2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และอธิบายผลของปัจจัยนั้น ๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การวัด 3. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา 4. การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายของข้อมูล 5. การลงความเห็นจากข้อมูล 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 8. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 9. การทดลอง 10. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์ 6. ความมุ่งมั่นอดทน 7. ความรอบคอบ 8. วัตถุวิสัย

ผังมโนทัศน์บทที่ 2





สารสำคัญ

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต น้ำมีบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพของร่างกาย เช่น น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี เป็นตัวกลางของการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย การลำเลียงสาร การย่อยอาหาร การหมุนเวียนเลือด การขับถ่ายของเสีย ออกจากร่างกาย รวมถึงการรักษาคุณภาพของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบส ของเลือดและของเหลวต่างๆ ในร่างกาย

สิ่งมีชีวิตมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนธาตุอื่นๆ มีปริมาณที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอออน เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ถึงแม้สิ่งมีชีวิตต้องการธาตุบางชนิดในปริมาณเล็กน้อย แต่ถ้าได้รับปริมาณไม่เพียงพอหรือมีการสูญเสียไปอาจทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ผิดปกติได้

สารที่พบในสิ่งมีชีวิตมีหลายประเภท เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก และอาจมีธาตุอื่นๆ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของเซลล์ ช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโต เป็นสารที่ให้พลังงาน กรดนิวคลีอิกมี 2 ชนิดคือ DNA และ RNA ทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม รวมทั้งทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน

เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีทั้งหมดที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วจำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในสิ่งมีชีวิตทั้งปฏิกิริยาสลายสารอินทรีย์และสังเคราะห์สารอินทรีย์ มักประกอบด้วยปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอนเกิดต่อเนื่องกันอย่างเป็นลำดับ และสามารถควบคุมได้

เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโปรตีน ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีโดยในขณะเกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณเร่งอย่างจำเพาะ และจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส รวมทั้งความเข้มข้นของสารตั้งต้น และความเข้มข้นของเอนไซม์มีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ ในเซลล์ ปฏิกิริยาอาจชะงักหรือหยุดไป ถ้ามีสารที่มีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เข้าร่วมกับเอนไซม์หรือสารตั้งต้น

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 14 ชั่วโมง

2.1 อะตอม ธาตุ และสารประกอบ	1.0 ชั่วโมง
2.2 น้ำ	1.0 ชั่วโมง
2.3 สารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต	6.0 ชั่วโมง
2.4 ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	6.0 ชั่วโมง
รวม	14.0 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

- ❌ 1. ตัวเลขแสดงจำนวนโปรตอนในอะตอม เรียกว่า เลขมวล ส่วนผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอนเรียกว่า เลขอะตอม
- ✅ 2. อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานชั้นนอกสุดที่เคลื่อนที่รอบนิวเคลียส เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน
- ❌ 3. โปรตอนและนิวตรอนมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ
- ❌ 4. พันธะเคมีที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมหรือไอออนยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่ต่างกัน การยึดเหนี่ยวนี้เป็นพันธะโคเวเลนต์
- ✅ 5. ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวและมีสมบัติทางกายภาพบางประการเหมือนกันและบางประการต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ
- ✅ 6. ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้วมีสารใหม่เกิดขึ้น
- ✅ 7. การเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีหรือกลิ่นที่ต่างไปจากสารเดิม การมีฟองแก๊ส หรือตะกอนเกิดขึ้น หรือมีการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ
- ❌ 8. การหลอมเหลวของน้ำแข็งหรือการระเหยกลายเป็นไอน้ำจัดเป็นปฏิกิริยาเคมี
- ❌ 9. เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน แต่มวลรวมของสารตั้งต้นอาจจะไม่เท่ากับมวลรวมของสารผลิตภัณฑ์ก็ได้

2.1 อะตอม ธาตุและสารประกอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ
2. ยกตัวอย่างและบอกความสำคัญของธาตุชนิดต่าง ๆ ต่อสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพนำบทที่ 2 ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สิ่งมีชีวิตมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ดังจะเห็นได้จากถ่านสีดำที่ได้จากการทำถ่านประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นหลัก จากนั้นใช้คำถามเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ดังนี้

- ยกตัวอย่างธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่นอกเหนือจากธาตุคาร์บอน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การเผาไหม้ที่เหลือเชื้อเพลิงและการเผาถ่าน

การเผาไหม้ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน โดยการเผาไหม้ในอากาศเปิด เช่น การใช้ไม้ฟืนก่อไฟในการประกอบอาหาร การเผาหญ้าแห้ง เป็นการเผาไหม้ในบริเวณที่มีออกซิเจนสูง โดยออกซิเจนจะก่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องจนไม้ฟืนหรือหญ้าแห้งถูกเผาไหม้จนเหลือเพียงเถ้าหรือขี้เถ้า ตัวอย่างธาตุที่พบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของธาตุแต่ละชนิดในโครงสร้างของเถ้าไม้ยางพารา มีดังนี้

ธาตุ	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	ธาตุ	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
ออกซิเจน	40.9	กำมะถัน	1.3
แคลเซียม	20.7	ฟอสฟอรัส	1.1
คาร์บอน	18.3	แมงกานีส	0.4
โพแทสเซียม	12.1	อะลูมิเนียม	0.4
แมกนีเซียม	2.8	คลอรีน	0.3
ซิลิกอน	1.5	เหล็ก	0.3

ที่มา : กัลยา พรสุขสมบูรณ์และคณะ. อิทธิพลของถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติของโพนแปงดิบ.วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ประจำปี 2558.

การเผาถ่านเป็นการเผาไหม้ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยทำให้เกิดการเผาไหม้จนไม่เปลี่ยนเป็นถ่านที่มีสีดำประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยการเผาถ่านเริ่มจากการเพิ่มความร้อนในเตาเผาจนถึงประมาณ 180 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้นทำให้น้ำที่อยู่ในไม้ระเหยออกไป เป็นการดึงโมเลกุลของน้ำออกจากเนื้อไม้ เรียกว่า ดีไฮเดรชัน (dehydration) เมื่อเพิ่มความร้อนในเตาเผาจนถึงอุณหภูมิประมาณ 270-400 องศาเซลเซียส เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อไม้จะสลายตัวทำให้เกิดแก๊ส จากนั้นจะมีการเผาถ่านต่อไปอีกระยะหนึ่งด้วยอุณหภูมิประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส เพื่อสลายน้ำมันดินหรือทาร์ที่อยู่ในถ่าน การกำจัดน้ำมันดินเป็นการทำถ่านให้บริสุทธิ์ เรียกว่า รีไฟน์เมนต์ (refinement) โดยน้ำมันดินประกอบด้วยสารหลายชนิดเกาะกันเป็นสีน้ำตาล เมื่อมีการเผาไหม้จะเกิดเบนโซไพรีน (benzopyrene) และไดเบนซานทราซีน (dibenzanthracene) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นหากมีการนำถ่านที่ยังมีน้ำมันดินสะสมอยู่ไปใช้ประกอบอาหารก็จะเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ รวมถึงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต หรือครูอาจใช้ภาพ 2.1 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยอะตอมของธาตุต่าง ๆ อะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีเกิดเป็นโมเลกุล เซลล์ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตเกิดจากโมเลกุลชนิดต่าง ๆ จำนวนมากมารวมตัวกัน สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เช่น พืช สัตว์ มีเซลล์จำนวนมากรวมเป็นเนื้อเยื่อซึ่งมีหน้าที่จำเพาะ เนื้อเยื่อหลายชนิดทำงานร่วมกันเป็นอวัยวะที่ประกอบเป็นสิ่งมีชีวิต

2.1.1 อะตอม

ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า อะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน อยู่ในนิวเคลียส และอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในระดับพลังงานต่าง ๆ อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานชั้นนอกสุดเรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน โดยทั่วไปนิวเคลียสมีจำนวนนิวตรอนเท่ากับโปรตอน ตัวเลขแสดงจำนวนโปรตอนในอะตอม เรียกว่า เลขอะตอม ผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอนเรียกว่า เลขมวล โดยโปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ ขณะที่นิวตรอนไม่มีประจุ อะตอมที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอนจะเป็นกลางทางไฟฟ้า

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามได้รูป 2.2 ดังนี้

-  จากรูป 2.2 ก. ให้ระบุจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมคาร์บอนและอะตอมไฮโดรเจน
-  อะตอมคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 ส่วนอะตอมไฮโดรเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1
-  จากรูป 2.2 ข. อะตอมคาร์บอนมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนอย่างละเท่าไร
-  อะตอมคาร์บอนมีโปรตอนและนิวตรอนอย่างละ 6

2.1.2 ธาตุและสารประกอบ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องธาตุและสารประกอบโดยใช้รูป 2.3 เพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับที่มาของธาตุคาร์บอน ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต แล้วใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- นอกจากสิ่งมีชีวิตมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ยังมีธาตุอื่นอีกหรือไม่

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า นอกจากสิ่งมีชีวิตจะมีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลักแล้วยังมีธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบอีกด้วย โดยส่วนใหญ่ธาตุเหล่านี้จะอยู่ในรูปของไอออนและมีปริมาณที่แตกต่างกัน ถึงแม้สิ่งมีชีวิตต้องการธาตุบางชนิดในปริมาณเล็กน้อย แต่ถ้าได้รับปริมาณไม่เพียงพอหรือเมื่อมีการสูญเสียไปอาจทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ผิดปกติได้

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของธาตุและการขาดธาตุต่างๆ ที่พบในพืช และสัตว์ แล้วนำมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าธาตุต่างชนิดกันมีหน้าที่แตกต่างกัน การขาดธาตุเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคคอกพอก ภาวะโลหิตจาง โรคกระดูกพรุน จากนั้นให้นักเรียนจัดทำสื่อเพื่อเผยแพร่ความรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น infographic ป้ายนิเทศ คลิปวิดีโอ

ครูอาจเชื่อมโยงการนำความรู้เรื่องความจำเป็นของธาตุต่อการดำรงชีวิต เช่น การทำไข่เค็ม เสริมไอโอดีน การทำเกลือสินเธาว์เสริมไอโอดีน การทำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับพืชซึ่งเป็นการจัดธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชในแต่ละพื้นที่ตามข้อมูลชุดดินและค่าวิเคราะห์ดิน โดยใช้ชุดตรวจสอบ N-P-K

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับธาตุและสารประกอบ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่า 1 ชนิดเรียกว่าสารประกอบ เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับพันธะเคมี โดยใช้รูป 2.6 และ 2.7 ในหนังสือเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การรวมตัวของอะตอมเกิดแรงยึดเหนี่ยวที่เรียกว่า พันธะเคมี ซึ่งพันธะเคมีเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนของคู่อะตอมที่ร่วมสร้างพันธะกัน การยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมธาตุ 2 อะตอมโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ และการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกและไอออนลบเกิดเป็นพันธะไอออนิก นอกจากนี้โมเลกุลยังเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยอาจเกิดจากโมเลกุลชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน เช่น พันธะไฮโดรเจน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 2.8 แล้วให้สืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยสารต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก และน้ำ ซึ่งสารเหล่านี้มีความสำคัญต่อร่างกายเนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเซลล์และเนื้อเยื่อ รวมทั้งช่วยในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในเซลล์ ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

2.2 น้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนด้วยการให้ระบุบทบาทและความสำคัญของน้ำที่มีต่อร่างกาย เช่น การเป็นตัวกลางของการเกิดปฏิกิริยาเคมี การลำเลียงสาร การรักษาอุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบส ของเลือดและของเหลวต่างๆ ในร่างกาย ซึ่งจากการศึกษารูป 2.8 เกี่ยวกับปริมาณของสารต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ พบว่าน้ำเป็นองค์ประกอบที่พบมากที่สุดเมื่อเทียบกับสารอื่นๆ แสดงว่าน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อร่างกาย ดังนั้นจึงควรดื่มน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล สมบัติ และความสำคัญของน้ำ แล้วร่วมกันอภิปรายถึงบทบาทที่สำคัญของน้ำในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- การเป็นตัวทำละลาย
- สมบัติไฮโดรฟิลิกและไฮโดรโฟบิก
- ความเป็นกรด-เบส
- การดูดซับพลังงานความร้อน
- แรงโคฮีชันและแรงแอดฮีชัน

จากนั้นครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

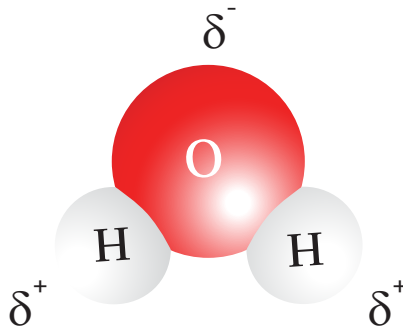
- สมบัติของน้ำเกี่ยวข้องกับโครงสร้างโมเลกุลของน้ำอย่างไร

1. น้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว
2. น้ำเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

ครูให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลของน้ำและพันธะโคเวเลนต์ เพื่ออธิบายการเกิดโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ รวมทั้งการเขียนสัญลักษณ์แทนขั้วบวกและขั้วลบ ดังรูป 2.9 ในหนังสือเรียน

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการแสดงประจุของน้ำ ดังนี้

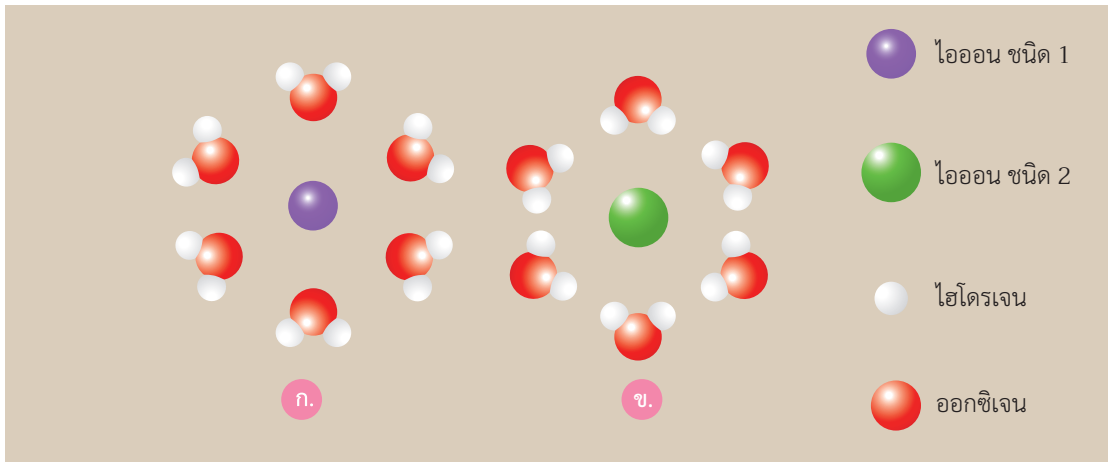
โมเลกุลของน้ำมีขั้วเนื่องจากอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะถูกดึงให้เข้าใกล้อะตอมของออกซิเจนมากกว่าอะตอมของไฮโดรเจน อะตอมของออกซิเจนจึงแสดงขั้วลบ และทำให้อะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมแสดงขั้วบวก และควรเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบว่า การเขียนสัญลักษณ์แสดงสภาพขั้วของน้ำอาจเขียน ดังนี้



ส่วนที่แสดงสภาพขั้วเป็นลบใช้สัญลักษณ์ δ^- (อ่านว่า เดลต้าลบ) ส่วนที่แสดงสภาพขั้วเป็นบวกใช้สัญลักษณ์ δ^+ (อ่านว่า เดลต้าบวก)

ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้รูป 2.9 ลักษณะความเป็นขั้วของโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล การเกิดพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดการดูดซับพลังงานความร้อนสูง และเกิดแรงโคฮีชันและแรงแอดฮีชัน

ครูอาจวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับน้ำกับตัวทำละลายโดยใช้แผนภาพต่อไปนี้ ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงไอออนซึ่งล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ ดังรูป



เมื่อนักเรียนศึกษาแผนภาพแล้ว ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ซึ่งอาจเป็นดังนี้

- จากแผนภาพ ไอออนในรูป ก. และ ข. ควรมีประจุอะไร

ก. ประจุบวก ข. ประจุลบ

- สารทุกชนิดละลายน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงยกตัวอย่าง

ไม่ได้ทุกชนิด เพราะสารบางชนิดเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว เช่น น้ำมัน

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบ ดังนี้

- ? สารในชีวิตประจำวันที่มีสมบัติไฮโดรฟิลิก และสารที่มีสมบัติไฮโดรโฟบิก มีอะไรบ้าง ยกตัวอย่างประกอบ

สารที่มีสมบัติไฮโดรฟิลิก เช่น น้ำตาลทราย เกลือแกง น้ำผึ้ง ด่างทับทิม สารสั้ม ส่วนสารที่มีสมบัติไฮโดรโฟบิก เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ เนย ชีส มาร์การีน

- ? สมบัติของน้ำเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์อย่างไร

เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและสารหลายชนิดสามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ได้ดี

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- สมบัติของน้ำ และตัวอย่างธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูล การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการสังเกตและเปรียบเทียบภาพโครงสร้างทางเคมี
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการสังเกตพฤติกรรมในการแบ่งกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน

2.3 สารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และระบุกลุ่มของลิพิดตามโครงสร้างและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
4. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA
5. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของ DNA กับ RNA
6. ระบุความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบคาร์บอนที่นักเรียนรู้จัก เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า สารประกอบคาร์บอนที่พบในสิ่งมีชีวิตมีหลายประเภท เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด และกรดนิวคลีอิก เป็นต้น จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า สารประกอบคาร์บอนเหล่านี้จะมีอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ และอาจมีธาตุอื่นๆ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สารประกอบอินทรีย์

ในอดีตนักเคมีเชื่อว่าสารอินทรีย์ต้องได้มาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น แต่ต่อมามีนักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ได้ ปัจจุบันจึงมีการกล่าวว่าสารประกอบอินทรีย์หมายถึงสารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยอาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตหรือจากการสังเคราะห์ก็ได้ ยกเว้นสารต่อไปนี้ซึ่งจัดเป็นสารประกอบอนินทรีย์

1. สารที่เป็นอัญรูปของธาตุคาร์บอน เช่น เพชร แกรไฟต์ และฟูลเลอรีน
2. ออกไซด์ของคาร์บอน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
3. กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)
4. เกลือคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนต เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3)
5. เกลือไซยาไนด์ เช่น โพแทสเซียมไซยาไนด์ (KCN)
6. เกลือคาร์ไบด์ เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2)

นักเรียนศึกษารูป 2.12 และ 2.13 เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนอาจเกิดเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม เนื่องจากคาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 และอะตอมคาร์บอนยังสามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของธาตุอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน โดยสารที่มีอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้นเป็นองค์ประกอบเรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความหมายและตัวอย่างของหมู่ฟังก์ชัน การเขียนโครงสร้างและแหล่งที่พบ ควรให้นักเรียนเข้าใจสัญลักษณ์ของสูตรทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

ครูควรตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำเข้าสู่เรื่องสารประกอบคาร์บอนโดยใช้คำถามดังนี้

- สารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตมีโครงสร้างอย่างไร และมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ครูอาจใช้รูป 2.14 และให้นักเรียนร่วมกันสรุปว่า สารประกอบคาร์บอนขนาดใหญ่ส่วนมากเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมเลกุลหน่วยย่อยเรียกว่า มอนอเมอร์ หลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี เช่น การเชื่อมต่อกันของกลูโคสกลายเป็นแป้ง การเชื่อมต่อกันของกรดแอมิโนเกิดเป็นโปรตีน การเชื่อมต่อกันของนิวคลีโอไทด์เกิดเป็นสาย DNA ซึ่งสารประกอบคาร์บอนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต

2.3.1 คาร์โบไฮเดรต

ครูทบทวนความรู้ของนักเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างอาหารที่มีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก ประเภทของคาร์โบไฮเดรต คือ มอนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ ตัวอย่างของคาร์โบไฮเดรตแต่ละประเภท รวมถึงประโยชน์และแหล่งที่พบคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิด

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 2.15 เพื่อสรุปให้ได้ว่า เมื่อพิจารณาหมู่ฟังก์ชันของมอนแซ็กคาไรด์พบว่าหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนหลายหมู่ และแบ่งมอนแซ็กคาไรด์ได้เป็น 2 ประเภทคือ มอนแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลกลุ่มแอลดีไฮด์ ได้แก่ ไรโบส กลูโคส และกาแล็กโทส มอนแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลกลุ่มคีโตน ได้แก่ ไรบูโลส และฟรักโทส โดยมอนแซ็กคาไรด์ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างรูปแบบวง เฮกโซสมิคาร์บอน 6 อะตอม อาจมีโครงสร้างเป็นวง 6 เหลี่ยม เช่น กลูโคส หรืออาจมีโครงสร้างเป็นวง 5 เหลี่ยม เช่น ฟรักโทส ซึ่งการที่จะเกิดเป็นวง 5 หรือ 6 เหลี่ยมขึ้นกับสมบัติเฉพาะของเฮกโซสแต่ละชนิด

ครูให้นักเรียนศึกษาตำแหน่งของพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของไดแซ็กคาไรด์ คือ ซูโครส มีพันธะไกลโคซิดิก แบบ α - 1,2 (คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกลูโคสเชื่อมต่อกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของฟรักโทส) มอลโทสมีพันธะไกลโคซิดิก แบบ α - 1,4 (คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกลูโคสเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสอีกโมเลกุล) ซึ่งแตกต่างจากพันธะไกลโคซิดิกของแล็กโทส ที่มีพันธะไกลโคซิดิก แบบ β - 1,4 (คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกาแล็กโทสเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคส) ดังนั้นพันธะไกลโคซิดิกจึงมี 2 แบบ คือ แบบ α และแบบ β การสร้างพันธะไกลโคซิดิก 1 พันธะ ทำให้เกิดน้ำ 1 โมเลกุล

จากนั้นครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับพอลิแซ็กคาไรด์ ดังนี้

- การจัดเรียงตัวของกลูโคสในแป้ง ไกลโคเจน และเซลลูโลส มีการแตกแขนงและรูปแบบของพันธะไกลโคซิดิกแตกต่างกันอย่างไร



- แป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน โดยอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาว ไม่มีการแตกแขนง เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก แบบ $\alpha - 1,4$ อะไมโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาวและมีการแตกแขนง ส่วนที่เป็นสายยาวเกิดจากกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก แบบ $\alpha - 1,4$ เหมือนกับอะไมโลส ส่วนที่แตกแขนงเกิดจากกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก แบบ $\alpha - 1,6$
- ไกลโคเจนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้านเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก คล้ายอะไมโลเพกทิน แต่แขนงของไกลโคเจนมีจำนวนมากกว่า
- เซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมากมาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวตรง คล้ายอะไมโลส แต่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบ $\beta - 1,4$

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.1 เพื่อให้นักเรียนศึกษาสมบัติของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าที่มีสัดส่วนของอะไมโลสกับอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน



กิจกรรม 2.1 ลักษณะของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติของแป้งที่มีสัดส่วนของอะไมโลสกับอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน

เวลาที่ใช้

60 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

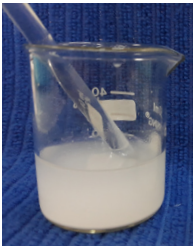
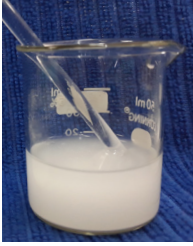
รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. แป้งข้าวเหนียว	4 ซ้อนเบอร์ 1
2. แป้งข้าวเจ้า	4 ซ้อนเบอร์ 1
3. ซ้อนตักสาร เบอร์ 1	2 อัน
4. น้ำ	50 mL
5. ปีกเกอร์ขนาด 50 mL	2 ใบ
6. กระบอกตวงขนาด 50 mL	1 อัน
7. แท่งแก้วคนสาร	2 อัน
8. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ หรือ เต้าไฟฟ้า	1 ชุด

ข้อแนะนำสำหรับครู

สิ่งที่ครูควรเตรียมล่วงหน้า คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า การนำน้ำแป้งไปทำให้สุกต้องให้มีการคนตลอดเวลาที่ให้ความร้อนเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของแป้ง

ตอนที่ 1

ผลการทำกิจกรรม

ชนิดของแป้ง	ลักษณะของแป้ง		ลักษณะแป้ง ที่เกาะบนแท่งแก้ว หลังได้รับความร้อน
	ก่อนได้รับความร้อน	หลังได้รับความร้อน	
แป้ง ข้าวเหนียว			
แป้งข้าวเจ้า			

สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งน้ำแป้งก่อนได้รับความร้อนมีลักษณะขุ่น แต่เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะมีลักษณะใสขึ้นและหนืด โดยสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินในแป้งมีผลต่อสมบัติของแป้ง โดยทั่วไปแป้งที่มีอะไมโลสปริมาณสูงเมื่อทำให้สุกจะดูดซับน้ำได้มากและเกิดการพองตัวได้มากกว่าเดิมหลายเท่า

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? จากผลการทดลองแป้งแต่ละชนิดหลังได้รับความร้อนมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
✎ น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนจะมีลักษณะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด คือ แป้งข้าวเหนียว มีลักษณะนุ่มเหนียวและขุ่น แป้งข้าวเจ้ามีลักษณะแข็งร่วน ไม่เหนียว จับตัวเป็นก้อน

? นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุทำให้ลักษณะของแป้งก่อนและหลังได้รับความร้อนมีความแตกต่างกัน

✎ สาเหตุที่ทำให้ลักษณะของแป้งก่อนและหลังได้รับความร้อนมีความแตกต่างกัน แป้งแต่ละชนิดที่มีสัดส่วนของปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพกทินแตกต่างกันทำให้แป้งมีสมบัติต่างกัน

ตอนที่ 2



ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับขนมไทยชนิดต่าง ๆ เช่น ขนมมรโร ขนมถ้วยฟู ขนมบัวลอย ขนมดั่ง ขนมต้ม ขนมปลากุริมิไข่เต่า เพื่ออภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. แป้งแต่ละชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันทำให้ขนมมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
2. ระบุถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของขนมที่ปรากฏกับแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น ขนมทับทิมกรอบทำมาจากแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเหนียวและใส ขนมบัวลอยทำมาจากแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะเหนียวนุ่ม ขนมสำปันนีทำมาจากแป้งข้าวเจ้า มีลักษณะแข็งร่วน ไม่จับตัวเป็นก้อน

ชื่อขนม	ลักษณะขนม	ชื่อขนม	ลักษณะขนม
ขนมบัวลอย แป้งข้าวเหนียว		ขนมถั่วแปบ แป้งข้าวเหนียว	
ขนมครก แป้งข้าวเจ้า		ขนมลอดช่อง แป้งข้าวเจ้า	

ชื่อขนม	ลักษณะขนม	ชื่อขนม	ลักษณะขนม
ขนมสำปันนี แป้งข้าวเจ้า		ขนมเปียกปูน แป้งข้าวเจ้า	
ขนมทับทิมกรอบ แป้งมันสำปะหลัง		ขนมลอดช่อง สิงคโปร์ แป้งมันสำปะหลัง	

ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมว่า แป้งจากพืชแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพกทินแตกต่างกันทำให้แป้งมีสมบัติต่างกัน เช่น ข้าวพันธุ์ที่มีอะไมโลสสูงเมื่อหุงต้มสุกจะเหนียวน้อยกว่า หรือร้อนและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวเจ้ามีอะไมโลสประมาณร้อยละ 7-33 สำหรับข้าวหอมมะลิจะมีอะไมโลเพกทินสูงกว่าข้าวเจ้าทั่วไป จึงทำให้ข้าวหอมมะลิมีลักษณะนุ่มและเหนียว

จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

- ?** ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวที่ทำให้สุกมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างไร และสมบัติใดที่แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน
-  ข้าวเจ้าที่ทำให้สุกจะมีการพองตัวหรือดูดซับน้ำสูง ร่วน แข็งไม่เหนียว สีขาวขุ่น ส่วนข้าวเหนียวที่ทำให้สุกจะมีการพองตัวหรือดูดซับน้ำน้อย ติดกันเป็นก้อน และมีความเหนียวนุ่ม มีความใสเป็นมันวาว โดยทั่วไปข้าวที่มีอะไมโลสปริมาณสูงเมื่อทำให้สุกจะดูดซับน้ำได้มากและเกิดการพองตัวได้มากกว่าเดิมหลายเท่า

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไกลโคเจน พบในเซลล์ตับและกล้ามเนื้อของสัตว์ เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ แต่การรับประทานเซลลูโลสมีประโยชน์ คือ ทำให้เป็นกากอาหารในลำไส้ใหญ่ช่วยให้การขับถ่ายเป็นไปได้ง่ายขึ้น

ครูควรให้นักเรียนสรุปหน้าที่สำคัญของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่

1. เป็นแหล่งของพลังงานในเซลล์ เช่น กลูโคส
2. เป็นอาหารสะสมของพืชและสัตว์ เช่น แป้ง และไกลโคเจน
3. เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เช่น เซลลูโลส เพกทิน ไกลแคน

2.3.2 โปรตีน

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้ยกตัวอย่างอาหารที่มีสารอาหารประเภทโปรตีน หรือภาพของเด็กที่ขาดโปรตีน แล้วถามนักเรียนว่าโปรตีนสำคัญต่อร่างกายอย่างไร นักเรียนควรใช้ประสบการณ์เดิมของตนในการตอบ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างของกรดแอมิโนจากรูป 2.22 แล้วถามคำถามเพิ่มเติมดังนี้

- จากโครงสร้างของกรดแอมิโนมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบบ้าง
- สูตรโครงสร้างทั่วไปของกรดแอมิโนเป็นอย่างไร

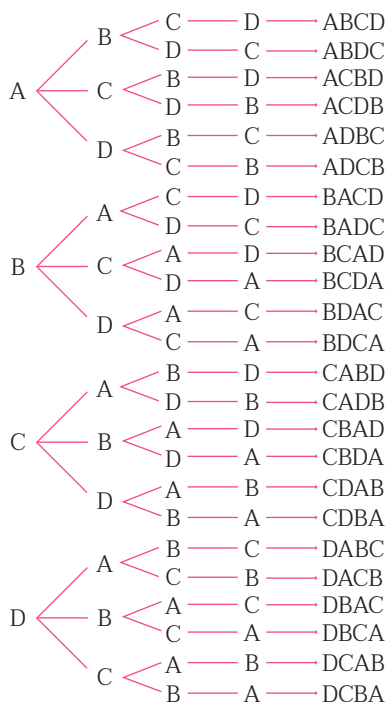
นักเรียนควรสรุปได้ว่า โปรตีนประกอบด้วยหน่วยย่อย ๆ ที่เรียกว่า กรดแอมิโน โดยกรดแอมิโนประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน โปรตีนบางชนิดประกอบด้วยอะตอมของธาตุอื่น เช่น กำมะถันพบในกรดแอมิโนซิสเทอีน ฟอสฟอรัสและเหล็กเป็นธาตุที่ถูกเติมหลังจากโปรตีนสังเคราะห์เสร็จแล้ว

แล้วให้นักเรียนร่วมกันเขียนแผนภาพเพื่อสรุป การเชื่อมต่อกันของกรดแอมิโนเป็นไดเพปไทด์ ไตรเพปไทด์ และพอลิเพปไทด์ซึ่งเกิดจากการสร้างพันธะเพปไทด์เชื่อมต่อหมู่คาร์บอกซิลของโมเลกุลแรกกับหมู่แอมิโนของโมเลกุลถัดมา ในการสร้างพันธะเพปไทด์แต่ละพันธะจะมีการปลดปล่อยโมเลกุลของน้ำออกมา 1 โมเลกุล

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

? เพปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดแอมิโน 4 ชนิด ชนิดละ 1 หน่วย จะสามารถมีสายเพปไทด์ที่มีลำดับกรดแอมิโนที่แตกต่างกันได้กี่แบบ

 24 แบบ ซึ่งอาจเขียนเป็นแผนภาพได้ ดังนี้



หรือสรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

สูตร $n!$ (อ่านว่า n factorial) ในที่นี้ n คือ จำนวนชนิดของกรดแอมิโน ซึ่งเท่ากับ 4
แทนค่าสูตร $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$

ครูอาจให้นักเรียนเล่นเกมต่อลูกปัดหลาย ๆ แบบ แทนการสร้างสายเพปไทด์โดยให้ลูกปัดแต่ละสีแทนกรดแอมิโนแต่ละชนิด และให้นักเรียนแข่งขันกัน จะทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 2.23 เพื่อสรุปให้ได้ว่า โปรตีนส่วนใหญ่ที่สามารถทำหน้าที่ได้ในสิ่งมีชีวิตเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่เกิดการพับม้วนเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะ 3 มิติ ซึ่งเหมาะสมกับการทำงาน โดยสามารถแบ่งโครงสร้างโปรตีนออกเป็น 4 ระดับ คือ โครงสร้างปฐมภูมิ โครงสร้างทุติยภูมิ โครงสร้างตติยภูมิ และโครงสร้างจตุรภูมิ

ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของโปรตีน ซึ่งควรเป็นดังนี้

1. ช่วยในการเจริญเติบโต
2. ช่วยในการลำเลียงสาร
3. ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
4. เป็นโครงสร้างของเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ เป็นองค์ประกอบของโครโมโซม
5. เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย
6. เป็นฮอร์โมน
7. ช่วยในการเคลื่อนที่ เช่น แอกทิน ไมโอซิน
8. บทบาทอื่นๆ เช่น เป็นพิษงู พิษแมงมุม พิษตะขาบ



บทความ

2.3.3 ลิพิด

ครูทบทวนความรู้เดิมโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างอาหารที่เป็นแหล่งของสารอาหารประเภทลิพิด และให้นักเรียนศึกษาภาพโครงสร้างของลิพิดแล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของลิพิด กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันที่จำเป็นและกรดไขมันที่ไม่จำเป็น และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต แล้วนำมาอภิปราย เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ลิพิดประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ลิพิดบางชนิดยังมีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ลิพิดมีโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีที่หลากหลาย โดยกลุ่มของลิพิดที่สำคัญซึ่งพบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 2.24 เพื่อสรุปให้ได้ว่า กรดไขมัน เป็นสายไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชันอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง โดยกรดไขมันแต่ละชนิดมีจำนวนคาร์บอนที่แตกต่างกันทำให้สมบัติต่างกัน กรดไขมันอิ่มตัวมีคาร์บอนทุกอะตอมเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีบางพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะคู่

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์และฟอสโฟลิพิด ดังนี้ ชนิดของไตรกลีเซอไรด์ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของกรดไขมันซึ่งอาจจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวหรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เหมือนกันก็ได้ ส่วนฟอสโฟลิพิดมีโครงสร้างประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมเลกุล เชื่อมต่อกับกรดไขมัน 2 โมเลกุล หมู่ฟอสเฟต 1 หมู่ และหมู่ R

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 2.28 เปรียบเทียบกับรูป 2.29 เพื่อสรุปให้ได้ว่า สเตอรอยด์มีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับหมู่ R และหมู่ฟังก์ชันอื่น ๆ ที่มาเชื่อมต่อกับวงคาร์บอนของสูตรโครงสร้างทั่วไปของ สเตอรอยด์ การสังเคราะห์สเตอรอยด์ชนิดอื่น ๆ เช่น เอสโตรเจน โปรเจสเตอโรน เทสโทสเตอโรน คอร์ติซอล มีคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้น

ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติม ดังนี้

การบริโภคอาหารที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็นจะทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นได้ เช่น การอักเสบของ ผิวหนัง จำนวนเพลตเลตลดต่ำลง ติดเชื้อง่าย บาดแผลหายช้า เส้นผมหยาบ การเจริญเติบโตหยุดชะงัก เป็นต้น

ในน้ำมันจากปลาทะเลบางชนิด มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 2 ชนิด คือ EPA (eicosapentaenoic acid) และ DHA (docosahexaenoic acid) ซึ่งสามารถลดระดับไตรกลีเซอไรด์และลดระดับคอเลสเตอรอลในลิโปโปรตีนชนิด LDL (low density lipoprotein) ในเลือดได้

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน เกี่ยวกับปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบอาหาร และอาจใช้คำถามเพิ่มเติมที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ดังนี้

- เหตุใดน้ำมันพืชบางชนิดเมื่อนำไปแช่ในตู้เย็นจึงไม่แข็งตัว
- ✎ น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว จุดหลอมเหลวจะต่ำเนื่องจากการมีพันธะคู่ในโครงสร้างของกรดไขมันจะทำให้มีการงอของโครงสร้าง การจัดเรียงตัวจึงไม่เป็นระเบียบ ถ้าพันธะคู่มากก็ยิ่งทำให้จุดหลอมเหลวต่ำลงมากขึ้น ส่วนใหญ่แล้วกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวประมาณ -49 ถึง -0.5 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิในตู้เย็นจึงไม่แข็งตัว สำหรับกรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวประมาณ $44-48$ องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิในตู้เย็นจึงแข็งตัว

2.3.4 กรดนิวคลีอิก

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้คำถาม ดังนี้

- ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยสารใดภายในเซลล์
- ✎ สารพันธุกรรม
- สารพันธุกรรมคือสารประกอบคาร์บอนชนิดใด มีกี่ชนิด อะไรบ้าง
- ✎ สารพันธุกรรมเป็นกรดนิวคลีอิก มี 2 ชนิด คือ DNA และ RNA

ครูอาจกระตุ้นให้นักเรียนสนใจโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก โดยการนำแบบจำลองหรือภาพของ DNA มาให้นักเรียนศึกษา เพื่อให้สังเกตลักษณะของโมเลกุลและส่วนที่เป็นหน่วยย่อยแต่ละหน่วย หรือ นิวคลีโอไทด์ว่าประกอบด้วยหน่วยย่อยอีกกี่ส่วน อะไรบ้าง จากนั้นจึงให้รู้จักชื่อของหน่วยย่อยเหล่านั้น ซึ่งได้แก่ น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และหมู่ฟอสเฟต ให้นักเรียนสังเกตสัญลักษณ์ที่ใช้แทนเบสว่ามีกี่แบบ เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า มีเบส 4 ชนิด อยู่ในโมเลกุลของ DNA

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 2.32 เพื่อให้สรุปได้ว่า โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ที่ต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ เรียกแต่ละสายว่าพอลินิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ สายพอลินิวคลีโอไทด์มีปลายด้านหนึ่งเรียกว่า ปลาย 5' และอีกด้านหนึ่งเรียกว่า ปลาย 3'

นักเรียนศึกษารูป 2.33 เพื่อสรุปได้ว่าโมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย บิดเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียนขวา โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีน และเบสไซโทซีนจับกับเบสกวานีน

จากนั้นครูให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างของ RNA จากรูป 2.32 แล้วใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- โครงสร้างของ RNA มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างจากโมเลกุลของ DNA อย่างไร
- ✎ นักเรียนควรสรุปได้ว่า โมเลกุลของ RNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์เพียง 1 สาย โดยมีเบส 4 ชนิด คือ ไซโทซีน กวานีน อะดีนีน และยูราซิล นอกจากนี้ยังประกอบด้วยน้ำตาลไรโบส ซึ่งคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 มีหมู่ไฮดรอกซิล

ในหัวข้อนี้อาจยังไม่ต้องให้ความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดของโครงสร้าง ชนิดและหน้าที่ของ DNA และ RNA เพราะจะได้ศึกษาในเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ตัวอย่างกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่พบในธรรมชาติ และความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน
- โครงสร้าง และความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทำแบบทดสอบ
- ความสัมพันธ์ของกรดแอมิโน การเกิดพอลิเพปไทด์ และโปรตีนจากการเขียนแผนภาพ
- โครงสร้าง และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทำแบบทดสอบ
- ตัวอย่างของลิพิดเช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- ความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- โครงสร้างของกรดนิวคลีอิกชนิดต่างๆ และความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- ความสำคัญของ DNA และ RNA ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการสืบค้นข้อมูลและการตอบคำถาม

ด้านทักษะ

- การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการสังเกตและเปรียบเทียบภาพโครงสร้างทางเคมี
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสังเกตพฤติกรรมในการแบ่งกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน
- ความซื่อสัตย์ จากการเก็บรวบรวมหลักฐาน การสังเกต ทดลอง สืบค้นข้อมูล ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน ยอมรับงานของผู้อื่นอย่างเปิดเผย
- ความรอบคอบ จากการวิเคราะห์ข้อมูลหรืออธิบายในขอบเขตของหลักฐานที่ปรากฏ

2.4 ปฏิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบปฏิริยาควบคุมพลังงานและปฏิริยาคายพลังงานที่เกิดขึ้นในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
2. อธิบายความสำคัญของการเกิดปฏิริยาควบคู่กันระหว่างปฏิริยาควบคุมพลังงานและปฏิริยาคายพลังงานในสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายกลไกการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์
4. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ และอธิบายผลของปัจจัยนั้น ๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์
5. อธิบายความหมายและประเภทของเมแทบอลิซึม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตัวอย่างกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การเดิน การออกกำลังกาย หรือแม้กระทั่งการคิด หรืออาจยกตัวอย่างกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตอื่นดังเช่นรูป 2.34 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่การเกิดปฏิริยาเคมีภายในเซลล์ขณะกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้นกำลังดำเนินอยู่ โดยอาจใช้คำถาม ดังนี้

● ในขณะที่ทำกิจกรรมต่าง ๆ จะเกิดอะไรขึ้นภายในเซลล์

นักเรียนอาจตอบคำถามได้หลากหลายตามประสบการณ์ ซึ่งครูควรนำเข้าสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสารภายในเซลล์ดังที่เรียนรู้มาข้างต้น เช่น ขาที่ขยับขณะกำลังเดินมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวเพื่อให้เกิดแรงและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ การหดตัวนี้ต้องการพลังงานซึ่งภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะต้องลำเลียงสารที่ต้องการซึ่งเก็บสะสมไว้บริเวณอื่นมาที่เซลล์กล้ามเนื้อเพื่อนำมาสลายให้ได้พลังงานโดยผ่านปฏิริยาเคมีหลายขั้นตอน เป็นต้น ดังนั้นสารในเซลล์จะมีทั้งที่ถูกนำไปสลายเพื่อให้ได้พลังงานและถูกนำไปเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารอื่น และยังต้องมีการลำเลียงสารไปยังบริเวณต่าง ๆ ภายในเซลล์ รวมทั้งผ่านเข้าและออกจากเซลล์ด้วย การยกตัวอย่างนี้เพื่อเชื่อมโยงให้เห็นภาพรวมของปฏิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนมากมาย โดยครูอาจแสดงตัวอย่างภาพรวมของปฏิริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิต หรือครูอาจแสดงภาพจากการค้นแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ซึ่งอาจใช้คำค้นว่า “biochemical pathway” “metabolic pathway” “วิถีเมแทบอลิซึม”

ครูควรทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยอาจยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าเหตุการณ์ต่อไปนี้มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่ มีข้อสังเกตอย่างไร เช่น

- น้ำแข็งที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเริ่มละลาย (หลอมเหลว)
- กล้วยสุกที่วางไว้ 3 วัน เปลือกเริ่มมีสีดำ
- น้ำตาลก้อนที่ละลายในกาแฟ
- ผงฟูทำให้ขนมเค้กขึ้นฟู
- ไม้ขีดไฟลุกไหม้

จากการอภิปราย นักเรียนควรอธิบายได้ว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารทำให้เกิดสารใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม ซึ่งอาจสังเกตการเกิดปฏิกิริยาได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีหรือกลิ่นที่ต่างไปจากสารเดิม การมีฟองแก๊สหรือตะกอนเกิดขึ้น หรือมีการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ

2.4.1 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ครูเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องพลังงานกับการเกิดปฏิกิริยา อาจยกตัวอย่างปฏิกิริยาต่างๆ โดยเริ่มจากตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีในสภาพแวดล้อมภายนอกก่อนเพราะจะทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย เช่น

- ปฏิกิริยาการแยกน้ำโดยใช้พลังงานไฟฟ้า โดยโมเลกุลของน้ำที่ถูกแยกจะให้โมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน ซึ่งนักเรียนได้เคยทดลองในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
- ปฏิกิริยาการเกิดน้ำโดยเมื่อให้ประกายไฟหรือความร้อนแกโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน จะรวมตัวกันเกิดน้ำขึ้น พร้อมทั้งเกิดการระเบิดขึ้นด้วย โดยอาจใช้ภาพถ่ายภายในบทเรียน หรือแสดงวิดีโอซึ่งหาได้จากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ต่างๆ

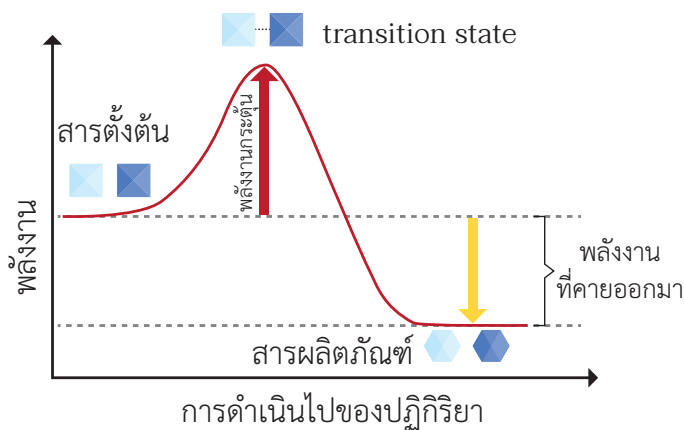
จากตัวอย่างปฏิกิริยาการแยกน้ำและการเกิดน้ำข้างต้น ครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสังเกตและอภิปรายว่ามีพลังงานเกี่ยวข้องหรือไม่ อย่างไร

หลังจากอภิปรายจากตัวอย่างที่ครูให้นักเรียนศึกษาข้างต้น นักเรียนควรสรุปได้ว่าพลังงานเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งมีทั้งปฏิกิริยาที่ดูดพลังงานและปฏิกิริยาที่คายพลังงาน จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพลังงานเคมีซึ่งเป็นพลังงานศักย์ที่แฝงอยู่ในโครงสร้างของสาร และใช้รูป 2.36 ในหนังสือเรียนประกอบการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบพลังงานของสารตั้งต้นและพลังงาน

ของสารผลิตภัณฑ์ และบอกความหมายของปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานได้ จากนั้นเพื่อนำเข้าสู่การอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานกระตุ้น ครูอาจตั้งคำถาม ดังนี้

- จากรูป 2.36 นักเรียนคิดว่าในการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้เองหรือไม่
- ปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานที่นักเรียนรู้จักมีปฏิกิริยาใดบ้าง
- ปฏิกิริยาการเกิดน้ำ หรือปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ซึ่งต่างเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้เมื่ออยู่ในสภาวะแบบใด และคิดว่าเพราะเหตุใด

จากการอภิปรายข้างต้น นักเรียนอาจมีคำตอบที่หลากหลายตามประสบการณ์ของแต่ละคน โดยครูให้นักเรียนศึกษาจากรูป 2.37 ในหนังสือเรียนและอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยานั้นเกี่ยวข้องกับการสลายพันธะของสารตั้งต้นซึ่งต้องใช้พลังงาน และเมื่อสร้างพันธะใหม่ของสารผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานที่ถูกคายออกมา จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาว่าคือพลังงานเริ่มต้นที่สารตั้งต้นต้องการเพื่อใช้ในการสลายพันธะ ซึ่งระหว่างการสลายพันธะของสารตั้งต้นและสร้างพันธะของสารผลิตภัณฑ์ สารตั้งต้นจะอยู่ในสภาวะที่มีโครงสร้างระหว่างสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ (transition state) ซึ่งสารดังกล่าวนี้อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียรและมีพลังงานสูงมาก และสารนี้พร้อมที่จะสลายและเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่มีความเสถียรมากขึ้นและมีพลังงานต่ำลงดังรูป

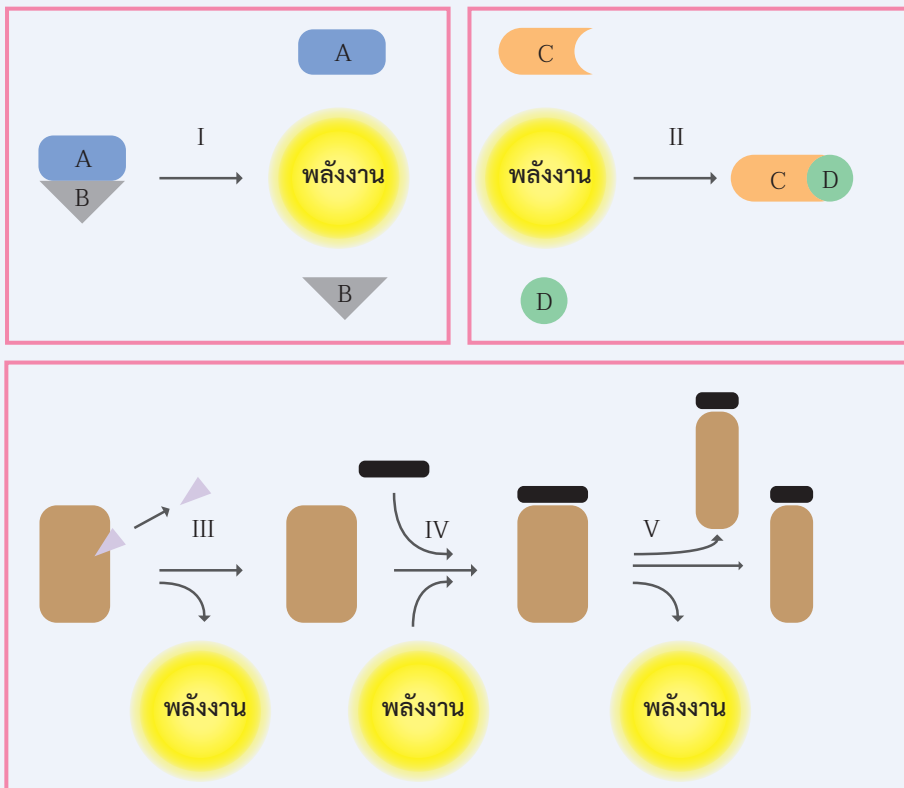


จากนั้นครูเชื่อมโยงเข้าสู่ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตว่ามีหลักการเช่นเดียวกับปฏิกิริยาที่กล่าวมาข้างต้น คือ มีทั้งปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน และใช้รูป 2.38 เพื่ออธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตว่าจะเกิดแบบปฏิกิริยาควบคู่กันระหว่างปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน แล้วให้นักเรียนทำคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ

? ศึกษาปฏิกิริยาเคมีข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถาม



1. จากปฏิกิริยาที่ I และ II สารใดเป็นสารตั้งต้น สารใดเป็นสารผลิตภัณฑ์
 ปฏิกิริยาที่ I AB เป็นสารตั้งต้น ส่วน A และ B เป็นสารผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ปฏิกิริยาที่ II C และ D เป็นสารตั้งต้น ส่วน CD เป็นสารผลิตภัณฑ์
 2. จากปฏิกิริยาที่ I พลังงานของ AB จะมากหรือน้อยกว่าพลังงานรวมของ A และ B
 พลังงานของ AB มากกว่าพลังงานรวมของ A และ B
 3. จากปฏิกิริยาที่ II พลังงานของ CD จะมากหรือน้อยกว่าพลังงานรวมของ C และ D
 พลังงานของ CD มากกว่าพลังงานรวมของ C และ D
 4. จากปฏิกิริยาเคมีข้างต้น ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาเคมีใดเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน
 ปฏิกิริยา I III และ V เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ส่วน ปฏิกิริยา II และ IV เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน
 5. จากปฏิกิริยาที่ III IV และ V สรุปได้ว่าอย่างไร
 สรุปได้ว่าปฏิกิริยาเคมีมีหลายขั้นตอน โดยสารที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาหนึ่งอาจเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่อไป
-  ปฏิกิริยาที่ต้องใช้พลังงานเกิดขึ้นได้อย่างไรภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
-  ปฏิกิริยาที่ต้องใช้พลังงานในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในลักษณะปฏิกิริยาควบคู่กันระหว่างปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงาน โดยพลังงานที่คายออกมาในปฏิกิริยาคายพลังงานจะถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยาดูดพลังงาน และพลังงานที่ใช้ในเซลล์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ ATP ซึ่งเป็นสารพลังงานสูง

2.4.2 เอนไซม์

ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จัก และอาจให้ตัวอย่างปฏิกิริยาเพิ่มเติมเพื่อให้มีทั้งตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมภายนอก และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต โดยตัวอย่างปฏิกิริยาอาจเป็นดังนี้

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมภายนอก

- การเกิดสนิม
- การผุกร่อน
- การเผาไหม้เชื้อเพลิง
- การระเบิดของดินปืน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

- กระบวนการย่อยอาหาร
- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- กระบวนการสร้างสารโมเลกุลใหญ่
- การสลายสารที่อาจเป็นอันตรายในร่างกาย

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าปฏิกิริยาใดบ้างที่เกิดขึ้นได้รวดเร็ว และปฏิกิริยาใดบ้างที่เกิดขึ้นได้ช้า จากนั้นถามนักเรียนว่า **ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตควรเป็นเช่นไร เพราะเหตุใด** ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย แต่ควรมีแนวคำตอบว่าการเกิดปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตควรเกิดได้อย่างรวดเร็ว มีความจำเพาะ (เอนไซม์มีความจำเพาะในแต่ละปฏิกิริยา) และควบคุมได้ โดยครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.2 เพื่อนำเข้าสู่เรื่องเอนไซม์กับการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต



กิจกรรม 2.2 เอนไซม์จากสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์

1. บอกได้ว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีเอนไซม์
2. ทดลองเพื่อระบุได้ว่าเอนไซม์เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

60 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ตัวอย่างที่นำมาศึกษา - ชิ้นส่วนของพืชที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เช่น ยอดคะน้า มันฝรั่ง - ชิ้นส่วนของสัตว์ที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เช่น ดับบ - ยีสต์ ความเข้มข้น 1 %	1 ชุด
2. H_2O_2 ความเข้มข้น 3 %	1 ขวด
3. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) อิมัตว	1 ขวด
4. หลอดทดลอง	อย่างน้อย 5 หลอด
5. ที่วางหลอดทดลอง	1 อัน
6. พาสเจอร์ปีเปตต์ ขนาด 5 mL	1 อัน
7. หลอดหยดพลาสติก	1 อัน
8. ปากคีบ	1 อัน
9. เขียง	1 อัน
10. มีด	1 อัน
11. กรรไกร	1 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูวางแผนให้นักเรียนเตรียมยีสต์ ดับบหมูด และส่วนของพืชชนิดต่างๆ เช่น เนื้อผลไม้ (ฝรั่ง ชมพู แอปเปิล สาเล่ มะม่วง ยอดผักต่างๆ (คะน้า แคะ กระถิน สะเดา ตำลึง) มันฝรั่ง แครอท หัวไชเท้า ถั่วอก และ ไม่ควรใช้พืชที่มีเมือกและพืชที่มีรสเปรี้ยว เพราะอาจมีค่า pH ในขณะทดลองไม่เหมาะสม
2. โดยทั่วไป สารละลาย H_2O_2 จะสลายเป็นแก๊สออกซิเจนและน้ำซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นการเตรียมหรือเก็บ H_2O_2 ไว้นาน ๆ จึงเสื่อมสภาพได้ ควรใช้ H_2O_2 ที่เตรียมใหม่ หรือ อาจซื้อได้จากร้านขายยา
3. การเตรียมสารละลาย KI อิมัตว ปริมาตร 50 mL สามารถเตรียมได้โดยชั่ง KI 8.3 g แล้วเติมน้ำจนมีปริมาตร 50 mL

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับ H_2O_2 ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีของเซลล์ และเป็นอันตรายต่อเซลล์ ซึ่งถ้ามีในปริมาณมากและไม่ถูกทำลายโดยทันทีจะทำให้เซลล์ตายได้ โดยจากการอภิปรายนักเรียนควรจะบอกได้ว่าในสภาวะปกติจะเห็นว่าเซลล์สามารถอยู่รอดได้ ดังนั้นเซลล์จึงน่าจะมีกลไกในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อสลาย H_2O_2
2. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิตซึ่งเกิดขึ้นได้โดยอาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
3. ครูควรให้นักเรียนเลือกชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลองตามความสนใจ และควรซักถามว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มาทดลอง
4. อภิปรายถึงกระบวนการทดลองว่าหลอดที่ 1 และ 2 เป็นชุดควบคุม และหลอดที่ 3 เป็นชุดทดลอง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับหลอดที่ 1 และ 2

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ควรเป็นดังตาราง

หลอดทดลองที่	การทดลอง	ผลการทดลองที่สังเกตได้
1	H_2O_2	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KI}$	มีฟองแก๊สเกิดขึ้น
3	$\text{H}_2\text{O}_2 +$ ตัวอย่างที่นำมาศึกษา (ดังรูป)	มีฟองแก๊สเกิดขึ้น

ตัวอย่างผลการทดลอง

หลอดที่

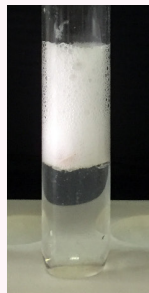
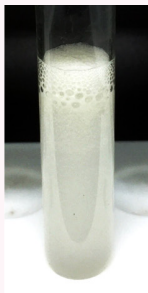
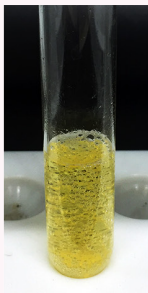
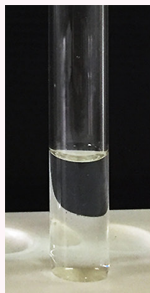
1

2

ยีสต์

ดັบหมู

แครอท

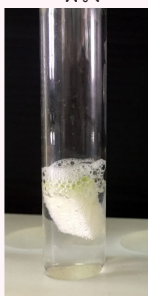
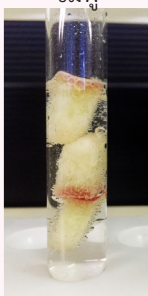
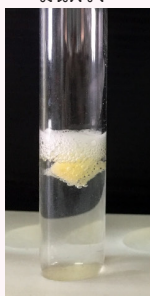


มันฝรั่ง

ชมพู่

ฝรั่ง

คะน้า



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง ข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง และอภิปรายร่วมกัน ซึ่งจากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตมีเอนไซม์ที่สามารถทำให้ปฏิกิริยาการสลาย H_2O_2 เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวโน้มในการตอบดังนี้

? ผลการทดลองของหลอดทดลองทั้ง 3 หลอดมีความแตกต่างกันอย่างไร

✏ ให้นักเรียนตอบตามที่นักเรียนสังเกตเห็น ซึ่งควรได้ผลการทดลองดังตารางข้างต้น คือ ไม่เกิดฟองแก๊สในหลอดที่ 1 และมีฟองแก๊สเกิดได้อย่างรวดเร็วในหลอดที่ 2 และ 3

? เพราะเหตุใดจึงต้องมีการทดลองหลอดที่ 1 และ 2

 การทดลองหลอดที่ 1 และ 2 เป็นชุดควบคุม เพื่อเปรียบเทียบกับหลอดที่ 3

- หลอดที่ 1 ไม่เกิดฟองแก๊สขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการสลายตัวของ H_2O_2 เกิดได้ช้ามาก เกิดออกซิเจนได้น้อยมาก (negative control)
- หลอดที่ 2 เกิดฟองแก๊สปริมาณมาก เป็นผลจากการสลายตัวของ H_2O_2 อย่างรวดเร็ว เมื่อมี KI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (positive control)

? ตัวอย่างที่นำมาศึกษาให้ผลการทดลองเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

 ให้ผลการทดลองเหมือนกัน คือ จะมีฟองแก๊สเกิดขึ้น แต่อาจจะมีปริมาณฟองแก๊สแตกต่างกัน

? จะทดสอบแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

 ทดสอบได้โดยใช้รูปที่ดับเปลวไฟแล้ว เหลือเฉพาะปลายถ่านแดง ๆ จ่อเข้าไปในหลอดทดลอง ถ้าถ่านสีแดงวาบขึ้น แสดงว่าเป็นแก๊สออกซิเจน

? เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาการสลายของ H_2O_2

 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

? เพราะเหตุใดการสลาย H_2O_2 ในสภาพแวดล้อมภายนอกจึงเกิดขึ้นเองได้ช้ามาก

 เนื่องจากในการเกิดปฏิกิริยาการสลายของ H_2O_2 น่าจะต้องการพลังงานกระตุ้นสูงมาก จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองได้ช้ามาก

? เพราะเหตุใดชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตจึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

 เพราะในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

หลังจากทำกิจกรรม 2.2 แล้ว ครูแสดงภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อมีเอนไซม์และไม่มีเอนไซม์ ดังรูป 2.39 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของเอนไซม์ในการทำหน้าที่ลดพลังงานกระตุ้น จากนั้นให้ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ในการเปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นสารผลิตภัณฑ์โดยใช้ตัวอย่างการเร่งปฏิกิริยาสลายซูโครสโดยเอนไซม์ซูเครส ดังรูป 2.40 และศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเอนไซม์เมื่อจับกับสารตั้งต้น ดังรูป 2.41 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียน

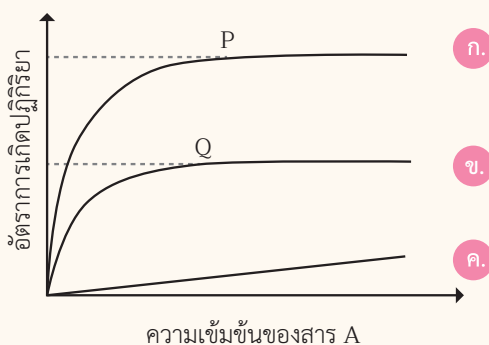
อธิบายตามความเข้าใจ และให้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของสารตั้งต้นและปริมาณของเอนไซม์ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยใช้รูป 2.42 ในหนังสือเรียน และอาจให้ตอบคำถามในกรณีศึกษา โดยมีแนวคำตอบ ดังนี้



กรณีศึกษา

โดยปกติ สาร A จะสลายตัวได้เองอย่างช้าๆ แต่สามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายสาร A ได้โดยใช้เอนไซม์ ในการทดลองหนึ่งที่ศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาการสลายสาร A ในขณะที่มีและไม่มีเอนไซม์ได้ผลดังกราฟ



เส้นกราฟใดที่แสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาการสลายสาร A ในกรณีที่ไม่มีเอนไซม์



เส้นกราฟ ค



เพราะเหตุใดที่ตำแหน่ง P และ Q อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเริ่มคงที่



เพราะที่ตำแหน่ง P และ Q เป็นตำแหน่งที่เอนไซม์ทุกโมเลกุลจับกับสาร A ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเริ่มคงที่



เพราะเหตุใดเส้นกราฟ ก จึงมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่าเส้นกราฟ ข



เส้นกราฟ ก และ ข ต่างเป็นผลการทดลองที่แสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาการสลายสาร A ในขณะที่มีเอนไซม์ แต่เส้นกราฟ ก มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่าเส้นกราฟ ข เนื่องจากการทดลองของเส้นกราฟ ก ใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์สูงกว่าการทดลองของเส้นกราฟ ข

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้มา ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



เอนไซม์ช่วยลดพลังงานกระตุ้นได้อย่างไร



การทำงานของเอนไซม์เกิดจากการที่สารตั้งต้นเข้ามาจับที่บริเวณเร่ง ทำให้มีโครงสร้างและสถานะเหมาะสมที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงพันธะเคมีของสารตั้งต้นได้เป็นสารผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทำงานของเอนไซม์จึงสามารถลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาได้



ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีสารตั้งต้นจะเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ หลังเกิดปฏิกิริยาเอนไซม์จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่



หลังเกิดปฏิกิริยา โครงสร้างของเอนไซม์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และยังสามารถกลับมาเร่งปฏิกิริยาได้ใหม่



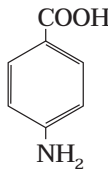
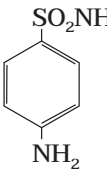
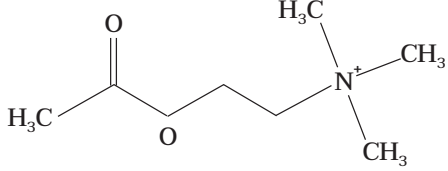
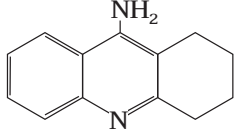
หากอัตราการเกิดปฏิกิริยาถึงระดับคงที่ เนื่องจากเอนไซม์ถึงจุดอิ่มตัวแล้วนั้น ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีวิธีใดที่จะสามารถทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นได้



ในกรณีนี้ เอนไซม์เป็นปัจจัยจำกัด การที่จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นได้ คือต้องเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ ซึ่งในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตนั้นก็มักกลไกในการควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์ โดยหากเซลล์ต้องการให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ก็จะมีการควบคุมให้มีการสังเคราะห์เอนไซม์เพิ่มขึ้นได้

นอกจากนี้ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับโคเอนไซม์และโคแฟกเตอร์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์บางชนิดจากรูป 2.43 รวมถึงการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดด้วยตัวยับยั้งเอนไซม์ โดยครูอาจให้นักเรียนศึกษาการทำงานของตัวยับยั้งเอนไซม์จากรูป 2.44 แล้วให้นักเรียนให้เหตุผลว่าตัวยับยั้งเอนไซม์แต่ละแบบมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์อย่างไร เพราะเหตุใดจึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวในการตอบ ดังนี้

? สารตั้งต้นและตัวยับยั้งของเอนไซม์ dihydropteroate synthase และ acetylcholinesterase มีโครงสร้างดังแสดงในตาราง ตัวยับยั้งเอนไซม์แต่ละชนิด น่าจะเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์แบบใด

เอนไซม์	สารตั้งต้น	ตัวยับยั้งเอนไซม์
dihydropteroate synthase	 p-aminobenzoic acid	 sulfanilamide
acetylcholinesterase	 acetylcholine	 tacrine

จากโครงสร้างของ sulfanilamide จะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายกับ p-aminobenzoic acid ที่เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ dihydropteroate synthase จึงเป็นไปได้ว่า sulfanilamide จะแย่งจับกับบริเวณเร่งของเอนไซม์ จึงจัดว่า sulfanilamide เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์แบบแข่งขัน ส่วน tacrine มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก acetylcholine ที่เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ acetylcholinesterase ดังนั้น tacrine จึงน่าจะจับกับบริเวณอื่นที่ไม่ใช่บริเวณเร่ง จึงจัดว่า tacrine เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์แบบไม่แข่งขัน

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับเอนไซม์และการทำงานของเอนไซม์แล้ว ครูอาจนำเข้าสู่เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์โดยอาจยกตัวอย่างเกี่ยวกับการถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น และอาจให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า **เพราะเหตุใดการใช้ความเย็นจึงช่วยรักษาสภาพของผลไม้และอาหารสดได้** ซึ่งควรมีแนวคำตอบว่าเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิซึ่งอาจมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้งในจุลินทรีย์ในผลไม้ และในอาหารสดเหล่านั้น จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 2.3 และกิจกรรมเสนอแนะ



กิจกรรม 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์

จุดประสงค์

1. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
2. อธิบายผลของปัจจัยนั้น ๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์

เวลาที่ใช้

90 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

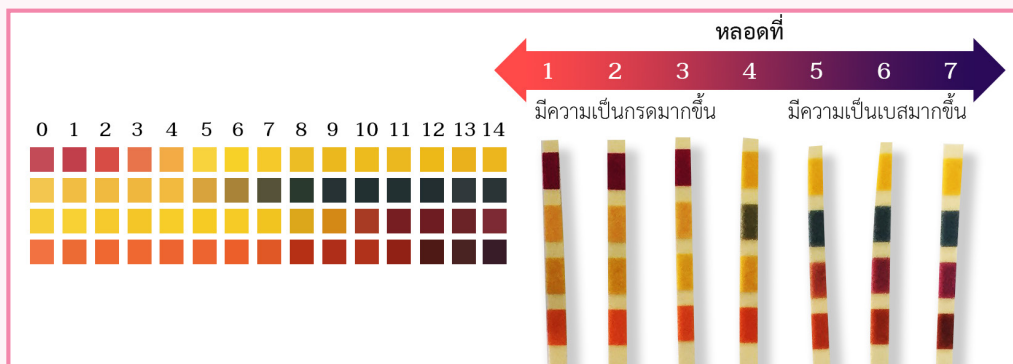
รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ยีสต์ ความเข้มข้น 1%	1 ขวด
2. น้ำกลั่น	1 ขวด
3. H_2O_2 ความเข้มข้น 3%	1 ขวด
4. 1 M HCl ปริมาตร 100 mL	1 ขวด
5. 1 M NaOH ปริมาตร 100 mL	1 ขวด
6. เครื่องชั่งแบบดิจิทัล	1 เครื่อง (ต่อห้อง)
7. เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน
8. กระดาษวัดค่าพีเอช (pH indicator paper)	1 ชุด
9. หลอดทดลอง (ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเดียวกัน)	15 หลอด
10. ที่วางหลอดทดลอง	1 อัน
11. ปีกเกอร์ขนาด 250 mL	4 ใบ
12. ปากคืบ	1 อัน
13. พาสเจอร์ปิเปตต์ขนาด 5 mL และ 1 mL	1 อัน
14. หลอดหยดพลาสติก	1 อัน
15. แท่งแก้วคนสาร	1 อัน

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

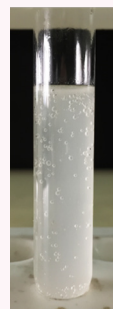
1. ครูให้นักเรียนอภิปรายข้อมูลเกี่ยวกับกะตะเลสซึ่งนักเรียนได้เคยทำการทดลองมาแล้วก่อนหน้านี้ในกิจกรรม 2.2 เพื่อทบทวนความรู้เดิม ซึ่งในกิจกรรม 2.2 นักเรียนจะสังเกตเห็นฟองแก๊สเกิดขึ้นเมื่อใส่ชิ้นส่วนจากเนื้อเยื่อสัตว์ หรือชิ้นส่วนจากเนื้อเยื่อพืช หรือยีสต์ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย H_2O_2 เพราะกะตะเลสในตัวอย่างที่นำมาศึกษาสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลาย H_2O_2 เกิดเป็นแก๊สออกซิเจนและน้ำได้
2. ก่อนเริ่มการทดลอง ครูให้นักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับอุณหภูมิ และ pH ที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
3. ในกิจกรรม 2.2 นักเรียนได้ทดลองโดยใช้ตัวอย่างที่นำมาศึกษาที่หลากหลายสำหรับกิจกรรม 2.3 ซึ่งจะเป็นการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์นั้น ครูอาจเชื่อมโยงเพื่อเข้าสู่การทดลองโดยให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการเลือกใช้ยีสต์ในการทดลองนี้ ตัวอย่างแนวคำถามอาจเป็นดังนี้
 - จากตัวอย่างที่นำมาศึกษาในกิจกรรม 2.2 นักเรียนคิดว่าควรจะใช้ตัวอย่างใดสำหรับการทดลองนี้
 - เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้ยีสต์ในการทดลองนี้

ซึ่งจากการอภิปรายควรมีแนวคำตอบว่าเพราะจากกิจกรรม 2.2 พบว่ายีสต์จะทำให้เกิดฟองแก๊สขึ้นอย่างรวดเร็ว และเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ง่ายในการสังเกตความแตกต่างของผลการทดลอง
4. ครูอาจให้นักเรียนเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับการเตรียมน้ำที่มีอุณหภูมิต่างๆ ตามที่กำหนดสำหรับใช้ในการทดลองตอนที่ 1 โดยวิธีการอาจทำได้โดยต้มน้ำให้เดือดประมาณ 1,000 mL (อาจต้มน้ำโดยใช้กระติกน้ำร้อน) จากนั้นผสมน้ำเดือดและน้ำเย็นในบีกเกอร์ขนาด 250 mL ให้ได้อุณหภูมิตามช่วงที่ต้องการ โดยควรให้แต่ละบีกเกอร์มีน้ำประมาณ 4/5 ของบีกเกอร์หรือมากเพียงพอเพื่อให้สามารถรักษอุณหภูมิของน้ำขณะทดลองได้
5. สำหรับการเตรียมสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆ กัน โดยใช้ 1 M HCl และ 1 M NaOH อาจให้นักเรียนลองตรวจสอบ pH ของสารละลายโดยใช้ pH indicator paper หรือในกรณีที่หา pH indicator paper ไม่ได้ ก็อาจให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแนวโน้มของ pH ในสารละลายแต่ละหลอดที่เตรียมไว้ได้โดยนักเรียนควรสรุปได้ว่าหลอดใดมีความเป็นกรดมาก หลอดใดมีความเป็นเบสมาก

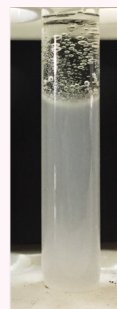
ตัวอย่างการตรวจสอบค่า pH ของสารละลายโดยใช้ pH indicator paper



6. ครูสามารถเตรียมสารละลายที่มีค่า pH ต่าง ๆ ที่แตกต่างจากกิจกรรมนี้ ซึ่งเตรียมจากสารละลายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 1 M HCl และ 1 M NaOH โดยเตรียมสารละลาย HCl และ NaOH ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นน้อยหรือมากกว่านี้ได้ เช่น 0.5 HCl และ 0.5 NaOH ซึ่งครูสามารถปรับได้ตามความเหมาะสม เพื่อทดสอบผลของ pH ที่มีต่อเอนไซม์
7. ครูควรแนะนำให้ใช้หลอดทดลองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากันเพื่อทำให้สารละลาย H_2O_2 ในแต่ละหลอดมีความสูงเริ่มต้นเท่ากัน ทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด
8. ในการทดลองให้นักเรียนเปรียบเทียบปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดโดยใช้จำนวนของเครื่องหมาย + ซึ่งหลอดที่มีปริมาณฟองแก๊สมากที่สุดให้ใส่จำนวนเครื่องหมาย + มากที่สุด หลอดที่มีปริมาณฟองแก๊สน้อยลงให้ใส่จำนวนเครื่องหมาย + ลดลงตามลำดับ และใช้เครื่องหมายลบ - แสดงการไม่เกิดฟองแก๊ส โดยใช้ดุลยพินิจของนักเรียนเอง
9. ในกรณีที่มีวัสดุและอุปกรณ์จำกัด เช่น หลอดทดลองที่มีขนาดเดียวกัน ครูอาจแบ่งนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม โดยให้ 2 กลุ่ม ทำการทดลองตอนที่ 1 และอีก 2 กลุ่ม ทำการทดลองตอนที่ 2 แล้วจึงนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกัน
10. ความขุ่นของยีสต์อาจทำให้สังเกตฟองแก๊สที่เกิดขึ้นได้ไม่ชัดเจน ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันเสนอวิธีที่ทำให้เห็นผลการสังเกตได้ง่ายขึ้น ซึ่งวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้โดยใส่น้ำมันพืชหลังจากผสมสารต่าง ๆ แล้ว น้ำมันพืชช่วยให้ฟองแก๊สเคลื่อนที่ได้ช้าลงและสามารถเห็นฟองแก๊สได้ชัดเจนขึ้น



ไม่ใส่น้ำมัน

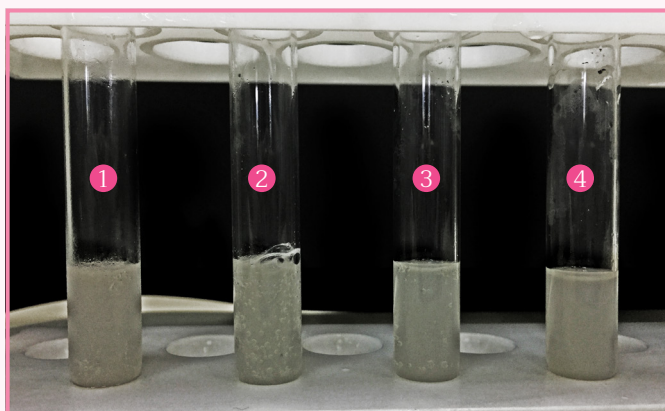


ใส่น้ำมัน

ตัวอย่างผลการทดลอง

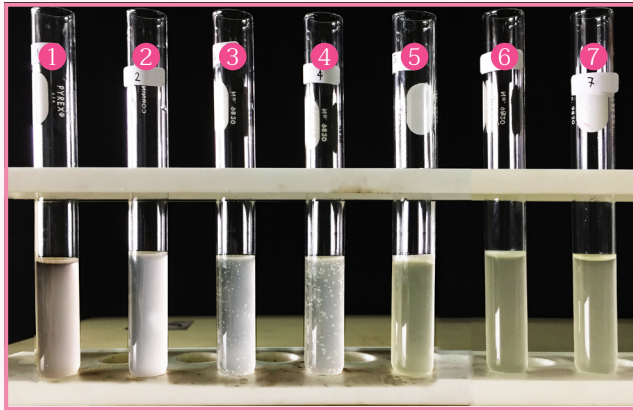
ตอนที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์

หลอดทดลองที่	อุณหภูมิ	ปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้น
1	ต่ำกว่า 10 °C	+
2	อุณหภูมิห้อง	+++++
3	45-60 °C	++
4	75-100 °C	-



ตอนที่ 2 ผลของ pH ต่อการทำงานของเอนไซม์

หลอดทดลองที่	ค่า pH ของสารละลาย โดยประมาณ	ปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้น
1	~ 0-1	+
2	~ 0-1	+
3	~ 1-2	+++
4	~ 6-7	+++++
5	~ 11	+++
6	~ 12-13	+
7	~ 14	+



สรุปผลการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง และข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่าอุณหภูมิและ pH มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์ ดังนี้

- ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสจากยีสต์ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ อุณหภูมิห้อง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 60°C การเร่งปฏิกิริยาสลาย H_2O_2 จะเริ่มลดลง และอาจจะไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้เลยเมื่อยีสต์ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากเกินไป ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 10°C เอนไซม์อะไมเลสจากยีสต์จะเร่งปฏิกิริยาสลาย H_2O_2 ได้ลดลง
- ผลของ pH ต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสจากยีสต์ทำงานได้ดีในช่วง pH 6-7 แต่เมื่อ pH สูงขึ้น หรือต่ำลงกว่าช่วงดังกล่าว การเร่งปฏิกิริยาสลาย H_2O_2 จะเริ่มลดลง

อภิปรายผลการทดลอง

ครูอาจให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการทดลองนี้ว่ามีปัจจัยใดบ้าง ที่อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน และควรแก้ไขอย่างไร ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนอาจมีได้ดังนี้

- ปริมาณยีสต์ที่ใส่ลงในแต่ละหลอดทดลองอาจแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงควรทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ เพื่อยืนยันผลการทดลองที่ได้
- การวัดผลการทดลองเป็นการดูปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการวัดผลอย่างง่ายด้วยการประมาณด้วยสายตาซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นหากต้องการทราบปริมาณแก๊สที่ชัดเจน ควรต้องมีการเก็บแก๊สโดยการแทนที่น้ำ เพื่อให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลเป็นค่าตัวเลขที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน

หลังจากทำกิจกรรม 2.3 แล้ว ครูอาจใช้คำถามว่า เพราะเหตุใดเอนไซม์คะตะเลสจึงไม่สามารถทำงานได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หรือค่า pH เพื่อให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน ซึ่งนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่าเอนไซม์แต่ละชนิดจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ และ pH ที่เหมาะสมหนึ่งๆ โดยหากเพิ่มอุณหภูมิจนสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์เสียสภาพ หรือหากทำให้เอนไซม์อยู่ในสภาพที่ pH ไม่เหมาะสม จะทำให้ประจุของกรดแอมิโนของเอนไซม์ หรือแรงยึดเหนี่ยวภายในโครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงไป และส่งผลต่อโครงสร้างและสภาวะภายในบริเวณเร่งของเอนไซม์ การทำงานของเอนไซม์จึงลดลง

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2.3 และอาจให้ทำกิจกรรมเสนอแนะ เรื่อง ตัวอย่างการนำเอนไซม์ไปใช้ประโยชน์

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? ในการทดลองตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม คืออะไร

 ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิ และ pH ตัวแปรตาม คือ ปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้น และตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณของยีสต์ ขนาดของหลอดทดลอง และปริมาณสารละลาย H_2O_2

? หากต้องการให้ผลการทดลองจากการทดลองตอนที่ 1 และ 2 นี้ น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น จะมีวิธีการอย่างไร

 คำตอบอาจมีได้หลายคำตอบ เช่น

- ควบคุมความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองทุกชนิดไม่ให้มีการปนเปื้อน
- ควรทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน
- ควรมีการเก็บแก๊สโดยการแทนที่น้ำ เพื่อจะได้ปริมาณแก๊สที่ชัดเจนการทดลองจะได้มีความน่าเชื่อถือในทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

? จากการทดลอง คะตะเลสจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิและ pH เท่าใด

 จากการทดลองคะตะเลสสามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิห้อง และในช่วงประมาณ pH 6-7

- ?** จากการทดลองอุณหภูมิ และ pH มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสของยีสต์อย่างไร
-  จากการทดลองเอนไซม์อะไมเลสที่ได้จากยีสต์จะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ อุณหภูมิห้อง และ pH ประมาณ 6-7 หากลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ หรือทำให้ pH เปลี่ยนแปลง จะทำให้ความสามารถในการทำงานของอะไมเลสค่อย ๆ ลดลง และอาจไม่สามารถทำงาน ได้เลยเมื่ออุณหภูมิต่ำหรือสูงจนเกินไป หรือมี pH ที่ต่ำหรือสูงจนเกินไป



กิจกรรมเสนอแนะ ตัวอย่างการนำเอนไซม์มาใช้ประโยชน์

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับการนำเอนไซม์ไปใช้ในอุตสาหกรรมผงซักฟอก
2. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำเอนไซม์ไปใช้ในด้านอื่นๆ

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผงซักฟอกชีวภาพจากรูปในกิจกรรม และแบ่งกลุ่มเพื่อ สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผงซักฟอกที่มีเอนไซม์เป็นส่วนประกอบ จากนั้นให้นักเรียน อภิปรายเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ในผงซักฟอกในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

? เอนไซม์ในผงซักฟอกช่วยกำจัดคราบสกปรกต่าง ๆ ได้อย่างไร

 ในผงซักฟอกข้างต้นประกอบไปด้วยโปรติเอสและลิเพสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถ ย่อยสลายคราบสกปรกจำพวกโปรตีนและไขมันให้มีขนาดเล็กลงได้ตามลำดับ และ ทำให้ง่ายที่จะกระจายตัวไปกับน้ำเมื่อถูกชะล้าง

? เพราะเหตุใดในการใช้ผงซักฟอกชนิดนี้จึงมีคำแนะนำว่าควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำร้อน และควรใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40°C ในการซักผ้า

 เพราะเอนไซม์ในผงซักฟอกข้างต้นนี้จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40°C และหาก ใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงในการซักผ้าอาจส่งผลให้เอนไซม์เสียสภาพได้

 ? เพราะเหตุใดจึงไม่ควรใช้ผงซักฟอกนี้ในการซักเสื้อผ้าที่ทำมาจากผ้าไหม
 เพราะผ้าไหมทำมาจากเส้นไหมที่เป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ ซึ่งสามารถถูกย่อยได้ด้วยโปรตีเอส ดังนั้นหากใช้ผงซักฟอกที่มีเอนไซม์นี้ในการซักเสื้อผ้าที่ทำมาจากผ้าไหม อาจทำให้เสื้อผ้าเสียหายได้

- ครูให้นักเรียนอภิปรายถึงประโยชน์ของการนำเอนไซม์ไปใช้ในอุตสาหกรรม โดยการอภิปรายของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ซึ่งอาจสรุปในแนวทางว่าการใช้เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้นทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ และการเกิดปฏิกิริยาจะเป็นสถานะที่ไม่รุนแรง ทำให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากนั้นครูอาจให้ไปสืบค้นข้อมูลและนำเสนอเกี่ยวกับตัวอย่างการนำเอนไซม์ไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อาหารและเครื่องดื่ม ยา เครื่องนุ่งห่ม สิ่งทอ เยื่อกระดาษ เชื้อเพลิง เป็นต้น

2.4.3 เมแทบอลิซึม

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยอาจใช้คำถามดังนี้

- นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตมีวิธีการในการได้พลังงานเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างไรบ้าง
- สิ่งมีชีวิตต้องการพลังงานเพื่อใช้ในกิจกรรมใดของเซลล์บ้าง

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปเกี่ยวกับการได้มาซึ่งพลังงานในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยอาจแบ่งกลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้เป็นกลุ่มที่สร้างอาหารเองได้ และกลุ่มที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ซึ่งพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการสลายสารอาหารจะถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น การสร้างสารอินทรีย์ การลำเลียงสารบางประเภท เป็นต้น จากนั้นครูให้นิยามของคำว่าเมแทบอลิซึม แคแทบอลิซึม และแอแนบอลิซึม โดยใช้รูป 2.48 และอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างแคแทบอลิซึม และแอแนบอลิซึม ซึ่งปฏิกิริยาที่นักเรียนยกตัวอย่างอาจเป็น ดังนี้

ตัวอย่างแคแทบอลิซึม	ตัวอย่างแอนาบอลิซึม
การสลายพอลิแซ็กคาไรด์	การสังเคราะห์แป้งและไกลโคเจน
การสลายโปรตีน	การสังเคราะห์โปรตีน
การสลายลิพิด	การสังเคราะห์ลิพิด
การสลายกรดนิวคลีอิก	การสังเคราะห์ DNA และ RNA

จากนั้นครูอาจใช้รูป 2.49 และ 2.50 เพื่ออธิบายเพิ่มเติมว่าปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะเกิดแบบวิถีเมแทบอลิซึม และมีกลไกที่คอยควบคุมวิถีเมแทบอลิซึมต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวในการตอบดังนี้

? รูปแบบการยับยั้งดังแสดงในรูป 2.50 ส่งผลดีต่อเซลล์อย่างไร

 การยับยั้งแบบย้อนกลับทำให้เซลล์ไม่สร้างหรือสลายสารต่างๆ อย่างสิ้นเปลืองและเกินความจำเป็นของเซลล์ในขณะนั้น

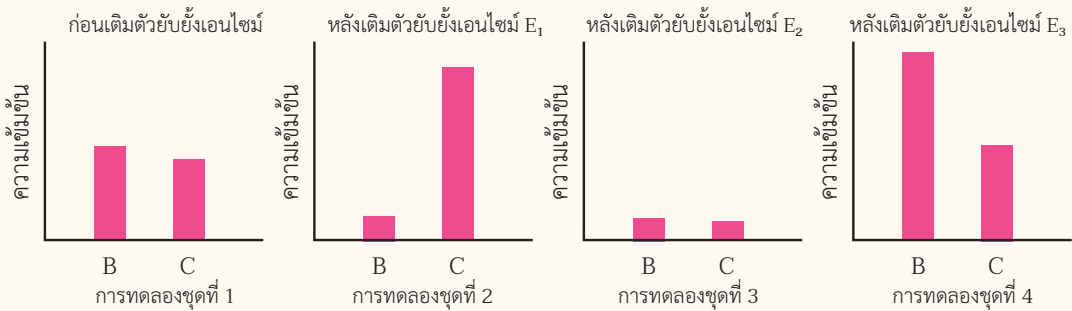
จากนั้นครูอธิบายเกี่ยวกับการใช้ตัวยับยั้งเอนไซม์ในการศึกษาลำดับของปฏิกิริยาเคมีในวิถีเมแทบอลิซึม และให้นักเรียนตอบคำถามในกรณีศึกษา ซึ่งมีแนวในการตอบดังนี้



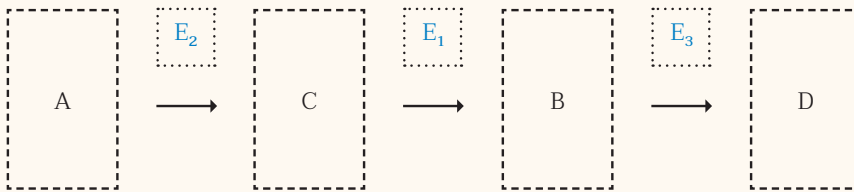
กรณีศึกษา

สมมติให้วิถีเมแทบอลิซึมหนึ่งมี 3 ขั้นตอน โดยมีเอนไซม์ E_1 , E_2 และ E_3 เกี่ยวข้องในวิถีเมแทบอลิซึมนี้ มีสาร A เป็นสารตั้งต้น มีสาร B และ C เกิดขึ้นระหว่างวิถีเมแทบอลิซึม และมีสาร D เป็นสารผลิตภัณฑ์สุดท้าย

เมื่อทำการทดลองเพื่อหาลำดับของปฏิกิริยาต่างๆ ในวิถีเมแทบอลิซึมนี้ได้เติมตัวยับยั้งเอนไซม์แต่ละชนิด ได้ผลการทดลองดังแสดงในกราฟด้านล่างนี้



? จากข้อมูลข้างต้น ลำดับของการเกิดสารในปฏิกิริยาเป็นอย่างไร



แนวการคิด

เมื่อเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ E_2 ทั้งสาร B และ C มีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับก่อนเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ ดังนั้นเอนไซม์ E_2 จึงเป็นเอนไซม์ในปฏิกิริยาขั้นตอนแรกของวิถีนี้

เมื่อเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ E_1 ปริมาณของสาร B ลดลง ส่วนสาร C มีปริมาณสะสมเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ ดังนั้นเอนไซม์ E_1 จึงเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของสาร C เป็นสาร B ซึ่งจะต้องเป็นปฏิกิริยาขั้นตอนที่สองของวิถีนี้

เมื่อเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ E_3 ปริมาณของสาร B สะสมเพิ่มมากขึ้น ส่วนสาร C มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย เมื่อเทียบกับก่อนเติมตัวยับยั้งเอนไซม์ ดังนั้นเอนไซม์ E_3 จึงเป็นเอนไซม์ในปฏิกิริยาขั้นตอนสุดท้ายของวิถีนี้

? ถ้าตัวยับยั้งเอนไซม์ E_2 เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน เมื่อเพิ่มปริมาณของสาร A ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในวิถีนี้ จะพบว่าปริมาณของสาร D มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



เนื่องจากตัวยับยั้งเอนไซม์แบบแข่งขันจะแย่งจับกับบริเวณเร่งของเอนไซม์ การเพิ่มปริมาณของสารตั้งต้นจะเพิ่มโอกาสในการแย่งจับกับเอนไซม์ได้มากขึ้น จึงลดผลของการยับยั้งลงได้ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของสาร A ให้มากขึ้น จึงลดผลของตัวยับยั้งเอนไซม์ E_2 ซึ่งยับยั้งในขั้นที่สาร A เปลี่ยนเป็นสาร C ได้ ทำให้ปริมาณของสาร C เพิ่มขึ้น และทำให้ปฏิกิริยาในขั้นตอนต่างๆ ในวิถีเกิดขึ้นได้ตามปกติ จนส่งผลให้มีปริมาณของสาร D เพิ่มขึ้นในที่สุด

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ปฏิบัติเคมีที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาเคมีที่เป็นปฏิกิริยาคายพลังงานที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการตอบคำถามและแบบฝึกหัด
- การทำงานของเอนไซม์และปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ จากการตอบคำถาม การทำกิจกรรมกลุ่มในการทดลอง สรุปผลการทดลอง รายงานผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภทและการลงความเห็นข้อมูล และการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากการตอบคำถาม และการอภิปราย
- การสังเกต การวัด การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2.2 และ 2.3
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และความสนใจในวิทยาศาสตร์จากการตอบคำถาม
- การใช้วิจารณญาณ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่าง ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความรอบคอบและวิสัยทัศน์จากการทำกิจกรรมและการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน โดยประเมินตามสภาพจริงระหว่างเรียน



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

1. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

....×.... 1.1 โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจากหน่วยย่อย (monomer) มาเรียงต่อกัน

กรณีที่ 1 โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิดและกรดนิวคลีอิก เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจากหน่วยย่อย (monomer) มาเรียงต่อกัน

แก้ไขเป็น พอลิแซ็กคาไรด์

กรณีที่ 2 โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจากหน่วยย่อย (monomer) มาเรียงต่อกัน

แก้ไขเป็น ตัดคำที่ขีดเส้นใต้ ออก (เนื่องจาก ลิพิดไม่ได้เกิดจากหน่วยย่อยมาเรียงต่อกัน แต่เกิดจากการรวมกันของกลีเซอรอลและกรดไขมัน)

กรณีที่ 3

โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจาก หน่วยย่อย (monomer) มาเรียงต่อกัน

แก้ไขเป็น ตัดข้อความที่ขีดเส้นใต้ ออก

....×.... 1.2 เซลลูโลสจัดเป็นไดแซ็กคาไรด์ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช

แก้ไขเป็น พอลิแซ็กคาไรด์

....✓.... 1.3 ฮีโมโกลบินและฮอร์โมนบางชนิดจัดเป็นโปรตีน

....×.... 1.4 ไตรเพปไทด์ประกอบไปด้วยกรดแอมิโนที่มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ 3 พันธะ

กรณีที่ 1

ไตรเพปไทด์ประกอบไปด้วยกรดแอมิโนที่มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ 3 พันธะ

แก้ไขเป็น 2 พันธะ

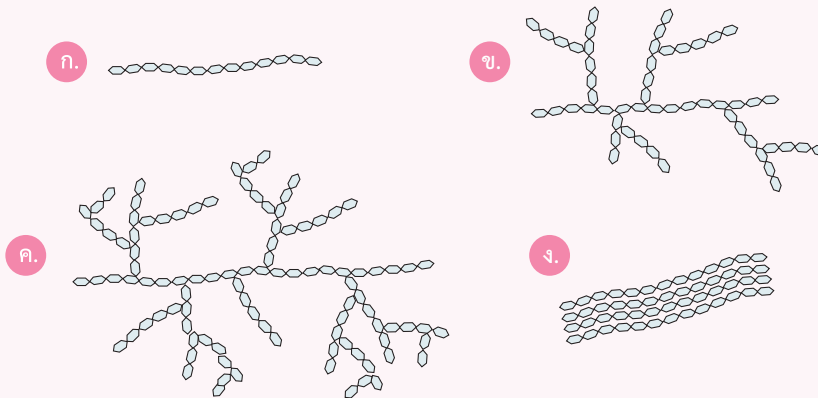
กรณีที่ 2

ไตรเพปไทด์ประกอบไปด้วยกรดแอมิโนที่มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ 3 พันธะ

แก้ไขเป็น เตตระเพปไทด์

-✓ 1.5 ลิพิดให้พลังงานได้มากกว่าคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเมื่อเทียบน้ำหนักที่เท่ากัน
-✗ 1.6 ไตรกลีเซอไรด์เป็นลิพิดที่พบมากในพืชและสัตว์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของ
กลีเซอรอล 3 โมเลกุล และกรดไขมัน 1 โมเลกุล
แก้ไขเป็น กลีเซอรอล 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล
-✗ 1.7 อะไมโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บสะสมในเซลล์พืช ประกอบด้วยกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบ β และไม่มีการแตกแขนง
แก้ไขเป็น พันธะไกลโคซิดิกแบบ α
-✗ 1.8 อะไมโลเพกทินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บไว้ในเซลล์สัตว์ ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้านออกไปเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก
กรณีที่ 1
อะไมโลเพกทินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บไว้ในเซลล์ของสัตว์ ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้านออกไปเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก
แก้ไขเป็น พืช ตัดข้อความ ออกไปเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก ออก
กรณีที่ 2
อะไมโลเพกทินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บไว้ในเซลล์ของสัตว์ ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้านออกไปเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก
แก้ไขเป็น ไกลโคเจน
-✗ 1.9 กรดแอมิโนที่ร่างกายต้องการและสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหาร เรียกว่า กรดแอมิโนที่ไม่จำเป็น
กรณีที่ 1
กรดแอมิโนที่ร่างกายต้องการและสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหาร เรียกว่า กรดแอมิโนที่ไม่จำเป็น
แก้ไขเป็น กรดแอมิโนที่จำเป็น
กรณีที่ 2
กรดแอมิโนที่ร่างกายต้องการและสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้ต้องได้รับจากอาหาร เรียกว่า กรดแอมิโนที่ไม่จำเป็น
แก้ไขเป็น สังเคราะห์ขึ้นเองได้
-✓ 1.10 ข้าวเหนียวมีสัดส่วนอะไมโลเพกทินต่ออะไมโลสสูงกว่าข้าวเจ้า

3. จากรูปแสดงโครงสร้างส่วนหนึ่งของพอลิแซ็กคาไรด์ จงตอบคำถามต่อไปนี้



3.1 พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดใดบ้างที่เป็นองค์ประกอบของแป้ง



ก. และ ข.

3.2 พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดใดบ้างที่พบในพืช



ก. ข. และ ง.

3.3 พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดใดบ้างที่มีพันธะไกลโคซิดิกแบบ β (β -glycosidic bond)



ง.

3.4 พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดใดบ้างที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อ



ค.

อธิบาย

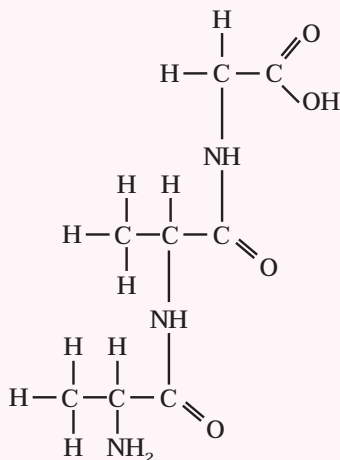
ก. คือ อะไมโลส

ข. คือ อะไมโลเพกทิน

ค. คือ ไกลโคเจน

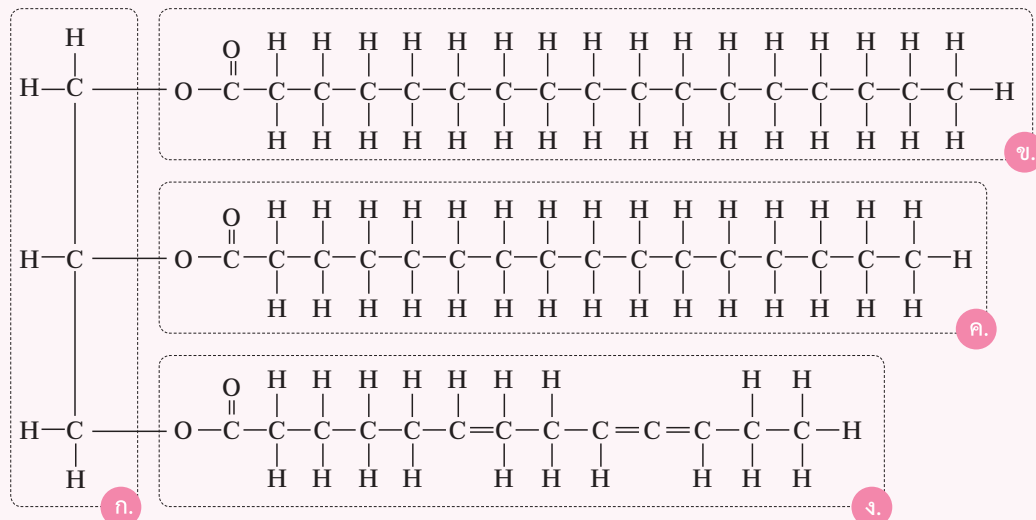
ง. คือ เซลลูโลส

4. จากโครงสร้างของสารที่กำหนดให้มีกรดอะมิโนทั้งหมดกี่โมเลกุลมาเชื่อมต่อกัน กี่ชนิด และ ชื่ออะไรบ้าง



 มีกรดอะมิโนทั้งหมด 3 โมเลกุล และมี 2 ชนิด คือ ไกลซีน 1 โมเลกุล และอะลานีน 2 โมเลกุล

5. จากโครงสร้างของสาร จงตอบคำถามต่อไปนี้



5.1 สารนี้จัดเป็นสารประกอบคาร์บอนชนิดใด

 ลิพิด (ไตรกลีเซอไรด์)

5.2 องค์ประกอบ ก. ข. ค. และ ง. คือโมเลกุลของสารใด



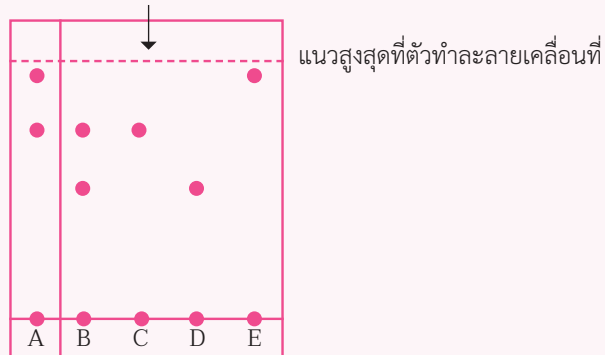
ก. คือ กลีเซอรอล

ข. คือ กรดไขมันอิ่มตัว

ค. คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว

ง. คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว

6. โดแซ็กคาไรด์ 5 ชนิด คือ A B C D และ E ถูกย่อยให้เป็นมโนแซ็กคาไรด์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาแยกด้วยเทคนิค paper chromatography ได้ผลการทดลอง ดังรูป



ถ้ากำหนดให้จุด A คือ ผลจากการย่อยซูโครส จุดใดคือผลจากการย่อยมอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

 จุด C เป็นมอลโทส และจุด B เป็นแล็กโทส

แนวความคิด

เนื่องจากเทคนิคการแยกน้ำตาลด้วย paper chromatography สามารถใช้ในการแยกองค์ประกอบของโดแซ็กคาไรด์ได้ โดยโดแซ็กคาไรด์ที่พบในธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น

ซูโครส ประกอบด้วย กลูโคสและฟรักโทส

มอลโทส ประกอบด้วย กลูโคส 2 โมเลกุล

แล็กโทส ประกอบด้วย กลูโคสและกาแล็กโทส

ถ้ากำหนดให้ที่จุด A คือซูโครส ดังนั้นจุดที่เคลื่อนไปทางด้านบน 2 จุด คือ กลูโคสและฟรักโทส แต่เนื่องจากมอลโทสประกอบขึ้นจากกลูโคส 2 โมเลกุล แสดงว่า เมื่อแยกด้วย paper chromatography จะเห็นเพียง 1 จุด และจะต้องตรงกับน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบย่อย

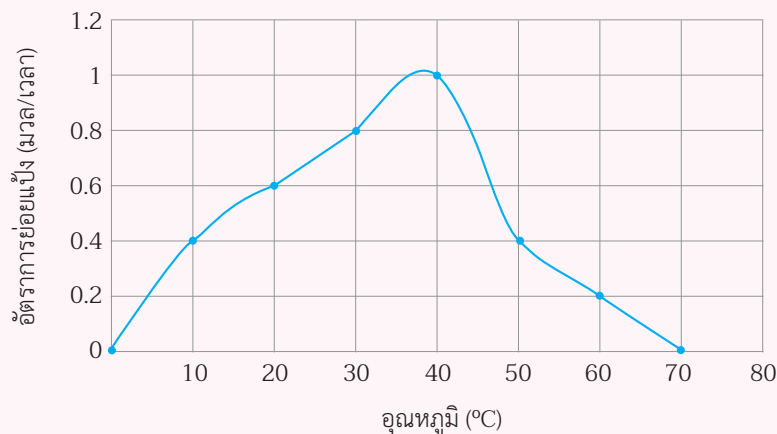
ของซูโครสด้วย ดังนั้นน้ำตาล C จึงน่าจะเป็นมอลโทส ส่วนน้ำตาล B น่าจะเป็นแล็กโทส เนื่องจากมีน้ำตาลที่เป็นหน่วยย่อยตรงกันกับหน่วยย่อยของซูโครสและมอลโทสคือกลูโคส ส่วนอีกตำแหน่งที่เหลือของน้ำตาล B จะเป็นกาแล็กโทส

7. อะไมเลสเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งได้น้ำตาล จากการศึกษาการทำงานของอะไมเลสที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเป็นดังนี้

อุณหภูมิ (°C)	อัตราการย่อยแป้ง (มวล/เวลา)
0	0.0
10	0.4
20	0.6
30	0.8
40	1.0
50	0.4
60	0.2
70	0.0

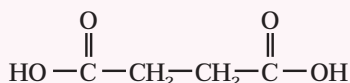
- 7.1 ตัวแปรต้นของการทดลองนี้คืออะไร
-  อุณหภูมิ
- 7.2 ในการทดลองนี้มีการวัดผลการทดลองอย่างไร
-  อาจวัดจากปริมาณแป้งที่ลดลง หรือปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้น
- 7.3 จากการทดลองนี้ จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร
-  อุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสซึ่งเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล
- 7.4 จากข้อมูลนี้เอนไซม์อะไมเลสจะทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิเท่าใด
-  จากข้อมูลในตาราง เอนไซม์อะไมเลสจะทำงานได้ดีที่สุด ที่อุณหภูมิประมาณ 40 °C

7.5 จากข้อมูลในตารางให้วาดกราฟและอธิบายผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

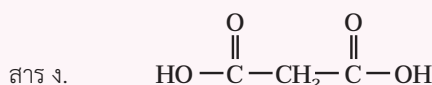
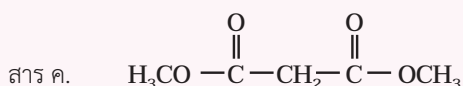
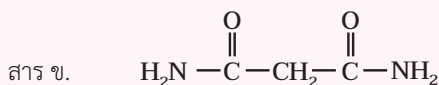
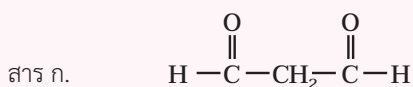


ช่วงอุณหภูมิ 0-10°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของอะไมเลส อะไมเลสจึงทำงานได้ไม่ดี อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงต่ำ เมื่ออุณหภูมิค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็น 20-30°C แต่ยังคงไม่ถึงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของอะไมเลส อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากอะไมเลสเริ่มทำงานได้ดีขึ้น และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงที่สุด เมื่อถึงอุณหภูมิ 40°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของอะไมเลสมากที่สุด อะไมเลสจึงทำงานได้ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 50-60°C ซึ่งสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของอะไมเลส อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเริ่มลดต่ำลง และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 70°C ที่อุณหภูมินี้ทำให้อะไมเลสเสียสภาพจนไม่สามารถทำงานได้ ปฏิกิริยาจึงหยุดลง

8. ถ้ากำหนดให้ succinic acid ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาหนึ่งซึ่งมีเอนไซม์ succinate dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย succinic acid มีสูตรโครงสร้างดังนี้

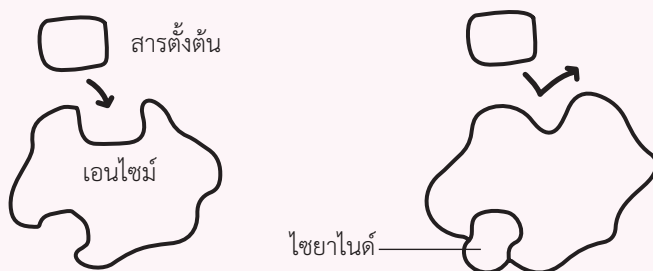


สารใดต่อไปนี้มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะเป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขันที่จะไปแย่งจับที่บริเวณเร่ง ของเอนไซม์ succinate dehydrogenase ทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถจับกับเอนไซม์ได้ จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบด้วย



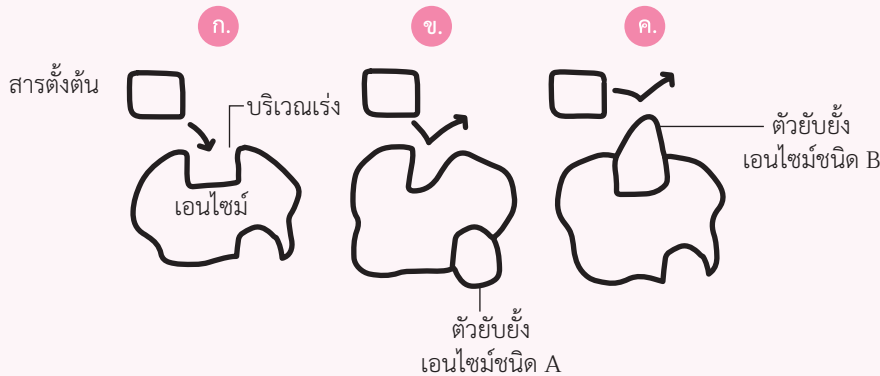
 สาร ง. เพราะตัวยับยั้งแบบแข่งขันเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ที่แย่งสารตั้งต้นจับกับเอนไซม์ที่บริเวณเร่ง โดยถ้าจะจับกับบริเวณเร่งได้ ก็จะต้องมีสูตรโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับสารตั้งต้นมากที่สุด เพื่อให้สามารถจับกันที่บริเวณเร่งเหมือนกันได้ ซึ่งสาร ง. มีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงมากที่สุด เพราะมีหมู่ฟังก์ชัน carboxylic group 2 หมู่ อยู่ปลายสุดของโมเลกุลเช่นเดียวกับ succinic acid ที่กำหนดให้

9. ไซยาไนด์เป็นสารพิษที่สามารถจับกับเอนไซม์ cytochrome C oxidase ที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยังออกซิเจนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์เพื่อสร้างพลังงาน จากแผนภาพจงอธิบายว่าไซยาไนด์ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์และร่างกายอย่างไร

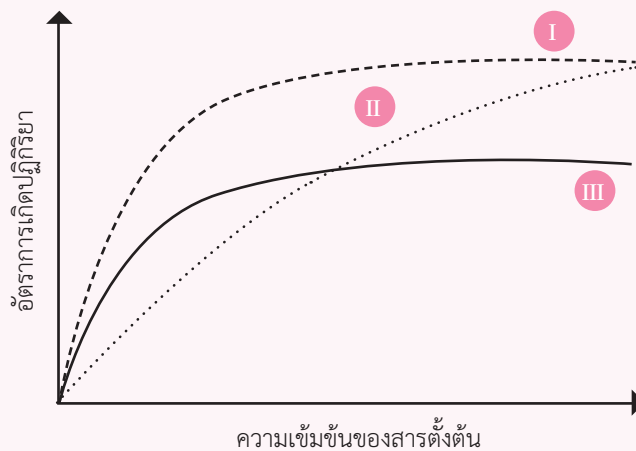


 ไซยาไนด์เป็นตัวยับยั้งแบบไม่แข่งขันจับกับเอนไซม์ในตำแหน่งที่ไม่ใช่บริเวณเร่ง ทำให้โครงสร้างของบริเวณเร่งของเอนไซม์เปลี่ยนไป สารตั้งต้นจึงไม่สามารถจับกับบริเวณเร่งได้ ดังนั้นเอนไซม์จึงไม่สามารถทำงานในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนสู่ตัวรับอิเล็กตรอนได้ ทำให้ไม่เกิดการสร้างสารพลังงานสูง ส่งผลต่อการทำงานของทุกเซลล์โดยเฉพาะในระบบประสาทและระบบหายใจอาจทำให้เสียชีวิตได้

10. จากรูปแสดงการจับกันของเอนไซม์ชนิดหนึ่งกับสารตั้งต้นในภาวะปกติ (ก.) ในภาวะที่มีตัวยับยั้งเอนไซม์ชนิด A (ข.) และในภาวะที่มีตัวยับยั้งเอนไซม์ชนิด B (ค.)



พิจารณารูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



จากข้อมูลข้างต้นให้ระบุว่าแผนภาพ ก. ข. และ ค. สอดคล้องกับเส้นกราฟใดบ้าง อธิบายและให้เหตุผลประกอบ



เส้นกราฟ I สอดคล้องกับรูป ก.

เมื่อไม่มีตัวยับยั้งเอนไซม์ ดังรูป ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะสูงที่สุดดังเส้นกราฟ I

เส้นกราฟ II สอดคล้องกับรูป ค.

เมื่อมีตัวยับยั้งแบบแข่งขันซึ่งจะมาแย่งจับกับเอนไซม์ที่บริเวณเร่ง ดังรูป ค. ในช่วงที่ยังคงมีความเข้มข้นของสารตั้งต้นน้อย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ช้า เพราะตัวยับยั้งมาแย่งจับ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นขึ้นไปเรื่อยๆ ตัวยับยั้งที่มีปริมาณเท่าเดิมจะมีโอกาสจับกับเอนไซม์ได้น้อยลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงเพิ่มขึ้น ถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากพอ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็จะเท่าเดิมได้ ดังเส้นกราฟ II

เส้นกราฟ III สอดคล้องกับรูป ข.

เมื่อมีตัวยับยั้งแบบไม่แข่งขันซึ่งจะจับกับบริเวณอื่นๆ ของเอนไซม์ ดังรูป ข. ทำให้โครงสร้างของบริเวณเร่งของเอนไซม์บางโมเลกุลที่ถูกจับเปลี่ยนไป ปริมาณเอนไซม์ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ลดลง ดังนั้นถึงแม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะไม่เพิ่มสูงมากเท่าที่ควรจะเป็น ดังเส้นกราฟ III

บทที่

| เซลล์และการทำงานของเซลล์

3



ipst.me/7693



ผลการเรียนรู้

1. บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์
4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส
5. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส
7. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ
8. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

- 1. บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษา กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. ระบุส่วนประกอบ และบอกหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
- 2. บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษา กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
- 3. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
- 4. สังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การใช้จำนวน	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

- อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายโครงสร้าง และบอกหน้าที่ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	-	-

ผลการเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบาย ระบุชนิดและบอกหน้าที่ของออร์แกเนลล์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง

ผลการเรียนรู้

4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล	-	-

ผลการเรียนรู้

5. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความรอบคอบ 4. ความซื่อสัตย์ 5. ความใจกว้าง

ผลการเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

- อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายและสรุปขั้นตอนการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ
- อธิบายและสรุปขั้นตอนการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ
- เปรียบเทียบขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอกับภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

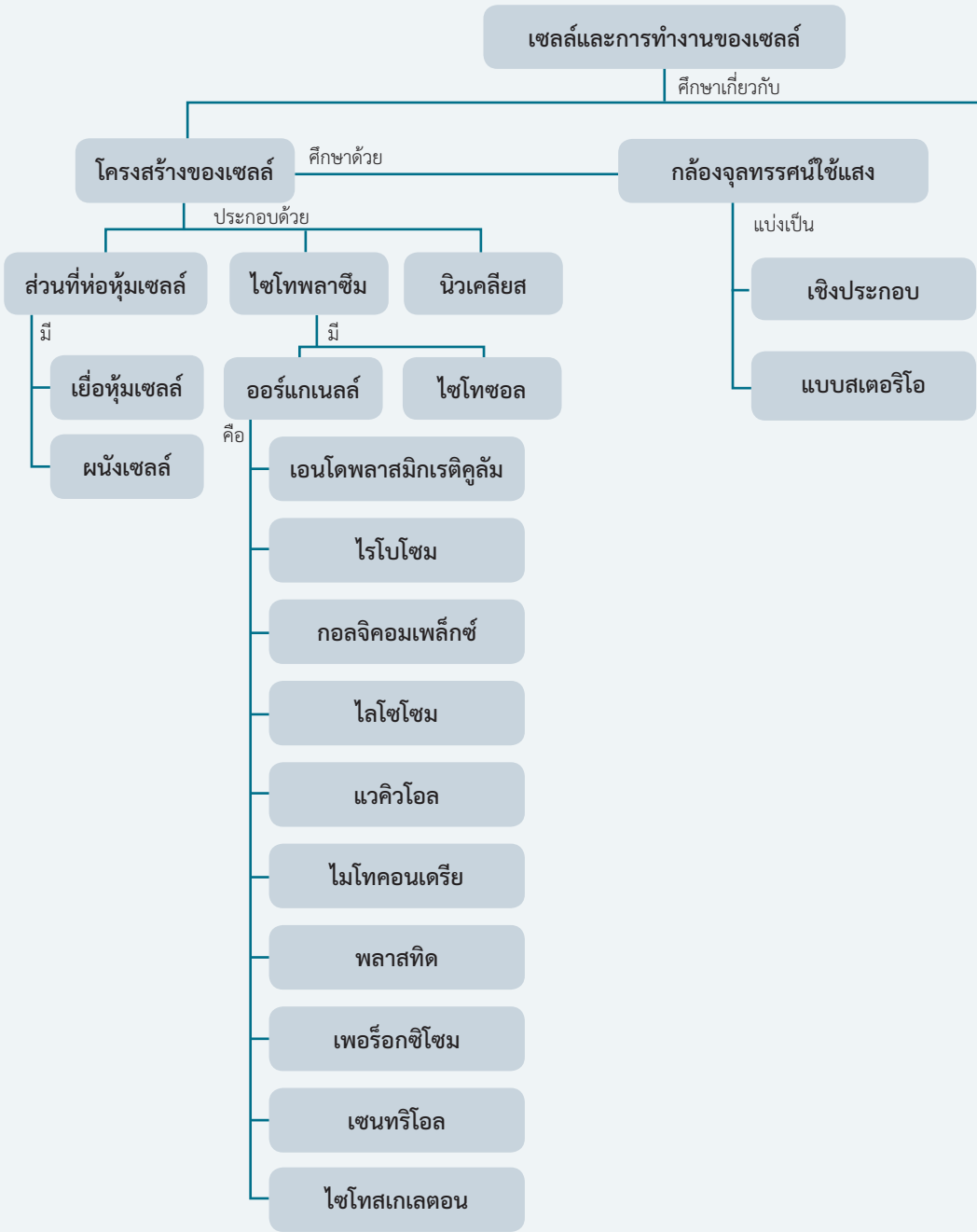
8. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

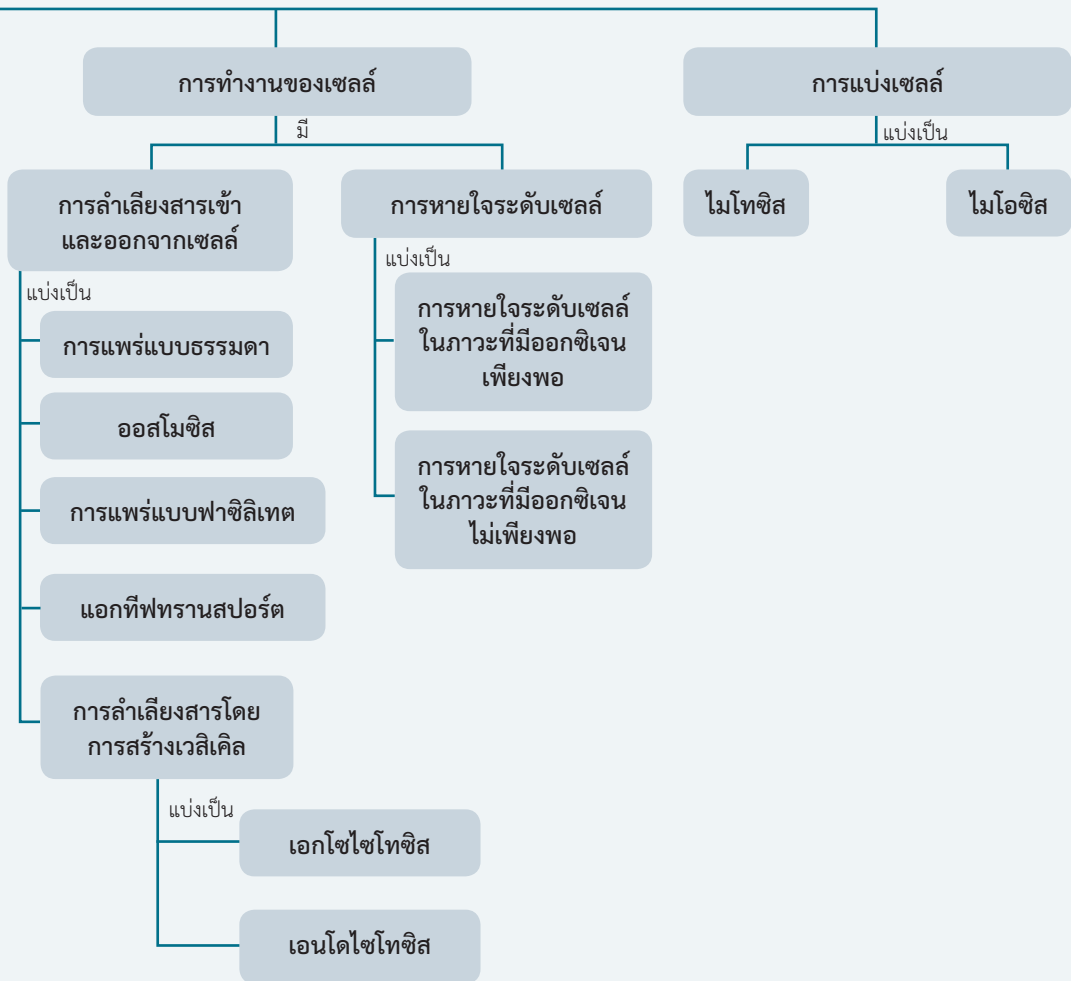
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุชนิดของการแบ่งเซลล์และบอกความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส
2. อธิบายความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์
3. อธิบายวัฏจักรเซลล์
4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
5. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
6. อธิบาย และเปรียบเทียบเซลล์ที่ได้จากการแบ่งแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การสร้างแบบจำลอง 5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์บทที่ 3





สาระสำคัญ

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการขยายภาพ ทำให้สามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กๆ ได้ กล้องจุลทรรศน์มีทั้งแบบที่ใช้แสงและแบบอิเล็กตรอน การศึกษาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะเห็นรายละเอียดของโครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษามากกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึมและนิวเคลียส เซลล์ทั่วๆ ไปมีขนาดและรูปร่างต่างกัน ส่วนมากมีขนาดเล็กมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยในการศึกษารายละเอียดต่างๆ ของโครงสร้างของเซลล์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน

เซลล์มีการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ โดยมีการควบคุมทั้งชนิดและปริมาณสารที่ผ่านเข้าออก เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านในการลำเลียงสารดังกล่าว โดยสมบัติของสารและสมบัติของโครงสร้างต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์มีความสัมพันธ์กับวิธีการลำเลียงสาร เช่น การแพร่แบบธรรมดา ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอทีฟทรานสปอร์ต เอกโซไซโทซิส เอนโดไซโทซิส

เซลล์ต้องการพลังงานเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งพลังงานที่เซลล์ต้องการนำไปใช้นี้ อยู่ในรูปของสารพลังงานสูงที่ได้จากการสลายอาหารผ่านกระบวนการหายใจระดับเซลล์

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีการแบ่งนิวเคลียสเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะคือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งที่ทำให้จำนวนโครโมโซมภายในนิวเคลียสเท่าเดิมมักเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสซึ่งเป็นการแบ่งที่ลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่งเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ใช้ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสก่อให้เกิดวัฏจักรเซลล์

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 30 ชั่วโมง

3.1	กล้องจุลทรรศน์	6.0	ชั่วโมง
3.2	โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	4.0	ชั่วโมง
3.3	การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	6.0	ชั่วโมง
3.4	การหายใจระดับเซลล์	6.0	ชั่วโมง
3.5	การแบ่งเซลล์	8.0	ชั่วโมง
รวม		30.0	ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

- ❌ 1. การศึกษาการไหลเวียนของไซโทพลาซึมในเซลล์สาหร่ายหางกระรอกสามารถศึกษาได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ
- ✅ 2. การศึกษาการจัดเรียงตัวของใบสาหร่ายหางกระรอกสามารถศึกษาได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ
- ✅ 3. โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ ได้แก่ ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส
- ❌ 4. ถ้าเยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพแต่เซลล์ยังมีนิวเคลียสอยู่เซลล์จะยังทำงานได้เป็นปกติ
- ✅ 5. การแพร่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารโดยใช้พลังงานจลน์ของโมเลกุล
- ❌ 6. ออสโมซิสเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงโดยไม่จำเป็นต้องผ่านเยื่อเลือกผ่าน
- ✅ 7. การหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นได้ทั้งภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและออกซิเจนไม่เพียงพอ
- ✅ 8. วัตถุประสงค์หนึ่งของการแบ่งเซลล์คือการเติบโต
- ✅ 9. เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
- ✅ 10. เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่

3.1 กล้องจุลทรรศน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุส่วนประกอบ และบอกหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
2. บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
3. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
4. สังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สหายทางกระรอกหรือสไปโรไจราจากภาพนำบท โดยให้นักเรียนสังเกตลักษณะภายนอกและร่วมกันอธิบายลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากนั้นอาจใช้คำถามถามนักเรียนว่า

- ถ้าต้องการเห็นนิวเคลียสหรือคลอโรพลาสต์ของเซลล์สหายทางกระรอกจะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใด

 กล้องจุลทรรศน์

ครูใช้คำถามสำคัญในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาถามนักเรียนว่า

- การใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาสิ่งมีชีวิตให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดควรทำอย่างไร
-  คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียนเรื่อง กล้องจุลทรรศน์ และผ่านการทำกิจกรรม 3.1

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาประวัติเริ่มต้นการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์จากรูป 3.1 ในหนังสือเรียน และอภิปรายร่วมกันถึงความแตกต่างของส่วนประกอบของกล้องแต่ละแบบ

ประเด็นที่ต้องการเน้นคือ

1. กล้องจุลทรรศน์แต่ละแบบจะมีความแตกต่างที่จำนวนเลนส์และกำลังขยาย ดังตาราง

ชนิดกล้อง	จำนวนเลนส์	กำลังขยาย (เท่า)	หมายเหตุ
กล้องจุลทรรศน์ช่วงปี พ.ศ. 2133-2143	2	3-10	เลนส์ที่ใช้มีคุณภาพต่ำจึงทำให้มีกำลังขยายต่ำ
กล้องจุลทรรศน์ Robert Hooke	2	ประมาณ 20-50	เลนส์ที่ใช้มีคุณภาพดีขึ้น และมีการใช้เลนส์รวมแสงส่องไปที่ตัวอย่างเพื่อให้เห็นภาพได้ละเอียดมากขึ้น
กล้องจุลทรรศน์ Antoni van Leeuwenhoek	1	ประมาณ 200	เลนส์ที่ใช้มีคุณภาพสูง แม้ใช้เพียง 1 เลนส์ ลักษณะของเลนส์เป็นเลนส์ทรงกลม

2. เรื่องการออกแบบกล้องจุลทรรศน์ เหตุผลที่ Robert Hooke ไม่เลือกใช้เลนส์เดี่ยวแบบกล้องของ Antoni van Leeuwenhoek และเลือกใช้เลนส์ประกอบและกล้องในรูปแบบดังรูป 3.1 เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างง่ายกว่าและมีความสะดวกในการใช้งาน

ครูอาจใช้ภาพกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงคู่กับภาพกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ประกอบการอธิบายว่า กล้องจุลทรรศน์จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ซึ่งกล้องแต่ละชนิดมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน และนักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงในหัวข้อนี้

ครูอาจใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอของจริงหรือรูป 3.2 ก. รูป 3.3 ก. ในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่หัวข้อกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 ชนิด พร้อมอธิบายว่า กล้องจุลทรรศน์ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการชีววิทยาที่พบได้ทั่วไป คือ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง โดยมีหลักการทำงานอย่างง่าย คือ มีแหล่งกำเนิดแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและชุดของเลนส์แก้วที่ทำให้เกิดภาพขยายปรากฏขึ้นในลำกล้อง ซึ่งสามารถดูภาพผ่านเลนส์ใกล้ตาได้ จากนั้นชี้ให้นักเรียนเห็นว่า กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ
2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ชนิดของภาพที่เกิด และกำลังขยายของกล้องทั้ง 2 ชนิด

ครูนำเข้าเรื่องส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 ชนิด โดยใช้รูป 3.4 ในหนังสือเรียน และให้นักเรียนศึกษาส่วนประกอบและหน้าที่จากภาพดังกล่าว จากนั้นให้นักเรียนให้ออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่อชี้ส่วนประกอบพร้อมกับบอกหน้าที่จนครบทุกส่วนประกอบ ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมดังกล่าวให้ครูแก้ไขส่วนที่นักเรียนอาจอธิบายไม่ถูกต้องด้วย และเขียนหรือบอกสูตรกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ให้กับทั้งชั้นเรียน ดังนี้

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา $\times$ กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

Dissecting microscope เป็นอีกคำหนึ่งที่ใช้เรียก กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอตามการใช้งาน โดยนิยมนำมาใช้ในการศึกษารายละเอียดขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นของส่วนประกอบของสัตว์และพืช เพื่อผ่าตัดชิ้นส่วนจากตัวอย่างและแยกชิ้นส่วนเพื่อศึกษาได้ชัดเจนขึ้น จึงเป็นที่มาของชื่อข้างต้น



รังไข่ก่อนผ่าของดอกเข็มปัตตาเวียเพคเมีย



รังไข่ผ่าตามขวางของดอกเข็มปัตตาเวียเพคเมีย

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง เพื่อให้เข้าใจวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาสิ่งมีชีวิตให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดมากขึ้น



กิจกรรม 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

จุดประสงค์

1. เปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและแบบสเตอริโอ
2. เตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาโครงสร้างภายนอกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ
3. เตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ
4. วาดภาพและบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตและชี้ส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างเซลล์ที่สามารถมองเห็นได้
5. ศึกษาปรากฏการณ์การไหลเวียนของไซโทพลาซึมในใบสาหร่ายหางกระรอก
6. เปรียบเทียบรูปร่าง ลักษณะ ขนาดและโครงสร้างภายในของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
7. คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์และหาขนาดโดยประมาณของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

240 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง
2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	1 กล้อง
3. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	15 ชุด
4. จานเพาะเชื้อ	3 จาน
5. เข็มเขี่ย	3 อัน
6. หลอดหยด	4 อัน
7. ใบมีดโกน	3 ใบ

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
8. ไม้จิ้มฟันหัวแบน	4 อัน
9. กระดาษเยื่อ	1 ม้วน
10. ไม้บรรทัดพลาสติกใส	1 อัน
11. น้ำ	1 ขวด
12. สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 2%	1 ขวด
13. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 หรือ 3%	1 ขวด
14. เอทิลแอลกอฮอล์ 70%	1 ขวด
15. สไลด์ตัวอักษร	1 แผ่น
16. หอมแดงหรือหอมใหญ่	3 หัว
17. เยื่อぶด้านในข้างแก้ม	จากผู้แทนกลุ่ม
18. สหรัยทางกระรอก	1-2 ต้น
19. พลานาเรีย ไรแดง หรือสัตว์น้ำขนาดเล็ก*	2-3 ตัว

*เลือกใช้ชนิดเดียว

การเตรียมล่วงหน้า

ครูมอบหมายให้นักเรียนนำตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในกิจกรรม 3.1 ได้แก่ หอมแดงหรือหอมใหญ่ สหรัยทางกระรอก พลานาเรีย กรณีที่ไม่สามารถหาพลานาเรียได้ อาจใช้ไรแดงหรือสัตว์น้ำขนาดเล็กแทน หรือครูอาจเป็นผู้เตรียมสิ่งมีชีวิตทั้งหมดและวัสดุอุปกรณ์นี้เอง และมอบหมายให้นักเรียนศึกษาวิธีการใช้ การดูแล และเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้งสองชนิดในภาคผนวก

ครูอาจใช้ภาพสไลด์ไปโรไจราในภาพนำบทเพื่อทบทวนความรู้เดิม เรื่องโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ว่า ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส พร้อมทั้งชี้ให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างเซลล์ดังกล่าวขณะที่ศึกษาตัวอย่างต่าง ๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย

ก่อนทำกิจกรรมครูอาจสาธิตวิธีการใช้ ดูแล และเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ตามขั้นตอนในภาคผนวก

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูให้นักเรียนอ่านขั้นตอนการทำกิจกรรมตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ พร้อมกับเน้นให้นักเรียนวาดภาพลายเส้นด้วยดินสอ และบันทึกกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุไว้ได้ภาพ และให้นักเรียนทำตารางเปรียบเทียบลักษณะและขนาดของภาพตัวอักษร ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 แบบ โดยให้ครูสังเกตและแนะนำนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางเปรียบเทียบลักษณะของภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ

ชนิดของกล้องจุลทรรศน์	ลักษณะภาพ
กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	ภาพเหมือนหัวกลับและกลับซ้ายขวา 
กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	ภาพเหมือนหัวตั้ง 

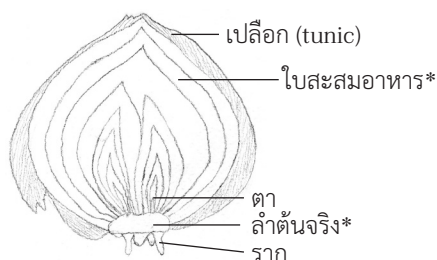
ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ พร้อมกับเน้นให้นักเรียนวาดภาพลายเส้นด้วยดินสอ สี ส่วนต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตเห็นได้ และบันทึกกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา เลนส์ใกล้วัตถุ และกล้องจุลทรรศน์ไว้ด้านข้างหรือใต้ภาพ

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม โดยครูสังเกตและแนะนำนักเรียนทั้งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและขณะใช้กล้องจุลทรรศน์

ตัวอย่างผลการทดลอง

ภาพวาดจากการศึกษาโครงสร้างภายนอกของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

1. หอมแดง



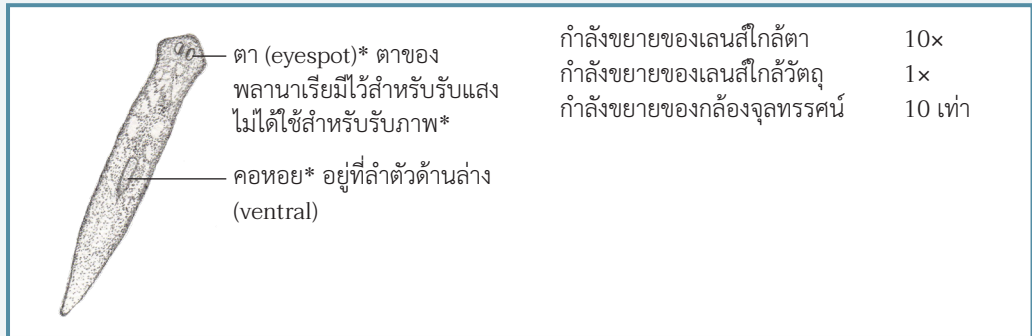
กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	10×
กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ	1×
กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์	10 เท่า

2. สาหร่ายหางกระรอก



กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	10×
กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ	1×
กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์	10 เท่า

3. พลาณาเรีย



หมายเหตุ * เป็นความรู้ที่นักเรียนควรทราบ สำหรับส่วนอื่นเป็นความรู้เสริมสำหรับครู

ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมตอนที่ 3 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ พร้อมกับเน้นให้นักเรียนวาดภาพลายเส้นด้วยดินสอ สีส่วนต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตได้ และบันทึกกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา เลนส์ใกล้วัตถุ และกล้องจุลทรรศน์ไว้ด้านข้างหรือใต้ภาพ

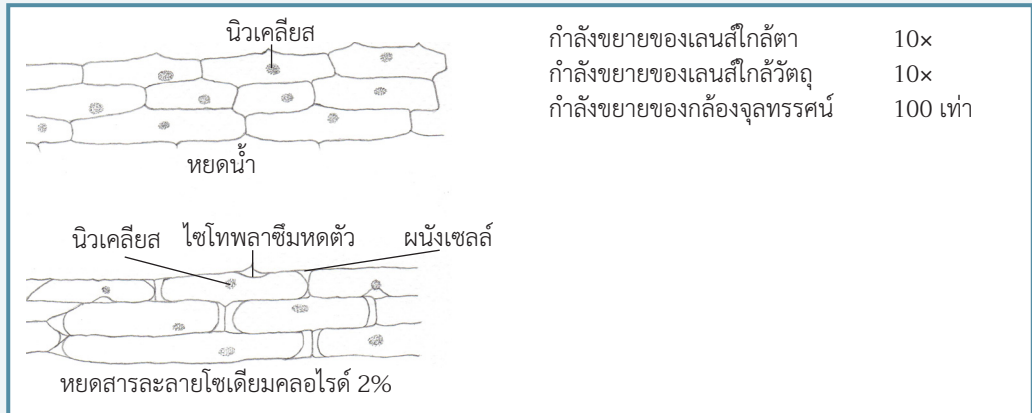
ครูให้นักเรียนให้เก็บสไลด์ของเซลล์เยื่อหุ้มหรือสาหร่ายทางกระบอกจากตอนที่ 3 ไว้เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมตอนที่ 4

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม โดยครูสังเกตและแนะนำนักเรียนทั้งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและขณะใช้กล้องจุลทรรศน์

ตัวอย่างผลการทดลอง

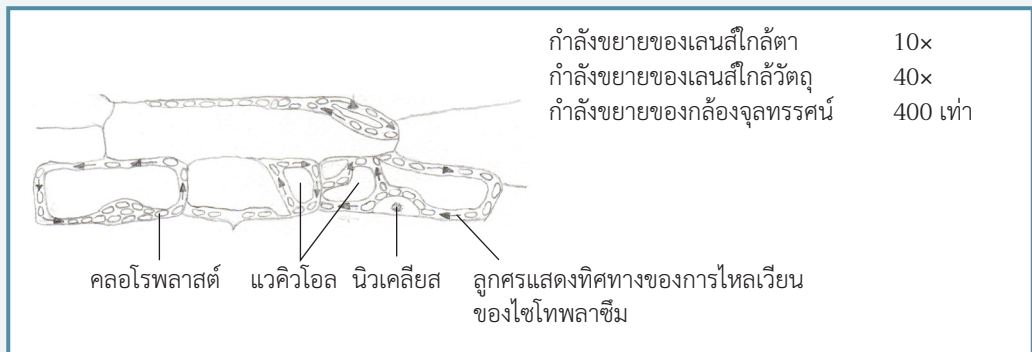
ภาพวาดจากการศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

1. เซลล์เยื่อหุ้ม



ข้อเสนอแนะ เมื่อหยตสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2% แล้ว อาจใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที เพื่อให้ไซโทพลาซึมหดตัว หากต้องการเห็นไซโทพลาซึมหดตัวเร็วขึ้นครูสามารถเลือกใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3% ได้

2. เซลล์สาหร่ายหางกระรอก



3. เซลล์เยื่อในด้านในข้างแก้ม

	<table border="0"> <tr> <td>กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา</td> <td>10×</td> </tr> <tr> <td>กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ</td> <td>40×</td> </tr> <tr> <td>กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์</td> <td>400 เท่า</td> </tr> </table>	กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	10×	กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ	40×	กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์	400 เท่า
กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	10×						
กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ	40×						
กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์	400 เท่า						
	เห็นขอบเขตของเซลล์และนิวเคลียสไม่ชัด หากต้องการมองเห็นชัดขึ้น ทำได้โดยปรับให้ช่องของไดอะแฟรมแคบเพื่อให้แสงเข้าน้อยลง เห็นขอบเขตของเซลล์และนิวเคลียสชัดกว่าไม่หยดสารละลายไอโอดีน โดยไม่ต้องปรับช่องของไดอะแฟรม						

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรมตอนที่ 1 2 และ 3 ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? ถ้าต้องการให้ภาพที่อยู่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพมาอยู่ตรงกลางจอภาพ จะปรับเลื่อนส่วนใดของกล้อง และปรับเลื่อนอย่างไร

 เลื่อนสไลด์ขึ้นข้างบนและเลื่อนไปทางซ้าย หรือเลื่อนสไลด์ไปทางซ้ายก่อนแล้วจึงเลื่อนขึ้นข้างบน

? โซโทพลาสซึมของเซลล์เหี่ยวหลังจากหยดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

 โซโทพลาสซึมมีการหดตัวทำให้เห็นเยื่อหุ้มเซลล์แยกห่างจากผนังเซลล์ เนื่องจากเซลล์สูญเสียน้ำออกสู่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าสารละลายภายในเซลล์จึงทำให้โซโทพลาสซึมหดตัวหรือเซลล์เหี่ยวในกรณีของเซลล์สัตว์ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า พลาสโมไลซิส (plasmolysis)

? นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้างภายในเซลล์สาหร่ายหางกระรอก

 นอกจากโครงสร้างของเซลล์ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส คลอโรพลาสต์ แล้วยังเห็นการไหลเวียนของไซโทพลาซึมที่เรียกว่า ไซโคลซิส (cyclosis)

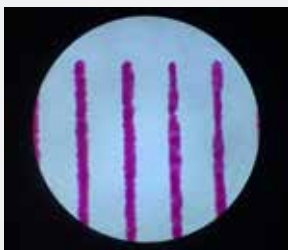
? ถ้าวัตถุที่นำมาศึกษามีความบางและใสมาก เช่น เซลล์เยื่อบุด้านในข้างแก้มที่ไม่ยอมสลายละลายไอโอดีน เมื่อต้องการให้เห็นวัตถุชัดเจนขึ้นจะต้องปรับส่วนประกอบใดของกล้องและปรับอย่างไร

 ปรับไดอะแฟรม โดยปรับให้ช่องของไดอะแฟรมแคบลงเพื่อให้แสงเข้าน้อยลง

? จากการศึกษาเซลล์เยื่อหุ้ม สาหร่ายหางกระรอก และเยื่อบุด้านในข้างแก้มภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบโครงสร้างของเซลล์เหล่านี้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 โครงสร้างของเซลล์ที่เหมือนกัน คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส โครงสร้างของเซลล์ที่แตกต่างกัน คือ พบผนังเซลล์ในเซลล์เยื่อหุ้มและสาหร่ายหางกระรอก และคลอโรพลาสต์ในเซลล์สาหร่ายหางกระรอก ซึ่งไม่พบโครงสร้างดังกล่าวในเซลล์เยื่อบุด้านในข้างแก้ม

ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมตอนที่ 4 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ และอาจสาธิตวิธีการวางไม้บรรทัดพลาสติกโดยให้สเกลแรกของไม้บรรทัดที่เห็นในจอภาพชิดกับขอบซ้ายของจอภาพ หรืออาจใช้รูปวิธีการวางไม้บรรทัดบนแท่นวางวัตถุ ประกอบการอธิบายและให้หาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่ขนาดกำลังขยายต่าง ๆ โดยที่กำลังขยายต่ำสุดสามารถวัดขนาดจอภาพโดยใช้ไม้บรรทัดได้โดยตรง ส่วนที่กำลังขยายสูงขึ้นสามารถหาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพโดยการคำนวณ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ภาพสเกลไม้บรรทัดภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 4×

- เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่กำลังขยาย $4\times$
 นับจำนวนมิลลิเมตรเพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ $= 5$ มิลลิเมตร
- เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่กำลังขยาย $10\times$
 คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ $= \frac{4 \times 5}{10} = 2$ มิลลิเมตร
- เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่กำลังขยาย $40\times$
 คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ $= \frac{4 \times 5}{40} = 0.5$ มิลลิเมตร

เมื่อทราบเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ สามารถคำนวณเพื่อประมาณขนาดเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีวิธีในการเทียบขนาดกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่แตกต่างกัน ดังนี้

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตัวอย่างที่ 1 การหาขนาดโดยประมาณของเซลล์สาหร่ายหางกระรอกโดยเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ

เมื่อศึกษาสาหร่ายหางกระรอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามีเซลล์จำนวนมากและแต่ละเซลล์มีขนาดเล็กมาก โดยให้ประมาณการว่าแต่ละเซลล์มีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้นการหาขนาดโดยประมาณของเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกอาจทำได้โดยนับจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วนำมาคำนวณหาขนาดโดยประมาณของเซลล์โดยเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ดังนี้

- ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ $40\times$ เท่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ 5 มิลลิเมตร สามารถนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกที่บริเวณเส้นผ่านศูนย์กลางจอภาพได้ประมาณ 66 เซลล์

ดังนั้น ขนาดโดยประมาณของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ $= \frac{5}{66} = 0.075$ มิลลิเมตร

- ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ $100\times$ เท่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ 2 มิลลิเมตร สามารถนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกที่บริเวณเส้นผ่านศูนย์กลางจอภาพได้ประมาณ 30 เซลล์

ดังนั้น ขนาดโดยประมาณของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ $= \frac{2}{30} = 0.067$ มิลลิเมตร

สรุปได้ดังตาราง

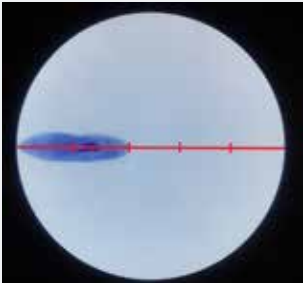
กำลังขยาย			เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ (มิลลิเมตร)	ขนาดโดยประมาณของเซลล์สำหรับทางกระบอกที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (มิลลิเมตร)
เลนส์ใกล้ตา	เลนส์ใกล้วัตถุ	กล้องจุลทรรศน์		
10×	4×	40 เท่า	5	0.075
10×	10×	100 เท่า	2	0.067

จะเห็นว่าเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกที่หาได้มีขนาดโดยประมาณ 0.067 – 0.075 มิลลิเมตร โดยที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่าและ 100 เท่า มีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากในการหาขนาดของวัตถุโดยใช้ไม้วรทัดเป็นเพียงการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ และในความเป็นจริงแล้วเซลล์แต่ละเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกไม่ได้มีขนาดเท่ากันทั้งหมด ค่าที่ได้จึงเป็นขนาดโดยประมาณที่เป็นเพียงค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างที่ 2 การหาขนาดโดยประมาณของพารามีเซียมโดยเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ในกรณีของพารามีเซียม ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ดังนี้

- หากหาขนาดโดยประมาณของพารามีเซียมที่ทุกกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์จะได้ค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด
- การหาขนาดโดยประมาณของพารามีเซียมควรใช้กำลังขยายกล้องจุลทรรศน์เท่าใด

จากการอภิปรายนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่าการหาขนาดของพารามีเซียมที่กำลังขยายต่าง ๆ อาจจะได้ค่าไม่เท่ากัน แต่มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากพารามีเซียมซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีขนาดเล็ก หากใช้กำลังขยายต่ำจะทำให้คาดคะเนขนาดโดยเทียบสัดส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพได้ยากกว่าที่กำลังขยายสูง และทำให้มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า ดังนั้นการหาขนาดของพารามีเซียมจึงควรใช้กำลังขยายสูง เช่น กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 400 เท่า ซึ่งสามารถคาดคะเนขนาดของพารามีเซียมโดยเทียบสัดส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพได้ชัดเจนกว่า



ภาพพารามีเซียมที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 400 เท่า

- ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 400 เท่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ 0.5 มิลลิเมตร พารามีเซียมมีขนาดประมาณ $\frac{2}{5}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ดังนั้น พารามีเซียมมีขนาดประมาณ $\frac{2 \times 0.5}{5} = 0.2$ มิลลิเมตร

นอกจากนี้ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่าการวัดขนาดของสิ่งมีชีวิตสามารถทำได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ประกอบกับออคคูลาร์ไมโครมิเตอร์ (ocular micrometer) และสเตจไมโครมิเตอร์ (stage micrometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถคำนวณหาขนาดของวัตถุได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรมตอนที่ 4 โดยมีแนวการตอบดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? เมื่อนำสาหร่ายหางกระรอกไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพประมาณ 1,600 ไมโครเมตร พบเซลล์สาหร่ายหางกระรอกเรียงต่อกันตามยาว 8 เซลล์ ความยาวของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ จะเท่ากับกี่มิลลิเมตร แสดงวิธีคำนวณ

 ความยาวของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ จะเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร

แสดงวิธีคำนวณ

ความยาวเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์

$$= \frac{1,600}{8} = 200 \text{ ไมโครเมตร} = 200 \times 10^{-3} \text{ มิลลิเมตร} = 0.2 \text{ มิลลิเมตร}$$

? กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 40 เท่า เมื่อใช้ไม้บรรทัดไสวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพได้ 3.75 มิลลิเมตร เมื่อกำลังขยายของกล้องเปลี่ยนเป็น 100 เท่า และ 400 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพจะเท่ากับกี่ไมโครเมตร แสดงวิธีคำนวณ

 เมื่อกำลังขยายของกล้องเปลี่ยนเป็น 100 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพเท่ากับ 1,500 ไมโครเมตร

เมื่อกำลังขยายของกล้องเปลี่ยนเป็น 400 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพเท่ากับ 375 ไมโครเมตร

แสดงวิธีคำนวณ

เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ (ขณะที่ศึกษา) =

$$\frac{\text{กำลังขยายต่ำสุดของเลนส์ใกล้วัตถุ} \times \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยายต่ำสุด}}{\text{กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุขณะที่ศึกษา}}$$

เมื่อกำลังขยายของกล้องเป็น 100 เท่า กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุเท่ากับ $10 \times$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ} = \frac{4 \times 3.75}{10} = 1.5 \text{ มิลลิเมตร} = 1,500 \text{ ไมโครเมตร}$$

เมื่อกำลังขยายของกล้องเป็น 400 เท่า

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ} = \frac{4 \times 3.75}{40} = 0.375 \text{ มิลลิเมตร} \\ = 375 \text{ ไมโครเมตร}$$

? ถ้าพารามีเซียมมีขนาดยาว 100 ไมโครเมตร เมื่อนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10× และเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10× จะเห็นภาพพารามีเซียมมีความยาวเป็นกี่เท่าของขนาดจริงและภาพของพารามีเซียมมีความยาวกี่เซนติเมตร แสดงวิธีคำนวณ

 ภาพพารามีเซียมมีความยาวเป็น 100 เท่าของขนาดจริง
และภาพของพารามีเซียมมีความยาวเท่ากับ 1 เซนติเมตร

แสดงวิธีคำนวณ จำนวนเท่าของภาพพารามีเซียมต่อขนาดจริง

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์หรือภาพ = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา × กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ

ดังนั้น สามารถคำนวณจำนวนเท่าของภาพต่อขนาดจริงได้จาก สูตรด้านบน

ภาพพารามีเซียมมีความยาวเป็น $10 \times 10 = 100$ เท่าของขนาดจริง

แสดงวิธีคำนวณ ภาพของพารามีเซียมมีความยาวเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{กำลังขยายของภาพ} &= \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} \\ 100 &= \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{100 \text{ ไมโครเมตร}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ขนาดของภาพ} &= 100 \times 100 = 10,000 \text{ ไมโครเมตร} \\ &= 10,000 \times 10^{-3} \text{ มิลลิเมตร} \\ &= 10 \text{ มิลลิเมตร} \\ &= 1 \text{ เซนติเมตร} \end{aligned}$$

? ถ้าวัตถุมีความยาว 4 ไมโครเมตร เมื่อนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะมีความยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร กล้องนี้มีกำลังขยายเท่าใด แสดงวิธีคำนวณ

 กล้องนี้มีกำลังขยาย 1,000 เท่า

แสดงวิธีคำนวณ

กำลังขยายของภาพ = กำลังขยายของกล้อง

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร} \\
 \text{กำลังขยายของภาพ} &= \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} \\
 \text{ขนาดของภาพ} &= \frac{4 \times 10^3}{4} \\
 &= 1,000 \\
 \text{ดังนั้นกล้องนี้มีกำลังขยาย} &= 1,000 \text{ เท่า}
 \end{aligned}$$

จากการเรียนและทำกิจกรรม 3.1 เรื่องกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ครูและนักเรียนอาจร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปประเด็นสำคัญที่ทำให้ใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงศึกษาสิ่งมีชีวิตให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนี้

- เลือกชนิดของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาสิ่งมีชีวิต
- รู้จักส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและสามารถใช้งานส่วนประกอบได้อย่างถูกวิธี เพื่อให้ได้ภาพชัดและเห็นรายละเอียดสิ่งมีชีวิตได้มากที่สุด
- เตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้ถูกต้อง
- วาดภาพและวัดขนาดโดยประมาณจากตัวอย่างสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้
- ดูแลและเก็บกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้ถูกวิธีเพื่อให้ใช้งานได้นาน

จากกิจกรรม 3.1 จะเห็นว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบทำให้มองเห็นโครงสร้างบางชนิดของเซลล์เท่านั้น การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะช่วยขยายศักยภาพการมองเห็นโครงสร้างอื่นของเซลล์ที่มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ตารางการเปรียบเทียบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพ	- ตัวอย่างที่นำมาศึกษาอาจมีหรือไม่มีชีวิต - ใช้แสงจากหลอดไฟ หรือดวงอาทิตย์ - ชุดของเลนส์แก้ว - เกิดภาพในลำกล้อง	- ตัวอย่างที่นำมาศึกษาต้องไม่มีชีวิตและแห้งปราศจากน้ำ - ใช้ลำอิเล็กตรอน - เลนส์รวมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า - เกิดภาพบนจอเรืองแสงหรือหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์
2. ความสามารถในการขยายและการเห็นรายละเอียดของภาพ	กำลังขยายสูงสุดประมาณ 1,000 เท่า	กำลังขยายสูงสุดประมาณ 1 ล้านเท่า

ตารางเปรียบเทียบการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและส่องกราด

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
1. หลักการทำงาน	แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนยิงลำอิเล็กตรอนผ่านเลนส์รวมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัวอย่างชิ้นบางซึ่งย้อมด้วยสารประกอบโลหะหนักที่ทึบลำอิเล็กตรอน ลำอิเล็กตรอนจะส่องผ่านตัวอย่างบริเวณที่ย้อมโลหะหนักได้มากน้อยแตกต่างกันตามความหนาของโลหะหนักที่ย้อมติด จากนั้นลำอิเล็กตรอนจะส่องผ่านไปยังชุดเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์นัยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วเกิดภาพบนจอร์ับภาพ	แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนยิงลำอิเล็กตรอนผ่านเลนส์รวมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผ่านขดลวดส่องกราดเพื่อควบคุมลำอิเล็กตรอนให้ผ่านเลนส์ใกล้วัตถุสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังผิวของตัวอย่างที่เคลือบด้วยโลหะประเภททองคำ เกิดเป็นอิเล็กตรอนจากทองคำที่กระจายออกมาและจะถูกตรวจจับด้วยเครื่องตรวจจับแล้วแปลสัญญาณเป็นภาพแบบ 3 มิติ
2. ลักษณะของตัวอย่างที่ใช้ศึกษา	ตัวอย่างเป็นชิ้นบางซึ่งย้อมด้วยสารประกอบโลหะหนัก เช่น Lead citrate, Uranium acetate, Osmium tetraoxide ที่ทึบลำอิเล็กตรอน	ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยโลหะประเภททองคำ

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
3. ความสามารถในการขยายและการเห็นรายละเอียดของภาพ	กำลังขยายสูงสุดประมาณ 1 ล้านเท่า	กำลังขยายสูงสุดประมาณ 400,000 เท่า
4. จุดประสงค์ในการเลือกใช้กล้อง	ศึกษาโครงสร้างภายในของตัวอย่าง ซึ่งต้องมีความบางมาก	ศึกษาโครงสร้างผิวด้านนอกของตัวอย่าง

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง จากการเรียน และการทำกิจกรรม
- วิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง รวมถึงวิธีการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง จากการทำกิจกรรม
- วิธีการวัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ จากการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การใช้จำนวน และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากภาพวาด และคำบรรยายของภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
- ความซื่อสัตย์ จากการทำรายงานของการทำกิจกรรม

3.2 โครงสร้างเซลล์และหน้าที่ของเซลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้าง และบอกหน้าที่ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ระบุชนิดและบอกหน้าที่ของออร์แกเนลล์
3. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยอาจใช้คำถามต่อไปนี้

- เมื่อศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง นักเรียนเห็นโครงสร้างใดของเซลล์บ้าง
- ✎ ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม นิวเคลียส คลอโรพลาสต์ แวคิวโอล
- นักเรียนคิดว่าการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ผลของการศึกษาจะเป็นอย่างไร
- ✎ อาจพบโครงสร้างอื่นเพิ่มขึ้น และเห็นรายละเอียดของโครงสร้างที่เห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงมากขึ้น

เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงไปสู่โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

ครูทบทวนเกี่ยวกับการจัดระบบภายในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ของพืชและสัตว์โดยใช้รูป 2.1 ในหนังสือเรียน

- จากภาพดังกล่าว หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตคืออะไร

จากนั้นครูใช้ภาพโพทิสต์เซลล์เดี่ยวเช่น พารามีเซียม รูปตัวอย่างเซลล์ยูแคริโอต ก. จากกล่องความรู้เพิ่มเติมในหนังสือเรียน แล้วใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- จากภาพโพทิสต์เซลล์เดี่ยว โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์สามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ส่วนอะไรบ้าง

จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปให้ได้ว่า เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เพราะเซลล์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างภายในเซลล์ที่ทำงานร่วม

กัน โดยเซลล์มีโครงสร้างพื้นฐานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส

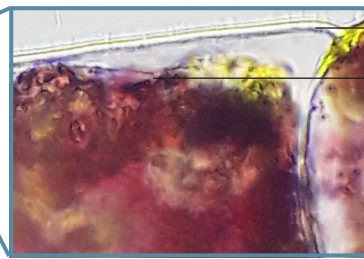
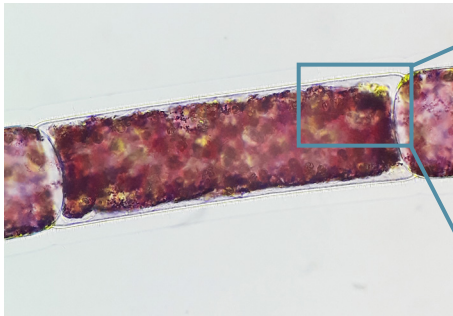
ครูอาจขยายความรู้ให้นักเรียนเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต เมื่อใช้ชนิดของเซลล์เป็นเกณฑ์การจัดจำแนกจะแบ่งสิ่งมีชีวิตออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สิ่งมีชีวิตโพรแคริโอตและสิ่งมีชีวิตยูแคริโอต โดยใช้ภาพแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในหนังสือเรียน ประกอบการอธิบายว่า สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสิ่งมีชีวิตโพรแคริโอตที่เป็นเซลล์โพรแคริโอที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส DNA จึงแขวนลอยอยู่ในไซโทพลาซึม เรียกบริเวณนี้ว่า นิวคลีโอยด์ (nucleoid) และไม่มีออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม จากนั้นใช้ภาพพารามีเซียม อะมีบา เซลล์เม็ดเลือดขาว และเซลล์ประสาท ประกอบการอธิบายว่า ภาพดังกล่าวเป็นตัวอย่างสิ่งมีชีวิตยูแคริโอตที่ประกอบด้วยเซลล์ยูแคริโอตซึ่งเป็นเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสและออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มหลายชนิด

3.2.1 ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

ครูให้นักเรียนศึกษาภาพนำของบทที่ 3 เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ ซึ่งแสดงรูปร่างลักษณะ และโครงสร้างของเซลล์สาหร่ายสไปโรไจราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- จากภาพนำ ส่วนใดบ้างที่เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์
- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ใดที่ไม่สามารถเห็นได้จากภาพที่เห็นเต็มเซลล์

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปให้ได้ว่า ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ คือ ผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ โดยครูอาจใช้ภาพเซลล์โพรติสต์หรือพืชที่ไซโทพลาซึมหดตัวประกอบการอธิบายเพิ่มเติมว่า เหตุผลที่มองไม่เห็นชั้นเยื่อหุ้มเซลล์จากภาพเป็นเพราะเยื่อหุ้มเซลล์จะอยู่ชิดกับผนังเซลล์มาก แต่หากต้องการเห็นเยื่อหุ้มเซลล์ของโพรติสต์หรือพืชที่มีผนังเซลล์หุ้มอยู่ด้านนอกสามารถทำได้โดยการทำให้เซลล์เหี่ยวด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายภายในเซลล์จะทำให้เซลล์สูญเสียน้ำออกสู่สารละลายภายนอก ทำให้ไซโทพลาซึมหดตัวและสามารถเห็นชั้นของเยื่อหุ้มเซลล์แยกออกจากผนังเซลล์ได้ดังภาพตัวอย่าง



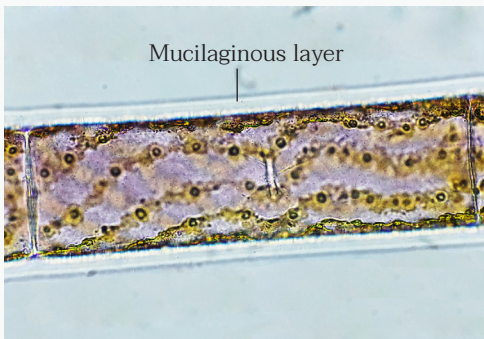
ผนังเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์

ภาพสาหร่ายสไปโรไจราที่ย้อมสีและใช้ไทโพลลาซึมหัดตัว



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู



Mucilaginous layer หรือชั้นเมือกของสาหร่ายสไปโรไจราเป็นสาเหตุที่เมื่อเราสัมผัสสาหร่ายแล้วรู้สึกลื่น ซึ่งชั้นเมือกนี้เกิดจากสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ มีหน้าที่ช่วยรักษาความชื้นและป้องกันรังสี UV และการเกาะอาศัยของโปรติสท์ชนิดอื่น

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์และรูป 3.5 ซึ่งเป็นภาพโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังนี้

- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ใดที่พบได้ในเซลล์ทุกชนิด
- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ใดที่พบได้ในเซลล์พืช
- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบได้ในเซลล์พืชมีการจัดเรียงอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรจะสรุปได้ว่า เยื่อหุ้มเซลล์เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบได้ในเซลล์ทุกชนิด โดยเซลล์สัตว์มีส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ คือ เยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนเซลล์พืชมีส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ คือ เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ โดยมีผนังเซลล์หุ้มด้านนอก

เยื่อหุ้มเซลล์

ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องสารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตที่เรียนมาแล้วในบทที่ 2 และให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์โดยใช้รูป 3.6 ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- โครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยสารอะไรบ้าง
- รูปแบบการจัดเรียงตัวขององค์ประกอบเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล มีที่มาจากโครงสร้างหลักใด เพราะเหตุใด

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า เยื่อหุ้มเซลล์มีโครงสร้างหลัก คือ ลิพิด และโปรตีน นอกจากนี้ยังพบคาร์โบไฮเดรตเป็นสายเกาะที่ผิวด้านนอก และยังมีไซโทสเกเลตอนติดที่โปรตีนบริเวณด้านในเยื่อหุ้มเซลล์ สามารถเชื่อมโยงถึงที่มาของชื่อการจัดเรียงตัวขององค์ประกอบเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดลได้ว่า ฟลูอิดมีที่มาจาก ลิพิด เพราะฟลูอิดแปลว่า เหลวหรือของเหลว ซึ่งลิพิดมีสมบัติดังกล่าว ส่วนโมเซอิกมีที่มาจากโปรตีน เพราะพบโปรตีนเรียงตัวกระจายคล้ายลวดลายแบบโมเสก (mosaic)

ลิพิด

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลิพิดและใช้รูป 3.7 ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงการจัดเรียงตัวของฟอสโฟลิพิดเป็น 2 ชั้นของเยื่อหุ้มเซลล์แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ลิพิดที่เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์คืออะไร และมีการเรียงตัวอย่างไร
- โมเลกุลของฟอสโฟลิพิดแต่ละส่วนมีสมบัติอย่างไรบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ลิพิดที่เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์คือ ฟอสโฟลิพิด ซึ่งเรียงตัวเป็น 2 ชั้น ประกอบด้วยส่วนหัวที่ชอบน้ำและส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำ โดยหันส่วนหัวที่ชอบน้ำหรือส่วนที่มีสมบัติไฮโดรฟิลิกออกด้านนอกและด้านในเซลล์ และหันส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำหรือส่วนที่มีสมบัติไฮโดรโฟบิกเข้าหากัน

ครูอาจชี้ตำแหน่งคอเลสเตอรอลในรูป 3.7 ในหนังสือเรียน และขยายความรู้เพิ่มให้กับนักเรียนว่า นอกจากฟอสโฟลิพิดแล้วยังพบคอเลสเตอรอลแทรกอยู่ระหว่างส่วนหางของฟอสโฟลิพิดด้วย ทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดคงที่ ซึ่งเป็นหน้าที่ของคอเลสเตอรอลที่ช่วยรักษาสภาพความเหลวของเยื่อหุ้มเซลล์ให้สมดุล

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับฟอสโฟลิพิด โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



ฟอสโฟลิพิดที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์มีความสำคัญอย่างไรต่อเซลล์

ฟอสโฟลิพิดที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์มีความสำคัญต่อเซลล์ คือ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถหลุดออกและเชื่อมต่อกันได้ และทำให้เซลล์สามารถลำเลียงสารขนาดใหญ่เข้าและออกจากเซลล์

โปรตีน

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาวิดิทัศน์เกี่ยวกับโปรตีนที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ หรือให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับโปรตีนพร้อมกับรูป 3.6 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล และรูป 3.8 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- โปรตีนอยู่บริเวณใดของเยื่อหุ้มเซลล์
- โปรตีนชนิดใดบ้างที่อาจพบได้ในเยื่อหุ้มเซลล์ และแต่ละชนิดทำหน้าที่อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า โปรตีนที่เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์อาจแทรกระหว่างฟอสโฟลิพิดทั้ง 2 ชั้นหรืออยู่ที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของฟอสโฟลิพิดหรือแทรกบางส่วนของฟอสโฟลิพิด โดยพบจำนวนและชนิดของโปรตีนในเยื่อหุ้มเซลล์แตกต่างกันตามชนิดของเซลล์ ซึ่งโปรตีนที่อาจพบได้ในเยื่อหุ้มเซลล์ ได้แก่

โปรตีนลำเลียง (transport protein) ทำหน้าที่ลำเลียงสาร

โปรตีนตัวรับ (receptor protein) ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสารเคมีที่มากกระตุ้น

โปรตีนเอนไซม์ (enzymatic protein) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโปรตีนที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์มีบทบาทสำคัญอย่างไรบ้าง
โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์มีบทบาทสำคัญในการลำเลียงสาร ตอบสนอง
ต่อสารเคมีที่มารกระตุ้น และเร่งปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

โปรตีนลำเลียง (transport protein) ที่อาจพบได้ในเยื่อหุ้มเซลล์ คือ

- โปรตีนตัวพา (carrier protein) เป็นโปรตีนที่จับกับโมเลกุลสารแล้วเปลี่ยนรูปร่างเพื่อนำสารดังกล่าวผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
- โปรตีนช่อง (channel protein) มีลักษณะเป็นช่องเพื่อให้โมเลกุลหรือสารที่มีประจุผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

ครูใช้รูป 3.6 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดลในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างอื่นๆ นอกจากโครงสร้างหลักที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยมีแนวคำถามดังนี้

- นอกจากลิพิดและโปรตีนซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์แล้ว ยังพบสารอื่นอีกหรือไม่ ถ้าพบมีอะไรบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า นอกจากลิพิดและโปรตีนที่เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์แล้วยังพบคาร์โบไฮเดรต โดยคาร์โบไฮเดรตที่พบอาจเชื่อมต่อกับลิพิด เรียก ไกลโคลิพิด หรือเชื่อมต่อกับโปรตีน เรียก ไกลโคโปรตีน และยังพบคอเลสเตอรอล

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์และร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าโครงสร้างของโมเลกุลต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (selectively permeable membrane) ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ซึ่งจะได้เรียนในหัวข้อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

นอกจากนี้การมีส่วนร่วมประกอบของลิวตินที่มีความเหลวทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถหลุดออกและเชื่อมต่อกันได้ จากสมบัตินี้ทำให้เซลล์สามารถลำเลียงสารขนาดใหญ่เข้าและออกจากเซลล์ ซึ่งจะได้เรียนในหัวข้อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์เช่นกัน

ผนังเซลล์

ครูใช้รูป 3.5 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชและชี้ให้เห็นว่าเซลล์พืชมีผนังเซลล์หุ้มด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งในเซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์นี้ และอาจใช้ภาพของสาหร่าย แบคทีเรีย และฟังไจ เพื่อประกอบการอธิบายเพิ่มเติมว่านอกจากเซลล์พืชแล้วยังพบได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่กล่าวมาข้างต้น

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผนังเซลล์และรูป 3.9 ในหนังสือเรียน ซึ่งเป็นรูปผนังเซลล์ของพืช แสดงส่วนของพลาสโมเดสมาตาแล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ผนังเซลล์มีหน้าที่อะไร
- ผนังเซลล์พืชประกอบด้วยสารใดเป็นหลัก
- เมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นอาจมีสารใดมาสะสมเพิ่ม
- พลาสโมเดสมาตา คืออะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ผนังเซลล์มีหน้าที่ทำให้เซลล์คงรูปและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์ โดยผนังเซลล์พืชประกอบด้วยเซลลูโลส และเพกทินเป็นหลัก และเมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นอาจมี ลิกนิน และซูเบอรินมาสะสมเพิ่ม เซลล์พืชบางชนิดมีคิวทินสะสมที่ผิวของผนังเซลล์ด้านสัมผัสอากาศ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับพลาสโมเดสมาตาที่พบในเซลล์พืชได้ว่า พลาสโมเดสมาตา คือสายไซโทพลาซึมที่เชื่อมต่อระหว่าง 2 เซลล์ที่อยู่ติดกันซึ่งเกิดขึ้นที่บางบริเวณของผนังเซลล์ในช่วงเริ่มต้นของการสร้างผนังเซลล์ เมื่อสร้างเสร็จแล้วยังคงอยู่เป็นเส้นทางหนึ่งในการลำเลียงสารของพืช

3.2.2 ไซโทพลาซึม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลไซโทพลาซึมในหนังสือเรียน และครูอาจใช้วิดิทัศน์การไหลเวียนของไซโทพลาซึม (cyclosis) ของเซลล์สาหร่ายหางกระรอกหรือทบทวนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของเซลล์สาหร่ายหางกระรอกที่เขียนแสดงทิศทางการไหลเวียนจากกิจกรรม 3.1 ประกอบการอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- จากวิดิทัศน์หรือภาพส่วนที่เป็นของเหลวไหลเวียนอยู่ภายในเซลล์สาหร่ายหางกระรอกคือ ส่วนใดของไซโทพลาซึม

- นอกจากนี้ยังเห็นโครงสร้างใดภายในเซลล์สำหรับหายใจทางกระรอกอีกบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า ไซโทพลาซึมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ออร์แกเนลล์ และไซโทซอล นอกจากนี้ยังเห็นออร์แกเนลล์อื่นในเซลล์สำหรับหายใจทางกระรอก เช่น คลอโรพลาสต์ และแวคิวโอล

ครูใช้รูป 3.5 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์สัตว์และเซลล์พืช และให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากภาพดังกล่าว แล้วถามนักเรียนว่า

- นักเรียนเห็นโครงสร้างใดเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมที่ 3.1

นักเรียนอาจตอบว่า โครงสร้างที่พบเพิ่ม คือ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ไรโบโซม กอลจิคอมเพล็กซ์ ไลโซโซม ไมโทคอนเดรีย เพอร็อกซิโซม เซนทริโอล ไซโทสเกเลตอน และเห็นรายละเอียดของโครงสร้าง คลอโรพลาสต์ เยื่อหุ้มเซลล์ ผนังเซลล์ และนิวเคลียสเพิ่มขึ้น

ออร์แกเนลล์

เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

ครูอาจเลือกใช้ภาพเซลล์สัตว์หรือเซลล์พืชจากรูป 3.5 เพื่อชี้ตำแหน่งของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมที่พบในเซลล์และรูป 3.10 ซึ่งแสดงโครงสร้างของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมมีลักษณะโครงสร้างอย่างไร
- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมมีกี่ชนิด ได้แก่อะไรบ้าง ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนก
- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแต่ละชนิดทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรระบุเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมที่พบภายในเซลล์ รวมถึงอธิบายได้ว่าเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมเป็นออร์แกเนลล์มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ลักษณะเป็นถุงแบนเชื่อมกันกระจายเป็นร่างแหและเรียงซ้อนกัน โดยเชื่อมต่อกับเยื่อหุ้มชั้นนอกของนิวเคลียส ที่ผิววนอกของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมบางบริเวณมีไรโบโซมติดอยู่ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมมี 2 ชนิด ได้แก่ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบ โดยใช้การมีไรโบโซมติดอยู่ที่ผิวเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมในการจำแนก แต่ละชนิดทำหน้าที่ดังนี้

- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ เป็นบริเวณที่มีการสร้างโปรตีนโดยไรโบโซม ซึ่งโปรตีนที่สร้างจะเข้าสู่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระแล้วถูกห่อหุ้มเป็นเวสิเคิล แล้วส่งต่อไปยังกอลจิคอมเพล็กซ์เพื่อลำเลียงและหลั่งออกนอกเซลล์ หรือไปเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบ เป็นถุงแบนต่อจากเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ ทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและทำหน้าที่กำจัดสารพิษ

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



ถ้าในเซลล์ไม่มีเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมจะมีผลอย่างไร



ถ้าในเซลล์ไม่มีเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมจะมีผลคือ ถ้าในเซลล์ไม่มี RER เซลล์จะไม่มี การสังเคราะห์โปรตีนสำหรับการส่งออกนอกเซลล์และโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ถ้าในเซลล์ไม่มี SER เซลล์จะไม่สามารถสังเคราะห์ลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือฮอร์โมน เป็นต้น และไม่สามารถกำจัดสารพิษ



เพราะเหตุใดเซลล์ตับและเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่างจึงพบเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบมากกว่าเซลล์ผิวหนัง



เพราะ SER ในเซลล์ตับทำหน้าที่ทำลายสารพิษ ในขณะที่ SER ของเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่างทำหน้าที่เก็บแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) เพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ไรโบโซม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไรโบโซมพร้อมกับศึกษารูป 3.11 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างของไรโบโซม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ไรโบโซมมีโครงสร้างอย่างไร
- ไรโบโซมทำหน้าที่อะไร
- ไรโบโซมที่กระจายอยู่ในไซโทซอลทำหน้าที่แตกต่างจากไรโบโซมที่ติดอยู่กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็กที่ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ หน่วยย่อยเล็กและหน่วยย่อยใหญ่ แต่ละหน่วยย่อยประกอบด้วยโปรตีน และ RNA ปกติหน่วยย่อยของไรโบโซมทั้งสองอยู่แยกกัน แต่มารวมกันเมื่อมีการสังเคราะห์โปรตีน โดยไรโบโซมที่อยู่ในไซโทซอลทำหน้าที่สร้างโปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์ ส่วนไรโบโซมที่ติดกับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมสร้างโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือส่งออกนอกเซลล์

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้

? ไรโบโซมที่ติดอยู่กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมและที่กระจายอยู่ในไซโทซอล ทำหน้าที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

 ไรโบโซมที่ติดอยู่กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมและที่อยู่ในไซโทซอล ทำหน้าที่เหมือนกันคือ สังเคราะห์โปรตีน

ทำหน้าที่ต่างกันคือ ไรโบโซมที่ติดอยู่กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือส่งออกนอกเซลล์ ส่วนไรโบโซมที่อยู่ในไซโทซอลสังเคราะห์โปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์

กอลจิคอมเพล็กซ์

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกอลจิคอมเพล็กซ์พร้อมศึกษารูป 3.12 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างของกอลจิคอมเพล็กซ์แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- กอลจิคอมเพล็กซ์มีโครงสร้างอย่างไร
- กอลจิคอมเพล็กซ์ทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่ากอลจิคอมเพล็กซ์เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น ลักษณะเป็นถุงแบนซ้อนกันเป็นชั้นคล้ายเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ตรังริมขอบจะพองออกเป็นเวลิเคิล ซึ่งกอลจิคอมเพล็กซ์ทำหน้าที่รวบรวมสารทำให้สารเข้มข้น เติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนหรือลิพิดที่ส่งมาจาก ER ได้เป็นไกลโคโปรตีน หรือ ไกลโคลิพิด เพื่อส่งออกนอกเซลล์หรือเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

ไลโซโซม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไลโซโซมพร้อมกับศึกษารูป 3.13 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงการทำงานของไลโซโซมแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ไลโซโซมมีโครงสร้างอย่างไร
- ไลโซโซมมีสารใดบรรจุอยู่ภายใน
- ไลโซโซมทำหน้าที่อะไร
- ไลโซโซมมีการทำงานอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรอธิบายได้ว่าไลโซโซมเป็นเวสิเคิลที่สร้างมาจากกอลจิคอมเพล็กซ์ มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น ลักษณะเป็นถุงกลม ภายในมีเอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลสชนิดต่าง ๆ ไลโซโซมทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด และโมเลกุลต่าง ๆ ที่ได้รับจากนอกเซลล์หรือส่วนประกอบของเซลล์ที่เซลล์ไม่ต้องการ โดยไลโซโซมที่สร้างจากกอลจิคอมเพล็กซ์มีเอนไซม์ที่ยังไม่ทำงาน เมื่อไลโซโซมรวมกับแวคิวโอล เวสิเคิลหรือออร์แกเนลล์ที่หมดอายุทำให้เอนไซม์เปลี่ยนเป็นรูปที่ทำงานได้

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้

-  เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ และกอลจิคอมเพล็กซ์ เกี่ยวข้องกับการสร้างไลโซโซมอย่างไร
-  เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระมีไรโบโซมสังเคราะห์โปรตีนแล้วส่งให้กอลจิคอมเพล็กซ์รวบรวมโปรตีนทำให้เข้มข้นขึ้นแล้วจึงหลุดออกมาเป็นไลโซโซม

แวคิวโอล

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแวคิวโอลพร้อมกับศึกษารูป 3.14 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงแวคิวโอลประเภทต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- แวกิวโอลมีโครงสร้างอย่างไร
- แวกิวโอลทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าแวคิวโอลมีลักษณะเป็นถุง มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น มีหลายชนิดซึ่งมีรูปร่าง และขนาดแตกต่างกัน แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น

- คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (contractile vacuole) ทำหน้าที่รักษาสมดุลภาพของน้ำ
- ฟูดแวคิวโอล (food vacuole) ทำหน้าที่รับสารที่มาจากภายนอกเซลล์
- แซบแวคิวโอล (sap vacuole) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับความเต่งของเซลล์พืช

ไมโทคอนเดรีย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไมโทคอนเดรียพร้อมกับศึกษารูป 3.15 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างของไมโทคอนเดรียแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ไมโทคอนเดรียมีโครงสร้างอย่างไร
- เยื่อชั้นในที่พับทบเข้าไปด้านในมีประโยชน์อย่างไร
- ของเหลวที่บรรจุอยู่ในเมทริกซ์ประกอบด้วยอะไร
- ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าไมโทคอนเดรียมีรูปร่างหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์ มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น เยื่อชั้นนอกมีลักษณะเรียบ ส่วนเยื่อชั้นในจะพับทบแล้วยื่นเข้าไปด้านในเรียกว่า คริสตี (cristae) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว และเป็นบริเวณที่มีโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่ได้จากการสลายสารอาหารและการสร้างสารพลังงานสูงในรูป ATP ภายในไมโทคอนเดรียมีของเหลวบรรจุอยู่ เรียกว่า เมทริกซ์ (matrix) ประกอบด้วยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกระบวนการหายใจระดับเซลล์ และมี DNA และไรโบโซม ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างสารพลังงานสูงในรูป ATP ให้กับเซลล์

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้



เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจซึ่งเป็นเซลล์ที่ต้องใช้พลังงานมาก ควรมีออร์แกเนลล์ชนิดใดมาก เพราะเหตุใด



เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจควรมีไมโทคอนเดรียมาก เพราะไมโทคอนเดรียเป็นแหล่งผลิตสาร ATP ซึ่งมีพลังงานสูงให้กับเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา

พลาสทิด

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลาสทิดพร้อมกับศึกษารูป 3.16 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- พลาสทิดมีโครงสร้างอย่างไร
- เมื่อใช้สีเป็นเกณฑ์ในการแบ่งพลาสทิดจะแบ่งพลาสทิดได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
- พลาสทิดแต่ละชนิดทำหน้าที่อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายลักษณะโครงสร้างของพลาสติดโดยรวมได้ว่า พลาสติดเป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มี DNA และไรโบโซม โดยพลาสติดมีรูปร่าง และขนาดแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติดแต่ละชนิด เมื่อใช้สีเป็นเกณฑ์ในการแบ่งพลาสติดจะแบ่งพลาสติดได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- คลอโรพลาสต์ เป็นพลาสติดที่มีสีเขียว ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
- โครโมพลาสต์ (รูป 3.17) เป็นพลาสติดที่มีสีอื่น ทำหน้าที่สะสมสารสีต่าง ๆ ยกเว้นสีเขียว
- ลิโวพลาสต์ (รูป 3.18 ก.) เป็นพลาสติดที่ไม่มีสี ทำหน้าที่สะสมแป้งหรือน้ำมัน

โดยให้ครูเน้นว่าพลาสติดที่นักเรียนควรให้ความสำคัญ คือ คลอโรพลาสต์ เนื่องจากเป็นพลาสติดหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไป แล้วใช้คำถามต่อไปนี้อภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับคลอโรพลาสต์

- คลอโรพลาสต์มีโครงสร้างอย่างไร
- คลอโรพลาสต์มีสีเขียว เพราะเหตุใด
- เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่ที่โครงสร้างใดของคลอโรพลาสต์
- คลอโรพลาสต์ทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรอธิบายได้ว่า คลอโรพลาสต์เป็นพลาสติดที่มีสีเขียวเนื่องจากมีสารสีชนิดคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่จึงทำให้มีสีเขียว คลอโรพลาสต์มีรูปร่างรีหรือรูปไข่ ภายในมีเยื่อที่เป็นถุงแบน เรียกว่า ไทลาคอยด์ เรียงซ้อนกันเป็นแนวตั้งเรียกว่า กรานุม มีเยื่อเชื่อมต่อกันระหว่างกรานุม เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา ส่วนที่เป็นของเหลวของคลอโรพลาสต์ เรียกว่า สโตรมา คลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์มีความสัมพันธ์กัน คือ ไมโทคอนเดรียเป็นออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ซึ่งผลผลิตจากกระบวนการนี้คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนคลอโรพลาสต์จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วได้ผลผลิตคือ น้ำตาลและแก๊สออกซิเจน เพื่อให้สิ่งมีชีวิตที่มีการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจน

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้



ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์มีความคล้ายกันอย่างไร ในแง่ของโครงสร้างและหน้าที่



- ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์มีความคล้ายกันในแง่ของโครงสร้าง ดังนี้ มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มี DNA มีไรโบโซม เยื่อหุ้มชั้นนอกเรียบ เยื่อหุ้มชั้นในพับทบ ภายในมีของเหลวเป็นที่อยู่ของ เอนไซม์หลายชนิด
- ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์มีความคล้ายกันในแง่ของหน้าที่ ดังนี้ ทั้ง 2 ออร์แกเนลล์ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตพลังงานภายในเซลล์ เช่น ไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์ผ่านการสลายน้ำตาลเป็น ATP ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์ โดยเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานงานเคมี ไปสะสมอยู่ในรูปของน้ำตาลด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

เพอร์ออกซิโซม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเพอร์ออกซิโซมพร้อมกับศึกษารูป 3.19 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงลักษณะของเพอร์ออกซิโซมแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- เพอร์ออกซิโซมมีโครงสร้างอย่างไร
- ของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในเพอร์ออกซิโซมประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร
- เพอร์ออกซิโซมทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าเพอร์ออกซิโซมเป็นถุง มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น รูปร่างกลม ภายในบรรจุของเหลว ของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในเพอร์ออกซิโซมประกอบด้วยเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารพิษให้กลายเป็นออกซิเจนและน้ำ เอนไซม์ดังกล่าวคือเอนไซม์คะตะเลส โดยเพอร์ออกซิโซมทำหน้าที่สลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารพิษให้กลายเป็นออกซิเจนและน้ำ นอกจากนี้ยังรวบรวมสารที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเอนไซม์ต่าง ๆ ไว้ในเพอร์ออกซิโซมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายกับเซลล์

เซนทริโอล

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเซนทริโอลพร้อมกับศึกษารูป 3.20 ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงโครงสร้างของเซนทริโอลและเซนโทรโซม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- เซนทริโอลมีโครงสร้างอย่างไร
- เซนโทรโซม คืออะไร มีความสำคัญอย่างไร

- เส้นใยสปินเดิลทำหน้าที่อะไร
- เซนทริโอลพบในเซลล์ชนิดใดบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าเซนทริโอลเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม อยู่ใกล้กับนิวเคลียส ประกอบด้วยไมโครทิวบูล เรียงกัน 9 กลุ่ม กลุ่มละ 3 หลอด เชื่อมกันเป็นแหงทรงกระบอก พบอยู่เป็นคู่วางตั้งฉากกัน บริเวณที่เซนทริโอลอยู่ตั้งฉากกันเป็นคู่แล้วถูกล้อมรอบด้วยโปรตีน เรียกว่าเซนโทรโซมมีความสำคัญคือเป็นแหล่งกำเนิดของเส้นใยสปินเดิล ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้โครโมโซมเคลื่อนออกจากกัน เซนทริโอลพบในเซลล์สัตว์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

ไซโทสเกเลตอน

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไซโทสเกเลตอนพร้อมกับศึกษารูป 3.21 ซึ่งเป็นภาพโครงสร้างของไซโทสเกเลตอนในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- ไซโทสเกเลตอนคืออะไร มีความสำคัญกับเซลล์อย่างไร
- ไซโทสเกเลตอนแบ่งเป็นกี่ชนิด ได้แก่อะไรบ้าง
- ไมโครฟิลาเมนต์มีโครงสร้างอย่างไร
- ไมโครฟิลาเมนต์ทำหน้าที่อะไร
- ไมโครทิวบูลมีโครงสร้างอย่างไร
- ไมโครทิวบูลทำหน้าที่อะไร
- อินเทอร์มีเดียทฟิลาเมนต์มีโครงสร้างอย่างไร
- อินเทอร์มีเดียทฟิลาเมนต์ทำหน้าที่อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าไซโทสเกเลตอนคือเส้นใยโปรตีน มีความสำคัญต่อเซลล์ ดังนี้

- ทำหน้าที่ค้ำจุนเซลล์
- เป็นที่ยึดเกาะของออร์แกเนลล์ให้อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ
- ช่วยในการเคลื่อนที่ของออร์แกเนลล์ภายในเซลล์
- ช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์

ไซโทสเกเลตอนแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ไมโครฟิลาเมนต์ หรือ แอ็กทินฟิลาเมนต์

2. ไมโครทิวบูล
3. อินเทอร์มีเดียทฟิลาเมนต์

และอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไซโทสเกเลตอนแต่ละชนิดได้ว่า

- ไมโครฟิลาเมนต์เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยโปรตีนแอกทินซึ่งมีรูปร่างเป็นก้อนต่อกันเป็นสายจำนวน 2 สาย และพันบิดกันเป็นเกลียว ทำหน้าที่สำคัญในการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ของอะมีบาและเซลล์เม็ดเลือดขาว การเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์ช่วยแบ่งไซโทพลาซึมในการแบ่งเซลล์สัตว์ นอกจากนี้ทำหน้าที่ค้าจับพบบในไมโครวิลไลที่ผิวด้านบนของเซลล์บุผิว และช่วยให้เกิดการไหลเวียนของไซโทพลาซึมในเซลล์พืช
- ไมโครทิวบูลเป็นหลอดกลวงเกิดจากโปรตีนทิวบูลิน เรียงต่อกันเป็นหลอด ทำหน้าที่เป็นโครงร่างภายในเซลล์ที่ทำหน้าที่ยึดและลำเลียงออร์แกเนลล์ เป็นโครงสร้างของเส้นใยสปินเดิล เป็นแกนของซิเลียและแฟลเจลลัมซึ่งช่วยในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิด
- อินเทอร์มีเดียทฟิลาเมนต์เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนหน่วยย่อยหลายหน่วย ซึ่งเรียงตัวเป็นสายยาว 8 ชุด ชุดละ 4 สาย พันเป็นเกลียว มีการจัดเรียงตัวเป็นร่างแหตามลักษณะรูปร่างของเซลล์ ทำหน้าที่เป็นโครงร่างค้าจับตลอดทั้งเซลล์ พบได้ที่โปรตีนเคอราทินที่ผิวหนัง ขนและเล็บของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ไซโทซอล

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับไซโทซอลในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยมีแนวคำถามดังนี้

- ไซโทซอลคืออะไร
- เอ็กโทพลาซึมคืออะไร
- เอนโดพลาซึมคืออะไร
- ไซโทซอลมีความสำคัญอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ไซโทซอลเป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่มีลักษณะเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไซโทซอลที่อยู่ติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกว่า เอ็กโทพลาซึม ไซโทซอลบริเวณด้านใน เรียกว่า เอนโดพลาซึม ไซโทซอลเป็นที่อยู่ของออร์แกเนลล์ต่างๆ และโครงสร้างอื่นๆ เช่น เม็ดไขมัน เม็ดสี ในเซลล์สัตว์ และ ergastic substance ในเซลล์พืช

3.2.3 นิวเคลียส

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับนิวเคลียสพร้อมกับรูป 3.5 ซึ่งแสดงโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชและรูป 3.22 ซึ่งแสดงโครงสร้างของนิวเคลียสในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- นิวเคลียสพบได้ในสิ่งมีชีวิตประเภทใด
- รูปร่างของนิวเคลียสเป็นอย่างไร และพบที่บริเวณใดของเซลล์
- เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนศึกษานิวเคลียสของเซลล์ พบโครงสร้างใดบ้าง
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส และโครมาติน แต่ละโครงสร้างมีลักษณะอย่างไรและทำหน้าที่อะไร
- สิ่งมีชีวิตโปรคาริโอตที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสจะพบสารพันธุกรรมหรือไม่ อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า นิวเคลียสพบในสิ่งมีชีวิตยูแคริโอต มักมีรูปร่างกลม รี หรือยาว พบอยู่กลางเซลล์หรือค่อนข้างไปทางใดทางหนึ่งของเซลล์ โครงสร้างของนิวเคลียสประกอบด้วย เยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส และโครมาติน และสามารถอธิบายลักษณะและหน้าที่ของโครงสร้างทั้งสามได้ว่า

- เยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเยื่อหุ้ม 2 ชั้น และมีช่องเล็ก ๆ ทะลุเยื่อทั้ง 2 ชั้น ซึ่งเป็นทางผ่านของสารระหว่างนิวเคลียสและไซโทพลาซึม
- นิวคลีโอลัส เป็นโครงสร้างที่เห็นชัดเมื่อย้อมนิวเคลียสด้วยสีเฉพาะ ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วย โปรตีนและกรดนิวคลีอิกชนิด RNA เป็นส่วนใหญ่ และมี DNA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ RNA รวมกับโปรตีนประกอบเป็นไรโบโซม
- โครมาติน เป็นสาย DNA ที่ขดพันกันไปมาในนิวเคลียส เมื่อแบ่งเซลล์พบว่า โครมาตินจะขดตัวแน่นทำให้หนาและสั้นลงจนเห็นเป็นแท่งโครโมโซม โดย DNA ทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

รวมทั้งบอกได้ว่าสิ่งมีชีวิตโปรคาริโอตที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสจะพบสารพันธุกรรมอยู่ในไซโทพลาซึมของเซลล์ ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า นิวคลีโอยด์

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน โดยมีแนวคำตอบดังนี้



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



เพราะเหตุใดนิวเคลียสจึงเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์

เพราะในนิวเคลียสมีสารพันธุกรรมที่เป็นตัวกำหนดการสร้างโปรตีนซึ่งส่งผลต่อการทำงานต่างๆ ของเซลล์

ครูอาจให้นักเรียนสรุปโครงสร้างที่สำคัญเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ โดยให้นักเรียนเขียนตามความเข้าใจและจากการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ แล้วให้ร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องของชั้นเรียน ตัวอย่างแนวทางการสรุปควรเป็นดังนี้

โครงสร้างสำคัญ	เซลล์พืช	เซลล์สัตว์
1. เยื่อหุ้มเซลล์	มี	มี
2. ผนังเซลล์	มี	ไม่มี
3. เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม	มี	มี
4. ไรโบโซม	มี	มี
5. กอลจิคอมเพล็กซ์	มี	มี
6. ไลโซโซม	มี	มี
7. แวคิวโอล	มี	มี
8. ไมโทคอนเดรีย	มี	มี
9. พลาสทิด (คลอโรพลาสต์)	มี	ไม่มี
10. เพอร์ริออกซิโซม	มี	มี
11. เซนทริโอล	ไม่มี	มี
12. ไซโทสเกเลตอน	มี	มี
13. นิวเคลียส	มี	มี

นอกจากนี้ครูอาจให้นักเรียนสรุปเป็นรายงานเกี่ยวกับโครงสร้างเซลล์ (อาจวาดภาพประกอบ) ลักษณะและหน้าที่ของโครงสร้างเซลล์ได้ ดังนี้

โครงสร้างเซลล์ และภาพประกอบ	ลักษณะ	หน้าที่
ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ 1. เยื่อหุ้มเซลล์	เป็นเยื่อหุ้มชั้นเดียวประกอบ ด้วยฟอสโฟลิพิดเรียงตัว 2 ชั้น ซึ่งมีโปรตีนแทรกอยู่ และพบ ไกลโคลิพิด ไกลโคโปรตีนที่ด้าน นอกเยื่อหุ้ม	ควบคุมการลำเลียงสารเข้าและ ออกจากเซลล์
2. ผนังเซลล์	- เป็นโครงสร้างหุ้มอยู่ด้านนอก ของเยื่อหุ้มเซลล์ในเซลล์พืช - ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วย เซลลูโลสและเพกทินเป็นหลัก บางบริเวณพบพลาสโมเดสมาตา	ทำให้เซลล์คงรูปและเพิ่มความ แข็งแรงให้กับเซลล์
ออร์แกเนลล์ในไซโทพลาซึม 1. เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม	มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เป็นถุงแบน เชื่อมถึงกันกระจายเป็นร่างแห เรียงซ้อนกันเชื่อมต่อกับเยื่อหุ้ม ชั้นนอกของนิวเคลียส	
- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม แบบผิวขรุขระ	มีไรโบโซมเกาะที่ผิวด้านนอก	สร้างโปรตีนส่งออกนอกเซลล์ หรือเป็นส่วนประกอบของ เยื่อหุ้มเซลล์
- เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม แบบผิวเรียบ	ไม่มีไรโบโซมเกาะ	สังเคราะห์สารพวกลิพิด ทำลาย สารพิษที่เข้าสู่เซลล์และเป็น แหล่งสะสมแคลเซียมไอออนใน เซลล์กล้ามเนื้อ

โครงสร้างเซลล์ และภาพประกอบ	ลักษณะ	หน้าที่
2. ไรโบโซม	ไม่มีเยื่อหุ้ม มีขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ หน่วยย่อยเล็กและหน่วยย่อยใหญ่ ปกติจะอยู่แยกกัน จะมารวมกันขณะที่สังเคราะห์โปรตีน	สังเคราะห์โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือส่งออกนอกเซลล์ หรือใช้ภายในเซลล์
3. กอลจิคอมเพล็กซ์	มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เป็นถุงแบนซ้อนกันเป็นชั้น ตรงริมขอบพองออกเป็นเวสิเคิล	รวบรวมสารทำให้สารเข้มข้น เติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีน หรือลิพิดที่ส่งมาจากเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม
4. ไลโซโซม	มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เป็นเวสิเคิลมาจากกอลจิคอมเพล็กซ์ ภายในมีเอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลส	ย่อยอาหาร และส่วนประกอบของเซลล์ที่เซลล์ไม่ต้องการ รวมทั้งสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เซลล์
5. แวกิวโอล - คอนแทร็กไทล์แวกิวโอล - ฟูดแวกิวโอล - แซบแวกิวโอล	มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว มีรูปร่างขนาด แตกต่างกันตามชนิดของแวกิวโอล	- รักษาคุณภาพของน้ำในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว - รับสารที่มาจากภายนอกเซลล์ - สะสมน้ำและสารอื่นๆ ในพืช
6. ไมโทคอนเดรีย	มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น เยื่อชั้นนอกเรียบ เยื่อชั้นในพับทบยื่นเข้าไปด้านในเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ภายในไมโทคอนเดรียมีของเหลวบรรจุอยู่ เรียก เมทริกซ์	สร้างสารพลังงานสูงในรูป ATP ให้กับเซลล์
7. พลาสทิด - คลอโรพลาสต์	มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในมีเยื่อที่เป็นถุงแบน เรียก ไทลาคอยด์ เรียงซ้อนกันเป็นตั่ง เรียก กรานุม มีของเหลวอยู่ภายใน คลอโรพลาสต์ เรียก สโตรมา	สังเคราะห์ด้วยแสง

โครงสร้างเซลล์ และภาพประกอบ	ลักษณะ	หน้าที่
8. เพอร์ออกซิโซม	มีเยื่อหุ้มชั้นเดียวเป็นถุงกลม ภายในบรรจุเอนไซม์ที่ใช้สลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	สลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
9. เซนทริโอล	ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วย ไมโครทิวบูลเรียงกัน 9 กลุ่ม กลุ่มละ 3 หลอด เชื่อมเป็นรูป แห่ทรงกระบอก	เป็นแกนของเซนโทรโซมซึ่งเป็น แหล่งกำเนิดของเส้นใยสปินเดิล
10. ไซโทสเกเลตอน - ไมโครฟิลาเมนต์	- เป็นเส้นใยโปรตีนเกิดจาก แอกตินซึ่งมีรูปร่างเป็นก้อน เรียงต่อกันเป็นสายยาวจำนวน 2 สายพันบิดกันเป็นเกลียว	- การหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ของอะมีบาและ เซลล์เม็ดเลือดขาว การเปลี่ยน รูปร่างของเซลล์ ช่วยแบ่ง ไซโทพลาซึมในการแบ่งเซลล์ สัตว์ และคำจุนเซลล์ และการ ไหลเวียนของไซโทพลาซึมใน เซลล์พืช

โครงสร้างเซลล์ และภาพประกอบ	ลักษณะ	หน้าที่
- ไมโครทิวบูล - อินเตอร์มีเดียทฟิลาเมนต์	- เป็นหลอดกลวงเกิดจากก้อนโปรตีนทิวบูลินเรียงต่อกัน - ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน 8 ชุด ชุดละ 4 สาย พันบิดเป็นเกลียวเส้นใยนี้จัดเรียงตัวเป็นร่างแหตามลักษณะรูปร่างของเซลล์	- ยึดและลำเลียงออร์แกเนลล์เป็นเส้นใยสปินเดิล เป็นแกนของซีเลียและแฟลเจลลัม - เป็นโครงร่างค้ำจุนตลอดทั้งเซลล์
นิวเคลียส นิวเคลียส	ส่วนใหญ่รูปร่างกลม รี หรือยาว มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น	เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ เช่น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแสดงออกของยีน การแบ่งเซลล์ และการสังเคราะห์โปรตีน
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส	- เป็นเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มีช่องเล็ก ๆ ทะลุเยื่อทั้ง 2 ชั้น	- เป็นทางผ่านของสารระหว่างนิวเคลียสและไซโทพลาซึม
- นิวคลีโอไลต์	- ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วยโปรตีน RNA และ DNA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ RNA รวมกับโปรตีนประกอบเป็นไรโบโซม เมื่อย้อมสีจะติดสีเข้ม	- เป็นแหล่งที่มีการสังเคราะห์ RNA ที่รวมกับโปรตีนประกอบเป็นไรโบโซม
- โครมาติน	- เป็นสาย DNA ที่พันรอบโปรตีนขดกันไปมาในนิวเคลียส	- ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์สัตว์และเซลล์พืช จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบฝึกหัด
- ชนิด โครงสร้าง และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบฝึกหัด
- โครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบฝึกหัด
- การลงความเห็นจากข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูล และอภิปรายร่วมกัน
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ และความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล

3.3 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

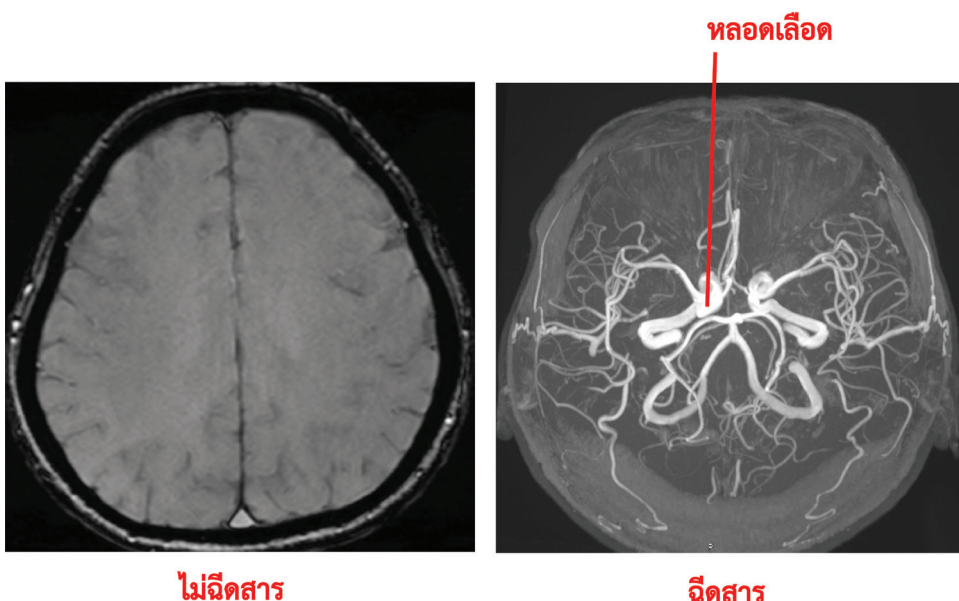
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟ-ทรานสปอร์ต
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพ การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันที่สามารถใช้ความรู้เรื่องการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์มาอธิบายได้ เช่น

- ภาพถ่ายสมองจากการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดด้วยเทคนิค MRI (Magnetic Resonance Imaging) ซึ่งจะเห็นหลอดเลือดชัดเจนเนื่องจากการฉีดสารเข้าสู่หลอดเลือดเพื่อเพิ่มความแตกต่างจากพื้นหลังและความชัดเจนของหลอดเลือด จากนั้นใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจว่าเพราะเหตุใดสารที่ฉีดเข้าไปจึงคงอยู่ในหลอดเลือดและไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์



- ยกตัวอย่างสารอาหารต่างชนิดที่นำเข้าสู่เซลล์เพื่อนำไปใช้ จากนั้นใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจว่าเซลล์มีวิธีลำเลียงสารที่มีสมบัติแตกต่างกันเหล่านี้อย่างไร

จากนั้นครูอธิบายว่าในการที่เซลล์จะดำรงอยู่ได้จะต้องมีการลำเลียงสารต่างๆ เข้าและออกจากเซลล์ พร้อมยกตัวอย่างสาร (รูป 3.23 ในหนังสือเรียน) แล้วยกตัวอย่างกรณีของความเข้มข้นของสารที่ต่างกันระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ เช่น ในกรณีความเข้มข้นของไอออนต่างชนิดภายในและภายนอกเซลล์ประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (รูป 3.24 ในหนังสือเรียน) เพื่อสรุปว่านอกจากชนิดของสารแล้วเซลล์ยังสามารถควบคุมปริมาณสารที่ผ่านเข้าออกด้วย

ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านในการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ จากนั้นทำกิจกรรม 3.2 เพื่อศึกษาสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์



กิจกรรม 3.2 สมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์

จุดประสงค์

- 1. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์
- 2. วิเคราะห์ผลจากการทำกิจกรรม และสรุปสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์

เวลาที่ใช้

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เช่น แหนที่มีรากติดอยู่ สไปโรไจรา สำหรับยเซลล์เดียว ยีสต์	ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตชนิดละ 2-3 ชุดต่อห้อง
2. สีนิวทรัลเรด (neutral red) 0.5%	2-3 ขวดต่อห้อง
3. สีส้มอาหารสีแดง	2-3 ขวดต่อห้อง
4. น้ำกลั่น	1 ขวด
5. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง
6. สไลด์พร้อมกระจกปิดสไลด์	10 ชุด
7. เข็มเปีย	2-3 อัน
8. หลอดหยด	5 หลอด
9. พู่กัน	5 อัน
10. จานเพาะเชื้อ	5 จาน

การเตรียมล่วงหน้า

- 1. ครูเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตโดยอาจเลือกจากสิ่งมีชีวิตที่หาได้ง่ายในห้องแล็บ เช่น แหนที่มีรากติดอยู่ สไปโรไจรา สำหรับยเซลล์เดียว ยีสต์
- 2. ถ้าไม่สามารถหาสีผสมอาหารสีแดงได้ อาจใช้สีผสมอาหารสีอื่นแทน แต่ไม่ควรใช้สีเขียว เนื่องจากจะทำให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ยาก
- 3. เตรียมสารละลายสีนิวทรัลเรดปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร ต่อขวด

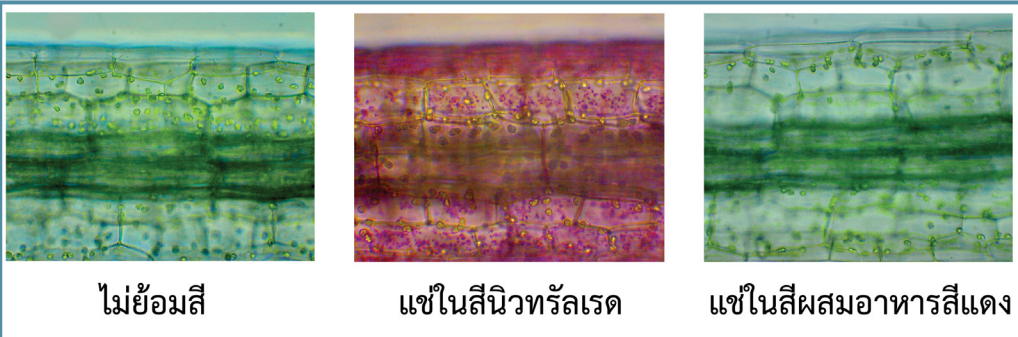
4. สีนีวทรัลเรดจะไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตตายทันที แต่ถ้าเข้าสู่เซลล์ในปริมาณสูงจากการแช่ในสารละลายสีที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้เซลล์ตายเร็วขึ้น และไม่ควรแช่ทิ้งไว้นาน ครูอาจทำการทดลองล่วงหน้าเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการย้อมสี โดยเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่กำหนดในวิธีการได้ตามความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-4 คน ครูอาจทบทวนวิธีการเตรียมสไลด์สดและการใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ แนะนำให้นักเรียนบันทึกผลที่ได้โดยอาจวาดภาพหรือถ่ายภาพประกอบ จากนั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองเพื่อตอบคำถามในกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรมที่ใช้รากแห่น จะเห็นได้ว่าเซลล์รากแห่นย้อมติดสีนีวทรัลเรดแต่ไม่ติดสีผสมอาหารสีแดง ดังภาพ



หมายเหตุ ถ้าทดลองกับสไปโรไจรา สาหร่ายเซลล์เดียว หรือยีสต์ ก็จะได้ผลการทดลองเป็นเช่นเดียวกับรากแห่น

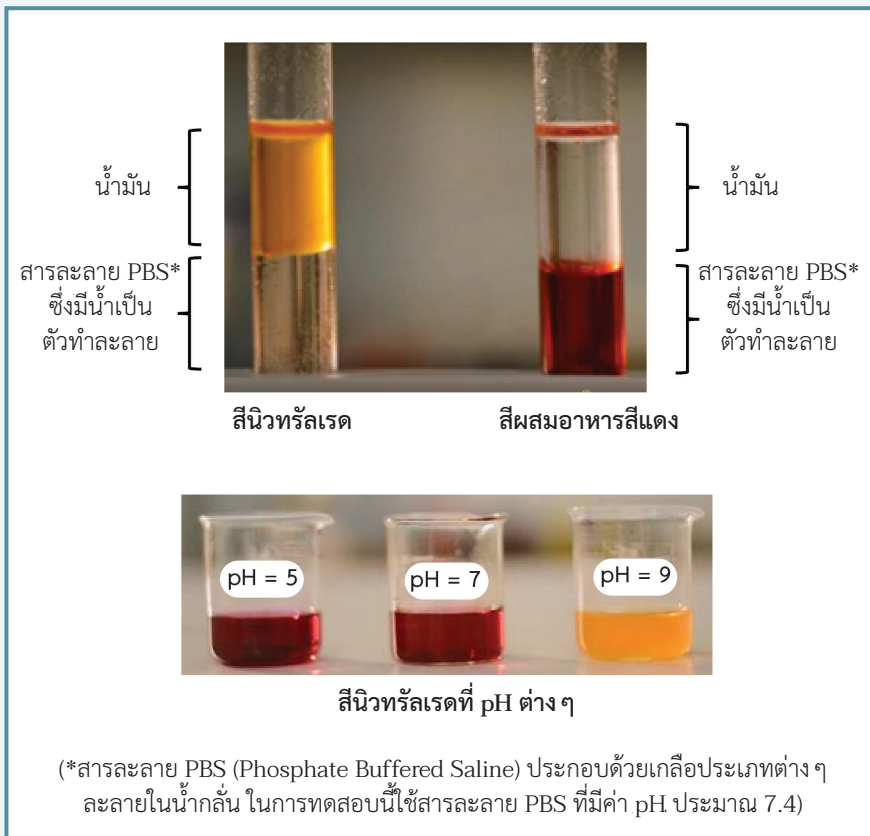
เมื่อทำกิจกรรมแล้วให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? หลังการแช่สี ลักษณะภายในเซลล์เปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร และผลที่ได้ระหว่างสีทั้งสองชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

✎ รากแห่นที่แช่ในสีนีวทรัลเรดจะเห็นสีแดงภายในเซลล์ของราก ส่วนรากแห่นที่แช่ในสีผสมอาหารจะใสหรือเห็นเป็นสีเขียวเหมือนรากแห่นปกติ

? ถ้าทดสอบความสามารถในการละลายของสีทั้งสองโดยนำสารละลายสีประมาณ 2 มิลลิลิตร และใส่น้ำมันลงไป 2 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าและทิ้งไว้ 15 นาที สังเกตได้ผลดังภาพด้านล่าง จากผลที่ได้ในกิจกรรมและการทดสอบสมบัติการละลายของสีดังกล่าว สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการละลายของสารและความสามารถในการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างไร



✎ ผลที่ได้สอดคล้องกับการที่เยื่อหุ้มเซลล์มีลิพิดเป็นองค์ประกอบและมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน ซึ่งทำให้สารที่ละลายได้ในลิพิด เช่น สีนิวทรัลเรดผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ ส่วนสารที่ไม่ละลายในลิพิดหรือสารที่ชอบน้ำ เช่น สีผสมอาหารจะไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ได้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ในการทดสอบความสามารถในการละลายของสปีนิวทรัลเรดและสปีผสมอาหารใช้สารละลาย PBS ที่มีค่า pH ประมาณ 7.4 แทนน้ำกลั่น เนื่องจากที่ค่า pH ของน้ำกลั่น สปีนิวทรัลเรดจะละลายได้ไม่ดีในน้ำมัน จึงไม่เห็นผลที่ชัดเจน

จากนั้นครูอธิบายว่าการที่โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยชั้นลิพิดนั้นทำให้สารที่ละลายในลิพิดสามารถเข้าสู่เซลล์ได้ (รูป 3.25 ในหนังสือเรียน) และอธิบายว่าสารบางชนิดถึงแม้จะละลายน้ำได้แต่ไม่มีประจุและมีขนาดเล็กพอ จะสามารถลำเลียงผ่านชั้นลิพิดได้เช่นเดียวกัน เช่น แก๊สออกซิเจน (รูป 3.26 ในหนังสือเรียน)

ครูยกตัวอย่างสารที่เซลล์ต้องลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ แต่ไม่สามารถลำเลียงผ่านชั้นลิพิดได้ เช่น กลูโคส (เนื่องจากไม่ละลายในลิพิดและมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะแทรกผ่านระหว่างโมเลกุลของฟอสโฟลิพิด) คลอไรด์ไอออน (เนื่องจากมีประจุจึงมีความชอบน้ำสูงเกินกว่าที่จะผ่านชั้นลิพิดได้) ซึ่งจะลำเลียงโดยผ่านโปรตีนลำเลียง (transport protein) ในเยื่อหุ้มเซลล์ที่แทรกอยู่ในชั้นลิพิด (รูป 3.27 ในหนังสือเรียน)

จากนั้นครูอธิบายถึงการลำเลียงสารที่มีโมเลกุลใหญ่เกินกว่าจะผ่านชั้นลิพิดหรือโปรตีนได้ ซึ่งจะลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ได้โดยการสร้างเวสิเคิลล้อมรอบสาร (รูป 3.28 ในหนังสือเรียน)

ครูสรุปภาพรวมว่าการลำเลียงสารเข้าหรือออกจากเซลล์มีหลายวิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติของสาร รวมทั้งสมบัติของโครงสร้างต่าง ๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ และอาจให้นักเรียนวาดแผนภาพสำหรับแต่ละกรณีรวมในแผนภาพเดียวกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวอย่างสารอาหารที่ลำเลียงเข้าและออกจากเซลล์ด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจัดทำแผนภาพ

ครูอาจให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายถึงกรณีสารที่เพิ่มความชัดเจนระหว่างหลอดเลือดและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ในการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดในสมองด้วยเทคนิค MRI ที่ได้กล่าวถึงในชั้นนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อสรุปถึงสมบัติของสารดังกล่าวที่สัมพันธ์กับความสามารถในการลำเลียงเข้าสู่เซลล์ โดยใช้แนวคำตอบของคำถามท้ายบทข้อที่ 5

กลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

ครูอธิบายกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบต่าง ๆ ที่กล่าวถึงข้างต้น โดยอาจใช้แอนิเมชันหรือวิดีโอที่ประกอบ แล้วให้นักเรียนเขียนแผนภาพเพื่อช่วยในการสรุปกลไกการลำเลียงสารด้วยวิธีต่าง ๆ

การแพร่แบบธรรมดา

ครูทบทวนความรู้เรื่องการแพร่ของโมเลกุลสาร โดยใช้กรณีของการหยดสารละลายต่างทับทมลงในน้ำ จากนั้นอธิบายกลไกการแพร่แบบธรรมดาว่าเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารและการเคลื่อนไหวของฟอสโฟลิพิดในชั้นลิพิดที่ทำให้เกิดช่องที่โมเลกุลสารสามารถแทรกผ่านได้ โดยมีทิศทางการลำเลียงจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ (รูป 3.29 ในหนังสือเรียน) อาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมหาตัวอย่างสารที่ลำเลียงโดยวิธีนี้เพิ่มเติม

ออสโมซิส

ครูอธิบายเกี่ยวกับออสโมซิส โดยเพิ่มเติมจากกรณีการแพร่แบบธรรมดา ว่าโมเลกุลของน้ำมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาและสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้เช่นกัน ครูอาจเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การเก็บรักษาพืชผักไม่ให้เหี่ยว ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ให้ผู้ป่วยผ่านทางหลอดเลือด

การแพร่แบบฟาซิลิเทต

ครูนำเข้าสู่เรื่องการแพร่แบบฟาซิลิเทต โดยใช้ผลการวัดอัตราการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงโดยเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดแดงในสารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าอัตราการลำเลียงที่วัดได้ต่างจากค่าประมาณการหากเกิดการลำเลียงโดยการแพร่แบบธรรมดา (รูป 3.30 ในหนังสือเรียน) และถามว่าการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงนี้มีกลไกเป็นอย่างไร

ครูอธิบายถึงอัตราการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงในการทดลองว่า เนื่องจากการแพร่แบบฟาซิลิเทตเกิดผ่านโปรตีนลำเลียงซึ่งมีความจำเพาะต่อสารจึงเกิดได้เร็วกว่าการแพร่แบบธรรมดามากที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเดียวกัน จากนั้นอธิบายถึงกลไกการแพร่แบบฟาซิลิเทตโดยครอบคลุมถึงการจับกับโปรตีนลำเลียงที่มีความจำเพาะกับสาร การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโปรตีนลำเลียงที่ทำให้โมเลกุลของสารที่จับเคลื่อนเข้าสู่เซลล์ และทิศทางการลำเลียงที่สัมพันธ์กับความเข้มข้น (รูป 3.31 ในหนังสือเรียน)

ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบการแพร่แบบธรรมดากับการแพร่แบบฟาซิลิเทตในประเด็นต่อไปนี้ และอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวอย่างสารอาหารที่ลำเลียงด้วยการแพร่แบบธรรมดาและการแพร่แบบฟาซิลิเทต

ประเด็น	การแพร่แบบธรรมดา	การแพร่แบบฟาซิลิเทต
กลไกการลำเลียง	เคลื่อนผ่านระหว่างโมเลกุลในชั้นลิพิด	ใช้โปรตีนลำเลียง
ทิศทางการลำเลียง	จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ	จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ
ตัวอย่าง	การลำเลียงกรดไขมัน วิตามิน A D E และ K เข้าสู่เซลล์บุผิว ลำไส้เล็ก	การลำเลียงฟรักโทสเข้าสู่เซลล์บุผิวลำไส้เล็ก

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** จากรูป 3.30 เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของกลูโคสภายนอกเซลล์สูงขึ้นมาก เพราะเหตุใดอัตราการลำเลียงกลูโคสจึงมีแนวโน้มที่จะมีค่าคงที่ในที่สุด
-  เนื่องจากโปรตีนที่ใช้ลำเลียงกลูโคสด้วยการแพร่แบบฟาซิลิเทตนั้นมีปริมาณจำกัดในเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อถึงจุดอิ่มตัว โปรตีนทุกตัวทำหน้าที่ลำเลียงกลูโคส ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกลูโคสภายนอกเซลล์ขึ้นอีกก็ไม่สามารถเพิ่มอัตราการลำเลียงกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้
- ?** การที่โปรตีนลำเลียงในเยื่อหุ้มเซลล์มีความจำเพาะกับชนิดของสารที่ลำเลียงมีประโยชน์ต่อเซลล์อย่างไร
-  การที่โปรตีนลำเลียงในเยื่อหุ้มเซลล์มีความจำเพาะกับชนิดของสารทำให้เซลล์สามารถควบคุมชนิดและปริมาณสารที่ผ่านเข้าออกได้อย่างเป็นระบบ เซลล์จึงรักษาความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดได้ตามความเหมาะสม

แอกทีฟทรานสปอร์ต

ครูอธิบายเกี่ยวกับแอกทีฟทรานสปอร์ตโดยชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างจากการลำเลียงแบบอื่น เช่น การแพร่แบบธรรมดา การแพร่แบบฟาซิลิเทต โดยชี้ให้เห็นถึงการใช้พลังงาน เช่น พลังงานจากการสลายพันธะของ ATP ซึ่งทำให้เซลล์สามารถลำเลียงสารย้อนทิศทางความแตกต่างของความเข้มข้นได้ (รูป 3.32 ในหนังสือเรียน)

ครูยกตัวอย่างแอกทีฟทรานสปอร์ต เช่น การหลั่งไฮโดรเจนไอออนจากเซลล์บุผิวของกระเพาะอาหารเข้าสู่กระเพาะอาหาร (รูป 3.33 ในหนังสือเรียน) การรักษาความเข้มข้นของโซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออนภายในเซลล์ประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม โดยชี้แจงว่าแอกทีฟทรานสปอร์ตอาจมีรายละเอียดของกลไกที่แตกต่างกันระหว่างกรณี

ครูอาจเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ยาลดกรดบางประเภทที่ยับยั้งการหลั่งไฮโดรเจนไอออนเข้าสู่กระเพาะอาหารโดยจับกับโปรตีนที่ลำเลียงไฮโดรเจนไอออน ทำให้ไม่สามารถลำเลียงได้ตามปกติ ปริมาณกรดที่หลั่งสู่กระเพาะอาหารจึงลดลง



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



การแพร่แบบธรรมดา การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



ประเด็น	การแพร่แบบธรรมดา	การแพร่แบบฟาซิลิเทต	แอกทีฟทรานสปอร์ต
กลไกการลำเลียง	เคลื่อนผ่านระหว่างโมเลกุลในชั้นลิพิด	ใช้โปรตีนลำเลียง	ใช้โปรตีนลำเลียง
ทิศทางการลำเลียง	จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ	จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ	จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูง
พลังงานจาก ATP	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ใช่

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์โดยการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และ แอ็กทีฟทรานสปอร์ต จากการตอบคำถาม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการตอบคำถาม การ อภิปราย และการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็นและการใช้วิจารณญาณ จากการตอบคำถาม การอภิปราย และการ ทำกิจกรรม
- ความรอบคอบ ความซื่อสัตย์ และความใจกว้าง จากการทำกิจกรรม

การลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล

ครูยกตัวอย่างกรณีทีเซลล์ลำเลียงสารขนาดใหญ่มากเข้าและออกจากเซลล์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าการลำเลียงสารนอกจากจะเกิดผ่านชั้นลิพิดและผ่านโปรตีนแล้ว เซลล์ยังมีกลไกการลำเลียงแบบอื่นอีก เช่น การลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกและตัวอย่างกรณีการลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล (รูป 3.34 และ 3.35 ในหนังสือเรียน) และอาจอธิบายเอกโซไซโทซิสโดยใช้ตัวอย่างการหลั่งเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารจากเซลล์บุผิวของกระเพาะอาหารเข้าสู่ช่องในกระเพาะอาหาร จากนั้นอธิบายเอนโดไซโทซิสโดยใช้ตัวอย่างการนำแบคทีเรียเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์ ซึ่งจัดเป็นฟาโกไซโทซิส จากนั้นอธิบายพินोไซโทซิส และการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ ซึ่งเป็นการลำเลียงสารแบบเอนโดไซโทซิสเช่นเดียวกัน ครูให้นักเรียนเขียนแผนภาพเพื่อสรุปกลไกการลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปถึงการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ด้วยวิธีต่าง ๆ รวมถึงสมบัติของสารและสมบัติของโครงสร้างต่าง ๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับวิธีการลำเลียงสารต่างชนิด

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าและออกจากเซลล์ จากการตอบคำถาม และแผนภาพ

ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภทจากการตอบคำถาม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และแผนภาพ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น จากการตอบคำถาม

3.4 การหายใจระดับเซลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและสรุปขั้นตอนการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ
2. อธิบายและสรุปขั้นตอนการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ
3. เปรียบเทียบขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอกับภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

แนวการจัดการเรียนรู้

การหายใจระดับเซลล์ในเอกสารหรือตำราเรียนหลายเล่มอาจมีการให้นิยามหรือความหมายของคำแตกต่างกันไป เช่น ใช้คำว่า การสลายสารอาหารแทนคำว่า การหายใจระดับเซลล์ และแบ่งเป็นการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) และการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ซึ่งจะรวมกระบวนการหมัก (fermentation) อยู่ในการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วย แต่เพื่อให้สอดคล้องต่อความเข้าใจ หนังสือเรียนเล่มนี้จึงใช้ภาวะการมีออกซิเจนเพียงพอและออกซิเจนไม่เพียงพอในการอธิบายขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ที่เกิดขึ้นในเซลล์ เพื่อสลายกลูโคสให้ได้เป็นพลังงาน

3.4.1 การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ

ครูใช้รูปหรือวีดิทัศน์แสดงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว พืช สัตว์ หรือกิจกรรมของมนุษย์ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต จากนั้นทบทวนเรื่องสารอาหาร ปฏิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ และโครงสร้างเซลล์ โดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว ดังนี้

- สารอาหารประเภทใดจัดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานกับสิ่งมีชีวิต
- การลำเลียงสารชนิดต่างๆ เข้าสู่เซลล์ เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานอย่างไร
- ✎ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จัดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงาน สารอาหารเหล่านี้จะลำเลียงเข้าสู่เซลล์ต่างๆ เพื่อสร้างเป็นพลังงานให้กับเซลล์ในการเกิดกิจกรรมต่างๆ

ครูอาจใช้ประเด็นคำถามเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงเรื่องสารอาหาร ปฏิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์กับการหายใจระดับเซลล์ ดังนี้

- คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารหลักที่ให้พลังงานกับร่างกาย ซึ่งจะผ่านการย่อยสลายจนได้เป็นโมโนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส ก่อนจะลำเลียงเข้าสู่เซลล์เพื่อสร้างพลังงาน กลูโคสจัดเป็นสารที่ให้พลังงานสูง การที่เซลล์จะนำพลังงานจากการสลายกลูโคสไปใช้โดยตรงอาจทำให้เกิดอันตรายกับเซลล์ได้ เซลล์จะสร้างพลังงานจากกระบวนการสลายกลูโคสได้อย่างไรโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับเซลล์

ครูเชื่อมโยงคำตอบที่ได้จากการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนกับรูป 3.36 ในหนังสือเรียน และอธิบายว่าการสร้างพลังงานจากกระบวนการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนเกิดขึ้นเป็นกระบวนการต่อเนื่องกันเริ่มตั้งแต่

ไกลโคไลซิส เป็นกระบวนการสลายกลูโคสซึ่งมีคาร์บอน 6 อะตอม ให้กลายเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม

การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์เอและวัฏจักรเครบส์ เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารที่ได้จากไกลโคไลซิสเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารพลังงานสูงต่างๆ

กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เป็นกระบวนการส่งผ่านอิเล็กตรอนของสารพลังงานสูง โดยมีแก๊สออกซิเจนเกี่ยวข้องในการเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานจนกลายเป็น ATP ซึ่งเป็นสารพลังงานสูงที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้

จากนั้นครูใช้รูป 3.37 ในหนังสือเรียนอธิบายขั้นตอนของไกลโคไลซิส แล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและร่วมกันอภิปรายโดยอาจใช้ประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และพลังงานที่ได้จากไกลโคไลซิส ดังนี้

- โมเลกุลกลูโคสถูกนำมาใช้ในการสร้างสารพลังงานสูงในรูปใดบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่า ไกลโคไลซิสมีทั้งขั้นตอนที่ใช้พลังงานในรูปของ ATP เพื่อเติมหมู่ฟอสเฟตให้กับโมเลกุลกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ซึ่งจะผ่านขั้นตอนต่างๆ จนกลายเป็น G3P ที่มีคาร์บอน 3 อะตอม จากนั้น เซลล์จะได้พลังงานในรูปแบบของสารพลังงานสูง คือ ATP และ NADH ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยน G3P เป็นกรดไพรูวิก และสรุปได้ว่า กลูโคส 1 โมเลกุล เมื่อผ่านไกลโคไลซิส จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไพรูวิก 2 โมเลกุล NADH 2 โมเลกุล และได้ ATP สุทธิ 2 โมเลกุล

จากนั้นครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การสร้างแอซิทิลโคเอนไซม์เอ ดังนี้

- ATP 2 โมเลกุลที่ได้จากการสลายกลูโคสเมื่อผ่านไกลโคไลซิสนี้ เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์หรือไม่ เซลล์จะมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้ได้พลังงานเพิ่มขึ้นจากสารที่มีพลังงานสูงอย่างกลูโคส

ครูอาจใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับไมโทคอนเดรียซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ที่สำคัญในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ ดังนี้

- การสลายกลูโคสในขั้นตอนไกลโคไลซิสเกิดขึ้นที่บริเวณใดของเซลล์
- ออร์แกเนลล์ใดที่มีหน้าที่สำคัญในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์
- ✎ การสลายกลูโคสเกิดขึ้นบริเวณไซโทซอล โดยมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์คือ ไมโทคอนเดรีย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เซลล์ลำเลียงกรดไพรูวิกเข้าสู่ไมโทคอนเดรียซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มสองชั้นได้อย่างไร ภายในไมโทคอนเดรียมีเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งเร่งปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดพลังงานกับเซลล์ ดังนั้น เซลล์จึงต้องมีการลำเลียงกรดไพรูวิกซึ่งได้จากขั้นตอนไกลโคไลซิสเข้าสู่ไมโทคอนเดรีย กรดไพรูวิกเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กแต่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียได้โดยตรงต้องอาศัยการแพร่แบบฟาซิลิเทต อาศัยโปรตีนชื่อว่า porin ที่อยู่บนเยื่อหุ้มชั้นนอก และยังต้องอาศัยโปรตีนอีกชนิดหนึ่งที่อยู่บนเยื่อหุ้มชั้นในคือ เอนไซม์ pyruvate translocase ซึ่งมีความจำเพาะในการจับและพากรดไพรูวิกผ่านเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรียเข้าสู่เมทริกซ์

ครูอาจใช้รูป 3.38 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนกรดไพรูวิกให้กลายเป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอ และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า การเปลี่ยนกรดไพรูวิกให้กลายเป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอเกิดขึ้นที่บริเวณใด ผลที่เกิดขึ้นจากการสลายกรดไพรูวิกได้สารพลังงานสูงในรูปใด

จากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่า กรดไพรูวิก 1 โมเลกุลจะถูกปล่อยจากไซโทพลาซึมผ่านเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียเข้าสู่เมทริกซ์ซึ่งเป็นของเหลวในไมโทคอนเดรียและจะทำปฏิกิริยากับโคเอนไซม์เอ ได้เป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอ 1 โมเลกุล ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมเลกุล และมีการสร้างพลังงานในรูป NADH เกิดขึ้น 1 โมเลกุล

ครูเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาของวัฏจักรเครบส์ โดยใช้รูป 3.38 ในหนังสือเรียน ซึ่งปฏิกิริยาเริ่มต้นจากการสลายแอซิติลโคเอนไซม์เอให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้เกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นวัฏจักร และเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในวัฏจักรเครบส์ ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยอาจใช้ประเด็นคำถามในหนังสือเรียนเป็นแนวทางการอภิปรายดังนี้

? แอซิติลโคเอนไซม์เอเมื่อเข้าสู่วัฏจักรเครบส์แล้วจะมีการปลดปล่อยพลังงานจากปฏิกิริยาต่าง ๆ หรือไม่ ถ้ามี พลังงานเหล่านั้นอยู่ในรูปของสารใด

 มีการปลดปล่อยพลังงาน อยู่ในรูปของสารพลังงานสูงคือ ATP NADH และ FADH_2

? การสลายกรดไพรูวิก 1 โมเลกุลในไมโทคอนเดรียจะได้ผลิตภัณฑ์ใดบ้าง

 CO_2 3 โมเลกุล NADH 4 โมเลกุล FADH_2 1 โมเลกุล และ ATP 1 โมเลกุล

จากนั้นครูใช้คำถามกระตุ้นความสนใจและให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาเรื่องกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน โดยอาจใช้ประเด็นคำถามเพิ่มเติมดังนี้

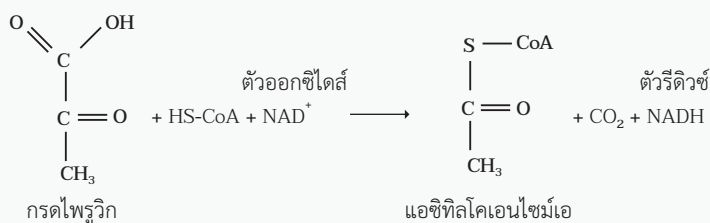
- เซลล์ต้องการ ATP ไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดเวลาหรือไม่ เพราะเหตุใด
 - การสลายกลูโคสจนถึงวัฏจักรเครบส์ ได้ ATP เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์หรือไม่
 - สมบัติการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนของ NADH และ FADH_2 เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานให้กับเซลล์หรือไม่
 - เซลล์จะมีกระบวนการอื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนพลังงานในรูปของสารพลังงานสูง ได้แก่ NADH และ FADH_2 ให้ได้เป็นพลังงานในรูป ATP อีกหรือไม่ ถ้ามีจะเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร
-  เซลล์ต้องการ ATP เพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดเวลา เพราะ ATP เป็นแหล่งพลังงานของเซลล์ การสลายกลูโคสเมื่อผ่านกระบวนการไกลโคไลซิสและวัฏจักรเครบส์จะได้ ATP

รวมทั้ง NADH และ FADH_2 จำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ โดยเฉพาะเมื่อมีกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก NADH และ FADH_2 มีสมบัติการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนซึ่งจะส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังตัวรับอิเล็กตรอนชนิดต่าง ๆ ภายในเซลล์ทำให้เกิดการเปลี่ยนพลังงานจาก NADH และ FADH_2 ไปเป็นพลังงานในรูปของ ATP ผ่านกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ปฏิกิริยาเคมีที่มีสารหนึ่งให้อิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ส่วนปฏิกิริยาที่อีกสารหนึ่งรับอิเล็กตรอนแล้วมีเลขออกซิเดชันลดลงเรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันเป็นครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งเมื่อรวมครึ่งปฏิกิริยาทั้งสองเข้าด้วยกันจะได้เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาที่เปลี่ยนกรดไพรูวิกเป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอ โดยเอนไซม์ pyruvate dehydrogenase



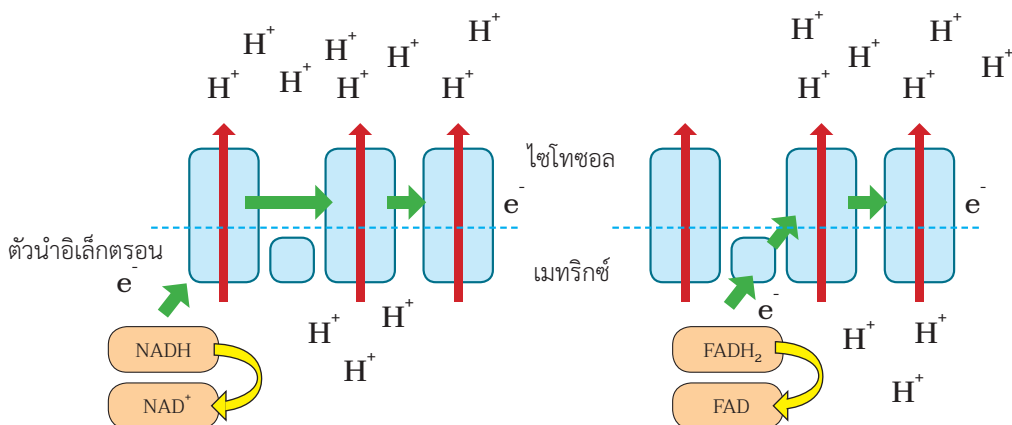
ในปฏิกิริยารีดอกซ์ สารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนจากสารอื่นเรียกว่า ตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent) ส่วนสารที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่สารอื่นเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ (reducing agent)

คำตอบที่เกิดจากการอภิปรายของนักเรียนอาจมีหลากหลาย ซึ่งครูสามารถสรุปเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การบรรยายในเนื้อหาต่อไปว่า เซลล์ต้องการพลังงานในรูปของ ATP ไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดเวลา ดังนั้นเซลล์จึงต้องมีกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เพื่อเปลี่ยนพลังงานในรูปของสารพลังงานสูง ได้แก่ NADH และ FADH_2 ให้ได้พลังงานในรูป ATP

จากนั้นครูบรรยายเนื้อหาของกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนโดยใช้รูป 3.39 ในหนังสือเรียนประกอบการบรรยาย และร่วมกันสรุปเป็นประเด็นหลักดังนี้

- กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเกิดขึ้นบริเวณเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีโปรตีนตัวนำอิเล็กตรอนชนิดต่าง ๆ ผิงอยู่
- สารพลังงานสูง คือ NADH และ FADH_2 ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน จะส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังตัวนำอิเล็กตรอนต่าง ๆ บริเวณเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
- แก๊สออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์
- ในขณะที่มีการส่งผ่านอิเล็กตรอน NADH และ FADH_2 จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาทีละน้อย พลังงานเหล่านี้นำมาใช้เป็นพลังงานในการเคลื่อนย้าย H^+ จากเมทริกซ์มายังช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย
- การเคลื่อนย้าย H^+ ทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของ H^+ ระหว่างผิวสองด้านของเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
- H^+ ที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย จะแพร่กลับเข้าสู่เมทริกซ์ผ่านเอนไซม์ ATP synthase และเกิดการสร้าง ATP

ครูและนักเรียนอาจอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับคำถามชวนคิดในหนังสือเรียนที่ว่า NADH 1 โมเลกุล ให้พลังงานเท่ากับ FADH_2 1 โมเลกุลหรือไม่ โดยครูให้นักเรียนใช้รูป 3.39 ประกอบคำอธิบายว่า NADH 1 โมเลกุล ส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังตัวนำอิเล็กตรอนที่อยู่ในเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียมากกว่า FADH_2 1 โมเลกุล ทำให้เกิดการเคลื่อนย้าย H^+ ไปยังช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียได้มากกว่า ส่งผลให้เกิดการสร้าง ATP ที่มากกว่าตามไปด้วย และหลังจากการอภิปรายร่วมกันของนักเรียนครูอาจสรุปเป็นแผนภาพเพื่ออธิบายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นดังนี้





ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พลังงานจาก NADH 2 โมเลกุลในไซโทซอล

โมเลกุลของ NADH ในไซโทซอลที่เกิดจากไกลโคไลซิสไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียได้โดยตรง เนื่องจากไม่มีโปรตีนตัวพาที่จำเพาะสำหรับ NADH แต่จะส่งพลังงานในรูปแบบของอิเล็กตรอนผ่านตัวรับอิเล็กตรอนในเมทริกซ์ ซึ่งถ้าตัวรับอิเล็กตรอนเป็น NAD^+ จะได้ NADH เข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน แต่ถ้าตัวรับอิเล็กตรอนเป็น FAD จะได้ FADH_2 เข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนซึ่งทำให้ได้ ATP น้อยกว่า วิธีการส่งผ่านพลังงานของ NADH เข้ามาในไมโทคอนเดรียจะส่งพลังงานผ่านสารอื่นที่เป็นสารตัวกลางเช่น malate-aspartate shuttle และ glycerophosphate shuttle เป็นต้น

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนของการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า เซลล์จะมีการสลายกลูโคสผ่านกระบวนการต่าง ๆ คือ ไกลโคไลซิส การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์เอ วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน โดยกระบวนการที่กล่าวมาจะเปลี่ยนพลังงานที่อยู่ในกลูโคสให้อยู่ในรูปสารพลังงานสูง คือ ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ โดยออกซิเจนเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้กระบวนการทั้งหมดดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสลายลิพิดและโปรตีน โดยอาจใช้ภาพอาหาร เช่น ข้าวขาหมู ข้าวมันไก่ และใช้คำถามกระตุ้นความสนใจนักเรียน เช่น

- อาหารที่นักเรียนเห็นนอกจากพลังงานที่ได้จากคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังได้พลังงานจากสารอาหารประเภทใดอีกบ้าง
- เซลล์จะมีการสลายสารอาหารประเภทอื่น ๆ เพื่อสร้างพลังงานให้กับเซลล์หรือไม่ ถ้ามีจะมีวิธีการอย่างไร

นักเรียนอาจตอบได้ว่านอกจากคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังได้พลังงานจากสารอาหารประเภทลิพิดและโปรตีน สำหรับวิธีที่เซลล์มีการสลายสารอาหารประเภทอื่น ๆ นักเรียนอาจจะยังตอบคำถามไม่ได้ ซึ่งครูสามารถใช้รูป 3.40 ในหนังสือเรียนเพื่อบรรยายสรุปเกี่ยวกับการสลายลิพิดและโปรตีน ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

- กลีเซอรอลที่ได้จากการย่อยลิพิด เข้าสู่กระบวนการสลายสารอาหารในช่วงไกลโคไลซิส
- กรดไขมันที่ได้จากการย่อยลิพิด จะถูกเปลี่ยนเป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอ
- กรดแอมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีน อาจถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารต่าง ๆ เช่น กรดไพรูวิก แอซิติลโคเอนไซม์เอ หรือสารตัวใดตัวหนึ่งในวัฏจักรเครบส์

3.4.2 การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างกรณีต่างๆ ที่เซลล์ได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ เช่น

- ขณะออกกำลังกายเซลล์กล้ามเนื้อต้องมีการใช้พลังงานมากทำให้เลือดลำเลียงออกซิเจนไปยังเซลล์กล้ามเนื้อไม่เพียงพอ
- น้ำท่วมขังบริเวณที่ปลูกพืชเป็นเวลานาน เซลล์บริเวณรากอาจได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ
- เซลล์ของยีสต์ที่เติมลงในน้ำผลไม้ในถังหมักซึ่งควบคุมภาวะให้มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย
- เซลล์แบคทีเรียที่อยู่ในเนื้อหมูที่นำมาใช้ผลิตแฮมซึ่งต้องมีการห่อด้วยพลาสติกหรือใบตองให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า

จากนั้นทบทวนเกี่ยวกับบทบาทของออกซิเจนในกระบวนการสลายกลูโคสเพื่อให้ได้ ATP ที่เป็นพลังงานที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ ครูใช้คำถามนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- ถ้าในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ การหายใจระดับเซลล์ในสิ่งมีชีวิตจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ ถ้าเกิดขึ้นได้จะมีกระบวนการที่เหมือนหรือแตกต่างจากการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพออย่างไร



บทความ

ซึ่งจากการอภิปรายครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเป็นประเด็นได้ว่า

- ในภาวะที่ออกซิเจนไม่เพียงพอ การหายใจระดับเซลล์ยังสามารถเกิดขึ้นได้แต่การสลายสารอาหารให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะเกิดได้ไม่สมบูรณ์
- กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนหยุดชะงัก เนื่องจากอิเล็กตรอนจาก NADH และ FADH_2 ที่ส่งผ่านไปยังตัวนำอิเล็กตรอนชนิดต่างๆ ขาดตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายซึ่งก็คือออกซิเจน
- เกิดการสะสมของ NADH และ FADH_2 มากขึ้น และทำให้ขาดแคลน NAD^+ และ FAD ที่ต้องนำกลับไปใช้ในไกลโคไลซิสและวัฏจักรเครบส์
- ไกลโคไลซิสยังคงดำเนินต่อไปโดยกรดไพรูวิกจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการหมักกรดแลกติก หรือเกิดการหมักแอลกอฮอล์

จากประเด็นที่สรุปได้ร่วมกัน ครูใช้คำถามในการอภิปรายเพิ่มเติมดังนี้

- เซลล์จะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยน NADH ที่มีสะสมอยู่มากให้กลายเป็น NAD^+ ซึ่งจะทำให้ไกลโคไลซิสไม่หยุดชะงักและสร้างพลังงานบางส่วนให้กับเซลล์ได้

การอภิปรายในประเด็นนี้ครูอาจจะให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลในเบื้องต้นเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาเรื่องกระบวนการหมัก (fermentation)

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมในหัวข้อกระบวนการหมักซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบคือ กระบวนการหมักกรดแลกติก และกระบวนการหมักแอลกอฮอล์โดยใช้รูป 3.41 และรูป 3.42 ในหนังสือเรียนประกอบคำบรรยาย ซึ่งก่อนการบรรยายในหัวข้อนี้ครูอาจแนะนำให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมลองทำดูในหนังสือเรียน

กิจกรรมลองทำดูเป็นกิจกรรมเสริม ที่แนะนำให้นักเรียนทำเพื่อต่อยอดความรู้ตามความสนใจของนักเรียน โดยมีแนวทางในการทำกิจกรรมดังนี้

- ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกเวลาเรียนและให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมเอง โดยอิงข้อมูลในกรอบที่วางไว้
- ผลการทำกิจกรรมที่ได้อาจนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน อาศัยแนวทางคำถามที่มีไว้เป็นตัวอย่าง หรือครูสามารถตั้งคำถามอื่นๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาเพิ่มเติมเองได้ด้วย
- หากผลการทดลองไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกันอาจร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุและลองทำกิจกรรมซ้ำ โดยปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ได้
- ครูควรให้นักเรียนบันทึกกิจกรรมให้ละเอียด ทั้งวิธีการทดลองที่ออกแบบ ชนิดวัสดุอุปกรณ์ และปริมาตรที่ใช้ ผลการทำกิจกรรม จำนวนซ้ำของการทำกิจกรรม
- การบันทึกผลการทดลอง นักเรียนอาจจะบันทึกสิ่งที่เห็นจากการทดลองเรียงจากหลอดทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ แต่ในการอภิปรายผลการทดลอง อาจจะพิจารณาจากหลอดที่ให้ผลก่อนเพื่อเชื่อมโยงกับเนื้อหา แล้วจึงอภิปรายหลอดที่ไม่เกิดกระบวนการหมัก
- วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ อาจจะปรับเปลี่ยนได้ให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน



ลองทำดู : การหมักแอลกอฮอล์ของเซลล์ยีสต์

หลอดทดลองที่ 1 น้ำกลั่น 9 mL + ยีสต์ผง 1/2 ช้อนชา

หลอดทดลองที่ 2 น้ำกลั่น 9 mL + ยีสต์ผง 1/2 ช้อนชา + น้ำตาลทราย 1/2 ช้อนชา

หลอดทดลองที่ 3 น้ำสับปะรด 9 mL + ยีสต์ผง 1/2 ช้อนชา

เติมน้ำมันพืชให้ลอยอยู่ที่ผิวหน้าของสารละลายตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมงโดยไม่ต้องเขย่า

หลอดทดลองและสังเกตผล

ครูอาจแนะนำให้นักเรียนใช้น้ำผลไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เช่น น้ำผลไม้กระป๋อง หรือน้ำผลไม้ UHT เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์อื่นๆ ส่วนแนวทางในการตอบคำถามหรืออภิปรายกิจกรรมลองทำคู่มือการหมักแอลกอฮอล์ของเซลล์ยีสต์มีดังนี้

-  เหตุใดจึงมีการเติมน้ำมันพืชลงในหลอดทดลองทั้ง 3 หลอด
-  การเติมน้ำมันพืชลงในผิวหน้าของสารละลายเพื่อจำกัดปริมาณแก๊สออกซิเจนในหลอดทดลอง เพื่อให้เซลล์ยีสต์เกิดการสลายสารอาหารโดยกระบวนการหมัก
-  การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้ง 3 หลอดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  หลอดทดลองที่ 2 และที่ 3 เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และได้แอลกอฮอล์เป็นผลิตภัณฑ์ (เมื่อลองดมจะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) เนื่องจากหลอดทดลองที่ 2 มีคาร์โบไฮเดรตจากน้ำตาลทราย และหลอดทดลองที่ 3 มีคาร์โบไฮเดรตจากน้ำสับปะรด จึงมีวัตถุดิบที่ยีสต์จะใช้ในการสร้างพลังงาน แต่เนื่องจากมีแก๊สออกซิเจนอยู่จำกัดทำให้การสลายสารอาหารของยีสต์ในหลอดทดลองทั้ง 2 หลอดจะดำเนินผ่านไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนตามลำดับได้ในเพียงช่วงแรก หลังจากนั้นเมื่อแก๊สออกซิเจนหมดลง การสลายสารอาหารของยีสต์จะผ่านไกลโคไลซิสแล้วเข้าสู่กระบวนการหมัก ส่วนหลอดทดลองที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากยีสต์ไม่มีสารอาหารสำหรับเป็นวัตถุดิบในการสร้างพลังงานให้กับเซลล์
-  ถ้าไม่มีการเติมน้ำมันพืช และเขย่าหลอดทดลองทั้ง 3 หลอด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนหรือแตกต่างจากการทดลองแรกอย่างไร
-  หลอดทดลองที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการทดลองแรก ส่วนหลอดทดลองที่ 2 และ 3 จะเกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ไม่เกิดแอลกอฮอล์ เนื่องจากการไม่ใส่น้ำมันพืชและการเขย่าหลอดเป็นการเติมอากาศให้กับหลอดทดลอง ทำให้ยีสต์เกิดการสลายสารอาหารได้อย่างสมบูรณ์

ในกรณีที่ผลการทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดหมาย ให้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาเหตุผล เช่น ถ้าหลอดที่ 2 และ 3 ของชุดการทดลองที่ 2 มีกลิ่นแอลกอฮอล์ อาจเกิดจากการเขย่าแล้วออกซิเจนในหลอดไม่มากพอ (เนื่องจากเขย่าเบา เขย่าไม่ถึงพอ เป็นต้น)

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนของการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า เซลล์จะมีการสลายกลูโคสผ่านกระบวนการต่างๆ คือ ไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ แต่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนหยุดชะงักเนื่องจากไม่มีตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายคือออกซิเจน เกิดการสะสมของ NADH และ FADH_2 มากขึ้น ทำให้เซลล์ต้องมีกระบวนการหมักเกิดขึ้นแทน เพื่อเปลี่ยนกรดไพรูวิกที่เกิดจากไกลโคไลซิสให้กลายเป็นกรดแลกติกหรือแอลกอฮอล์ ซึ่งใน

ปฏิกิริยาจะมีการเปลี่ยน NADH ให้กลายเป็น NAD^+ ที่ต้องนำกลับเข้าสู่ไกลโคไลซิสในการสร้าง ATP ให้กับเซลล์ต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอกับภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ พบว่าเมื่อมีออกซิเจนเพียงพอจะเกิดการหายใจระดับเซลล์ขึ้นอย่างสมบูรณ์ผ่านขั้นตอนในกระบวนการต่าง ๆ คือ ไกลโคไลซิส การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์เอและวัฏจักรเครบส์ จนถึงที่สุดที่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน แต่เมื่อออกซิเจนไม่เพียงพอจะเกิดการหายใจระดับเซลล์ผ่านขั้นตอนในไกลโคไลซิส และเข้าสู่กระบวนการหมัก



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



ไมโทคอนเดรียมีความจำเป็นต่อการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอหรือไม่ เพราะเหตุใด



แก๊สออกซิเจนเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงของกรดไพรูวิกในเซลล์ หลังจากเกิดไกลโคไลซิส และไมโทคอนเดรียไม่มีความจำเป็นต่อการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ เนื่องจากกระบวนการสลายสารกลูโคสเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณไซโทซอล

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การเปรียบเทียบการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- ขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภท จากการตอบคำถาม การอธิบายและอภิปราย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น จากการอภิปราย

3.5 การแบ่งเซลล์

3.5.1 โครโมโซม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุชนิดของการแบ่งเซลล์และบอกความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส
2. อธิบายความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหรือวิดิทัศน์ วิดีโอคลิป การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น เช่น

- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเกิดขึ้นเพื่ออะไร ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์มีการแบ่งเซลล์เหมือนกับสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือไม่ อย่างไร

จากการแสดงความคิดเห็นนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่า สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนประชากร ในขณะที่สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์จะมีการแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตหรือทดแทนเซลล์ที่ตายหรือเสียหาย นอกจากนี้ยังมีการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์อีกด้วย

ครูเชื่อมโยงคำตอบที่ได้จากการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนเข้าสู่เรื่องการแบ่งเซลล์โดยใช้คำถามเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- เซลล์มีวิธีการเพิ่มจำนวนได้อย่างไร
- ในร่างกายมนุษย์มีเซลล์ใดบ้างที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ และเซลล์ใดบ้างที่ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้
- การเพิ่มจำนวนเซลล์มีประโยชน์อย่างไร

จากการแสดงความคิดเห็นควรสรุปได้ว่า เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีการเพิ่มจำนวนเซลล์โดยการแบ่งเซลล์ ทำให้สิ่งมีชีวิตมีการเติบโต ทำให้มีรูปร่าง หรือขนาดใหญ่ขึ้น ทดแทนเซลล์ที่ตายหรือเซลล์ที่เสียหาย เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์ผิวหนังเป็นเซลล์ร่างกายมนุษย์ที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ในขณะที่เซลล์ร่างกายมนุษย์บางเซลล์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ เช่น เซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์ประสาท

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมถึงการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตยูแคริโอตว่าประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือการแบ่งนิวเคลียสและการแบ่งไซโทพลาซึม โดยการแบ่งนิวเคลียสนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับโครโมโซม

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูปร่างโครโมโซมจากหนังสือเรียนรูป 3.43 ก. และรูป 3.43 ข. หรือจากแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ โดยให้สังเกตลักษณะของโครโมโซม เพื่อที่จะเชื่อมโยงไปสู่การแบ่งเซลล์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในนิวเคลียส โดยจากการสังเกตนักเรียนควรสรุปได้ว่า ภายในนิวเคลียสของเซลล์ยูแคริโอตมีสารพันธุกรรมหรือ DNA และโปรตีนอื่นๆ ประกอบกันเป็นโครงสร้างที่เป็นสายยาวเรียกว่าโครมาติน และเมื่อมีการแบ่งเซลล์โครมาตินจะหดตัวจนกลายเป็นแท่งโครโมโซม โดยโครโมโซม 1 แท่ง อาจมี 1 โครมาทิดหรือ 2 โครมาทิดได้

ครูให้นักเรียนศึกษาคำศัพท์ต่างๆ จากหนังสือเรียน ได้แก่ ฮอมอโลกัสโครโมโซม ดิพลอยด์ แฮพลอยด์ ออโตโซม และโครโมโซมเพศ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเบื้องต้นก่อนที่จะเข้าสู่การเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ จากนั้นครูใช้รูป 3.44 และรูป 3.45 ในการตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ดังนี้

- โครโมโซมในเซลล์ร่างกายมนุษย์มีกี่ชุด
- โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์มีจำนวนเท่าใด
- ดิพลอยด์กับแฮพลอยด์ แตกต่างกันอย่างไร
- โครโมโซมเพศแตกต่างจากออโตโซมอย่างไร

จากการตอบคำถามนักเรียนควรจะสรุปว่า โครโมโซมในเซลล์ร่างกายมนุษย์มี 2 ชุด หรือ $2n$ เรียกว่า ดิพลอยด์ ซึ่งได้มาจากพ่อ 1 ชุด และแม่ 1 ชุด ซึ่งจะแตกต่างจากโครโมโซมที่พบในเซลล์สืบพันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 1 ชุด หรือ n เรียกว่า แฮพลอยด์ โครโมโซมในเซลล์ร่างกายมนุษย์มีจำนวน 46 โครโมโซม หรือ 23 คู่ โดยเป็นออโตโซม 22 คู่ที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่างๆ พบเหมือนกันในสิ่งมีชีวิตทั้งสองเพศ ส่วนคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศที่ทำหน้าที่กำหนดเพศ

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน



เซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด



เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซม $n = 23$ โดยเป็นออโตโซมจำนวน 22 โครโมโซม และโครโมโซมเพศ 1 โครโมโซม

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนว่า การแบ่งเซลล์ประกอบด้วยการแบ่งนิวเคลียสและการแบ่งไซโทพลาซึม โดยเวลาส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนการแบ่งนิวเคลียส การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร เรียกว่า วัฏจักรเซลล์

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ความสำคัญของการแบ่งเซลล์ ชนิดของการแบ่งเซลล์ ความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์ จากการตอบคำถาม และการสืบค้น

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการตอบคำถาม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นและการตอบคำถาม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์จากการตอบคำถาม และการสรุป

3.5.2 วัฏจักรเซลล์และการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวัฏจักรเซลล์
2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

แนวการจัดกิจกรรม

สำหรับหัวข้อนี้ครูควรให้นักเรียนทำกิจกรรม 3.3 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม โดยอาจแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน แล้วจึงเชื่อมโยงเข้าสู่วัฏจักรเซลล์และการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส



กิจกรรม 3.3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม

จุดประสงค์

- 1. ศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอมตามขั้นตอนต่างๆ
- 2. สังเกต บันทึกและอธิบายโครงสร้างของเซลล์ที่แบ่งแบบไมโทซิสจากกล้องจุลทรรศน์
- 3. เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์ระยะต่างๆ ที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์กับรูปในบทเรียน

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ) 2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. หอมแดง หรือหอมใหญ่	3-5 หัว
2. กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10%	15 mL
3. สีอะซีโทคาร์มีน (acetocarmine) ความเข้มข้น 0.5% หรือน้ำสีจากการต้มข้าวเหนียวดำ	15 mL
4. น้ำกลั่น	1 ขวด
5. ขวดปากกว้างหรือบีกเกอร์ขนาด 50 mL	4 ใบ
6. กระจกยี่ห้อ	1 ชุด
7. หลอดหยด	2 หลอด
8. ใบมีดโกน	1 กล่อง
9. ดินสอชนิดที่มียางลบ	1-2 แท่ง
10. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์	6-8 ชุด
11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์	1 ชุด
12. กล้องจุลทรรศน์	1 กล่อง

การเตรียมล่องหน

การเพาะรากหอม

ถ้าเพาะหอมดังที่แนะนำไว้ในหนังสือเรียนบางครั้งพบปัญหาว่ารากเน่า อาจเพาะในกระบะทราย รดน้ำพอชุ่ม ใช้ใบมีดโกนตัดบริเวณที่ลูกศรชี้ ปักหอมลงในทรายลึกประมาณ $\frac{2}{3}$ ส่วนของหัวหอม คอยรดน้ำอยู่เสมอทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน รากจะงอกยาวพอเหมาะที่จะตัดไปศึกษาได้

อีกวิธีหนึ่ง คือ การนำหอมใส่ไว้ในตู้เย็นในช่องใส่ผัก ประมาณ 3-4 วัน จะมีรากยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร แต่ต้องระวังอย่าวางทับกันรากจะช้ำง่าย ถ้ารากไม่งอกอาจเป็นเพราะเป็นหอมที่ผ่านการอบรังสี



ควรให้นักเรียนช่วยกันเพาะหอมเพื่อจะได้รากหอมปริมาณเพียงพอต่อการทำกิจกรรม รากหอมเหล่านี้ถ้ามีปริมาณมาก ๆ จะสามารถรักษาไว้ได้นานถึง 1-2 ปี โดยแช่ในสารละลาย Clark's fluid

การเตรียมสารละลาย Clark's fluid

ใส่เอทิลแอลกอฮอล์ 75 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์และใส่กรดแอซิติก 25 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน เทใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท ใช้เก็บรักษาปลายรากหอมสำหรับนำไปทำกิจกรรม เพื่อศึกษาเรื่องการแบ่งเซลล์สารละลายนี้ควรเตรียมขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในแต่ละครั้ง

การเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10%

ใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 ส่วนใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น 9 ส่วน

การเตรียมสารละลาย acetocarmine

ใช้ Glacial acetic acid 45 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 55 มิลลิลิตร นำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เติมสี Carmine 0.5 กรัม ลงไปผสมให้เข้ากัน (ขั้นตอนดังกล่าวควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด) นำไปต้มให้เดือด 15 นาที แล้วปล่อยให้เย็นจึงกรอง เมื่อจะใช้ควรใส่สารละลาย Ferric chloride อิมตัว 1-2 หยด (อาจใช้ตะปูขึ้นสนิมแช่ลงไป 1 ชิ้นแทนได้) จะทำให้ติดสีดีขึ้น ควรเตรียมสารละลายนี้ล่วงหน้าอย่างน้อย 1-2 สัปดาห์ เมื่อเลิกใช้แล้วควรนำไปเก็บในตู้เย็น

การเตรียมน้ำสีจากน้ำต้มข้าวเหนียวดำ

เตรียมข้าวเหนียวดำ 100 กรัม ใส่ลงไปในน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปต้มจนน้ำเดือดและต้มต่อไปเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปกรองนำสารละลายที่ได้ไปใช้ย้อมสี

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

บริเวณที่เหมาะสมต่อการนำไปทำกิจกรรม คือ ส่วนปลายรากหอม โดยตำแหน่งที่ควรตัดเพื่อนำไปศึกษา คือ ยาวประมาณไม่เกิน 1-2 มิลลิเมตรจากปลาย เพราะถ้าตัดยาวเกินไปเซลล์ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นเซลล์ที่ไม่มีการแบ่งเซลล์

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนการทำกิจกรรม ดังนี้

- เหตุใดจึงเลือกใช้หอมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
- ✎ เหตุที่เลือกใช้หอมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเนื่องจากเพาะง่าย รากงอกเร็วและมีจำนวนมาก

ในการทำกิจกรรมเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนสนใจศึกษาและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติหลังจากที่ครูสาธิต และแนะนำขั้นตอนต่างๆ แล้วให้นักเรียนนำผลการทำกิจกรรมมาเปรียบเทียบกับรูป 3.46 หรือครูอาจนำสไลด์ถาวรมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ตั้งไว้ให้นักเรียนดูเพื่อเปรียบเทียบกัน และควรให้นักเรียนเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในระยะต่างๆ

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนในหนังสือเรียน โดยให้ระมัดระวังในขั้นตอนต่อไปนี้

1. การตัดปลายรากหอม การผ่านสไลด์บนเปลวไฟ การหยดกรดไฮโดรคลอริกและการย้อมสีด้วยอะซีโทคาร์มินหรือน้ำต้มข้าวเหนียวดำ โดยครูอาจสาธิตให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง พร้อมอธิบายเพิ่มเติม ดังต่อไปนี้
 - การตัดปลายรากหอม ให้ตัดห่างจากปลายรากประมาณ 1-2 มิลลิเมตร เพราะถ้าตัดสูงขึ้นไปจะไม่พบบริเวณที่กำลังแบ่งเซลล์
 - การผ่านสไลด์บนเปลวไฟ ต้องผ่านสไลด์บนเปลวไฟเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยให้สีย้อมติดดีขึ้น
 - การหยดกรดไฮโดรคลอริก จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัว และทำให้เซลล์แยกออกจากกันได้ง่าย
2. ครูเตือนนักเรียนระวังอย่าใช้ไฟบนสไลด์นานเกินไป เพราะเนื้อเยื่อจะหดตัว ทำให้สังเกตโครโมโซมได้ยาก

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ผลการทำกิจกรรมที่ได้อาจพบเซลล์ที่มีการแบ่งเซลล์ครบหรือไม่ครบทุกระยะ ให้นักเรียนบันทึกตามที่สังเกตได้ในแต่ละระยะ และจัดลำดับการแบ่งเซลล์ในระยะต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับรูป 3.46 ในหนังสือเรียน

อภิปรายและสรุปผล

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในแต่ละประเด็นต่อไปนี้

1. การเลือกบริเวณที่ตัดรากหอม ครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้
 - เหตุใดจึงใช้หอมในการศึกษา และใช้เฉพาะส่วนปลายรากเท่านั้น
 -  โครโมโซมมีขนาดใหญ่และจำนวนไม่มาก ส่วนที่ใช้เฉพาะส่วนปลายรากเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์
2. การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียส

นักเรียนควรอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในแต่ละระยะที่สังเกตได้ รวมถึงการแบ่งไซโทพลาซึม แล้วเขียนรายงานหรือนำเสนอในรูปแบบต่างๆ

จากการสังเกตการแบ่งเซลล์ระยะต่างๆ ของรากหอมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หรือสังเกตจากรูปถ่ายของเซลล์รากหอมที่ครูให้ศึกษาเป็นตัวอย่าง นักเรียนควรจะได้รับข้อสรุปดังนี้

- เซลล์มีขนาดเล็ก ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ และพบการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมภายในเซลล์
- นิวเคลียสในบางเซลล์มีลักษณะคล้ายกับที่เคยพบจากการศึกษาเซลล์เยื่อหุ้ม แต่ในบางเซลล์อาจมองไม่เห็นขอบเขตของนิวเคลียส บางเซลล์อาจเห็นโครโมโซมลักษณะเป็นแท่ง แต่บางเซลล์อาจมองเห็นเป็นเส้นใยโครมาติน

จากนั้นครูควรตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายตามความเหมาะสม โดยคำตอบที่ได้จะเป็นสิ่งที่ได้จากการสังเกตและรวบรวมข้อมูลของนักเรียน เช่น

- ถ้าเซลล์ของรากหอมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นักเรียนระบุได้หรือไม่ว่า เซลล์ที่อยู่บริเวณปลายรากจะมีลักษณะแตกต่างจากเซลล์ที่อยู่ใกล้โคนรากอย่างไร
- ✎ เซลล์บริเวณปลายรากหอมยังคงมีการแบ่งตัวอยู่ แต่เซลล์ที่อยู่บริเวณโคนรากจะไม่พบเซลล์ที่กำลังแบ่งตัวแล้ว

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรมในหนังสือเรียน

- ?** จากภาพที่สังเกตได้ โครโมโซมมีลักษณะอย่างไรบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับรูป 3.46
- ✎ นักเรียนอาจสังเกตเห็นโครโมโซมในระยะต่าง ๆ กัน ซึ่งแต่ละระยะลักษณะโครโมโซมจะแตกต่างกันไป เช่น โครโมโซมมีความยาวไม่เท่ากันในแต่ละเซลล์ บางเซลล์อาจพบโครโมโซมเรียงกันที่กึ่งกลางเซลล์ บางเซลล์อาจพบโครโมโซมแยกกันเป็น 2 กลุ่ม หรืออาจพบแผ่นกั้นผนังเซลล์ทำให้เห็นโครโมโซมแยกออกจากกันเป็น 2 เซลล์ เป็นต้น

จากกิจกรรม 3.3 นักเรียนจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในเซลล์ของปลายรากหอมทั้งจากการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์และการเปรียบเทียบกับตัวอย่างรูปในหนังสือเรียน แต่นักเรียนยังไม่ทราบถึงรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง ครูควรให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนหรือสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ แล้วร่วมกันอภิปรายถึงการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสและโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยใช้คำถาม เช่น

- โครโมโซมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในแต่ละระยะ
- การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์แตกต่างกันอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม 3.3 และการสืบค้นข้อมูลมาตอบคำถาม จากนั้นครูควรเสริมความรู้เรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้แก่ การสร้างเส้นใยสปินเดิลในเซลล์พืช เซนโทรโซมจะไม่มีเซนทริโอล และระยะการแบ่งไซโทพลาซึมจะแตกต่างกันโดยในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์ ขณะที่เซลล์สัตว์เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดเข้าหากัน

เพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น ครูอาจให้นักเรียนนำบันทึกผลการศึกษาที่ได้จากการทำกิจกรรม 3.3 เรียงสลับกันแบบสุ่ม แล้วให้นักเรียนเรียงตามระยะการแบ่งเซลล์ให้ถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



ถ้าไม่มีการสร้างเส้นใยสปินเดิลจะมีผลต่อการแบ่งเซลล์อย่างไร



เมื่อไม่มีเส้นใยสปินเดิลจะไม่มีการแยกกันของโครโมโซมมาทิด ซึ่งอาจทำให้เซลล์ลูกที่ได้มีจำนวนโครโมโซมผิดปกติ



เซลล์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่งในระยะอินเตอร์เฟสมี 8 โครโมโซม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแล้วเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นแต่ละเซลล์มีกี่โครโมโซม



8 โครโมโซม

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัฏจักรเซลล์โดยใช้ข้อมูลจากการทำกิจกรรมของนักเรียน นำผลจากการเรียงลำดับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในระยะต่างๆ และจากการที่สิ่งมีชีวิตเติบโตมาจากการแบ่งเซลล์มาเน้นประเด็นให้นักเรียนได้ทราบว่าเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงและเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรจึงเรียกว่าวัฏจักรเซลล์ ดังรูป 3.47 จากนั้นครูควรใช้คำถามเกี่ยวกับวัฏจักรเซลล์ดังต่อไปนี้

- ระยะใดในวัฏจักรเซลล์ใช้เวลานานที่สุด



ระยะอินเตอร์เฟส

- การจำลองโครโมโซมมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์อย่างไร



ทำให้เซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่

- โดยทั่วไปแล้วเซลล์ลูกจะสามารถแบ่งเซลล์ต่อไปได้หรือไม่ และการเปลี่ยนแปลงในระยะต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่นิวเคลียสยังเกิดขึ้นเหมือนเดิมหรือไม่
- ✎ ยังสามารถแบ่งเซลล์ต่อไปได้อีก โดยมีการเปลี่ยนแปลงในระยะต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่นิวเคลียสเหมือนเดิม
- ถ้าต้องการจะนับจำนวนโครโมโซมควรวัดศึกษาในระยะใดของการแบ่งเซลล์ เพราะเหตุใด
- ✎ ระยะเมทาเฟส เพราะเป็นระยะที่โครโมโซมมีการขดสั้นที่สุด

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง ในประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้

1. เกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต
2. ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมและข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่
3. วัฏจักรเซลล์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ระยะอินเตอร์เฟสและระยะ M phase ที่รวมไปถึงการแบ่งไซโทพลาซึม
4. ระยะอินเตอร์เฟสเป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุดในวัฏจักรเซลล์ประกอบด้วย 3 ระยะ คือ ระยะ G_1 ระยะ S และระยะ G_2 ซึ่งเป็นช่วงที่เซลล์มีกิจกรรมต่างๆ เพื่อเตรียมตัวสำหรับแบ่งเซลล์ต่อไป
5. ระยะ M phase เป็นระยะการแบ่งเซลล์จนได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ ประกอบด้วย การแบ่งนิวเคลียส 4 ระยะคือ ระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส รวมไปถึงระยะที่มีการแบ่งไซโทพลาซึม
6. การแบ่งไซโทพลาซึม เซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์ขึ้นมาแบ่งไซโทพลาซึม โดยนำเวสิเคิลที่สร้างจากกอลจิที่ดีที่มีสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งจะเริ่มสร้างจากบริเวณตรงกลางก่อนแล้วจึงขยายไปสู่ผนังเซลล์เดิมทั้งสองข้าง ต่อมา มีการสร้างสารเซลล์ูโลสมาสะสมที่แผ่นกั้นเซลล์เกิดเป็นผนังเซลล์ใหม่กั้นเซลล์เดิมออกเป็น 2 เซลล์ ส่วนเซลล์สัตว์เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดเข้าหากันโดยเกิดจากการทำงานของไมโครฟิลาเมนต์แบ่งไซโทพลาซึมได้เป็น 2 เซลล์

หลังจบเรื่องวัฏจักรเซลล์และการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ครูอาจใช้คำถามว่าถ้าเซลล์มีการแบ่งเซลล์โดยไม่สามารถควบคุมได้จะเกิดอะไรขึ้นกับร่างกายเพื่อเชื่อมโยงไปถึงการเกิดมะเร็งบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกาย ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดมะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดมะเร็ง รวมทั้งวิธีการ

ป้องกันหรือรักษา และอาจให้นำเสนอในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ตระหนักถึงอันตรายและสังเกตพฤติกรรมตนเองที่อาจเป็นการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงทำให้ป่วยเป็นโรคมะเร็งได้

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- วัฏจักรเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จากการตอบคำถาม การอภิปราย และการทำกิจกรรม
- การเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสระยะต่างๆ จากการอภิปรายและการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การสร้างแบบจำลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้น การตอบคำถามและการอภิปราย
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการตอบคำถาม และการอภิปราย
- ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น จากการตอบคำถาม และการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
- ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความมุ่งมั่นอดทน จากการอภิปราย และการสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม

3.5.3 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
2. อธิบาย และเปรียบเทียบเซลล์ที่ได้จากการแบ่งแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ดังนี้

- เซลล์สืบพันธุ์มีการแบ่งนิวเคลียสเหมือนเซลล์ร่างกายหรือไม่ อย่างไร

ความคิดเห็นที่ได้อาจมีทั้งเหมือนและไม่เหมือนขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งครูจะยังไม่เฉลยจนกว่าจะให้นักเรียนได้ศึกษาและทำกิจกรรมต่อไป

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่ได้จากการสืบค้น ซึ่งในเบื้องต้นควรได้ข้อสรุปว่า เซลล์สืบพันธุ์มีวิธีการแบ่งนิวเคลียสคล้ายกับการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ร่างกาย แต่มีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. มีการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง
2. มีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่
3. ได้เซลล์ลูกจำนวน 4 เซลล์ ที่มีข้อมูลพันธุกรรมต่างกัน

จากนั้นครูอาจถามเพิ่มเติมโดยใช้คำถาม ต่อไปนี้

- สิ่งมีชีวิตยูแคริโอต เช่น พืชและสัตว์ พบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่เซลล์ชนิดใด
- ✎ พบได้ในเซลล์ที่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์
- จำนวนชุดของโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- ✎ ต่างกัน เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนชุดโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย ดังนั้นสำหรับสิ่งมีชีวิตที่เซลล์ร่างกายมีโครโมโซม 2 ชุด หรือ $2n$ เรียกว่า ดิพลอยด์ จะมีจำนวนชุดโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ 1 ชุด หรือ n เรียกว่า แฮพลอยด์
- การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากการแบ่งแบบไมโทซิสอย่างไร
- ✎ เกิดการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง เมื่อสิ้นสุดการแบ่งจะได้เซลล์ลูกทั้งหมด 4 เซลล์ โดยแต่ละเซลล์มีชุดโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่

ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่านักเรียนจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียสขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโดยการทำกิจกรรม 3.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในเซลล์พืช ซึ่งกิจกรรมนี้ครูอาจแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน



กิจกรรม 3.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในเซลล์พืช

จุดประสงค์

1. เตรียมสไลด์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมในนิวเคลียสของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเซลล์พืช
2. อธิบายและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสแต่ละระยะในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ช่อดอกกุยช่าย (ดอกหอมใหญ่ หรือดอกหัวใจม่วง)	3-5 ช่อ
2. สารละลายอะซีโทออร์ซินหรืออะซีโทคาร์มิน ความเข้มข้น 0.5-2%	15 mL
3. กระดาษเยื่อ	1 ชุด
4. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
5. เข็มเย็บ	2 อัน
6. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์	6-8 ชุด
7. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์	1 ชุด
8. หลอดหยด	1 หลอด
9. กล้องจุลทรรศน์	1 กล้อง

การเตรียมลว่งหน้า

ครูอาจนัดหมายลว่งหน้าให้นักเรียนนำดอกกุยช่าย หรือดอกหอมใหญ่ หรือดอกหัวใจม่วง มาในวันทำกิจกรรม ควรเลือกช่อดอกที่ยังตูม ๆ มิฉะนั้นจะไม่เห็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพราะดอกที่แก่จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเสร็จแล้วและจะเจริญไปเป็นเรณู

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

การเลือกดอกกุยช่ายมาทำกิจกรรมให้เลือกดอกที่มีขนาดปานกลาง ฉีกเยื่อบาง ๆ ที่หุ้มดอกกุยช่ายออกและเปียส่วนต่าง ๆ ทิ้งไปให้เหลือไว้แต่อับเรณูซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสั้น ๆ สีเหลืองอ่อนหรือครีม นำมาบดขยี้ให้แหลกแล้วจึงย้อมสี ถ้าเป็นสีย้อมที่เพิ่งเตรียมใหม่ ๆ อาจไม่จำเป็นต้องลงไฟก็เห็นระยะต่าง ๆ ได้ดี สามารถเลือกขนาดของดอกให้เหมาะสมกับการศึกษาการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ช่วงเวลาและอุณหภูมิก็มีผลกับการแบ่งเซลล์ด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สำหรับดอกกุยช่ายหากตรวจสอบแล้วพบว่าเซลล์อยู่ในระยะอินเตอร์เฟสให้เตรียมใหม่โดยเลือกดอกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือหากพบแต่เรณูให้เตรียมใหม่โดยเลือกดอกที่มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เห็นระยะอื่น ๆ

เพื่อที่จะให้เห็นโครโมโซมได้ชัดเจน ครูควรแนะนำให้นักเรียนใช้อย่างลบก้นดินสอกดเนื้อเยื่อเพื่อให้เซลล์หลุดกระจาย นอกจากนี้ในขณะที่นักเรียนกำลังทำกิจกรรมครูควรสังเกตนักเรียนในเรื่องการใช้อกล้องจุลทรรศน์และการเตรียมสไลด์ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อที่จะได้ทราบถึงทักษะการใช้อกล้องจุลทรรศน์และการเตรียมสไลด์ว่ามีข้อบกพร่องหรือควรปรับปรุงต่อไป

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนการทำกิจกรรม โดยใช้คำถามดังนี้

- เหตุใดจึงเลือกศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากดอกกุยช่าย (ขึ้นอยู่กับพืชที่นักเรียนนำมา)
- โครโมโซมในขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสหรือไม่

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ผลที่ได้อาจพบการแบ่งเซลล์ครบหรือไม่ครบทุกระยะให้นักเรียนบันทึกตามที่สังเกตได้ในแต่ละระยะ และเรียงลำดับการแบ่งเซลล์ระยะต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับรูป 3.61 ก. ในหนังสือเรียน (ในหนังสือเรียนจะเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของหัวใจม่วง ซึ่งจะใช้แสดงถึงการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเซลล์พืช)

อภิปรายและสรุปผล

ครูให้นักเรียนอภิปรายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในแต่ละระยะที่สังเกตได้ และร่วมกันสรุปการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสและการแบ่งไซโทพลาซึมและตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? จากภาพที่สังเกตได้ โครโมโซมมีลักษณะอย่างไรบ้าง

 คำตอบที่ได้นักเรียนจะได้จากการสังเกตจากการทำในกิจกรรม 3.4 และการสืบค้น

? เพราะเหตุใดจึงใช้ดอกกุยช่ายขนาดเล็กในการศึกษา และไม่เลือกดอกที่บ้านแล้ว

 เพราะกุยช่ายหาได้ง่าย และมีหลายดอกใน 1 ช่อดอก โดยแต่ละดอกที่เป็นดอกตูมหรือยังไม่บานจะยังคงมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสอยู่ซึ่งเหมาะสมต่อการศึกษา สาเหตุที่ไม่เลือกดอกบานเพราะดอกบานจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเสร็จแล้วและจะเจริญไปเป็นเรณู

ครูให้นักเรียนศึกษารายละเอียดของระยะต่างๆ จากหนังสือเรียน หรืออาจใช้วีดิทัศน์และสื่อการสอนเรื่องไมโอซิส แล้วให้นักเรียนร่วมกันสรุปเหตุการณ์สำคัญต่างๆ ของแต่ละระยะในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ลงในตารางดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระยะ	เหตุการณ์สำคัญ
โพรเฟส I	- มีการเข้าคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซม - เกิดครอสซิงโอเวอร์
เมทาเฟส I	- ฮอมอโลกัสโครโมโซมเรียงตัวเป็นคู่ตามแนวระนาบของเมทาเฟสเพลท
แอนาเฟส I	- ฮอมอโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกัน
เทโลเฟส I	- ได้ 2 นิวเคลียส
อินเตอร์ไคนซิส	- มีการแบ่งไซโทพลาซึม ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ และเตรียมพร้อมเพื่อเข้าสู่ระยะไมโอซิส II ต่อไป
โพรเฟส II	- โครโมโซมหดตัว
เมทาเฟส II	- โครโมโซมซึ่งประกอบด้วย 2 โครมาทิดเรียงตามแนวระนาบของเมทาเฟสเพลท
แอนาเฟส II	- ซิสเตอร์โครมาทิดแยกออกจากกัน
เทโลเฟส II	- ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์มีข้อมูลพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์แม่



เฉลยตรวจสอบความเข้าใจ



ระยะโพรเฟส I แตกต่างจากระยะโพรเฟสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสหรือไม่ อย่างไร
แตกต่างกัน โดยในระยะโพรเฟส I ฮอมอโลกัสโครโมโซมมีการเข้าคู่กันและเกิดการครอสซิงโอเวอร์ขึ้น สำหรับระยะโพรเฟสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสไม่มีการเข้าคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซมและครอสซิงโอเวอร์



เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส II จะสามารถแบ่งเซลล์ต่อไปได้อีกหรือไม่
สามารถแบ่งเซลล์ต่อไปได้โดยในสิ่งมีชีวิตบางชนิด เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส II จะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสต่อไป



ระยะใดที่โครโมโซมหดสั้นที่สุดและช่วงใดที่โครโมโซมลดจาก $2n$ เป็น n
ระยะเมทาเฟส I และระยะเมทาเฟส II เป็นระยะที่โครโมโซมหดสั้นที่สุด ส่วนช่วงที่โครโมโซมลดจาก $2n$ เป็น n คือ เมื่อสิ้นสุดไมโอซิส I



ระยะเมทาเฟส I และระยะเมทาเฟส II ต่างกันอย่างไร
ระยะเมทาเฟส I ฮอมอโลกัสโครโมโซมจะเรียงตัวเป็นคู่ตามแนวระนาบของเมทาเฟสเพลท ส่วนระยะเมทาเฟส II แต่ละโครโมโซมซึ่งประกอบด้วย 2 โครมาทิดจะเรียงตามแนวระนาบของเมทาเฟสเพลท



ในระยะแอนาเฟส I แอนาเฟส II และระยะแอนาเฟสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
แตกต่างกัน โดยระยะแอนาเฟส I จะเป็นการแยกกันของฮอมอโลกัสโครโมโซมที่เข้าคู่กัน แต่ระยะแอนาเฟส II เป็นการแยกกันของซิสเตอร์โครมาทิด โดยมีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่ สำหรับระยะแอนาเฟสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแยกออกจากกันของซิสเตอร์โครมาทิดเช่นกัน แต่เซลล์ลูกจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่

- ?** เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีความเหมือนหรือแตกต่างจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสหรือไม่ อย่างไร
-  เซลล์ลูกที่ได้แตกต่างกัน ครูอาจให้นักเรียนทำตารางแสดงการเปรียบเทียบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
1. ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์	1. ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์
2. เซลล์ลูกมีข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนเซลล์แม่	2. เซลล์ลูกมีข้อมูลทางพันธุกรรมต่างจากเซลล์แม่
3. จำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่	3. จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์แม่

- ?** ถ้าเซลล์เริ่มต้นมีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$ หลังการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I และไมโอซิส II เซลล์ลูกจะมีจำนวนโครโมโซมเท่าใดตามลำดับ
-  เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์ทั้ง 2 ระยะเซลล์ลูกจะมีจำนวนโครโมโซมเป็น $n = 8$

- ?** การเกิดโครอสซิงโอเวอร์มีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
-  ทำให้สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายทางพันธุกรรม

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน

ครูอาจให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามชวนคิดในหนังสือเรียน หรือทำกิจกรรมเสนอแนะเพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส ได้ดียิ่งขึ้น



เฉลยชวนคิด



ถ้าการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์มีความผิดปกติในการแยกฮอมอโลกัสโครโมโซมในระยะแอนาเฟส I หรือ ซิสเตอร์โครมาทิดในระยะแอนาเฟส II จะส่งผลอย่างไรกับเซลล์สืบพันธุ์ และหากเซลล์สืบพันธุ์นั้นเกิดการปฏิสนธิจะส่งผลอย่างไรกับไซโกต

เซลล์สืบพันธุ์ที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมมากหรือน้อยกว่าปกติ ทำให้ไซโกตมีจำนวนโครโมโซมผิดปกติไปด้วย ตัวอย่าง เช่น กลุ่มอาการดาวน์ซินโดรมที่มีโครโมโซมคู่ที่ 21 เพิ่มขึ้นอีก 1 โครโมโซม จัดเป็น trisomy 21



กิจกรรมเสนอแนะ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

จุดประสงค์

1. จัดเรียงโครโมโซมในระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ดินน้ำมันสีต่างกัน	2 สี
2. กระดาษ ขนาด A4	ประมาณ 20 แผ่น

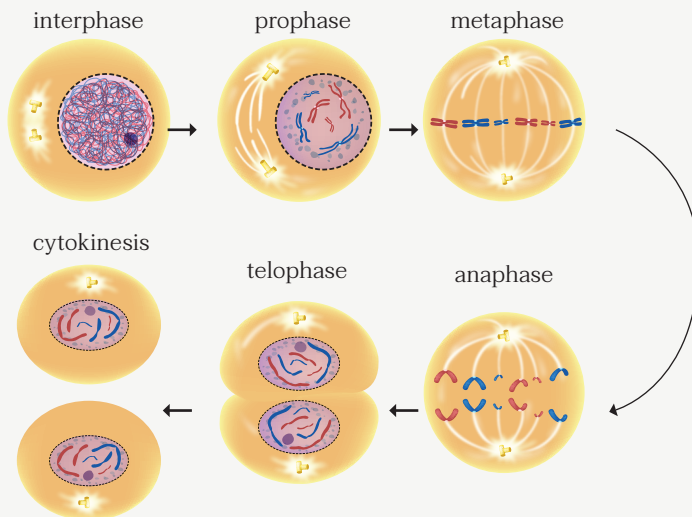
แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม แล้วให้นักเรียนทบทวนระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากหนังสือเรียนหรือผลที่ได้จากการทำกิจกรรม 3.3 และ 3.4

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ดินน้ำมันปั้นโครโมโซมระยะต่าง ๆ โดยกำหนดให้มีจำนวนโครโมโซมเริ่มต้น คือ $2n = 4$ หรือ $2n = 6$ และให้นักเรียนเลือกทำระหว่างเซลล์พืชกับเซลล์สัตว์ จากนั้นให้เพื่อนในกลุ่มลองนำมาจัดเรียงเป็นระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แต่ละแบบและตรวจสอบว่าเพื่อนทำถูกหรือไม่ หรืออาจให้สมาชิกกลุ่มอื่น ผลัดกันดูและให้กลุ่มที่เป็นผู้ปั้นโครโมโซมสุ่มถามสมาชิกกลุ่มอื่น ทั้งนี้สามารถเปลี่ยนจำนวนโครโมโซมของเซลล์เริ่มต้นได้ตามความเหมาะสม

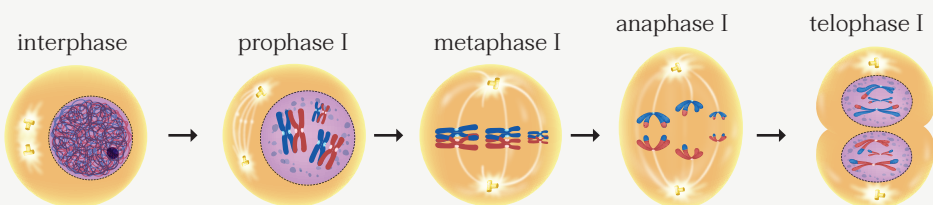
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส $2n = 6$

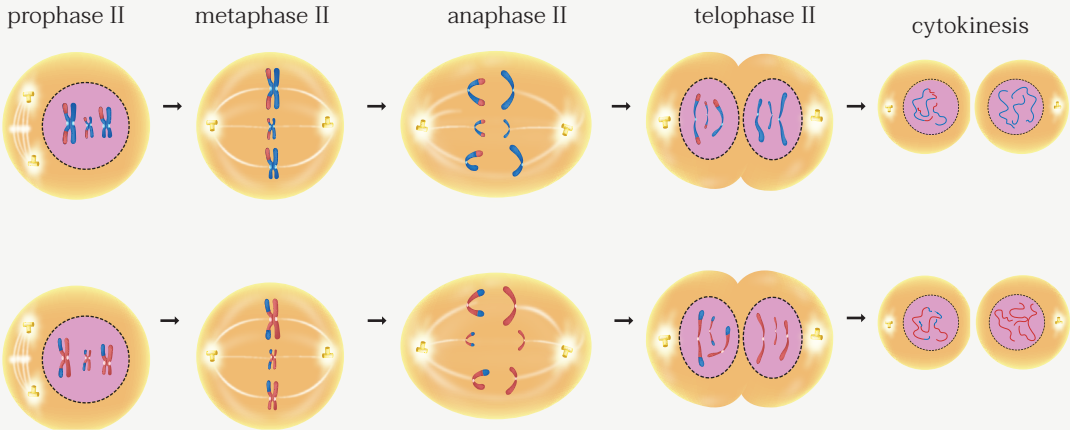


การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส $2n = 6$

ไมโอซิส I



ไมโอซิส II



แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส จากการตอบคำถาม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การสร้างแบบจำลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้น การตอบคำถาม การอภิปราย และการนำเสนอ
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการตอบคำถาม และการอภิปราย

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น จากการตอบคำถาม และการสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม
- ความมุ่งมั่นอดทน ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการอภิปราย และการสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

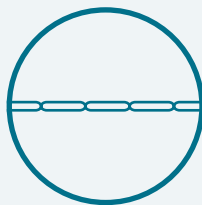
1. จากภาพกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ จงนำตัวอักษรที่แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของกล้อง เติมในช่องว่างหน้าข้อความที่ระบุถึงหน้าที่ให้ถูกต้อง



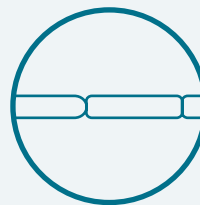
- ก..... 1.1 หมุนเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
 ค..... 1.2 ปรับปริมาณแสงที่จะผ่านไปยังวัตถุ
 ฉ..... 1.3 ขยายภาพของวัตถุทำให้เกิดภาพจริงหัวกลับ
 จ..... 1.4 ทำให้เกิดภาพขยายเป็นภาพเสมือนหัวกลับ
 ช..... 1.5 ปรับภาพให้เห็นชัดเจนขึ้นเมื่อใช้กับเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40× ขึ้นไป

2. นำสาหร่าย 2 ชนิด มาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงกล้องเดียวกัน ได้ผลดังภาพ

สาหร่าย A



สาหร่าย B



สาหร่าย	กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
A	10×	4×
B	10×	10×

เซลล์ของสาหร่ายชนิดใดมีความยาวของแต่ละเซลล์มากกว่า เพราะเหตุใด

 เซลล์ของสาหร่าย A มีความยาวของแต่ละเซลล์มากกว่าสาหร่าย B

วิธีคำนวณ

สาหร่าย A ที่กำลังขยาย 40 เท่า เห็นสาหร่าย 5 เซลล์
ถ้าเปลี่ยนกำลังขยาย 100 เท่า จะมีกำลังขยายเพิ่มขึ้น $= \frac{100}{40} = 2.5$ เท่า
ดังนั้น ที่กำลังขยายใหม่ จะเห็นสาหร่าย A จำนวน $= \frac{5}{2.5} = 2$ เซลล์
ที่กำลังขยายกล้อง 100 เท่า เห็นสาหร่าย A 2 เซลล์ แต่เห็นสาหร่าย B 2.5 เซลล์จากภาพ
ดังนั้น เซลล์ของสาหร่าย A จึงมีความยาวมากกว่า เซลล์ของสาหร่าย B

3. จากการสังเกตไม้บรรทัดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบที่มีกำลังขยาย 100 เท่า พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพยาว 1.6 มิลลิเมตร เมื่อนำพารามีเซียมมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 400 เท่า พบว่า พารามีเซียมยาว $\frac{1}{4}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ดังนั้น พารามีเซียมมีความยาวเท่าใด ให้แสดงวิธีทำ

 พารามีเซียมมีความยาว 0.1 มิลลิเมตร

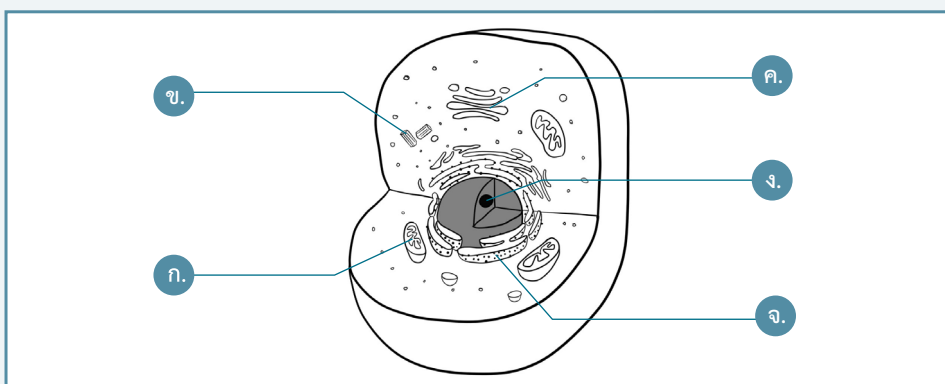
วิธีคำนวณ

เมื่อเปลี่ยนกำลังขยายของกล้องจาก 100 เท่า เป็น 400 เท่า
กล้องจะมีกำลังขยายเพิ่มขึ้นเป็น $= \frac{400}{100} = 4$ เท่า
ที่กำลังขยาย 100 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพยาว 1.6 มิลลิเมตร
ที่กำลังขยาย 400 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพยาว $= \frac{1.6}{4} = 0.4$ มิลลิเมตร
พารามีเซียมยาว $= \frac{1}{4}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ
 $= \frac{1}{4} \times 0.4 = 0.1$ มิลลิเมตร

4. ในการศึกษาตัวอย่างที่กำหนดให้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องชนิดของกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ศึกษาให้ถูกต้อง

ตัวอย่างที่ศึกษา	กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสง เชิงประกอบ	กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสง แบบสเตอริโอ
1. นิวเคลียสของสไปโรไจรา	✓	
2. การไหลเวียนของไซโทพลาซึมของเซลล์ สาหร่ายหางกระรอก	✓	
3. ลักษณะภายนอกของด้วง		✓
4. การงอกของหลอดเรณูอย่างต่อเนื่องที่ระยะ เวลาต่าง ๆ ของดอกแพงพวยฝรั่ง (เรณูของ ดอกแพงพวยฝรั่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ไมโครเมตร)	✓	
5. การผ่าตัดไล่เดือนดินตลอดความยาวของลำตัว		✓
6. ฟาโกไซโทซิสของแมคโครฟาจ	✓	

5. จากภาพแสดงโครงสร้างของเซลล์ จงนำตัวอักษรที่ชี้แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ใส่ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด



-**ง**..... 5.1 บริเวณที่มีการสร้างไรโบโซม
-**ค**..... 5.2 ทำหน้าที่เติมกลุ่มคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนหรือลิพิดที่ส่งมาจาก ER
-**ก**..... 5.3 แหล่งผลิตสารพลังงานสูงให้แก่เซลล์
-**จ**..... 5.4 แหล่งสร้างโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
-**ข**..... 5.5 พบในเซลล์สัตว์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่พบในเซลล์พืชและเห็ดรา

6. จากตารางร้อยละของพื้นที่ผิวของเยื่อหุ้มในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ตับหนู (rat liver cell)

เยื่อหุ้มในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์	ร้อยละของพื้นที่ผิว
เยื่อหุ้มเซลล์	1.81
เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ	30.98
เยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย	7.61
เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย	40.35
นิวเคลียส	0.29
ไลโซโซม	0.11
ส่วนประกอบส่วนที่เหลือภายในเซลล์	18.85
รวม	100.00

จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 6.1

เพราะเหตุใดไมโทคอนเดรียจึงมีร้อยละของพื้นที่ผิวของเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นในแตกต่างกัน และมีความเหมาะสมกับหน้าที่และการทำงานอย่างไร จงอธิบาย

 เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรียมีร้อยละของพื้นที่ผิวมากกว่าของเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย เพราะบริเวณเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรียทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและการสร้าง ATP ในกระบวนการสลายอาหารแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นการที่มีพื้นที่ผิวมากจึงทำให้มีการสร้าง ATP ได้เพิ่มขึ้น
- 6.2

เพราะเหตุใดเซลล์ตับจึงมีร้อยละของพื้นที่ผิวของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระมากเป็นอันดับสอง รองจากเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย

 เซลล์ตับมีกิจกรรมต่างๆ จำนวนมาก โดยเฉพาะการสร้างโปรตีนสำหรับส่งออกไป

นอกเซลล์ เช่น การสังเคราะห์โปรตีนอัลบูมิน (albumin) ไฟบริโนเจน (fibrinogen) ดังนั้นเซลล์ตับจึงมีร้อยละของพื้นที่ผิวของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ (RER) จำนวนมาก ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน

- 6.3 เมื่อศึกษาร้อยละของพื้นที่ผิวในเซลล์ชนิดอื่น จะพบร้อยละของพื้นที่ผิวในส่วนต่างๆ ของเซลล์ สอดคล้องกับเซลล์ตับหรือไม่ เพราะเหตุใด
-  ร้อยละของพื้นที่ผิวในส่วนต่างๆ ภายในเซลล์แต่ละชนิดควรจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ เพราะเซลล์แต่ละเซลล์มีการเปลี่ยนรูปร่างและทำหน้าที่เฉพาะอย่างที่แตกต่างกันออกไป

7. นำชื่อโครงสร้างของเซลล์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เติมลงหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน

Cell membrane	Cell wall	Centriole	Chloroplast
Contractile vacuole	Free ribosome	Golgi complex	Lysosome
Microfilament	Microtubule	Mitochondria	Peroxisome
Plastid	RER	SER	

- [Free ribosome](#).....7.1 แหล่งสร้างโปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์
- [Lysosome](#).....7.2 โครงสร้างที่ประกอบด้วยเอนไซม์ไฮโดรเลสชนิดต่างๆ เพื่อย่อยโปรตีน
- [Peroxisome](#).....7.3 โครงสร้างที่ประกอบด้วยเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้กลายเป็นออกซิเจนและน้ำ
- [Mitochondria](#).....7.4 โครงสร้างที่ทำหน้าที่สร้างสารพลังงานสูงในรูป ATP ให้แก่เซลล์
- [Cell membrane](#).....7.5 การจัดเรียงตัวแบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล
- [Plastid](#).....7.6 โครงสร้างที่ประกอบด้วยสารสีชนิดต่างๆ
- [Contractile vacuole](#).....7.7 โครงสร้างที่รักษาสมดุลของน้ำในพารามีเซียม
- [Microtubule](#).....7.8 โครงสร้างที่ยึดและลำเลียงออร์แกเนลล์ภายในเซลล์
- [Cell wall](#).....7.9 โครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลลูโลส บางบริเวณพบพลาสโมเดสมาตา
- [Chloroplast](#).....7.10 แหล่งสร้างสารอาหารของเซลล์พืชและโพรทิสต์บางชนิด
- [Centriole](#).....7.11 ออร์แกเนลล์ที่พบเฉพาะในเซลล์สัตว์เท่านั้น
- [SER](#).....7.12 โครงสร้างที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศชาย (testosterone) ซึ่งเป็นสเตอรอยด์ฮอร์โมน

-**RER**.....7.13 แหล่งที่สร้างโปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์หรือเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
-**Microfilament**.....7.14 โครงสร้างที่เกิดจากโปรตีนแอกทิน ทำหน้าที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์
-**Golgi complex**.....7.15 โครงสร้างที่ทำหน้าที่รวบรวมโปรตีนให้เข้มข้น และเติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนเป็นแกรนูลเพื่อส่งออกนอกเซลล์

8. สีนวทรัลเรดเป็น indicator ที่มีสีแดงที่ค่า pH ต่ำกว่า 7.4 และมีสีเหลืองที่ค่า pH สูงกว่า 7.4 เมื่อนำน้ำกลั่นและสารละลายของเบส 3 ชนิด มาเติมสีนวทรัลเรดจากนั้นใส่เซลล์ยีสต์ที่ยังมีชีวิตลงไป ได้ผลดังตาราง

ที่	สาร	สีของสารละลายหลังเติม สีนวทรัลเรด	สีในเซลล์ของยีสต์หลังเติมยีสต์ลงในสารละลาย
1	น้ำกลั่น	สีแดง	สีแดง
2	0.01 M Na_2CO_3	สีเหลือง	สีแดง
3	0.01 M NaOH	สีเหลือง	สีแดง
4	0.01 M NH_4OH	สีเหลือง	สีเหลือง

เยื่อหุ้มเซลล์ของยีสต์เป็นเยื่อที่เลือกให้ออออนในการทดลองชนิดใดผ่าน เพราะเหตุใด

 เยื่อหุ้มเซลล์ของยีสต์เป็นเยื่อที่เลือกให้ NH_4^+ ผ่านได้ เนื่องจากในการทดลองชุดที่ 4 เมื่อเติมยีสต์ลงในสารละลาย NH_4OH เซลล์ยีสต์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเช่นเดียวกับสีของสารละลาย ส่วนในหลอดที่ 2 และ 3 สีของยีสต์ไม่เปลี่ยนไปเหมือนในสารละลาย ซึ่งแสดงว่าเซลล์ไม่สามารถลำเลียงไอออนดังกล่าวได้

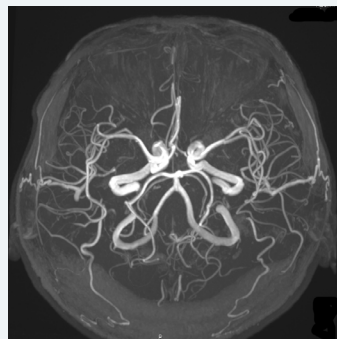
9. นำตัวอักษร A-E ไปเติมในช่องว่างหน้ากรณีการลำเลียงสารที่สัมพันธ์กัน (เลือกเติม 1 คำตอบ ต่อ 1 กรณี)

-**E**.....9.1 น้ำเข้าเซลล์รากขนอ่อน
-**C**.....9.2 กรดไขมันเข้าสู่เซลล์บุผิวลำไส้เล็ก
-**B**.....9.3 กรดแอมิโนเข้าสู่เซลล์บุผิวลำไส้เล็ก

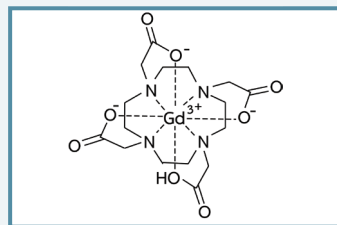
-A.....9.4 การนำแบคทีเรียเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดขาว
-D.....9.5 การลำเลียงคลอไรด์ไอออน (Cl^-) เข้า และไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ออกจากเซลล์เม็ดเลือดแดงที่บริเวณปอด

- A. ฟาโกไซโทซิส
B. ใช้พลังงานจาก ATP
C. เกิดโดยการแพร่แบบธรรมดา
- D. เกิดผ่านโปรตีนที่มีความจำเพาะต่อสาร
E. เกิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง

10. ในการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดด้วยเทคนิค MRI (Magnetic Resonance Imaging) จะมีการฉีดสารที่เพิ่มความชัดเจนระหว่างหลอดเลือดและเนื้อเยื่ออื่น ๆ เช่น gadoteric acid ให้ผู้เข้ารับการตรวจ โดยสารที่เพิ่มความชัดเจนระหว่างหลอดเลือดและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่คั้นนั้น ต้องคงอยู่ภายในหลอดเลือดและไม่ถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์หลังการฉีด จากโครงสร้างโมเลกุลของ gadoteric acid ดังภาพ นักเรียนคิดว่าสารนี้มีสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกรณีดังกล่าวอย่างไร

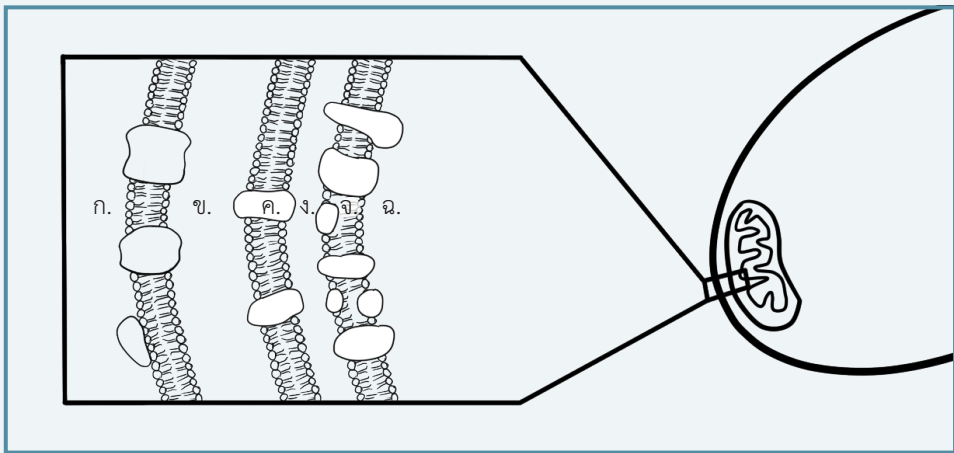


✎ โมเลกุลของ gadoteric acid มีประจุจึงไม่ละลายในลิพิด และมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถลำเลียงผ่านชั้นลิพิดได้ นอกจากนี้ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของหลอดเลือดไม่มีโปรตีนจำเพาะที่สามารถลำเลียง gadoteric acid ได้ ดังนั้นสารดังกล่าวจึงยังคงอยู่ภายในหลอดเลือดหลังการฉีด ทำให้ภาพที่ถ่ายออกมาจะเห็นส่วนของหลอดเลือดชัดเจน



โครงสร้างโมเลกุลของ gadoteric acid

11. จากภาพเป็นโครงสร้างบางส่วนของเซลล์ยีสต์ในสารละลายกลูโคส จงนำตัวอักษรเติมลงในช่องว่างหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (อาจมีคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)



- ก. และ ข. 11.1 บริเวณใดบ้างที่สามารถตรวจพบกลูโคสได้
- ข. 11.2 ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ จะเกิดการสลายสารอาหารบริเวณใดบ้าง
- ฉ. 11.3 บริเวณใดบ้างที่มีการสร้าง NADH และ $FADH_2$ ในปริมาณมาก
- จ. 11.4 บริเวณใดบ้างที่พบโปรตีนประเภทต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับและส่งอิเล็กตรอนในการสร้าง ATP
- ง. 11.5 บริเวณใดที่มีการสะสมโปรตอน (H^+) มากขณะที่มีการหายใจแบบใช้ออกซิเจน
- ข. 11.6 ในภาวะที่เซลล์เกิดกระบวนการหมักจะพบการสร้างแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณใด

แนวความคิด จากภาพ ตัวอักษรแทนส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ก. คือ ภายนอกเซลล์ ข. คือ ไซโทพลาซึม ค. เยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย
 ง. ช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรีย จ. เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย ฉ. เมทริกซ์

 11.1 อธิบาย

ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอก็ตาม จะเกิดการสลายกลูโคสด้วยกระบวนการไกลโคลิซิสขึ้นภายในไซโทซอลของเซลล์ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่นๆ ก่อนเคลื่อนที่เข้าสู่ไมโทคอนเดรีย ดังนั้นจึงตรวจพบกลูโคสได้ทั้งภายนอกเซลล์และในไซโทพลาซึม

 11.2 อธิบาย

ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอจะเกิดการสลายกลูโคสด้วยกระบวนการไกลโคลิซิสขึ้นเป็นปกติภายในไซโทซอล แต่ภายในไมโทคอนเดรียจะไม่เกิดการสลายสารอาหารเนื่องจากไม่มีออกซิเจนมาเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

 11.3 อธิบาย

การสร้าง NADH และ FADH_2 จะเกิดปริมาณมากในเมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย ซึ่งเกิดขึ้นทั้งจากในขั้นตอนการเปลี่ยนกรดไพรูวิกไปเป็นแอซิติลโคเอนไซม์เอ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบคาร์บอนต่างๆ ในวัฏจักรเครบส์

 11.4 อธิบาย

กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย ซึ่งต้องมีโปรตีนที่เป็นตัวนำอิเล็กตรอนชนิดต่างๆ ในการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปให้ออกซิเจนซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย

 11.5 อธิบาย

ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอจะเกิดกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและมีการเคลื่อนย้ายโปรตอนจากเมทริกซ์เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย

 11.6 อธิบาย

เหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 5.2 แต่กรดไพรูวิกที่ได้จากการสลายกลูโคสจะไม่เคลื่อนผ่านเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียเข้าไปภายในเมทริกซ์และจะปล่อยคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ และมีแอซิติลดีไฮด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนจาก NADH กลายเป็นแอซิติลแอลกอฮอล์

12. การผลิตไวน์ผลไม้ในประเทศไทยนิยมนำยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* มาใช้เป็นหัวเชื้อในกระบวนการหมักเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ กระบวนการหมักไวน์จะทำในภาชนะปิดสนิทเพื่อไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไปภายในระบบ และจะหมักไว้นานกว่าน้ำตาลในผลไม้ถูกใช้ไปจนเกือบหมดและได้ปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 10-14 % โดยปริมาตร จึงจะถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการหมักไวน์

จากตารางการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ระหว่างการหมักไวน์ผลไม้เป็นระยะเวลา 14 วัน จงตอบคำถามต่อไปนี้

เวลา การหมัก (วัน)	ปริมาณน้ำตาล (องศาบริกซ์*)	ปริมาณยีสต์ ($\times 10^7$ เซลล์ต่อ mL)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (% โดยปริมาตร)
0	22.5	0.20	0
2	20.0	0.88	1.6
4	14.5	5.60	11.6
6	10.7	9.20	12.9
8	8.0	11.30	13.7
10	8.0	9.65	13.9
12	7.8	8.80	13.9
14	7.8	8.85	13.9

(* ตัวเลขที่มากในหน่วย องศาบริกซ์ แสดงว่ามีน้ำตาลมาก)

12.1 เพราะเหตุใดจึงมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 4 ของการหมักแต่พบได้น้อยมากในช่วง 2 วันแรกของการหมัก

 ในช่วง 2 วันแรกจำนวนเซลล์ยีสต์ยังมีน้อย และมีออกซิเจนเพียงพอทำให้เกิดการสลายน้ำตาลเพื่อสร้างเป็นพลังงานในการแบ่งเซลล์ของยีสต์ ส่วนในวันที่ 4 มีจำนวนเซลล์ยีสต์เพิ่มขึ้นมาก ออกซิเจนถูกใช้ไปจนเหลือน้อย ยีสต์จึงสลายน้ำตาลโดยกระบวนการหมักและผลิตแอลกอฮอล์ปริมาณมาก

12.2 ถ้ากลุ่มแม่บ้านที่ผลิตไวน์ผลไม้ต้องการนำไวน์ที่หมักได้ไปวางขาย ควรแนะนำให้กลุ่มแม่บ้านหมักไวน์ผลไม้ไม่เกินกี่วัน เพราะเหตุใด

 แนะนำให้กลุ่มแม่บ้านหมักไวน์ผลไม้ไม่เกิน 10 วัน เพราะตั้งแต่วันที่ 10 ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มคงที่และใกล้เคียงกับ 14 % โดยปริมาตร

12.3 ถ้าต้องการผลิตเซลล์ยีสต์ให้ได้ปริมาณมาก ๆ เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักไวน์ผลไม้ในการผลิตครั้งต่อไป นักเรียนจะปรับเปลี่ยนวิธีการข้างต้นอย่างไร

 ควรปรับเปลี่ยนวิธีการหมักในวันที่ 2 เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ยีสต์โดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจน เช่น เปิดฝาเล็กน้อยเพื่อให้อากาศเข้าไปในภาชนะ คนให้ทั่ว และเพิ่มปริมาณน้ำตาล เพื่อให้มีออกซิเจนและสารอาหารเพียงพอต่อการสร้างพลังงานของยีสต์ที่จะใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน

13. วัตถุประสงค์ของการแบ่งเซลล์ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวอย่างไร

 การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ทำให้ร่างกายมีการเติบโตทดแทนเซลล์ที่ตายลงหรือเสียหาย หรือเป็นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวการแบ่งเซลล์เป็นการเพิ่มจำนวนประชากร

14. จงเติมคำที่กำหนดให้ต่อไปนี้ลงในช่องว่างหน้าข้อความให้มีความสัมพันธ์กันถูกต้อง

อินเตอร์เฟส	เซลล์พีช	เซลล์สัตว์	ไมโทซิส
ไมโอซิส	โปรเฟส I	โปรเฟส II	เมทาเฟส I
เมทาเฟส II	แอนาเฟส I	แอนาเฟส II	เทโลเฟส

.....**แอนาเฟส I**..... 14.1 ระยะที่ฮอโมโลกัสโครโมโซม แยกออกจากกันไปด้านตรงข้ามของเซลล์

.....**โปรเฟส I**..... 14.2 การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาทิด

.....**โปรเฟส I**..... 14.3 ระยะที่ฮอโมโลกัสโครโมโซมเริ่มจับคู่กันและมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาทิด

.....**ไมโทซิส**..... 14.4 เซลล์ลูกที่ได้มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่

.....**ไมโอซิส**..... 14.5 เซลล์ลูกที่ได้มีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่

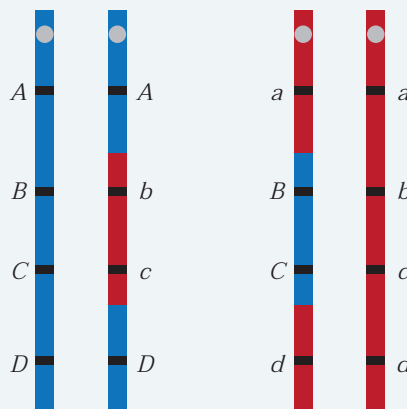
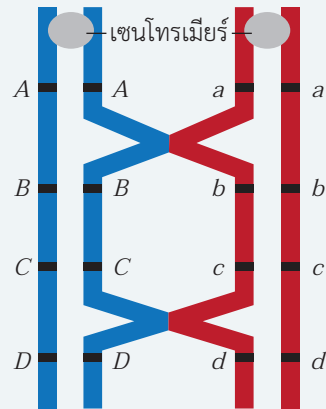
-อินเตอร์เฟส..... 14.6 เซลล์มีการจำลองตัวของโครโมโซมโดยสังเคราะห์ DNA ขึ้นมาอีก 1 ชุด
-เซลล์พีช..... 14.7 มีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์แบ่งเซลล์ออกเป็น 2 เซลล์

15. จากภาพ จงตอบคำถามให้ถูกต้อง

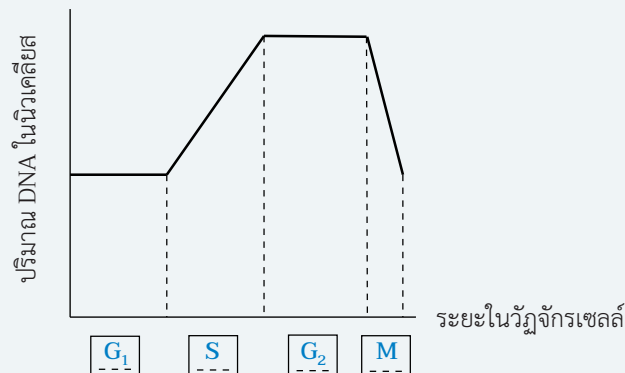
- 15.1 ภาพนี้มักเกิดในการแบ่งเซลล์แบบใด และอยู่ในระยะใดของการแบ่งเซลล์

 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส อยู่ในระยะ โพรเฟส I

- 15.2 จงวาดโครโมโซมในเซลล์ลูกที่ได้หลังจากสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์อย่างสมบูรณ์ พร้อมระบุยีนบนโครโมโซม



16. จากกราฟแสดงปริมาณ DNA ของเซลล์ชนิดหนึ่งในวัฏจักรเซลล์ จงนำระยะ G_1 S G_2 M ใส่ลงในกล่องสี่เหลี่ยมใต้ภาพและตอบคำถามให้ถูกต้อง



- 16.1 ระยะที่เซลล์มีการจำลองตัวของโครโมโซม คือ ระยะใด

 ระยะ S

- 16.2 ระยะที่เซลล์เกิดการสังเคราะห์ DNA คือ ระยะใด

 ระยะ S

- 16.3 ระยะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คือ ระยะใด

 ระยะ M

- 16.4 ถ้าพบเซลล์จำนวนหนึ่งมีปริมาณ DNA เป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์อื่นๆ เซลล์ชนิดนี้ควรอยู่ในระยะใด

 ระยะ G_1

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนโดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา 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 แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วย 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.....

คำถามที่ 1

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถามที่ 1

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 ...(ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1).....

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ได้นอกจากนี้นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

1.2) แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย √ หรือ × หน้าข้อความ

..... 1. ข้อความ.....

..... 2. ข้อความ.....

..... 3. ข้อความ.....

..... 4. ข้อความ.....

..... 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็ว และให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยสมบูรณ์ในบางเนื้อหาทำได้ยาก

1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่าในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้าข้อความในชุดคำถาม

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 ตรวจสอบให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอธิบายผลการทดลอง ก่อนลงข้อสรุป		

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องแต่ไม่เหมาะสมกับ งาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้อย่าง คล่องแคล่ว และถูกต้อง ตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้ถูกต้องตาม หลักการปฏิบัติ แต่ไม่ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองไม่ถูกต้อง
การทดลองตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่าง ถูกต้อง มีการปรับปรุง แก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้ มีการ ปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือ ดำเนินการข้ามขั้นตอนที่ กำหนดไว้ ไม่มีการ ปรับปรุงแก้ไข

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า

ทักษะที่ประเมิน	ผลการประเมิน		
	3	2	1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์	ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ 3 ข้อ	ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ 1 ข้อ

ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริง และสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลอง ตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอน ไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อนส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงานออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ				
ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียนและมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมดกำลังใจ				
ด้านความรอบคอบ 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง				
ด้านความมุ่งมั่นอดทน 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าชุดการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ 2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสนใจติดตามข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์				

วิธีการตรวจให้คะแนน

ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่าง ๆ เป็น 4 3 2 1 ข้อความที่มีความหมายเป็นทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละข้อความดังนี้

ระดับพฤติกรรมการแสดงออก	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 ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาบางส่วน ไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสม และสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่างรูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดี

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
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
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการดำเนินการ	
ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ต้องปรับปรุง
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	พอใช้
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์	ดี
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์	ดีมาก
ด้านการอธิบาย	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

บรรณานุกรม

กระทรวงพลังงาน. (2554). **พระบิดาแห่งการพัฒนาพลังงานไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 3).

กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). **ศัพทวิทยา ศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน** (พิมพ์ครั้งที่ 5 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551** (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551** (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). **พจนานุกรมศัพท์พันธุศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

Appling, D. R., Anthony-Cahill, S. J., Mathews, C. K. (2016). **Biochemistry Concepts and Connections** (Global ed). London: Pearson Education Limited.

Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2018). **Biology: A global approach** (11th ed). New York: Pearson Education Limited.

Griffiths, A. J. F., Susan R. W., Sean B. C., & John D. (2012). **Introduction to genetic analysis** (10th ed). New York: W.H. Freeman and Company.

- Hardin, J., and Bertoni, G. (2016). **Becker's World Of The Cell** (9th Ed). Boston: Pearson Education, Inc.
- Mader, S. S., and Windelspecht, M. (2016). **Biology** (12th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Campbell, M.K. and Farrell, S.O. (2008). **Biochemistry** (6th ed). Canada: Nelson Education Limited.
- Moran, L. M., Horton, R. A., Scrimgeour, G., Perry, M. (2014). **Principles of Biochemistry** (5th ed). London: Pearson Education Limited.
- Audesirk, T., Audesirk G. and Byers, B.E. (2008). **Biology : Life on Eearth with Physiology** (8th ed). New York: Pearson Education Limited.

ที่มาของรูป

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย ศ.ดร.ไพศาล ลีทธิกรกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	- เซลล์ประสาท (หน้าปก) - สไปโรไจราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิง ประกอบ (147)

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 1
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

- | | |
|------------------------|---|
| 1. ดร.พรพรรณ ไวย่างกูร | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. รศ.ดร.สัญญา มิตรเอม | รองผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบูชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. ศ.ดร.ไพศาล ลิขิตกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. รศ.ดร.วีระวรรณ ลิขิตกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิสัย | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|----------------------------|---|
| 9. ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ | นักวิชาการอาวุโสสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10. นางสาววิลาส รัตนานุกูล | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11. ดร.ขวัญชนก ศรีทธาสุข | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 12. ดร.ภณทิลา อุดร | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 13. นางสาวปาณิก เวียงชัย | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

**คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1**

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.มานิต คิออยู่ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. อ.ดร.กิตติคุณ วังกานนท์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. นายวีระเดช คำถาวร | โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร |
| 7. นางณิมาภรณ์ ตั้งตรัยรัตนกุล | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร |
| 8. นายสุรเดช ศรีทา | โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร |
| 9. นางสาวนิภาภรณ์ เกิดอัน | โรงเรียนโยธินบูรณะ กรุงเทพมหานคร |
| 10. นายชัยยศ นุ่มกลิ่น | โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จ.นนทบุรี |
| 11. นางศิริพร ชนะพาล | โรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์ จ.อยุธยา |
| 12. นายสิปปัสแสง สุขผล | โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภช จ.นครปฐม |
| 13. นางสาววิริญญา สุขมี | โรงเรียนพัทลุง จ.พัทลุง |
| 14. นายอนรุทธิ์ หมัดเส้น | โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จ.นครศรีธรรมราช |

- | | |
|--------------------------------|--|
| 15. นางวรรณวิภา เบญจเลิศยานนท์ | โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต จ.ภูเก็ต |
| 16. นายสุรเดช เอ่งฉ้วน | โรงเรียนอ่าวลึกประชาสรรค์ จ.กระบี่ |
| 17. นายนราธิป ประสมบุรณ์ | โรงเรียนนารีนุกูล จ.อุบลราชธานี |
| 18. นางราชี สืบโมรา | โรงเรียนพศภูมิวิทย์วิทยาการ จ.มหาสารคาม |
| 19. นายฉัตรชัย ชัยนนท์ | โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ จ.แพร่ |
| 20. นางสาวณัฏฐา สุริยนต์ | โรงเรียนสามัคคีวิทยา จ.เชียงราย |
| 21. นางสาวอภิวลัย มาสขรัตน์ | โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จ.พิษณุโลก |
| 22. นายวรรณพฤกษ์ เพียมเดช | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จ.เพชรบุรี |
| 23. ดร.สุนัดดา โยมญาติ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 24. ดร.นันทยา อัครอารีย์ | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 25. นางสาวปณยาพร บริเวธานันท์ | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะกรรมการ

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบุชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.มานิต คัดอยู่ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. ผศ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. ศ.ดร.ไพศาล ลิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ