คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

วิชาชีววิทยา

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



จัดทำโดย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑
วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยานี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา ผู้พัฒนาหลักสูตรและสื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนผู้ที่สนใจได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนหรือพัฒนาสื่อประกอบการเรียนการสอนได้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ขอขอบคุณ ครู อาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษาจากหน่วยงานและสถาบันต่าง ๆ ที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้ สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้นำไปใช้ในการวางแผนและจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือการใช้หลักสูตรเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้งให้ สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

- **เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร** ๑
- **ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร** ๓
  - ๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร ๔
  - ๒. เป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ๖
  - ๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์ ๑๔
  - ๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ๑๗
  - ๕. คุณภาพผู้เรียน ๕๒
  - ๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ๕๕
  - ๗. จิตวิทยาศาสตร์ ๖๓
  - ๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑ ๖๕
  - ๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ๗๘
  - ๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ๘๔
  - ๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ ๘๘

  เอกสารอ้างอิง ส่วนที่ ๑ ๙๐
- **ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้** ๙๓
- **คณะผู้จัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร** ๒๑๑

สารบัญภาพ

ภาพที่ ๑	ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	๒
ภาพที่ ๒	สาระของรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช ๒๕๖๐)	๕
ภาพที่ ๓	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชี้นำ	๘
ภาพที่ ๔	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน	๑๒
ภาพที่ ๕	กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑	๕๘
ภาพที่ ๖	เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม	๗๗
ภาพที่ ๗	วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ	๗๙
ภาพที่ ๘	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น	๘๑
ภาพที่ ๙	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น	๘๒

สารบัญตาราง

ตารางที่ ๑ ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้ ๑๓
ตารางที่ ๒ การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน ๗๐
ตารางที่ ๓ ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ๗๑
ตารางที่ ๔ การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น ๘๐



จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือแนวคิด (Concept) ให้เป็นโครงข่ายความรู้ (Network)

ศึกษาหลักสูตร และผลการเรียนรู้ให้เข้าใจ พิจารณาเชื่อมโยงกับผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระอื่น ๆ

ประเมินการเรียนรู้ทั้งแบบระหว่างเรียน (Formative Assessment) และแบบสรุปรวม (Summative Assessment) ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย

มีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มแข็ง ช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะตามผลการเรียนรู้

วางแผนการจัดการเรียนรู้ สรรหาและเลือกกิจกรรมที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) และสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

เลือกและใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด สืบเสาะและใช้เทคโนโลยีร่วมสมัยผ่านการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน

เป้าหมายของการจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ และให้สถานศึกษานำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน ในการนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้พัฒนาคู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้หลักสูตร อาทิ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ทุกระดับของประเทศ ผู้เขียนตำราและสื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร และสำนักพิมพ์ต่างๆ ได้ใช้ประโยชน์ในการจัดทำหรือจัดหาตำราเรียน สื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตร การจัดทำแบบทดสอบและข้อสอบการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูและสถานศึกษา และอื่นๆ ให้สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตร หลีกเลี่ยงการเกิดความสับสนหรือความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในหลักสูตรเช่นที่ผ่านมา

คู่มือการใช้หลักสูตร ฯ ฉบับนี้จำแนกเนื้อหาสาระสำคัญออกเป็น ๒ ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ ๑ ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร

ประกอบด้วย ที่มาของการปรับหลักสูตร เป้าหมายของหลักสูตร เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์และคุณภาพของผู้เรียน แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดระดับสูง ทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี ทักษะการเรียนรู้ร่วมกันและการทำงานเป็นทีม และอื่นๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่พลเมืองแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จำเป็นต้องเรียนรู้และฝึกฝน ตลอดจนความรู้ด้านการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน เป้าหมายของการจัดทำส่วนนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบุคลากรทางการศึกษา และผู้ใช้หลักสูตรในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความจำเป็นของการปรับหลักสูตร ตลอดจนสามารถจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรและศตวรรษที่ ๒๑ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุข ผ่านการลงมือปฏิบัติ สืบเสาะหาความรู้เพื่อทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ฝึกฝนทักษะกระบวนการต่างๆ และสามารถเชื่อมโยงและนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอาชีพได้

ส่วนที่ ๒ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

เป็นการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตาราง ประกอบด้วย

- การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านเจตคติ (Affective Domain) ซึ่งเป็นเป้าหมายปลายทางของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้ผู้เรียนได้แสดงออกมาหลังจากเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้เหล่านั้น
- แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งสามด้านของผู้เรียน เปิดกว้างให้ผู้สอนและผู้ใช้หลักสูตรสามารถออกแบบและสร้างสรรค์แผนการจัดการ

เรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของตนเอง แต่ยังคงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

- แนวการประเมินการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และเจตคติ ที่วิเคราะห์ได้จากผลการเรียนรู้ ตลอดจนแนวการประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ตัวอย่างการนำเสนอรายละเอียดของการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๑



ภาพที่ ๑ ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

รายละเอียดของคู่มือการใช้หลักสูตร ฯ มีดังต่อไปนี้

ส่วนที่ ๑

ความรู้และแนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับหลักสูตร

๑. ที่มาและเหตุผลของการปรับหลักสูตร

ด้วยปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้านี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในสังคมโลกแห่งศตวรรษที่ ๒๑ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ในการทบทวนและปรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ให้ทันสมัยและทัดเทียมนานาชาติ อาทิเช่น มีการจัดเรียง โยกย้ายแนวคิดรวบยอดและทักษะต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันทัดเทียมนานาชาติ พิจารณาการเชื่อมโยงกันของเนื้อหาต่าง ๆ ทั้งภายในสาระและระหว่างสาระ คำนึงถึงความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนานควบคู่กับการฝึกฝนและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เป็นพลเมืองของประเทศที่มีสมรรถนะเหมาะสมกับการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ อันนำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติต่อไป

จุดเด่นของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ มีดังนี้

๑. จัดแนวคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันทั้งภายในสาระการเรียนรู้และระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกันและไม่ซ้ำซ้อน

๒. จัดเรียงลำดับตัวชี้วัดในสาระต่าง ๆ ให้เชื่อมโยงและร้อยเรียงกันจากแนวคิดที่เป็นรูปธรรมไปสู่แนวคิดที่เป็นนามธรรม หรือจากแนวคิดที่ใกล้ตัวไปสู่ไกลตัว หรือจากแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนแนวคิดอื่น ๆ ในสาระวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

๓. วิเคราะห์เปรียบเทียบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ กับหลักสูตรของประเทศชั้นนำด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อปรับหลักสูตรให้มีความทันสมัย และทัดเทียมนานาชาติ

๔. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญานและการแก้ปัญหา ด้วยการทำกิจกรรมและปฏิบัติการต่าง ๆ ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ ๒๑ จนเกิดสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตได้อย่างเป็นระบบ เชื่อมั่นและศรัทธาในความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ประกอบด้วย ๔ สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยแต่ละสาระได้กำหนดประสิทธิผลของการเรียนรู้ภายใต้เนื้อหาสาระ (strand of content) ดังนี้



ภาพที่ ๒ สาระของรายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๒. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความหมายของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้อธิบายถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้แตกต่างจากศาสตร์ความรู้แขนงอื่น ๆ รวมถึงเป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายที่บ่งชี้เกี่ยวกับอาชีพนักวิทยาศาสตร์ ลักษณะและวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม (กุศลิน, ๒๕๕๓; McComas & Almazroa, 1988)

American Association for the Advancement of Science เป็นสมาคมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยจำแนกแยกแยะออกเป็น ๓ ด้าน ได้แก่ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) (AAAS, 1993) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ด้านที่ ๑ โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview)

ด้วยวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติทั้งบนโลกและนอกโลก นักวิทยาศาสตร์จึงมีมุมมองเฉพาะตัวเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งอาจแตกต่างจากมุมมองของศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

- **เราสามารถทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ บนโลกได้**

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกหรือในเอกภพ ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นแบบรูป (Pattern) สามารถเข้าใจได้ด้วยสติปัญญา วิธีการศึกษาที่เป็นระบบ ผนวกกับการใช้ประสาทสัมผัสและเครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสิ่งต่าง ๆ สามารถทำความเข้าใจได้และคำถามใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เสมอ ยิ่งข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็ยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจและเข้าใกล้ความจริงของปรากฏการณ์นั้น ๆ ยิ่งขึ้น

- **แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้**

แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ จากการสังเกต การทดลอง การสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดรอบคอบและเป็นระบบ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจ แต่ระหว่างการทำงานก็มักเกิดคำถามใหม่ขึ้นตลอดเวลาไม่มีสิ้นสุด ส่งผลให้มีการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ และอาจได้หลักฐาน (Evidence) ใหม่ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

- **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน และเชื่อถือได้**

แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะยอมรับเรื่องความไม่แน่นอน และความไม่มีที่สิ้นสุดของความรู้หรือคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ แต่ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นมาผ่านวิธีการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นระยะเวลาหนึ่งจนมั่นใจในคำอธิบายนั้น รวมถึงมีการตรวจสอบอย่างเข้มข้นจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ จนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ และกว่าการค้นพบความรู้ใหม่จะลบล้างความรู้เดิมได้อาจใช้ระยะเวลายาวนาน

- **ทฤษฎีและกฎมีความสัมพันธ์กันแต่แตกต่างกัน**

มักมีแนวความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า กฎเป็นทฤษฎีที่พัฒนาแล้ว จึงมีความน่าเชื่อถือและมีคุณค่ามากกว่าทฤษฎี ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ทั้งกฎและทฤษฎีต่างก็เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน โดย **กฎ** (Law) คือ แบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วน **ทฤษฎี** (Theory) คือ คำอธิบายแบบรูปที่ปรากฏในธรรมชาตินั้น ๆ เช่น การใช้ทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคมาอธิบายแบบรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิตามกฎของชาร์ล

- **วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม**

วิทยาศาสตร์เชื่อถือข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สิ่งต่าง ๆ ในโลกหลายสิ่ง ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องจิตวิญญาณ สิ่งลี้ลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องปาฏิหาริย์ โชคชะตา หรือโหราศาสตร์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงไม่มีหน้าที่ให้คำตอบหรืออธิบายในเรื่องเหล่านี้ แม้ว่าบางครั้งอาจมีแนวคำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้ก็ตาม

ด้านที่ ๒ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์ เป็นการทำงานเพื่อสืบเสาะหาคำอธิบายสิ่งที่สนใจทั้งโดยส่วนตัวและร่วมกันของกลุ่มคนที่มีความสนใจเดียวกัน การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นมากกว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์” หรือ “การทดลองทางวิทยาศาสตร์” แต่เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ แต่มีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

๑. คำถามที่สามารถหาคำตอบหรือตรวจสอบได้

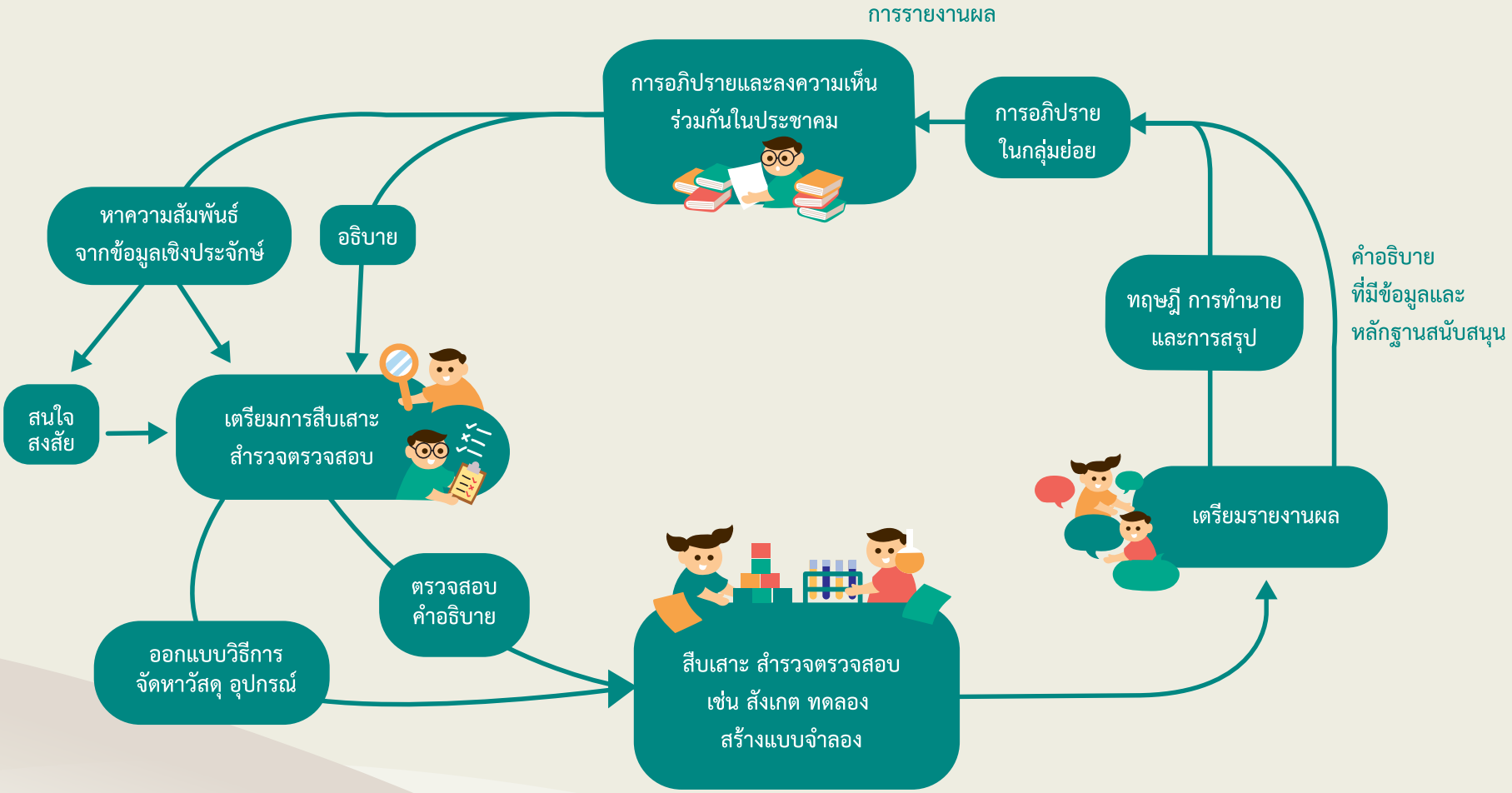
๒. ข้อมูลหลักฐานทั้งเชิงประจักษ์และจากที่ผู้อื่นค้นพบ

๓. การทำความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัย

๔. การเชื่อมโยง เปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น

๕. การสื่อสารคำอธิบายหรือสิ่งที่ค้นพบให้ผู้อื่นทราบ

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ไม่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ในขณะเดียวกันอาจต้องสืบเสาะซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อตอบคำถาม และอาจเกิดคำถามใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไป หมุนวนเช่นนี้เป็นวัฏจักร ดังแสดงไว้ ดังภาพที่ ๓



ภาพที่ ๓ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบชี้นำ

ที่มา: Magnusson, S. J. and Palincsar, A. S. (2005). How students learn science in the classroom, p.460

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ ดังนี้

- **วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน** (Evidence)

การสร้างคำอธิบายหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จากการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง หรือวิธีอื่น ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำซ้ำได้ และมีความถูกต้อง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคม ก็จะได้รับการยอมรับและเผยแพร่ให้คนทั่วไปในสังคมได้เรียนรู้ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่การค้นพบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในสังคมอาจต้องใช้เวลานาน เช่น แม้ว่าไอสไตน์ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๐๕ แต่กว่าทฤษฎีนี้จะได้รับการยอมรับจากสังคมนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้เวลาถึง ๑๔ ปี

- **วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์** (Logic) **จินตนาการ** (Imagination) **และการคิดสร้างสรรค์** (Creativity)

การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกจะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผล (Logic) เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์เข้ากับข้อมูลอื่น ๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลหลักฐานทุติยภูมิ (Secondary Data Source) ที่ได้จากการสืบค้นเพื่อสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุป หลายครั้งที่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์

- **วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการพยากรณ์**

นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ ความน่าเชื่อถือของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและปรากฏการณ์ที่ไม่เคยค้นพบมาก่อน นอกจากวิทยาศาสตร์จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้ว วิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญกับการทำนายซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ในอนาคต หรือในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบหรือศึกษามาก่อน

- **นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง**

ข้อมูลหลักฐานมีความสำคัญอย่างมากในการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะถามตัวเองก่อนเสมอว่ามีหลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวคิดนี้ การรวบรวมหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ปราศจากความลำเอียงอันเกิดจากตัวผู้สังเกต กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ การตีความหมาย หรือการรายงานข้อมูล

- **วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น**

วิทยาศาสตร์เชื่อว่าบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งหน้าที่การงานสูงอย่างไร ก็ไม่มีอำนาจตัดสินว่า อะไรคือความจริง ไม่มีใครมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกค้นพบต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถตรวจสอบได้ และหากแนวคิดใหม่นั้นถูกต้องกว่าแนวคิดเดิม ก็ย่อมได้รับการยอมรับแม้ว่าจะถูกค้นพบโดยผู้ไม่มีชื่อเสียง ซึ่งต้องมาแทนที่ความรู้เดิมที่ค้นพบโดยคนมีชื่อเสียงก็ได้

ด้านที่ ๓ กิจการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรมของมนุษยชาติ ซึ่งมีหลายมิติทั้งในระดับของบุคคล สังคม หรือองค์กร โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่กระทำอาจเป็นสิ่งที่แบ่งแยกยุคสมัยต่าง ๆ ออกจากกันอย่างชัดเจน

- **วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน**

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งในระบบสังคมของมนุษย์ ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ ในสังคมมีผลต่อการสนับสนุนหรือขัดขวางกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องราวในประวัติศาสตร์ ความเชื่อตามหลักศาสนา วัฒนธรรมและค่านิยมของสังคม หรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การโคลน (Cloning) เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและเห็นว่ามีประโยชน์ แต่ในเชิงสังคมแล้ว เรื่องนี้ยังเป็นเรื่องที่มีข้อโต้แย้งอย่างกว้างขวาง และมีการยอมรับจากสังคมหลากหลายแตกต่างกันไป

- **วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร**

วิทยาศาสตร์ คือ การรวบรวมความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ จึงมีความหลากหลายและแตกเป็นแขนงต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ตามปรากฏการณ์ที่ศึกษา เป้าหมาย และเทคนิควิธีการที่ใช้ ซึ่งมีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงานและข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ แต่แท้ที่จริงแล้ว ความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่มีเส้นแบ่งหรือขอบเขตระหว่างแขนงต่าง ๆ โดยสิ้นเชิง ในทางกลับกันอาจต้องเชื่อมโยงระหว่างแขนงความรู้ เช่น การอธิบายเกี่ยวกับการสร้างอาหารของพืช จะต้องใช้แขนงความรู้ในเรื่องพืช พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน โมเลกุลและสารประกอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมี นอกจากนี้ กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังมีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรอิสระ แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน

- **วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ**

นักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยมีจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล ความมีใจกว้าง เพราะในบางครั้งความต้องการได้รับการยกย่องว่าเป็นคนแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์ก้าวไปในทางที่ผิดได้ เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอีกประการก็คือ การระวังอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำผลการศึกษาไปใช้

- **นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง**

ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะทาง แต่ในบางครั้งก็เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ความสนใจ ค่านิยม และความเชื่อส่วนตัว

- **วิทยาศาสตร์เน้นการแสวงหาความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้**

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลายคนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหมายเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่แท้ที่จริงแล้ว ทั้งสองมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยวิทยาศาสตร์จะเน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการต่อยอดความรู้ ส่วนเทคโนโลยีจะเน้นการใช้ความรู้เพื่อตอบสนองต่อการดำรงชีวิตที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในที่สุดก็ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

เราสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนโดยจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามที่หลักสูตรกำหนด ด้วยกระบวนการแบบเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์สืบเสาะ แต่อาจมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทและความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน เช่น การสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิด (Opened Inquiry) ที่ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการสืบเสาะหาความรู้ของตนเองตั้งแต่การสร้างประเด็นคำถาม การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) และอธิบายสิ่งที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลที่ยังไม่มีการนำมาประมวล (Data) หรือหลักฐาน (Evidence) ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การประเมินและเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องหรือคำอธิบายอื่นเพื่อปรับปรุงคำอธิบายของตนและนำเสนอต่อผู้อื่น นอกจากนี้ ผู้สอนอาจใช้การสืบเสาะหาความรู้ที่ตนเองเป็นผู้กำหนดแนวในการทำกิจกรรม (Structured Inquiry) โดยผู้สอนสามารถแนะนำผู้เรียนได้ตามความเหมาะสม

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้มีลักษณะสำคัญของการสืบเสาะ ดังนี้

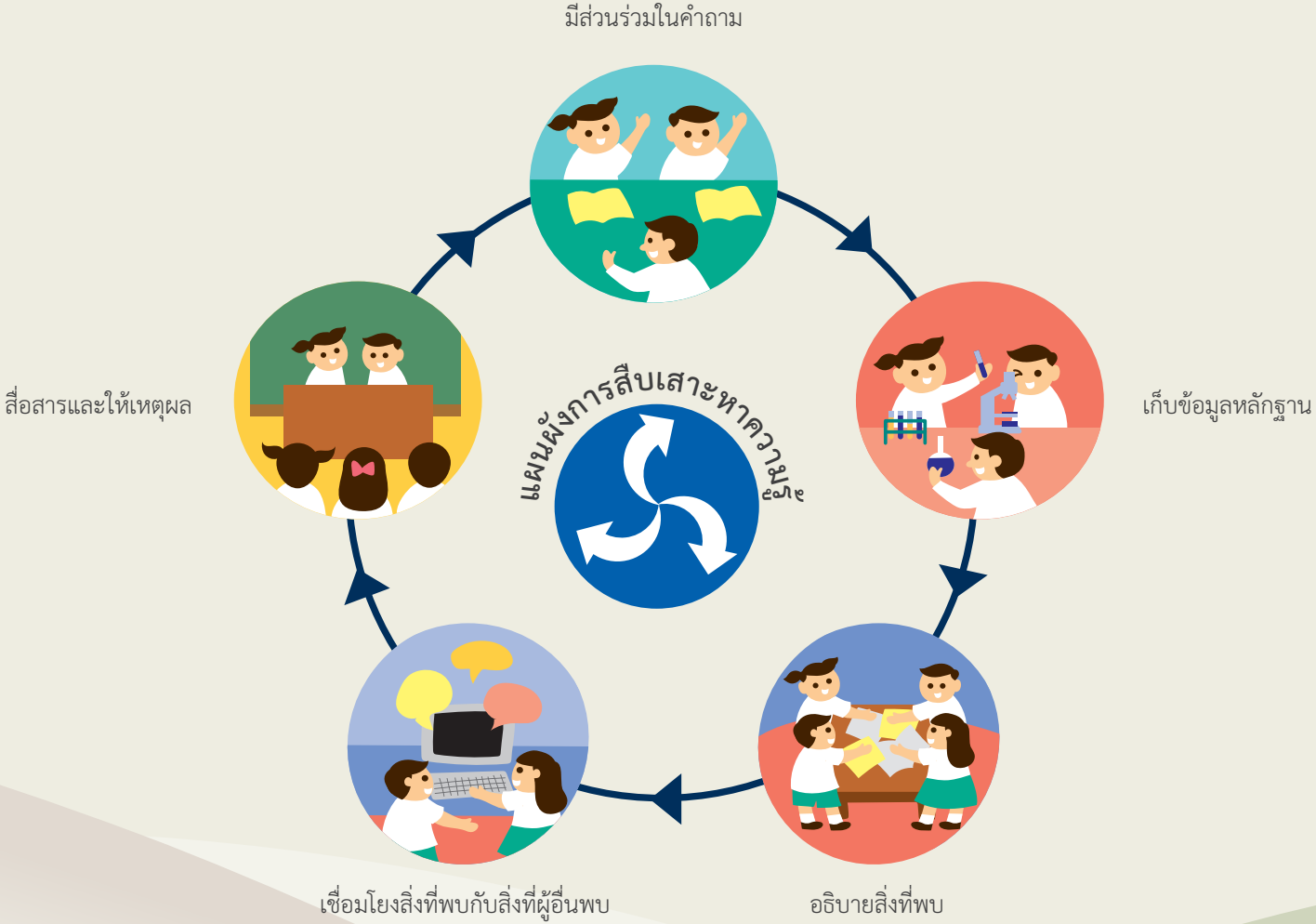
๑. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำถามทางวิทยาศาสตร์ในที่นี้หมายถึงคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน คำถามที่ดีควรเป็นคำถามที่ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อตอบคำถามนั้น ๆ ได้

๒. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานในการอธิบายและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบ ผู้เรียนต้องลงมือทำปฏิบัติการ เช่น สังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง เพื่อนำหลักฐานเชิงประจักษ์ต่าง ๆ มาเชื่อมโยง หาแบบรูป และอธิบายหรือตอบคำถามที่ศึกษา

๓. ผู้เรียนอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ต้องแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมได้ สามารถจำแนก วิเคราะห์ ลงความเห็นจากข้อมูล พยากรณ์ ตั้งสมมติฐาน หรือลงข้อสรุป

๔. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายของตนกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถประเมิน (Judge) ข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ เพื่อตัดสินใจ (Make Decision) ว่า ควรเพิกเฉยหรือนำคำอธิบายนั้นมาพิจารณาและปรับปรุงคำอธิบายของตนเอง ในขณะเดียวกันก็สามารถประเมินคำอธิบายของเพื่อน บุคคลอื่น หรือแหล่งข้อมูลอื่น แล้วนำมาเปรียบเทียบ เชื่อมโยง สัมพันธ์ แล้วสร้างคำอธิบายอย่างมีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับแล้ว

๕. สื่อสารการค้นพบของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ ผู้เรียนได้สื่อสารและนำเสนอการค้นพบของตนในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจ สามารถทำตามได้ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ได้มีการซักและตอบคำถาม ตรวจสอบข้อมูล ให้เหตุผล วิจารณ์และรับคำวิจารณ์และได้แนวคิดหรือมุมมองอื่นในการปรับปรุงการอธิบาย หรือวิธีการสืบเสาะค้นหาคำตอบ



ภาพที่ ๔ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน สภาพห้องเรียน ความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน และบริบทอื่น ๆ การยืดหยุ่นระดับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้

ลักษณะจำเป็น	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
๑. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนเป็นผู้ถามคำถาม	ผู้เรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่จากรายการคำถาม	ผู้เรียนพิจารณาและปรับคำถามที่ครูถามหรือคำถามจากแหล่งอื่น	ผู้เรียนสนใจคำถามจากสื่อการสอนหรือแหล่งอื่น ๆ
๒. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม	ผู้เรียนกำหนดข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามและรวบรวมข้อมูล	ผู้เรียนได้รับการชี้นำในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและการบอกเล่าเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล
๓. ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐานหรือข้อมูล	ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาหลังจากรวบรวมและสรุปข้อมูล/หลักฐาน	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะในการสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับหลักฐานหรือข้อมูล
๔. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนตรวจสอบแหล่งข้อมูลอื่นและเชื่อมโยงกับคำอธิบายที่สร้างไว้	ผู้เรียนได้รับการชี้นำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและขอบเขตความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการแนะนำถึงความเชื่อมโยงที่เป็นไปได้	ผู้เรียนได้รับการเชื่อมโยงทั้งหมด
๕. ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับการค้นพบของตน	ผู้เรียนสร้างข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลและมีหลักการเพื่อสื่อสารคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในการพัฒนาวิธีการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับแนวทางกว้าง ๆ สำหรับการสื่อสารที่ชัดเจนตรงประเด็น	ผู้เรียนได้รับคำแนะนำถึงขั้นตอนและวิธีการสื่อสาร
	มาก ◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂ การจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียน ◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂◂ น้อย			
	น้อย ▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸ การชี้นำโดยครูหรือสื่อการสอน ▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸ มาก			

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญดังนี้

๑. เพื่อให้เข้าใจแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎและความรู้พื้นฐานในวิทยาศาสตร์

๒. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

๓. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้และพัฒนาเทคโนโลยี

๔. เพื่อให้ตระหนักการมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม

๕. เพื่อนำความรู้ในแนวคิดและทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

๖. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการประเมินและตัดสินใจ

๗. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

๓. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหาและปฏิบัติการโดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย เน้นทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ดียิ่งขึ้น ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้

- **ชีววิทยา**

เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- **เคมี**

เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

- **ฟิสิกส์**

เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

- **โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**

เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

โดยมีรายละเอียดที่กำหนดเนื้อหาสาระดังนี้

- **สาระชีววิทยา**

๑.เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

๒. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๔. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

- **สาระเคมี**

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

- **สาระฟิสิกส์**

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๓. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

- **สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์

๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

๔. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

- **สาระชีววิทยา**

๑. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้	- สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหารและพลังงาน มีการเจริญเติบโต มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีการรักษาดุลยภาพของร่างกาย มีการสืบพันธุ์ มีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ และมีการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ อย่างเป็นระบบ สิ่งเหล่านี้จัดเป็นสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต -การจัดระบบในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ ได้แก่ เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ และสิ่งมีชีวิต ตามลำดับ
	๒. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	- วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเริ่มจากการตั้งปัญหาหรือคำถาม ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล -การศึกษาสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยความรู้จากแขนงวิชา ต่างๆ ของชีววิทยาและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องและควรคำนึงถึงชีวจริยธรรมและจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง
	๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต	- สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยธาตุและสารประกอบ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน มีสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดี เก็บความร้อนได้ดี และมีความจุความร้อนสูง ซึ่งช่วยรักษาดุลยภาพของเซลล์ได้ - ธาตุที่สิ่งมีชีวิตต้องการจะอยู่ในรูปของไอออน ในมนุษย์และสัตว์ ธาตุจะช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ นอกจากนี้ในกระดูก ฟัน และ กล้ามเนื้อจะมีธาตุเป็นองค์ประกอบด้วย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งตามขนาดโมเลกุลออกได้เป็น ๓ กลุ่ม คือ มอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์
	๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- โปรตีนมีกรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน บางชนิดอาจมี ธาตุฟอสฟอรัส เหล็ก และกำมะถัน เป็นองค์ประกอบ
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- ลิพิดประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์
	๗. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลิอิกและความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- กรดนิวคลิอิกประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย หมู่ฟอสเฟต น้ำตาลที่มีคาร์บอน ๕ อะตอม และเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ - กรดนิวคลิอิกเป็นองค์ประกอบของสารพันธุกรรมทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม มี ๒ ชนิด คือ DNA และ RNA
	๘. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ๙. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	- เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีประกอบด้วยปฏิกิริยาคาย-พลังงานและปฏิกิริยาดูดพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วจำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา - เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ประเภทโปรตีน ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมี ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ที่เรียกว่าบริเวณเร่ง ถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างเข้ากับบริเวณเร่งได้ สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ - อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด-เบส และตัวยับยั้งเอนไซม์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๐. บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโออาศัยเลนส์ในการทำให้เกิดภาพขยาย - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้เกิดภาพขยายโดยอาศัยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้ารวมลำอิเล็กตรอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน ๒ ชนิด คือ ชนิดส่องผ่านและชนิดส่องกราด - ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสงต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษา - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียด ซับซ้อน และราคาค่อนข้างสูง จึงควรใช้อย่างถูกวิธี มีการเก็บและดูแลรักษาที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน
	๑๑. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ ๑๓. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส - ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือ เยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในแบคทีเรีย สาหร่าย ฟังไจ และพืช จะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง - โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด - ไซโทพลาซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วย ไซโทซอลและออร์แกเนลล์ - นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ยูคาริโอต ประกอบด้วยเยื่อหุ้มซึ่งภายในมี DNA RNA และโปรตีนบางชนิด

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๔. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และ แอกทีฟทรานสปอร์ต ๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	- สารต่างๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทราน สปอร์ต กระบวนการเอกโซไซโทซิส กระบวนการ เอนโดไซโทซิส - แก๊สต่างๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยออสโมซิส - ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้ จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้นเข้าและออกจากเซลล์เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต - แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง - สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือลำเลียงผ่านโปรตีนที่เป็นตัวพาได้จะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส - สารที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส ซึ่งแบ่งเป็น ๓ แบบ ได้แก่ พิโนไซโทซิส ฟาโกไซโทซิส และการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ
	๑๖. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร โดยวัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วยอินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และการแบ่งไซโทพลาซึม - การแบ่งนิวเคลียสมี ๒ แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบ ไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสประกอบด้วยระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสประกอบด้วยระยะโพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I เทโลเฟส I ระยะโพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II และ เทโลเฟส II

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสทำให้เซลล์ร่างกายเพิ่มจำนวนเพื่อการเจริญเติบโต และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือถูกทำลายไปได้ ส่วนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ - การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์และเซลล์สัตว์จะมีการคอดเว้าเข้าหากันของเยื่อหุ้มเซลล์
	๑๗. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ	- การหายใจระดับเซลล์เป็นการสลายสารอาหารที่มีพลังงานสูง โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน คือ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน - การหายใจระดับเซลล์ พลังงานส่วนใหญ่ได้จากขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP - ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคลิซิส ผลที่ได้จากการหายใจในสภาวะนี้ในสัตว์จะได้กรดแลกติก ในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลกติก หรือเอทิลแอลกอฮอล์
ม.๕	-	-
ม.๖	-	-

๒. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลาย ของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลอง ของเมนเดล ๒. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสใน การเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่างๆ ของรุ่น F_1 และ F_2	- เมนเดลศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยการผสมพันธุ์ถั่วลันเตา จนสรุปเป็นกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ - กฎแห่งการแยกมีใจความว่า แอลลีลที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะมีเพียงแอลลีลใดแอลลีลหนึ่ง - กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระมีใจความว่า หลังจากคู่ของแอลลีลแยกออกจากกัน แต่ละแอลลีลจะจัดกลุ่มอย่างอิสระกับแอลลีลอื่นๆ ที่แยกออกจากคู่เช่นกันในการเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์
	๓. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของ พันธุศาสตร์เมนเดล ๔. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผัน ไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง	- การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะให้อัตราส่วนที่แตกต่างจากผลการศึกษาของเมนเดล เรียกลักษณะเหล่านี้ว่า ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล เช่น การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน มัลติเปิลแอลลีล ยีนบนโครโมโซมเพศ และพอลิยีน - ลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะมีความแตกต่างกันชัดเจน เช่น การมีติ่งหูหรือไม่มีติ่งหู ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง - ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยและลดหลั่นกันไป เช่น ความสูงและสีผิวของมนุษย์ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่องและสิ่งแวดล้อมอาจมีผลต่อการแสดงลักษณะนั้น
	๕. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ	- โครโมโซมภายในเซลล์ร่างกายแบ่งเป็นออโตโซมและโครโมโซมเพศ ลักษณะทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม บางลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ ซึ่งส่วนมากเป็นยีนบนโครโมโซม X - เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ยีนบนโครโมโซมเดียวกันที่อยู่ใกล้กันมักจะถูกถ่ายทอดไปด้วยกัน แต่การเกิดครอสซิงโอเวอร์ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสอาจทำให้ยีนบนโครโมโซมเดียวกันแยกจากกันได้ ส่งผลให้รูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้แตกต่างไปจากกรณีที่ไม่เกิดครอสซิงโอเวอร์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA ๗. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์ โปรตีน ๘. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล	- DNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A T C และ G - โมเลกุลของ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ ๒ สาย เรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา โดยการเข้าคู่กันของสาย DNA เกิดจากการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G - ยีน คือสาย DNA บางช่วงที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้ โดยยีนกำหนดลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง เอนไซม์ และอื่นๆ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตปรากฏลักษณะต่างๆ ได้ - DNA จำลองตัวเองได้โดยใช้สายหนึ่งเป็นแม่แบบและสร้างอีกสายขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะมีโครงสร้างและลำดับนิวคลีโอไทด์เหมือนเดิม - DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ โดยการสร้าง RNA ๓ ประเภท คือ mRNA tRNA และ rRNA ซึ่งร่วมกันทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน - RNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A U C และ G
	๙. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน	- มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงของลำดับหรือจำนวนนิวคลีโอไทด์ใน DNA ซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของโปรตีน ซึ่งถ้าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดในเซลล์สืบพันธุ์จะสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ และทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตการเกิดมิวเทชันมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น รังสี และสารเคมี - การขาดหายไปหรือเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์และการแทนที่คู่เบส เป็นการเกิดมิวเทชันระดับยีน เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ เป็นผลมาจากการแทนที่คู่เบส - การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม เช่น หายไปหรือเพิ่มขึ้นบางส่วน และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เช่น การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของโครโมโซมบางแท่งหรือทั้งชุด เป็นสาเหตุของการเกิดมิวเทชันระดับโครโมโซม เช่น กลุ่มอาการคริดูชาต์และกลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์และกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๐. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ๑๑. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	- การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการสร้างดีเอ็นเอ รีคอมบิแนนท์ สามารถนำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยนำยีนที่ต้องการมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติตามต้องการ - เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบต่อสังคม
	๑๒. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับ หลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- หลักฐานที่ทำให้เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่น ซากดึกดำบรรพ์ กายวิภาคเปรียบเทียบ วิทยาเอ็มบริโอ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์ การศึกษาทางชีวภูมิศาสตร์ และด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล - มนุษย์มีการสืบสายวิวัฒนาการมาเป็นเวลานาน โดยมีหลักฐานที่สนับสนุนจากซากดึกดำบรรพ์ของบรรพบุรุษมนุษย์ที่ค้นพบและจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่นๆ
	๑๓. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน	- ฌอง ลามาร์ก ได้เสนอแนวคิดเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้เข้ากับสภาพแวดล้อม โดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ - ชาลส์ ดาร์วินเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่าเกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยสิ่งมีชีวิต มีแนวโน้มที่จะให้กำเนิดลูกที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวนมาก แต่มีเพียงจำนวนหนึ่งที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สามารถมีชีวิตรอด และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมไปยังรุ่นต่อไปได้
	๑๔. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก	- เมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยกลุ่มประชากรมีขนาดใหญ่ ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างกลุ่มประชากร ไม่เกิดมิวเทชัน สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน และไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ จะทำให้ความถี่ของแอลลีลของลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะผ่านไปกี่รุ่นก็ตาม เป็นผลให้ลักษณะนั้นไม่เกิดวิวัฒนาการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		-การเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือแอลลีลในประชากร เกิดจากปัจจัยหลายประการนำไปสู่การเกิดวิวัฒนาการ
	๑๕. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต	- สปีชีส์ใหม่จะเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างประชากรหนึ่งกับอีกประชากรหนึ่ง ในรุ่นบรรพบุรุษ ทำให้ประชากรทั้งสองมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันและวิวัฒนาการเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่ - ปัจจัยที่ทำให้เกิดสปีชีส์ใหม่อาจเกิดได้ ๒ แนวทาง คือ การเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์และการเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ	- ความหลากหลายทางชีวภาพประกอบด้วย ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ - การแปรผันทางพันธุกรรมทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งสิ่งมีชีวิตใดที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากย่อมทำให้มีโอกาส อยู่รอดเพิ่มขึ้นและสืบทอดลูกหลานต่อไปได้ - สิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติหรือโดยมนุษย์มาเป็นระยะเวลายาวนานหลายชั่วรุ่นซึ่งอาจเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่ ส่งผลให้เกิดความหลากหลายของสปีชีส์ - แหล่งที่อยู่อาศัยแต่ละแหล่งที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่นั้นจะมีองค์ประกอบของปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศ
	๒. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	- จุดเริ่มต้นของวิวัฒนาการของเซลล์เกิดจาก โมเลกุลของสารอินทรีย์ โดยเซลล์รูปแบบแรกที่เกิดขึ้นคือ เซลล์โพรคาริโอต และมีวิวัฒนาการขึ้นมาเป็นเซลล์ยูคาริโอต และจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีโครงสร้างแบบง่ายๆ จนกลายมาเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๓. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์	- แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตพวก โพรคาริโอต ผนังเซลล์มีเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบสำคัญ แบคทีเรียทั่วไปสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต แต่แบคทีเรียบางกลุ่ม เช่น ไซยาโนแบคทีเรียสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง - โพรทิสต์เป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต มีลักษณะหลากหลาย ทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ อาจมีหรือ ไม่มีผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบของเซลล์ - พืชเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวกยูคาริโอต มีผนังเซลล์ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ และมีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พืชสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง - ฟังไจเป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต มีทั้งสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ เซลล์ของฟังไจยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์มีไคทินเป็นองค์ประกอบสำคัญ ฟังไจสร้างอาหารเองไม่ได้และดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต - สัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวกยูคาริโอต ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ต้องได้รับอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ส่วนใหญ่มีระบบย่อยอาหาร บางชนิดอาจเป็นปรสิต สัตว์มีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ - สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาลักษณะต่างๆ คือ เนื้อเยื่อสมมาตร การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์ การเจริญในระยะตัวอ่อน ทำให้อาจแบ่งสัตว์เป็นกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มฟองน้ำ กลุ่มไฮดรา กลุ่มหนอนตัวแบน กลุ่มหอยและหมึก กลุ่มไส้เดือนดิน กลุ่มหนอนตัวกลม กลุ่มสัตว์ที่มีขาเป็นปล้อง กลุ่มดาวทะเลและปลิงทะเล และกลุ่มสัตว์ที่มีโนโทคอร์ด
	๔. อธิบายและยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์ ๕. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่	- การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่เป็นลำดับขั้นต่างๆ เริ่มจากหมวดหมู่ใหญ่แล้วแบ่งเป็นหมวดหมู่ย่อย มีดังนี้ คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จีนัส และสปีชีส์ - ชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้น สปีชีส์ที่ตั้งขึ้นตามระบบทวินามเพื่อใช้ในการระบุถึงสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ให้มีความเข้าใจถูกต้องตรงกัน ประกอบ ด้วย ๒ ส่วน โดยส่วนแรกเป็นชื่อสกุล ส่วนหลังเป็นคำที่ระบุลักษณะพิเศษของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นหรือเป็นคำที่มีความหมายเฉพาะ โดยทั้ง ๒ ส่วนนี้ต้องเป็นภาษาละติน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ไดโคโทมัสคีย์ เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อระบุหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตลำดับขั้นต่างๆ โดยมีหลักเกณฑ์ในการนำลักษณะที่ต่างกันของสิ่งมีชีวิตมาพิจารณาเป็นคู่ - วิทเทเกอร์ เสนอแนวความคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตพวก ยูคาริโอตมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริ-โอต และจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๕ คิงดอม ประกอบ ด้วย มอเนอรา โพรทิสตา พืชฟังไจ และสัตว์ - โวสซ์ และคณะ จำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๓ โดเมน ประกอบด้วย แบคทีเรีย อาร์เคีย และยูคารีอา โดยแนวความคิดการจำแนกสิ่งมีชีวิต แต่ละโดเมนเป็นกลุ่มย่อยจะใช้หลักที่ว่าสิ่งมีชีวิตในกลุ่มเดียวกันมีสายวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการ ตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช	- เนื้อเยื่อพืชแบ่งเป็น ๒ กลุ่มใหญ่ คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร - เนื้อเยื่อเจริญแบ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง - เนื้อเยื่อถาวรเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญ เนื้อเยื่อถาวรอาจแบ่งได้เป็น ๓ ระบบ คือ ระบบเนื้อเยื่อผิว ระบบเนื้อเยื่อพื้น และระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน
	๒. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- รากคือส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ยึดหรือค้ำจุนให้พืชเจริญเติบโตอยู่กับที่ได้ และยังมีหน้าที่สำคัญในการดูดน้ำและธาตุอาหารในดิน เพื่อส่งไปยังส่วนต่างๆ ของพืช

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- โครงสร้างภายในของปลายรากที่ตัดตามยาวประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ แบ่งเป็นบริเวณต่างๆ คือ บริเวณหมวกราก บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว และบริเวณที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญเติบโตเต็มที่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น ๓ ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิส ชั้น คอร์เทกซ์ และชั้นสตีล ในชั้นสตีล จะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตทุติยภูมิ ชั้นเอพิเดอร์มิสจะถูกแทนที่ด้วยชั้นเพริเดิร์ม ซึ่งมีคอร์กเป็นเนื้อเยื่อสำคัญ ชั้นคอร์เทกซ์อาจมีการเปลี่ยนแปลง เกิดเซลล์ที่ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือเกิดเซลล์ที่สะสมอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะมัดท่อลำเลียงจะเปลี่ยนไป เนื่องจากมีการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้น
	๓. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- ลำต้นคือส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือระดับผิวดินถัดขึ้นมาจากรากทำหน้าที่สร้างใบและชูใบ ลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารที่พืชสร้างขึ้นส่งไปยังส่วนต่างๆ - โครงสร้างภายในของลำต้นระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น ๓ ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิส ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล ซึ่งชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและ พืชใบเลี้ยงคู่ - ลำต้นในระยะการเติบโตทุติยภูมิ จะมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นและมีโครงสร้างแตกต่างจากเดิม เนื่องจากมีการสร้างเนื้อเยื่อเพอริเดิร์มและเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเพิ่มขึ้น
	๔. สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง	- ใบมีหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำ ใบของพืชดอกประกอบด้วย ก้านใบ แผ่นใบ เส้นกลางใบ และเส้นใบพืชบางชนิดอาจไม่มีก้านใบ ที่โคนก้านใบอาจพบหรือไม่พบหูใบ - โครงสร้างภายในของใบตัดตามขวางประกอบด้วยเนื้อเยื่อ ๓ กลุ่ม ได้แก่ เอพิเดอร์มิส มีโซฟิลล์ และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๕. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	- พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ปากใบพบได้ที่ใบและลำต้นอ่อน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบพืช ทำให้น้ำภายในใบพืชระเหยเป็นไอออกมาทางรูปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ - ความชื้นในอากาศ ลม อุณหภูมิ สภาพน้ำในดิน ความเข้มของแสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช
	๖. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช ๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- พืชดูดน้ำและธาตุอาหารต่างๆ จากดินโดยเซลล์ ขนรากแล้วลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์เข้าสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในชั้นสตีล ซึ่งเป็นการดูดน้ำจากดินสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในแนวระนาบ และลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของพืชในแนวดิ่ง - ในสภาวะปกติการลำเลียงน้ำจากรากสู่ยอดของพืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ ร่วมกับแรงโคฮีชันแรงแอดฮีชัน - ในภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากจนไม่สามารถเกิดการคายน้ำได้ตามปกติ น้ำที่เข้าไปในเซลล์รากจะทำให้เกิดแรงดันเรียกว่า แรงดันราก ทำให้เกิดปรากฏการณ์กัตเตชัน - พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณและชนิดของธาตุอาหารแตกต่างกัน ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร
	๘. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช	- อาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแหล่งสร้าง จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นซูโครสและลำเลียงผ่านทางท่อโฟลเอ็มโดยอาศัยกลไกการลำเลียงอาหารในพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำไปยังแหล่งรับ
	๙. สืบค้นข้อมูลและสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	- การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มาเป็นลำดับขั้นจนได้ข้อสรุปว่า คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นวัตถุดิบที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่ได้ คือ น้ำตาล ออกซิเจน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๐. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวน การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3	- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี ๒ ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ - ปฏิกิริยาแสงเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี โดยแสงออกซิไดซ์โมเลกุลสารสีที่ไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ATP และ $NADPH^+ H^+$ ในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ - การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดในสโตรมา โดยใช้ RUBP และเอนไซม์รูบิสโก ได้สารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGA โดยใช้ ATP และ NADPH ที่ได้จากปฏิกิริยาแสงไปรีดิวซ์สารประกอบคาร์บอน ๓ อะตอม ได้เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGAL ซึ่งส่วนหนึ่งจะถูกนำไปสร้าง RUBP กลับคืนเป็นวัฏจักร โดยพืช C_3 จะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักร คัลวินเพียงอย่างเดียว
	๑๑. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM	- พืช C_4 ตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ ๒ ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นที่เซลล์มีโซฟิลล์ โดย PEP และเอนไซม์เพบคาร์บอกซิเลส ได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ OAA ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ กรดมาลิก ซึ่งจะถูกลำเลียงไปจนถึงเซลล์บันเดิลชีทและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในคลอโรพลาสต์เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป - พืช CAM มีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายพืช C_4 แต่มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้ง ๒ ครั้งในเซลล์เดียวกัน โดยเซลล์มีการตรึงคาร์บอน-อนินทรีย์ครั้งแรกในเวลากลางคืนและปล่อยออกมาในเวลากลางวันเพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป
	๑๒. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	- ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ธาตุอาหาร อายุใบ
	๑๓. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก	- พืชดอกมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ ประกอบด้วย ระยะที่สร้างสปอร์ เรียก ระยะสปอโรไฟต์ (2N) และระยะที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ เรียก ระยะแกมีโทไฟต์ (N) - ส่วนประกอบของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์โดยตรงคือชั้นเกสรเพศผู้และชั้นเกสรเพศเมีย ซึ่งจำนวนรังไข่เกี่ยวข้องกับการเจริญเป็นผลชนิดต่างๆ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๔. อธิบายและเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก	- พืชดอกสร้างไมโครสปอร์และเมกะสปอร์ ซึ่งอาจสร้างในดอกเดียวกันหรือต่างดอกหรือต่างต้นกัน - การสร้างไมโครสปอร์ของพืชดอกเกิดขึ้นโดยไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ ไมโครสปอร์ โดยไมโครสปอร์นี้แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ ๒ เซลล์ คือ ทิวบ์เซลล์และเจเนอเรทิฟเซลล์ เมื่อมีการถ่ายเรณูไปตกบนยอดเกสรเพศเมีย ทิวบ์เซลล์จะงอกหลอดเรณู และเจเนอเรทิฟเซลล์แบ่งไมโทซิสได้เซลล์สืบพันธุ์ เพศผู้ ๒ เซลล์ - การสร้างเมกะสปอร์เกิดขึ้นภายในออวุลในรังไข่ โดยเซลล์ที่เรียกว่า เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ แบ่งไมโอซิสได้เมกะสปอร์ ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จะเจริญพัฒนาต่อไปได้เพียง ๑ เซลล์ ที่เหลืออีก ๓ เซลล์จะฝ่อ เมกะสปอร์จะแบ่งไมโทซิส ๓ ครั้ง ได้ ๘ นิวเคลียสที่ประกอบด้วย ๗ เซลล์โดยมี ๑ เซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ เรียก เซลล์ไข่ ส่วนอีก ๑ เซลล์มี ๒ นิวเคลียส เรียก โพลาร์นิวคลีไอ - การปฏิสนธิของพืชดอกเป็นการปฏิสนธิคู่ โดยคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มเซลล์หนึ่งกับเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกตซึ่งจะเจริญและพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอ และอีกคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มอีกเซลล์หนึ่งกับโพลาร์นิวคลีไอ ได้เป็นเอนโดสเปิร์มนิวเคลียสซึ่งจะเจริญและพัฒนาต่อไปเป็นเอนโดสเปิร์ม
	๑๕. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล	- ภายหลังการปฏิสนธิ ออวุลจะมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นเมล็ด และรังไข่จะมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นผล - โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย เปลือกเมล็ด เอ็มบริโอ และเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างของผลประกอบด้วย ผนังผล และเมล็ด ซึ่งแต่ละส่วนของโครงสร้างจะมีประโยชน์ต่อพืชเองและต่อสิ่งมีชีวิตอื่น
	๑๖. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	- เมล็ดที่เจริญเต็มที่จะมีการงอกโดยมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง เมล็ดบางชนิดสามารถงอกได้ทันที แต่เมล็ดบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีเพราะอยู่ในสภาพพักตัว

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- เมล็ดบางชนิดมีสภาพพักตัวเนื่องจากมีปัจจัยบางประการที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งสภาพพักตัวของเมล็ดสามารถแก้ไขได้หลายวิธีตามปัจจัยที่ยับยั้ง
	๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลินเอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ๑๘. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่างๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก - แสงสว่าง แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมี และน้ำ เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช - ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายในและสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิต และยืดอายุผลผลิตได้
ม.๖	-	-

๔. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับ การรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ ๒. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของ ไฮดรา และพลานาเรีย	- รามีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนอกเซลล์ ส่วนอะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในฟูดแวคิวโอลโดยเอนไซม์ในไลโซโซม - ฟองน้ำไม่มีทางเดินอาหารแต่จะมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่จับอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์โดยเอนไซม์ในไลโซโซม

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ไฮดราและพลานาเรียมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ จะกินอาหารและขับกากอาหารออกทางเดียวกัน - ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ และสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
	๓. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์	- การย่อยอาหารของมนุษย์ประกอบด้วย การย่อยเชิงกลโดยการบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง และการย่อยทางเคมีโดยอาศัยเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ - การย่อยอาหารของมนุษย์เกิดขึ้นที่ช่องปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก - สารอาหารที่ย่อยแล้ว วิตามินบางชนิด และธาตุอาหารจะถูกดูดซึมที่วิลลัสเข้าสู่หลอดเลือดฝอยแล้วผ่านตับก่อนเข้าสู่หัวใจ ส่วนสารอาหารประเภทลิพิดและวิตามินที่ละลายในไขมันจะถูกดูดซึมเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย - อาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้จะเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ใหญ่ น้ำ ธาตุอาหาร และวิตามินบางส่วนดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้ใหญ่ ที่เหลือเป็นกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก
	๔. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก ๕. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	- ไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น - แมลงมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยผ่านทางท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอย - ปลาเป็นสัตว์น้ำมีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้ปอดและผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊ส - สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอาศัยปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ ๗. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	- ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย ช่องจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม และถุงลมในปอด - ปอดเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ มีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยการแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยเช่นกัน - การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอด โดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง และควบคุมโดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา
	๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด ๙. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนมีการลำเลียงสารต่างๆ โดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม - สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนจะมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด - ระบบหมุนเวียนเลือดมี ๒ แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด - ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดพบในสัตว์จำพวกหอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดพบในไส้เดือนดินและสัตว์มีกระดูกสันหลัง
	๑๐. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ ๑๑. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูก ด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ๑๒. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา ๑๓. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh	- ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด - หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจ และเวนตริเคิลทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ โดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอเตรียมกับเวนตริเคิล และระหว่างเวนตริเคิลกับหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ - เลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออตาร์ อาร์เตอรี อาร์เตอริโอล หลอดเลือดฝอย เวนูลเวน และเวนาคาวาแล้วเข้าสู่หัวใจ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ขณะที่หัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือด ทำให้เกิดความดันเลือดและชีพจร สภาพการทำงานของร่างกาย อายุ และเพศของมนุษย์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความดันเลือดและชีพจร - เลือดมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน - หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็น เลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง และจำแนกตามระบบ RH ได้เป็น เลือดหมู่ RH^+ และ RH^- การให้และรับเลือดมีหลักว่าแอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ และการให้และรับเลือดที่เหมาะสมที่สุดคือผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่ตรงกัน
	๑๔. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และ ต่อมน้ำเหลือง	- ของเหลวที่ซึมผ่านผนังหลอดเลือดฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ เรียกว่า น้ำเหลือง ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงเซลล์ และสามารถแพร่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย ซึ่งต่อมาหลอดน้ำเหลืองฝอยจะรวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้น และเปิดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดที่หลอดเลือดเวนใกล้หัวใจ - ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วย น้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยทำหน้าที่นำน้ำเหลืองกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดต่อมน้ำเหลืองเป็นที่อยู่ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม ที่ลำเลียงมากับน้ำเหลือง
	๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ ๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา ๑๗. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	- กลไกที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมมีอยู่ ๒ แบบ คือ แบบไม่จำเพาะ และแบบจำเพาะ - ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ ที่ผิวหนังช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และเมื่อเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและโมโนไซต์จะมีการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส ส่วนอีโอซิโนฟิลเกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิต เบโซฟิลเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการแพ้ ซึ่งเป็นการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ - การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของลิมโฟไซต์ชนิดเซลล์บีและเซลล์ที

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและตอบสนองของลิมโฟไซต์ประกอบด้วย ต่อมน้ำเหลือง ทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก - การสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของร่างกายมี ๒ แบบ คือ ภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา - การได้รับวัคซีนหรือทอกซอยด์เป็นตัวอย่างของภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้น ด้วยวิธีการให้สารที่เป็นแอนติเจนเข้าสู่ร่างกาย ส่วนภูมิคุ้มกันรับมาเป็นการรับแอนติบอดีโดยตรง เช่น การได้รับซีรัม การได้รับน้ำนมแม่ - เอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง เป็นตัวอย่างของอาการที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ทำงานผิดปกติ
	๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	- อะมีบาและพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีคอนแทรกไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่ในการกำจัดและรักษาดุลยภาพของน้ำและ แร่ธาตุในเซลล์ - ฟองน้ำและไฮดรามีเซลล์ส่วนใหญ่สัมผัสกับน้ำโดยตรง ของเสียจึงถูกกำจัดออกโดยการแพร่สู่สภาพแวดล้อม - พลานาเรียใช้เฟลมเซลล์ซึ่งกระจายอยู่ ๒ ข้าง ตลอดความยาวของลำตัวทำหน้าที่ขับถ่ายของเสีย - ไส้เดือนดินใช้เนฟริเดียม แมลงใช้มัลพิเกียนทิวบูล และสัตว์มีกระดูกสันหลังใช้ไตในการขับถ่ายของเสีย
	๑๙. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย ๒๐. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต ๒๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ	- ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขับถ่ายและรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย - ไตประกอบด้วยบริเวณส่วนนอกที่เรียกว่า คอร์เท็กซ์ และบริเวณส่วนในที่เรียกว่า เมดัลลา และบริเวณส่วนปลายของเมดัลลาจะยื่นเข้าไปจรดกับส่วนที่เป็นโพรงเรียกว่า กรวยไต โดยกรวยไตจะต่อกับท่อไตซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะเพื่อขับถ่ายออกนอกร่างกาย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ไตแต่ละข้างของมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยไต ลักษณะเป็นท่อ ปลายข้างหนึ่งเป็นรูปถ้วย เรียกว่า โบว์แมนส์แคปซูล ล้อมรอบกลุ่มหลอดเลือดฝอยที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส - กลไกในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายประกอบด้วยการกรอง การดูดกลับ และการหลั่งสารที่เกินความต้องการออกจากร่างกาย · โรคนิ่วและโรคไตวายเป็นตัวอย่างของโรคที่เกิดจากความผิดปกติของไต ซึ่งส่งผลกระทบต่อการรักษาดุลยภาพของสารในร่างกาย · นอกจากไตที่ทำหน้ารักษาดุลยภาพของน้ำ แร่ธาตุ และกรด-เบส ผิวหนังและระบบหายใจยังมีส่วนช่วยในการรักษาดุลยภาพเหล่านี้ด้วย
ม.๖	๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง ๒. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท ๓. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท	- สัตว์ส่วนใหญ่มีระบบประสาททำให้สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย และแมลงมีปมประสาทและเส้นประสาท ส่วนสัตว์มีกระดูก สันหลังมีสมอง ไขสันหลัง ปมประสาท และเส้นประสาท - หน่วยทำงานของระบบประสาท คือ เซลล์ประสาท ซึ่งประกอบด้วยตัวเซลล์ และเส้นใยประสาทที่ทำหน้าที่รับและส่งกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรต์และแอกซอน ตามลำดับ - เซลล์ประสาทจำแนกตามหน้าที่ ได้เป็น เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทสั่งการ และเซลล์ประสาทประสานงาน - เซลล์ประสาทจำแนกตามรูปร่างได้เป็น เซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทขั้วเดียวเทียม เซลล์ประสาทสองขั้ว และเซลล์ประสาทหลายขั้ว - กระแสประสาทเกิดจากการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเดนไดรต์และแอกซอน ทำให้มีการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์ประสาทหรือ เซลล์อื่นๆ ผ่านทางไซแนปส์ - ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งได้เป็น ๒ ระบบตามตำแหน่งและโครงสร้าง คือ ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมองและไขสันหลัง และระบบประสาทรอบนอก ได้แก่ เส้นประสาทสมองและเส้นประสาท ไขสันหลัง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๔. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก ๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนวัติ	- สมองแบ่งออกเป็น ๓ ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง สมองแต่ละส่วนจะควบคุมการทำงานของร่างกายแตกต่างกัน โดยมีเส้นประสาทที่แยกออกจากสมอง ๑๒ คู่ ไปยังอวัยวะต่างๆ ซึ่งบางคู่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่สมอง หรือนำคำสั่งจากสมองไปยังหน่วยปฏิบัติงาน หรือทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง - ไขสันหลังเป็นส่วนที่ต่อจากสมองอยู่ภายในกระดูกสันหลัง และมีเส้นประสาทแยกออกจากไขสันหลังเป็นคู่ ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการตอบสนองโดยไขสันหลัง เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์ชนิดต่างๆ และการถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างไขสันหลังกับสมอง - เส้นประสาทไขสันหลังทุกคู่จะทำหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลังและนำคำสั่งออกจากไขสันหลัง - ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการแบ่งเป็น ระบบประสาทโซมาติกซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง และระบบประสาทอัตโนวัติ ซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ และต่อมต่างๆ - ระบบประสาทอัตโนวัติแบ่งการทำงานเป็น ๒ ระบบ คือ ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานตรงกันข้ามเพื่อรักษาดุลยภาพของกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย
	๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกัน และรักษา ๘. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวีย และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง	- ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เป็นอวัยวะรับความรู้สึกที่รับสิ่งเร้าที่แตกต่างกัน จึงมีความสำคัญที่ควรดูแล ป้องกัน และรักษาให้สามารถทำงานได้เป็นปกติ - ตาประกอบด้วยชั้นสเคลอรา โครอยด์และเรตินา เลนส์ตาเป็นเลนส์นูนอยู่ถัดจากกระจกตา ทำหน้าที่รวมแสงจากวัตถุไปที่เรตินาซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับแสงและเซลล์ประสาทที่นำกระแสประสาทสู่สมอง - หูประกอบด้วย ๓ ส่วน คือ หูส่วนนอก หูส่วน กลาง และหูส่วนใน ภายในหูส่วนในมีคอเคลีย ซึ่งทำหน้าที่รับและเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นกระแสประสาท นอกจากนี้ยังมีเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนลทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย - จมูกมีเซลล์ประสาทรับกลิ่นอยู่ภายในเยื่อบุจมูก ที่เป็นตัวรับสารเคมีบางชนิดแล้วเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ลิ้นทำหน้าที่รับรส โดยมีตุ่มรับรสกระจาย อยู่ทั่วผิวลิ้นด้านบน ตุ่มรับรสมีเซลล์รับรสอยู่ภายใน เมื่อเซลล์รับรสถูกกระตุ้นด้วยสารเคมีจะกระตุ้นเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง - ผิวหนัง มีหน่วยรับสิ่งเร้าหลายชนิด เช่น หน่วยรับสัมผัส หน่วยรับแรงกด หน่วยรับความเจ็บปวด หน่วยรับอุณหภูมิ
	๙. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก	- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาซึม บางชนิดใช้แฟลเจลลัมหรือซิเลียในการเคลื่อนที่ - สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงกะพรุน เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและแรงดันน้ำ - หมึกเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ทำให้น้ำภายในลำตัวพ่นออกมาทางไซฟอน ส่วนดาวทะเลใช้ระบบท่อน้ำในการเคลื่อนที่ - ไส้เดือนดินมีการเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม - แมลงเคลื่อนที่โดยใช้ปีกหรือขา ซึ่งมีกล้ามเนื้อภายในเปลือกหุ้มทำงานในสภาวะตรงกันข้าม - สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลา เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ยึดติดอยู่กับกระดูกสันหลังทั้ง ๒ ข้าง ทำงานในสภาวะตรงกันข้าม และมีครีบที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ช่วยโบกพัดในการเคลื่อนที่ ส่วนนกเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของ กล้ามเนื้อกดปีกกับกล้ามเนื้อยกปีกซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม
	๑๐. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ๑๑. สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์	- มนุษย์เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อซึ่งยึดกันด้วยเอ็นยึดกระดูก - บริเวณที่กระดูกตั้งแต่ ๒ ชิ้นมาต่อกัน เรียกว่า ข้อต่อ และยึดกันด้วยเอ็นยึดข้อ - กระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่ใช้ค้ำจุนและทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย แบ่งตามตำแหน่งได้เป็นกระดูกแกนและกระดูกรยางค์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็น กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อทั้ง ๓ ชนิดพบในตำแหน่งที่ต่างกันและมีหน้าที่แตกต่างกัน - กล้ามเนื้อโครงร่างส่วนใหญ่ทำงานร่วมกันเป็นคู่ๆ ในสภาวะตรงกันข้าม
	๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์	- การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ เช่น การแตกหน่อและการงอกใหม่ - การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากการรวมนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายในสัตว์บางชนิดมี ๒ เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว
	๑๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง ๑๔. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์	- การสืบพันธุ์ของมนุษย์มีกระบวนการสร้างสเปิร์มจากเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมภายในอัณฑะ และกระบวนการสร้างเซลล์ไข่จากเซลล์โอโอโกเนียมภายในรังไข่ - อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วยอัณฑะทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่นๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงสเปิร์ม และสารหล่อลื่นท่อปัสสาวะ - อัณฑะประกอบด้วยหลอดสร้างสเปิร์ม ซึ่งภายในมีเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมที่เป็นเซลล์ตั้งต้นของกระบวนการสร้างสเปิร์ม - อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิงประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด รังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอร์โมนเพศหญิง - กระบวนการสร้างสเปิร์มเริ่มต้นจากสเปอร์มาโท-โกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ สเปอร์มาโท-โกเนียมจำนวนมากซึ่งต่อมาบางเซลล์พัฒนาเป็น สเปอร์มาโทไซต์ระยะแรก โดยสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้สเปอร์มาโท-ไซต์ระยะที่สองซึ่งจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ได้สเปอร์มาทิดตามลำดับ จากนั้นพัฒนาเป็นสเปิร์ม

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้โอโอโกเนียมซึ่งจะพัฒนาเป็นโอโอไซต์ระยะแรก แล้วแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้โอโอไซต์ระยะที่สองซึ่งจะเกิดการตกไข่ต่อไป เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซต์ระยะที่สองจะแบ่งแบบไมโอซิส II แล้วพัฒนาเป็นเซลล์ไข่ - การปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ได้ไซโกต ซึ่งจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและไปฝังตัวที่ผนังมดลูกจนกระทั่งครบกำหนดคลอด
	๑๕. อธิบายการเจริญ เติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์	- การเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น กบ ไก่ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จะเริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ของไซโกต การเกิดเนื้อเยื่อเอ็มบริโอ ๓ ชั้น คือ เอกโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม การเกิดอวัยวะโดยมีการเพิ่มจำนวน ขยายขนาด และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ซึ่งพัฒนาการของอวัยวะต่างๆ จะทำให้มีการเกิดรูปร่างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด - การเจริญเติบโตของมนุษย์จะมีขั้นตอนคล้ายกับการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอื่นๆ โดยเอ็มบริโอจะฝังตัวที่ผนังมดลูก และมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรก
	๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	- ฮอร์โมนเป็นสารชีวโมเลกุลที่ควบคุมสมดุลต่างๆ ของร่างกาย โดยผลิตจากต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อ โดยต่อมไร้ท่อนี้จะกระจายอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ ทั่วร่างกาย - ต่อมไร้ท่อที่สร้างหรือหลั่งฮอร์โมนไม่มีท่อในการลำเลียงฮอร์โมนออกจากต่อม จึงถูกลำเลียงโดยระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายที่จำเพาะเจาะจง - ต่อมไพเนียลสร้างเมลาโทนินซึ่งยับยั้งการเจริญ เติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงในรอบวัน - ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างและหลั่งโกรทฮอร์โมน โพรแลกทิน ACTH TSH FSH LH เอนดอร์ฟิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ต่อมใต้สมองส่วนหลังหลั่งฮอร์โมนซึ่งสร้างจากไฮโพทาลามัส คือ ADH และออกซิโทซิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน - ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินซึ่งควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย และสร้างแคลซิโทนิน ซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ - ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราทอร์โมนซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ - ตับอ่อนมีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอินซูลินและกลูคากอน ซึ่งควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติ - ต่อมหมวกไตส่วนนอกสร้างกลูโคคอร์ติคอยด์มิเนราโลคอร์ติคอยด์ และฮอร์โมนเพศ ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ส่วนต่อมหมวกไตส่วนในสร้างเอพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟริน ซึ่งมีหน้าที่เหมือนกัน - อัณฑะมีกลุ่มเซลล์สร้างเทสโทสเทอโรน ส่วนรังไข่มีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอีสโทรเจนและโพรเจสเทอโรนซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน - เนื้อเยื่อบางบริเวณของอวัยวะ เช่น รก ไทมัส กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก สามารถสร้างฮอร์โมนได้หลายชนิด ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน - การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ มีทั้งการควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้งและการควบคุมแบบป้อนกลับกระตุ้น เพื่อรักษาดุลยภาพของร่างกาย - ฟีโรโมนเป็นสารเคมีที่ผลิตจากต่อมมีท่อของสัตว์ซึ่งส่งผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกัน
	๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์ ๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท ๑๙. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม	- พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม - พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น โอเรียนเตชัน (แทกซิสและไคนีซิส) รีเฟล็กซ์ และฟิกแอกชันแพทเทิร์น - พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบ่งได้เป็นแฮบบิชูเอชัน การฝังใจ การเชื่อมโยง (การลองผิดลองถูกและการมีเงื่อนไข) และการใช้เหตุผล

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ระดับการแสดงพฤติกรรมที่สัตว์แต่ละชนิดแสดงออกจะแตกต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการของระบบประสาทที่แตกต่างกัน - การสื่อสารเป็นพฤติกรรมทางสังคมแบบหนึ่ง ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสื่อสารด้วยท่าทาง การสื่อสารด้วยเสียง การสื่อสารด้วยสารเคมี และการสื่อสารด้วยการสัมผัส
ม.๖	-	-

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและ การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.๔	-	-
ม.๕	-	-
ม.๖	๑. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ ๒. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน ๓. สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพเพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส	- ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้ต้องมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้น กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสาร การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพที่เรียกว่า โซ่อาหาร สายใยอาหาร และพีระมิดทางนิเวศวิทยา - พลังงานที่ถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปความร้อนระหว่างการถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศบางครั้งอาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตด้วย เรียกว่า การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน ซึ่งอาจมีระดับความเข้มข้นของสารพิษมากขึ้นตามลำดับขั้นของการกิน จนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต - สารต่างๆ ในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นผ่านทั้งในสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต กลับคืนสู่ระบบอย่างเป็นวัฏจักร เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักร กำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
	๔. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก	- ไบโอมคือระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก เช่น ไบโอมทุนดรา ไบโอมสะวันนา ไบโอมทะเลทราย โดยแต่ละไบโอมจะมีลักษณะเฉพาะของปัจจัยทางกายภาพ ชนิดของพืชและชนิดของสัตว์
	๕. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ	- ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ระบบนิเวศสามารถปรับสมดุลได้ แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางชีวภาพในระบบนิเวศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตขึ้น - การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยามีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยน แปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ
	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่างและสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด ๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก ๘. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร	- ประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะหลายประการที่เป็นลักษณะเฉพาะ เช่น ขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร อัตราส่วนระหว่างเพศ อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า การอพยพออกของประชากร และการรอดชีวิตของสมาชิกที่มีอายุต่างกัน - ลักษณะเฉพาะของประชากรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ - การเพิ่มประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วแบบทวีคูณ - การเพิ่มประชากรแบบลอจิสติกเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือมีตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมมาเกี่ยวข้อง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร และปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร - ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลหลังจากการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมเป็นต้นมา
	๙. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา	- ปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์และยังไม่ได้รับการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ - การตรวจสอบคุณภาพน้ำนิยมใช้การหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ - การจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรมีการวางแผนการใช้น้ำ การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างถูกต้อง
	๑๐. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทาง การแก้ไขปัญหา	- การปนเปื้อนของสารเคมี ฝุ่นละออง และจุลินทรีย์ต่างๆ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเกิดได้ทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ - การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น การเกิดพายุ การเกิดไฟป่า และการเกิดแก๊สพิษจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ - การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในรูปแบบต่างๆ - การจัดการทรัพยากรอากาศควรประกอบด้วยการกำหนดนโยบาย และวางแผนงานเพื่อป้องกันและแก้ไข รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการดูแลรักษาคุณภาพอากาศ
	๑๑. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	- มลพิษทางดินและปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน ส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ - การจัดการทรัพยากรดินเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรมีการป้องกันและการแก้ปัญหาการเกิดมลพิษและความเสื่อมโทรมของดิน รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้ดินอย่างถูกต้อง

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	๑๒. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลาย ป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้	- พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงอาจมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรืออาจมีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อครอบครองที่ดิน การเผาป่า การทำเหมืองแร่ - พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทำให้ภูมิประเทศมีสภาพแห้งแล้ง เกิดอุทกภัย เกิดการพังทลายของดิน ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่ง นอกจากนี้ทำให้สัตว์ป่าและพืชพรรณธรรมชาติลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์ได้ - การจัดการทรัพยากรป่าไม้ควรจัดการให้มีทรัพยากรคงอยู่อย่างยั่งยืนหรือเพิ่มขึ้น เช่น การกำหนดพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ส่งเสริมการปลูกป่า ป้องกันการบุกรุกป่า การใช้ไม้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการปลูกจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้
	๑๓. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า	- การลดจำนวนลงของสัตว์ป่าเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ คือ การทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยลดลงและการล่าสัตว์ป่า - การจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าควรมีการดำเนินการให้มีพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอยู่อาศัยอย่างเพียงพอ รวมทั้งการไม่ทำร้ายสัตว์ป่าหรือทำให้สัตว์ป่าลดจำนวนลง รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกให้ช่วยกันอนุรักษ์

เนื่องจากหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมตัวชี้วัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ครบทุกผลการเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้วก็สามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ และวิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียน ในการนี้จึงได้มีการเทียบเคียงตัวชี้วัดในสาระพื้นฐานและผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติมไว้ให้ ดังนี้

- สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ กับ สาระชีววิทยา
- สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ กับ สาระเคมี และสาระฟิสิกส์
- สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ กับ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

การเทียบเคียงตัวชี้วัดในสาระพื้นฐานวิทยาศาสตร์ชีวภาพและผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติมชีววิทยา

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนาความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๑. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอม และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ	**ข้อ ๕.** เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา **ผลการเรียนรู้ ม.๖** ๔. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก
๒. สืบค้นข้อมูล อภิปรายสาเหตุ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	๕. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ
๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่างและสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด ๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก ๘. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร
๔. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม	๙. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา ๑๐. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา ๑๑. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
	๑๒. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจาก การทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลาย ป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้ ๑๓. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจานวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า
มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๑. อธิบายโครงสร้างและสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับการลำเลียงสาร และเปรียบเทียบการลำเลียงสาร ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบต่าง ๆ	**ข้อ ๑.** เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ **ผลการเรียนรู้ ม.๔** ๑๑. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ ๑๓. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส ๑๔. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต ๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส
มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๒. อธิบายการควบคุมดุลยภาพของน้ำและสารในเลือดโดยการทำงานของไต	**ข้อ ๔.** เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ผลการเรียนรู้ ม.๕** ๑๙. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
๓. อธิบายการควบคุมดุลยภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไตและปอด	๒๐. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต ๒๑. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ
๔. อธิบายการควบคุมดุลยภาพของอุณหภูมิภายในร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด ผิวหนัง และกล้ามเนื้อโครงร่าง	๑๐. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ ๑๑. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูก ด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
๕. อธิบายและเขียนแผนผังเกี่ยวกับการตอบสนองของร่างกายแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างโรคหรืออาการที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน ๗. อธิบายภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อ HIV	๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ ๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา ๑๗. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง
มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๘. ทดสอบและบอกชนิดของสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้ ๙. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และ ยกตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชบางชนิดสร้างขึ้น	**ข้อ ๑.** เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้าง และหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ **ผลการเรียนรู้ ม.๔** ๔. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ๗. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลิอิกและความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทางานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๑๐. ออกแบบการทดลอง ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	**ข้อ ๓.** เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลาเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ผลการเรียนรู้ ม.๕** ๑๒. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
๑๑. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และยกตัวอย่างการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรของพืช	๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร
๑๒. สังเกตและอธิบายการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิต	๑๘. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรม	**ข้อ ๒.** เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ผลการเรียนรู้ ม.๔** ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจาลอง DNA ๗. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ๘. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล

ตัวชี้วัดในสาระพื้นฐาน	ผลการเรียนรู้ในสาระเพิ่มเติม
๒. อธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเปิลแอลลีล	๓. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ๕. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ
๓. อธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ๔. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำมิวเทชันไปใช้ประโยชน์	๙. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน
๕. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	๑๐. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ๑๑. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยี ทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม
มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.๔** ๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ	**ข้อ ๒.** เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ผลการเรียนรู้ ม.๖** ๑. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

๕. คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

ผู้เรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ของ ๔ สาระเพิ่มเติม มีคุณภาพดังนี้

- เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
- เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย โพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์
- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์
- เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า
- เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

- เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัม และการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
- เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี
- เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพยุง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค
- เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาและการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์
- เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศแรงคอริออลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูดและผลที่มีต่อภูมิอากาศปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ
- เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์

วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการแพรัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคพเลอร์และกฎความโน้มถ่วงของนิวตันโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ
- วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ
- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้
- แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

๖. ทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ ๒๑ นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันท่วงที ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ และด้านทักษะอื่น ๆ ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้ นักคิด เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ ๒๑ อย่างมีคุณค่า

ทักษะสำคัญที่ผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะค้นหา ผ่านการสังเกต ทดลอง สร้างแบบจำลอง และวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูล สารสนเทศและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Padilla, 1990; วรรณทิพา, ๒๕๔๐) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

- **ทักษะการสังเกต (Observing)**

  เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลาย ๆ อย่างเข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือจากการทดลองโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ประสาทสัมผัสทั้ง ๕ อย่าง ได้แก่ การดู การฟังเสียง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส

- **ทักษะการวัด (Measuring)**

  เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ จากเครื่องมือที่เลือกใช้ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็ว พร้อมระบุหน่วยของการวัดได้อย่างถูกต้อง

- **ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)**

  เป็นความสามารถในการคาดเดาอย่างมีหลักการเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูล (Data) หรือสารสนเทศ (Information) ที่เคยเก็บรวบรวมไว้ในอดีต

- **ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)**

  เป็นความสามารถในการแยกแยะ จัดพวกหรือจัดกลุ่มสิ่งต่างๆ ที่สนใจ เช่น วัตถุ สิ่งมีชีวิต ดาวและเทหวัตถุต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถในการเลือกและระบุเกณฑ์หรือลักษณะร่วมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการจำแนก

- **ทักษะการหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา**
  (Relationship of Space and Time)

  สเปซคือพื้นที่ที่วัตถุครอบครอง ในที่นี้อาจเป็นตำแหน่ง รูปร่าง รูปทรงของวัตถุ สิ่งเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ (Relationship between Space and Space)	เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุต่าง ๆ ครอบครอง
การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา (Relationship between Space and Time)	เป็นความสามารถในการหาความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ที่วัตถุครอบครองเมื่อเวลาผ่านไป

- **ทักษะการใช้จำนวน (Using Number)**

  เป็นความสามารถในการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน และการคำนวณเพื่อบรรยายหรือระบุรายละเอียดเชิงปริมาณของสิ่งที่สังเกตหรือทดลอง

- **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล**
  (Organizing and Communicating Data)

  เป็นความสามารถในการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง จากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถในการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ วงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลมากขึ้น

- **ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)**

  เป็นความสามารถในการบอกผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ สถานการณ์ การสังเกต การทดลองที่ได้จากการสังเกตแบบรูปของหลักฐาน (Pattern of Evidence) การพยากรณ์ที่แม่นยำจึงเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก และการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

- **ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)**

  เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่รู้มาก่อน หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีมาก่อน การตั้งสมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความ ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งอาจเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ก็ได้

- **ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally)**

  เป็นความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลอง หรือที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

- **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)**

  เป็นความสามารถในการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่ ให้สอดคล้องกับสมมติฐานของการทดลองรวมถึงความสามารถในการระบุและควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น แต่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง หากไม่ควบคุมให้เหมือนกันหรือเท่ากัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนี้

ตัวแปรต้น (Independent Variable)	สิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงต้องจัดสถานการณ์ให้มีสิ่งนี้แตกต่างกัน
ตัวแปรตาม (Dependent Variable)	สิ่งที่เป็นผลจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกันและเราต้องสังเกต วัด หรือติดตามดู
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ (Controlled Variable)	สิ่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการจัดสถานการณ์ จึงต้องจัดสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันหรือเท่ากัน เพื่อให้มั่นใจว่าผลจากการจัดสถานการณ์เกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

- **ทักษะการทดลอง** (Experimenting)

  การทดลองประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการทดลองจึงเป็นความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบและสอดคล้องกับคำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วน และเที่ยงตรง

- **ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป** (Interpreting and Making Conclusion)

  ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยาย ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

- **ทักษะการสร้างแบบจำลอง** (Formulating Models)

  ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21st Century Skills)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ หมายถึงกลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงานที่เชื่อว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะนี้เป็นผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (Partnership for 21st Century Learning, 2009) โดยกรอบความคิดนี้นำเสนอทั้งส่วนของผลลัพธ์ของผู้เรียน และระบบสนับสนุนต่าง ๆ ดังอธิบายได้ตามภาพที่ ๕



ภาพที่ ๕ กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ ๒๑
ปรับปรุงจาก P21 Framework for 21st Century Learning (Partnership for 21st Century Learning, 2009)

การที่จะประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและฝึกฝนวิทยาการความรู้และทักษะต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการใช้ชีวิตและอาชีพ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อต่าง ๆ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วนเป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองโลกทุกวันนี้ นอกจากนี้ยังต้องมีรูปแบบและวิธีการประเมินการเรียนรู้และทักษะเหล่านี้อย่างสอดคล้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะเหล่านี้สามารถทำได้โดยผสมผสานบูรณาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสถานศึกษาจำเป็นต้องมีการจัดระบบต่าง ๆ เช่น หลักสูตรสถานศึกษา สื่อการจัดการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้ส่งเสริม สนับสนุนการเรียนรู้ด้านวิชาการต่าง ๆ ให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนรู้อย่างมีความสุข และเห็นประโยชน์ของการหมั่นเพียรเรียนรู้และฝึกฝนเพื่อพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นเหล่านี้และประสบความสำเร็จในอนาคต

กรอบความคิดนี้ยังอธิบายว่า ผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรอบรู้ที่บูรณาการกันระหว่างความรู้ในวิชาการและทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคลแห่งศตวรรษที่ ๒๑ จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่การเป็นผู้มีด้านความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์สื่อสารและทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ (21st Century Student Outcomes)

องค์ประกอบสำคัญที่เป็นผลลัพธ์ของผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ประกอบด้วย ความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี

ผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับผู้เรียนด้านความรู้และเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับศตวรรษที่ ๒๑ ผู้เรียนแห่งศตวรรษนี้จำเป็นต้องมีความรอบรู้ เรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ ๒๑ ผู้สอนจึงต้องออกแบบและจัดการเรียนรู้ที่มีการผนวกหรือบูรณาการเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับศตวรรษที่ ๒๑ ไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือหลักสูตรสถานศึกษา เช่น การตระหนักต่อโลกความรอบรู้ในเรื่องการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจและการประกอบการ ความรอบรู้ในเรื่องหน้าที่พลเมือง สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านศาสตร์วิทยาการต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนในศตวรรษนี้ ได้แก่

- ภาษาอังกฤษ ทั้งด้านการอ่าน และความงดงามของภาษา
- ภาษาต่าง ๆ ในโลก
- ศิลปะ
- ภูมิศาสตร์
- ประวัติศาสตร์
- วิทยาศาสตร์
- คณิตศาสตร์
- เศรษฐศาสตร์
- การปกครองและหน้าที่พลเมือง

ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากผลลัพธ์ด้านความรู้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ ควรมีสมรรถนะที่จำเป็นอีก ๓ ด้าน ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ความรอบรู้และสมรรถนะด้านทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะสารสนเทศ สื่อมีเดียและเทคโนโลยี ราชบัณฑิตยสถานได้ระบุทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ที่สอดคล้องกับสมรรถนะที่ควรมีในพลเมืองยุคใหม่รวม ๗ ด้าน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ๒๕๕๘; ราชบัณฑิตยสถาน, ๒๕๕๗) ดังนี้

๑. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving)

เป็นความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ การคิดอย่างเป็นระบบ การประเมินและการตัดสินใจ และการแก้ปัญหา

- **การคิดอย่างมีวิจารณญาณ** (Critical Thinking)

  หมายถึง การคิดโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ มีการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์และประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลาย สังเคราะห์ แปลความหมาย และจัดทำข้อสรุป สะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้

- **การแก้ปัญหา** (Problem Solving)

  หมายถึง การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ ได้โดยอาจใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้ว หรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่ มาใช้แก้ปัญหาก็ได้ นอกจากนี้ยังรวมถึงการซักถามเพื่อทำความเข้าใจมุมมองที่แตกต่างหลากหลายเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ดีมากขึ้น

๒. ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information, and Media Literacy)

หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึง การจัดการ การประเมินและการใช้งานสารสนเทศอย่างมีประสิทธิผล (เวลาในการเข้าถึงสื่อ) และประสิทธิภาพ (การเข้าถึงและใช้งานแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย) รวมถึงความสามารถในการผลิตและใช้สื่อเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่นอย่างถูกต้อง เหมาะสม ประกอบด้วย

๑. สามารถเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง เหมาะสมเพื่อสร้างสื่อได้ตรงตามวัตถุประสงค์รวมถึงสามารถสื่อสารความคิดผ่านสื่อข้อความหรือสื่อรูปแบบอื่น

๒. เข้าใจวัตถุประสงค์ของการสร้างสื่อข้อความรวมถึงวิธีการสร้างสื่อนั้น ๆ

๓. เข้าใจอิทธิพลของความเชื่อและวัฒนธรรมต่อสื่อรูปแบบต่าง ๆ และผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม

๔. เข้าใจข้อตกลง ข้อกำหนด และกฎหมายในการใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ การใช้ลิขสิทธิ์ด้านสารสนเทศและสื่อของผู้อื่นโดยชอบธรรม

๓. ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

เป็นการแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับคนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกียรติ มีความยืดหยุ่นและยินดีที่จะประนีประนอม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการทำงาน พร้อมทั้งยอมรับและแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน และเห็นคุณค่าของผลงานที่พัฒนาขึ้นจากสมาชิกแต่ละคนในทีม

๔. ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

เป็นความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม

- **การสร้างสรรค์ (Creativity)** หมายถึง การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างสรรค์แนวคิด เช่น การระดมพลังสมอง รวมถึงความสามารถในการพัฒนาต่อยอดแนวคิดเดิมหรือได้แนวคิดใหม่ และความสามารถในการกลั่นกรอง ทบทวน วิเคราะห์ และประเมินแนวคิด เพื่อปรับปรุงให้ได้แนวคิดที่จะส่งผลให้ความพยายามอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นไปได้มากที่สุด
- **การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)** หมายถึง การพัฒนาและการนำผลงานไปใช้ แล้วสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพให้ผู้อื่นเข้าใจ การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อทัศนคติใหม่และหลากหลาย การนำแนวคิด และข้อสะท้อนกลับของกลุ่มมาใช้ในการทำงาน การแสดงให้เห็นถึงการนำแนวคิดแปลกใหม่ สร้างสรรค์มาใช้ในการทำงาน และการนำความเข้าใจถึงข้อจำกัดต่าง ๆ มาปรับใช้เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังรวมถึงการเป็นผู้มีมุมมองและความเข้าใจว่าความล้มเหลวเป็นโอกาสแห่งการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ผลงานและการสร้างนวัตกรรมเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาและระหว่างกระบวนการสร้างผลงาน จะพบความผิดพลาดมากกว่าความสำเร็จ สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร
- **การนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)** หมายถึง การปฏิบัติตามแนวคิดเพื่อสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ให้เกิดขึ้นจริงให้ได้ซึ่งจะนำไปสู่ผลงานที่เป็นนวัตกรรมในที่สุด

๕. ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy)

หมายถึงทักษะและความชำนาญในการนำเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการที่เกี่ยวกับดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดแวร์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สื่อออนไลน์ จนกระทั่งฐานข้อมูลออนไลน์มาใช้ในการทำงานเพื่อการสืบค้น การรวบรวม การจัดการ การประมวลผล การประเมินความถูกต้อง และการสื่อสารและนำเสนอสารสนเทศเพื่อพัฒนากระบวนการทำงานให้ทันสมัย และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ทักษะในด้านนี้ยังรวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร สามารถใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานคอมพิวเตอร์ การใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

๖. ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (Career and Learning Self–Reliance)

หมายถึง ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และทำงานในยุคปัจจุบันอย่างมีคุณภาพ ทักษะที่สำคัญในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

- **ความยืดหยุ่นและการปรับตัว** (Flexibility and Adaptability) เพื่อให้เข้ากับภาวะการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รวมถึงภาวะที่มีทรัพยากรจำกัดในยุคปัจจุบันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผนการทำงานที่วางไว้ พลเมืองในศตวรรษที่ ๒๑ จึงต้องมีความยืดหยุ่นและสามารถปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อให้เข้ากับบริบทและเงื่อนไขของการทำงานที่เปลี่ยนแปลง และสามารถนำความเห็นที่แตกต่างมาทำความเข้าใจ และสร้างดุลยภาพเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้
- **การริเริ่มและการกำกับดูแลตัวเอง** (Initiative and Self-Direction) ทักษะนี้หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการทำงานได้ด้วยตนเองและมองเห็นโอกาสในการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิผลและขยายความเชี่ยวชาญของตนเองได้ ความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย จัดการเวลาและภาระงานของตนเอง และความสามารถในการชี้นำตนเองและพัฒนาตนเองโดยการทบทวนจากประสบการณ์ที่ผ่านมา (วิจารณ์, ๒๕๕๕; เบลลันกาและแบรนต์, ๒๐๑๐ / ๒๕๕๖)

๗. ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross–Cultural Understanding)

ทักษะในด้านนี้หมายถึง ความสามารถในการทำงานและดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่คนมีความคิดเห็นและความเชื่อหลากหลายโดยไม่รู้สึกแปลกแยก เคารพความแตกต่างทางวัฒนธรรม สามารถยอมรับและตอบสนองความคิดเห็นที่แตกต่างในเชิงบวก นำไปสู่การสร้างแนวคิดหรือวิธีการทำงานใหม่ได้

๗. จิตวิทยาศาสตร์

จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind or Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิดในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ การกระทำ และการแสดงออกทางพฤติกรรมต่อความรู้หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความชอบ สนใจที่จะเรียนรู้ ตลอดจนมีความรู้สึกที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เพราะจะส่งผลต่อความรู้สึก นึกคิด และทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์และการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเป็นผู้ที่เชื่อมั่น ยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอย่างมีคุณธรรมและมีคุณค่า โดยจิตวิทยาศาสตร์จะครอบคลุมเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitudes Towards Sciences)

เป็นความรู้สึก ความเชื่อ และการยึดถือของบุคคล ในคุณค่าของงานด้านวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลกระทบในด้านต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตนเองและต่อสังคม ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว เช่น ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)

เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการคิดแบบวิทยาศาสตร์ ความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หรือการแสดงออกถึงการมีจิตใจที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Kozlow,M.J. & Nay, M.A., 1976)

- **การใช้วิจารณญาณ** (Critical-Mindedness)

  ค้นหาและยอมรับการไม่สอดคล้องกันของข้อมูลที่สืบเสาะได้กับความเชื่อหรือความรู้ที่มีมา รวบรวมแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัย แล้วพยายามวิเคราะห์และให้เหตุผลแต่ละข้อมูลก่อนประเมินและตัดสินใจ

- **ความรอบคอบ** (Suspended Judgement)

  ไม่แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่าง ๆ จนกว่าจะลงมือทำการสืบเสาะค้นหา พร้อมทั้งยอมรับและเห็นคุณค่าของการสร้าง หรือคัดค้านในข้อจำกัดของข้อสรุปหรือทฤษฎี สรุปหรืออธิบายในขอบเขตของหลักฐานที่ปรากฏเท่านั้น

- **ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน** (Respect for Evidence)

  พยายามสืบเสาะค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต การทดลองหรือการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้สนับสนุนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้โต้แย้งกับคำอธิบายที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้องกับคำอธิบายของตนเอง

- **ความซื่อสัตย์** (Honesty)

  เก็บรวบรวมหลักฐานให้มากที่สุด รายงานหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อมูลเพิ่มเติมอื่น ๆ ทุกรายการ แม้ว่าบางข้อมูล จะขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน โดยยอมรับงานของผู้อื่นอย่างเปิดเผย

- **วัตถุวิสัย** (Objectivity)

  แปลความหมายข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักฐานอย่างเที่ยงตรง ปราศจากอคติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุกมิติทั้งด้านที่สนับสนุนและขัดแย้งกับสมมติฐานหรือสิ่งที่พยากรณ์ไว้ และไม่นำความเชื่อส่วนตัวหรือความรู้ที่มีอยู่มามีอิทธิพลเหนือการแปลความหมายข้อมูล

- **การยอมรับความเห็นต่าง** (Willingness to Change Opinions)

  ยอมรับความเห็นหรือแนวคิดที่มีประจักษ์พยานและเหตุผลที่แตกต่างจากตนเอง แสดงการยอมรับว่าทุกสมมติฐาน ข้อสรุป แนวคิด หรือทฤษฎีต่าง ๆ ไม่มีความแน่นอน มีข้อจำกัด ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยินดีเปลี่ยนแปลงสมมติฐานหรือแนวคิดตามหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลที่ถูกต้องมากกว่า

- **ความใจกว้าง** (Open-Mindedness)

  คิดพิจารณาทางเลือกอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งยินดีรับฟัง และประเมินแนวคิดต่าง ๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

- **ความอยากรู้อยากเห็น** (Questioning Attitude)

  กระตือรือร้นในการสืบเสาะค้นหาความรู้ตามที่สงสัย หรือแนวคิดที่ขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องกันกับแนวคิดของตนเอง ตั้งคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะค้นหาคำตอบ หรือตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือแนวคิดที่แตกต่างนั้น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะค้นหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ

- **ความมุ่งมั่นอดทน** (Tolerance of Uncertainty)

  ไม่ย่อท้อในการค้นหาข้อมูล หลักฐาน เพื่อนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือสิ่งที่สงสัย แสดงความเข้าใจและยอมรับว่าความไม่แน่นอน ความไม่ชัดเจนสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ สามารถเข้าใกล้ความจริงทางธรรมชาติ แต่ยังไม่สิ้นสุด จึงต้องมุ่งมั่นในการสืบเสาะค้นหาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ท้อถอย

๘. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑

• แนวการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ มาตรา ๒๒ ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในมาตรา ๒๓ (๒) เน้นการจัดการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ให้ความสำคัญของการบูรณาการความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน ในส่วนของการจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา ๒๔ ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังนี้

๑. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

๒. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

๓. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

๔. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

๕. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

๖. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดา มารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่ายเพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวดังกล่าว จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของผู้เรียนและผู้สอน กล่าวคือลดบทบาทของครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่า บรรยาย สาธิต เป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องเน้นที่บทบาทของผู้เรียนตั้งแต่เริ่ม คือ ร่วมวางแผนการเรียน การวัดผล ประเมินผล และต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้นเน้นการพัฒนากระบวนการคิด วางแผน ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นได้เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถามต่าง ๆ ในที่สุดสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีพัฒนาการเหมาะสมตามวัยทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา

- **แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของมนุษย์**

สภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, NRC) ได้สังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ แล้วเรียบเรียงและเผยแพร่ในรูปแบบหนังสือ มีชื่อว่า มนุษย์เรียนรู้อย่างไร: สมอง จิตใจ ประสบการณ์ และโรงเรียน (How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School) ในหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนใน ๓ วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และประวัติศาสตร์ ผู้เรียบเรียงได้ระบุว่าในการเรียนรู้วิชาต่าง ๆ ของมนุษย์ทุกเพศและวัยจะขึ้นอยู่กับหลักการเรียนรู้ ๓ ประการ ซึ่งผู้เรียบเรียงได้นำเสนอผ่านการเรียนรู้ของปลาน้อย ณ สระน้ำแห่งหนึ่ง จากนิทานเรื่อง ปลาก็คือปลา (Fish is Fish) ที่ประพันธ์โดยลีโอ ไลออนี (อ้างอิงไว้ใน Donovan & Branford, 2005) เนื้อหาโดยสังเขปมีดังนี้

ปลาก็คือปลา โดย ลีโอ ไลออนี

วันหนึ่งลูกปลาน้อยกับกบได้พูดคุยกันเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ นอกสระ กบเล่าให้ปลาน้อยฟังอย่างตื่นเต้นว่า

กบ: *นี่ ๆ เจ้าปลาน้อย ฉันกระโดดออกไปเที่ยวข้างนอกมาล่ะ แล้วฉันก็เห็นสิ่งแปลก ๆ มากมาย*

ปลาน้อย: *เช่นอะไรบ้างล่ะ*

กบ: *นก... (กบบอกปลาแบบลึกลับนิด ๆ)*

ปลาน้อย: *นกเหรอ!*

แล้วเจ้ากบก็เล่ารายละเอียดของนกที่ตนพบเห็นมาอย่างตื่นเต้นว่ามีปีกสองปีก มีขาสองขาและมีหลากหลายสีในขณะที่เจ้ากบเล่าไปนั้น ปลาน้อยก็นึกภาพของนกผ่านความคิดของตนเอง ซึ่งก็คือปลาตัวใหญ่ที่มีสองปีก สองขา และมีหลายสี

จากนั้นกบก็เล่าเรื่องราวเกี่ยวกับวัว ซึ่งเจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเป็นปลาที่มีจุดสีขาว-ดำ มีเขา และเต้านม

ครั้นเมื่อกบเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับมนุษย์ เจ้าปลาน้อยก็จินตนาการเห็นปลาที่มีสองขา เดินตัวตรงและสวมเสื้อผ้า

ที่มา: Donovan, M. S. & Branford, J.D. (2005). How students learn science in the classroom, p.2 - 3



จากนิทานข้างต้นนี้ หากเปรียบสระน้ำแห่งนี้เป็นห้องเรียน กบอาจเปรียบได้กับผู้สอน ในขณะที่ปลาน้อยอาจเปรียบได้กับผู้เรียน บทสนทนาและภาพที่ปลาน้อยจินตนาการสื่อให้เราเห็นว่า แม้ว่ากบจะเล่ารายละเอียดเกี่ยวกับนก วัว หรือคนได้อย่างครบถ้วนตามที่ตนเองพบมา แต่ปลาน้อยก็นำประสบการณ์ของตนเองมาทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ที่กบเล่า แล้วสร้างเป็นความรู้และความเข้าใจของตนเองอยู่ดี โดยที่กบไม่มีโอกาสรู้เลยว่าปลาน้อยมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ตนเล่าอย่างไรบ้าง

นิทานเรื่องนี้สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ว่า ถ้าผู้สอนจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นแต่เพียงการถ่ายทอดข้อมูล โดยไม่มีการตรวจสอบหรือค้นหาความรู้เดิม (Prior Knowledge) หรือสิ่งที่ผู้เรียนเคยรู้มาก่อนที่จะมาเรียนในห้องเรียน สิ่งที่ผู้เรียนรู้มาอาจแตกต่างจากสิ่งที่ผู้สอนคาดหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพราะเมื่อได้รับความรู้หรือข้อมูลใหม่ ผู้เรียนมักใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมของตัวเอง ซึ่งอาจได้มาจากชั้นเรียน จากประสบการณ์ตรงของตัวเอง จากพ่อ แม่ ญาติ เพื่อน โทรทัศน์ หรือจากที่อื่น ๆ มาผสมผสานกับข้อมูลใหม่ที่ได้แล้วสังเคราะห์เป็นความรู้หรือความเข้าใจของตัวเอง ดังนั้นเพื่อป้องกันการเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ผู้สอนควรยึดหลักปฏิบัติ คือ

๑. มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนเสมอก่อนลงมือสอน

๒. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติให้มากที่สุด

๓. ผู้เรียนควรได้สะท้อนและติดตามการเรียนรู้ของตัวเอง ขณะเดียวกันผู้สอนควรมีการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง (Musikul, 2010 ; กุศลิน, ๒๕๕๔)

- **แนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ ๒๑**

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนให้พร้อมที่จะดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างประสบความสำเร็จได้ในอนาคตนั้น จำเป็นต้องเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนานักคิด นักแก้ปัญหา และนักเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยอาจทำได้ดังนี้

- จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ผู้สอนกระตุ้นหรือจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เกิดคำถามหรือข้อสงสัยที่อยากค้นหาคำตอบ
- ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาคำตอบที่สงสัย โดยเริ่มจากการลงมือสืบเสาะหาความรู้ตามคำแนะนำจนกระทั่งสามารถออกแบบและวางแผนการสืบเสาะ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำมาสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ฝึกฝนและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ อย่างลุ่มลึกและเชื่อมโยงกันผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลายทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน
- ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอและเหมาะสมกับวัย
- ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องตามยุคสมัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ใช้สืบค้นข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ใช้จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ใช้สร้างแบบจำลอง
- ผู้เรียนสามารถออกแบบและทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อฝึกฝนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี และทักษะที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ มาแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นเพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ตลอดจนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผู้เรียนควรมีโอกาสได้รู้จักและคุ้นเคยกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจเพิ่มระดับความซับซ้อนของข้อมูลให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้ฝึกฝนการวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายจากข้อมูลที่เก็บได้จริงแต่ไม่มีความซับซ้อน ส่วนในระดับมัธยมศึกษาอาจให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์และอธิบายข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หลากหลาย ซับซ้อน มีปริมาณมาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถนำมาจัดกระทำหรือจัดการได้ด้วยวิธีการหรือเครื่องมือแบบเดิม
- ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปบูรณาการกับความรู้จากแขนงวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง หรือเกิดขึ้นจริง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

- **แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้**

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ ๒๑ และธรรมชาติการเรียนรู้ของมนุษย์นั้น ครูสามารถเลือกกลวิธีในจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายตามความเหมาะสมกับเนื้อหา เวลา บริบท และปัจจัยอื่น ๆ กลวิธีที่สามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้ เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)

"การสืบเสาะ (Inquiry)" เป็นกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเลียนแบบวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการนำการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ปัจจุบันก็ยังปรากฏความสับสนหลายประการเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ดังนี้

๑. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle) เป็นสิ่งเดียวกัน

๒. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องจัดแบบสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น

๓. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือต้องให้ผู้เรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและทำการสืบเสาะเพื่อตอบคำถามที่ตนตั้งไว้ด้วยตัวเอง

๔. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรม (hands-on activity) เพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการมากกว่าการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

๕. ความตื่นเต้นสนุกสนานของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมเป็นตัวบ่งชี้ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) โดยสภาวิจัยแห่งชาติ (NRC,1996) ได้นิยาม "การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์" (Scientific Inquiry) ว่าเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และนำเสนอผลการศึกษานั้นตามสารสนเทศหรือหลักฐานต่าง ๆ ที่รวบรวมได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จึงหมายถึงการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ จึงกล่าวได้ว่าหัวใจสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนก็คือการให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Process) และรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาข้อสงสัยที่ตนมีเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการหรือเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนได้ทำระหว่างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีส่วนที่คล้ายคลึงกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่สนใจดังตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ การเปรียบเทียบการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และของผู้เรียน

การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน
๑. สังเกต	๑. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา
๒. เกิดข้อสงสัย/ปัญหา	๒. กำหนดปัญหา
๓. กำหนดปัญหาจากความรู้พื้นฐาน	๓. พยากรณ์หรือตั้งสมมติฐาน
๔. รวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและ/หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์	๔. วางแผนและดำเนินการอย่างง่ายเพื่อสืบเสาะค้นหาคำตอบ
๕. ค้นหาข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา	๕. รวบรวมข้อมูลจากการสังเกต ทดลอง หรือสร้างแบบจำลอง
๖. อธิบายสิ่งที่ศึกษา	๖. สร้างคำอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์
๗. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	๗. พิจารณาและเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายอื่น ๆ
๘. สื่อสารสิ่งที่ค้นพบ	๘. สื่อสารสิ่งที่ค้นพบ
๙. อธิบายเพิ่มเติมสิ่งที่ศึกษา	๙. ตรวจสอบคำอธิบาย
๑๐. เผยแพร่ผลการศึกษาโดยมีข้อมูล/หลักฐานสนับสนุน	

ที่มา: ปรับปรุงจาก National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.

การสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนสามารถทำได้หลากหลายระดับ ตั้งแต่การที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดการสำรวจตรวจสอบของผู้เรียนเพื่อตรวจสอบยืนยันสิ่งที่รู้มาแล้ว ไปจนถึงการที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบอย่างอิสระเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ที่ยังไม่สามารถอธิบายได้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบ่งเป็น ๓ ระดับ คือ

๑. การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง
๒. การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง
๓. การสืบเสาะไม่กำหนดโครงสร้าง

โดยบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนแต่ละระดับมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๓ ระดับของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้น	ระดับของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับที่ ๑	ระดับที่ ๒	ระดับที่ ๓
การกำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้สอนหรือผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา
กระบวนการแก้ปัญหา	ผู้สอนหรือหนังสือเรียนเป็นผู้กำหนดวิธีการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการแก้ปัญหา
แนวทางการแก้ปัญหา	ผู้เรียนแก้ปัญหาตามวิธีการที่กำหนดไว้	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา	ผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แต่ละแบบนั้นมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ผู้สอนต้องพิจารณาระดับของการสืบเสาะหาความรู้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาในการจัดการเรียนรู้ ความสามารถของผู้เรียน บริบทของห้องเรียนและโรงเรียน รวมถึงความมั่นใจของตัวผู้สอนเอง

- **แนวทางการใช้คำถามกับการส่งเสริมการคิดและการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยตามอนุกรมวิธานของบลูม และอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม**

การสนทนาหรืออภิปรายระหว่างผู้สอนและผู้เรียน หรือระหว่างผู้เรียนเองจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด รวมถึงทักษะการสื่อสาร ดังนั้น คำถามของผู้สอนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน ลักษณะของคำถามที่ดี คือ

๑. มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่กำกวม
๒. เป็นคำถามที่กระชับ
๓. เป็นประโยคที่สมบูรณ์
๔. ไม่ยากหรือง่ายเกินไปสำหรับผู้เรียน
๕. เป็นคำถามที่กระตุ้นให้เกิดการคิด
๖. เป็นคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ หรือค้นหาคำตอบได้

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการคิดอาจมีแนวทางดังนี้

- ก่อนการสอน ผู้สอนควรแต่งคำถามที่ท้าทายการคิดระดับต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อให้มั่นใจว่าคำถามมีหลากหลายระดับ และตรงกับจุดประสงค์หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น
  - เว็บไซต์ทั้งสองนี้แตกต่างกันอย่างไรบ้าง (การวิเคราะห์)
  - ผู้เขียนบทความนี้ต้องการสื่อสารอะไรกับเรา (การใช้วิจารณญาณ)
  - เราจะแต่งตอนจบของเรื่องนี้ใหม่ได้อย่างไร (การสร้างสรรค์)
  - เรื่องราวที่อ่านทำให้เรารู้สึกอย่างไร (การประเมิน)
- ผู้เรียนมีเวลาคิดอย่างเหมาะสมหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบ งานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้เรียนได้มีเวลาคิดหลังจากได้ฟังคำถามและคำตอบจากเพื่อนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถคิดและอภิปรายเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ได้ลึกซึ้งมากขึ้น หากเป็นคำถามที่เน้นการคิดขั้นพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนมาก ผู้สอนอาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๓ – ๕ วินาที แต่หากเป็นคำถามระดับสูงมีความซับซ้อนมาก อาจให้เวลาในการคิดประมาณ ๑๐ วินาที (Rowe, 1974)
- กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดออกมาดัง ๆ ผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนอธิบายการคิดของตนเองออกมาเป็นคำพูด
- ใช้คำถามของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการสืบเสาะค้นหาคำตอบ ตั้งสมมติฐานหรืออภิปราย คำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมักจะนำไปสู่การคิดที่มีคุณภาพและเมื่อผู้สอนใช้คำถามเหล่านี้ ผู้เรียนมักจะให้ความสนใจและร่วมมือในการเรียนรู้มากขึ้น
- ผู้สอนสาธิตหรือเป็นตัวอย่างให้ผู้เรียนในการถามคำถามแบบต่าง ๆ ผู้สอนและผู้เรียนสามารถช่วยกันตั้งคำถามเพื่อที่จะกระตุ้นการคิดแบบต่าง ๆ โดยผู้สอนสามารถเป็นต้นแบบในการใช้คำถามที่ดี คำถามที่ส่งเสริมการคิดและการนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้

การอภิปรายซักถามมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นครูควรวางแผนการสอน คิดรายการคำถามที่หลากหลายระดับการเรียนรู้ตามอนุกรมวิธานที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้จำแนก ดังนี้

อนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy)

ปี ค.ศ. ๑๙๕๖ (พุทธศักราช ๒๔๙๙) เบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) และคณะ ได้เผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีชื่อว่า อนุกรมวิธานวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของเบนจามิน บลูม (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) หรือที่รู้จักกันสั้น ๆ ว่าอนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น ๓ ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น ๖ ระดับ ดังนี้ (จริยา เสถบุตร ๒๕๔๗; ทิศนา แขมมณี, ๒๕๔๕)

ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง คำนิยาม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมาย ความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่ายระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความ สรุปอ้างอิงจากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

ระดับที่ ๓ ระดับการนำไปใช้ (Application)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการ หรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็วขึ้น จะทำอย่างไรได้บ้าง
- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร

ระดับที่ ๔ ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี ๒ ลักษณะ คือ

๑. วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

๒. วิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น

การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญ หาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง
- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

ระดับที่ ๕ ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน หรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- เราจะวางแผนการบันทึกจำนวนแมลงที่บินเข้าและออกจากสวนได้อย่างไร
- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.๔ เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

ระดับที่ ๖ ระดับการประเมินผล (Evaluation)

เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถาม

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด
- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด
- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy)

ต่อมาในปี ค.ศ. ๒๐๐๑ (พุทธศักราช ๒๕๔๔) นักจิตวิทยาชื่อ แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูม และเดวิด คราธวอห์ล (David Krathwohl) เพื่อนร่วมงานที่เคยเผยแพร่อนุกรมวิธานของบลูมมาก่อนหน้านี้ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียน การสอน และการประเมิน (A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessment) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) (Anderson & Krathwohl, 2001) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น ๖ ระดับ ดังนี้

ระดับที่ ๑ ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- แรงใดบ้างจัดเป็นแรงไม่สัมผัส
- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

ระดับที่ ๒ ระดับความเข้าใจ (Comprehension)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผัง

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้ว่าอย่างไร
- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติภารกิจภายนอกยานอวกาศ

ระดับที่ ๓ ประยุกต์ใช้ (Apply)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแกงที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น
- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื้อกันฝน เพราะเหตุใด

ระดับที่ ๔ วิเคราะห์ (Analyze)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมา

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ระดับที่ ๕ ประเมินค่า (Evaluate)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐาน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Critisize) ตรวจสอบ (Checking)

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด
- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.๔ เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

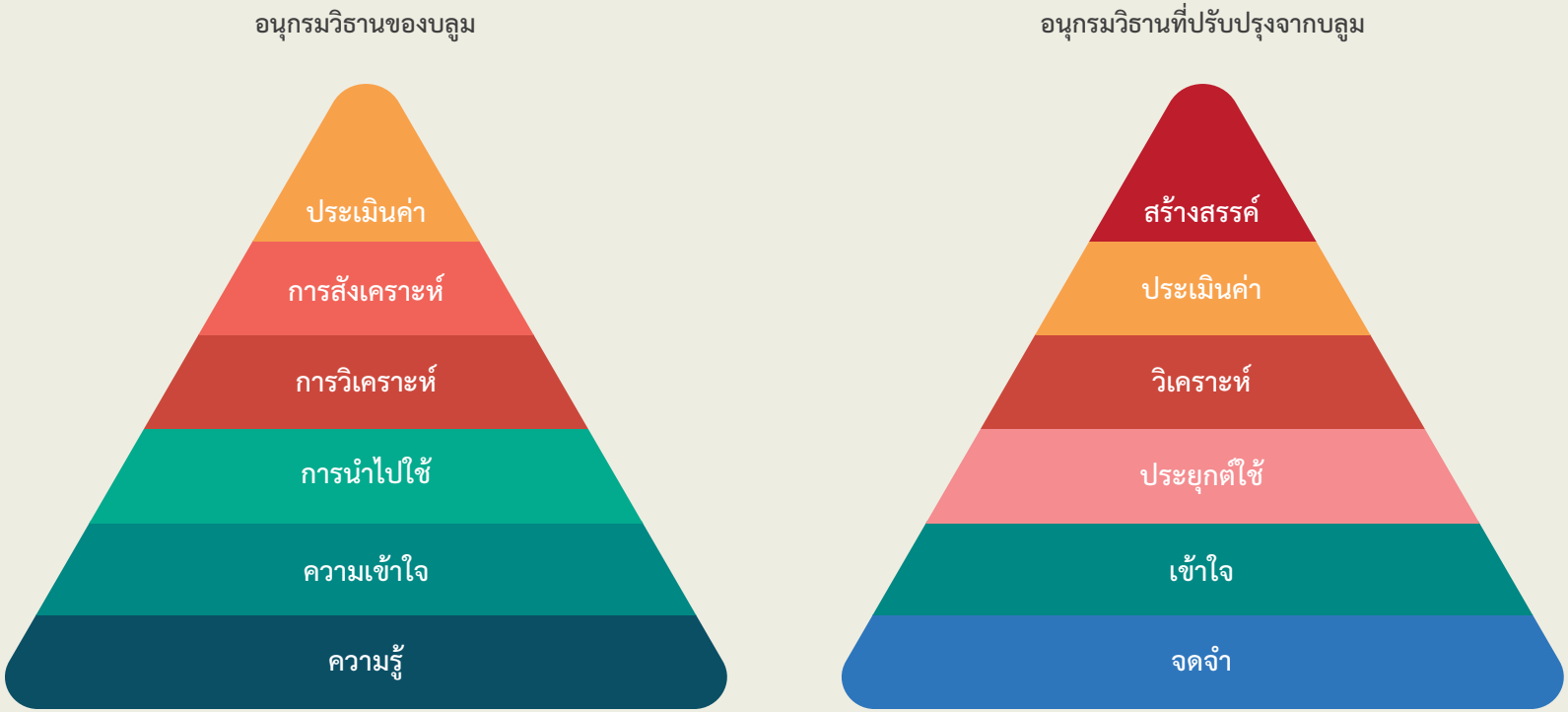
ระดับที่ ๖ สร้างสรรค์ (Create)

เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating)

ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ
- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหมูตัวที่ ๓ ได้
- ถ้าสามารถเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ นักเรียนจะเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ให้เป็นอย่างไร

อนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูมสามารถแสดงได้ ดังภาพ



ภาพที่ ๖ เปรียบเทียบอนุกรมวิธานของบลูมและอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงจากบลูม

๙. การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบต่าง ๆ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ โดยปราศจากการวางแผนการสอนอย่างเป็นระบบรอบคอบตามลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ย่อมไม่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องมีการวางแผนการสอนที่มากกว่าให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือเล่นสนุกเท่านั้น แต่ต้องมีการผสมผสานขั้นตอนหรือกระบวนการอื่น ๆ อย่างมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เหมาะสม การผสมผสานขั้นตอนต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ เช่น วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น

งานวิจัยมากมายได้ยืนยันว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบมีการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ มีลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะและค้นหาสิ่งต่าง ๆ แล้วทำความเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้อย่างราบรื่นเหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและมั่นคง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และช่วยให้ผู้เรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วย

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ (Karplus Learning Cycle Model)

ในช่วงปี ค.ศ. ๑๙๖๐ (พุทธศักราช ๒๕๑๐) Robert Karplus และคณะทำงานจาก Science Curriculum Improvement Study; SCIS ได้เสนอวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย ๓ ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ ๗

แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

  เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

- **ขั้นแนะนำแนวคิด**

  เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดผ่านการพูดคุย ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนหรือผู้สอน หรือจากการอ่านหนังสือเรียน

- **ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด**

  เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มาเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่



ภาพที่ ๗ วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัช

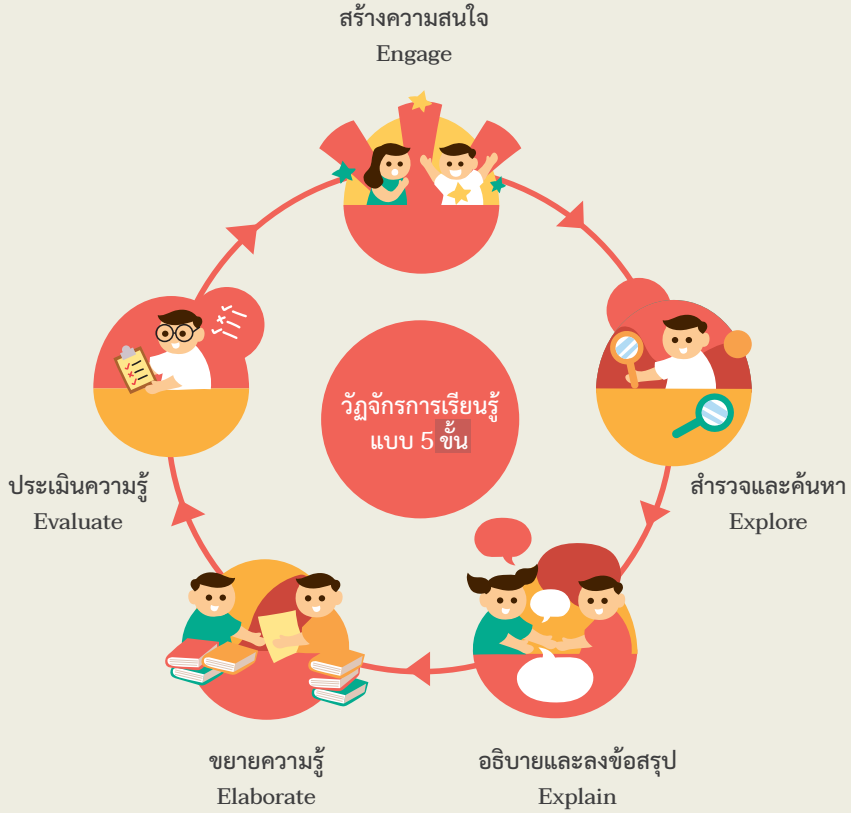
วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น (5E Learning Cycle Model)

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้นนี้ได้พัฒนาต่อยอดมาจากวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ โดยกลุ่มผู้พัฒนาหลักสูตรชีววิทยาที่มีชื่อว่า Biological Sciences Curriculum Study; BSCS ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการเพิ่มอีก ๒ ขั้นตอนเข้าไปในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ และกำหนดชื่อขั้นตอนทั้ง ๕ ขั้นใหม่ ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินความรู้ (Bybee, 2015) การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น ได้แสดงไว้ ดังตารางที่ ๔

ตารางที่ ๔ การเปรียบเทียบในวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซและวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

วัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัซ	วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น
	ขั้นสร้างความสนใจ (เพิ่มเข้ามาใหม่)
ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นสำรวจและค้นหา (ดัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
ขั้นแนะนำแนวคิด	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ดัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
ขั้นประยุกต์ใช้แนวคิด	ขั้นขยายความรู้ (ดัดแปลงจากคาร์ปลัซ)
	ขั้นประเมินความรู้ (เพิ่มเข้ามาใหม่)

ในช่วงปลายปี ค.ศ. ๑๙๘๐ (พุทธศักราช ๒๕๓๐) เป็นต้นมา หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของ BSCS และอีกหลายหลักสูตรในสหรัฐอเมริกาและหลายประเทศทั่วโลกก็ได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น เป็นกรอบการวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน วัฏจักรการเรียนรู้นี้ แสดงไว้ดังภาพที่ ๘



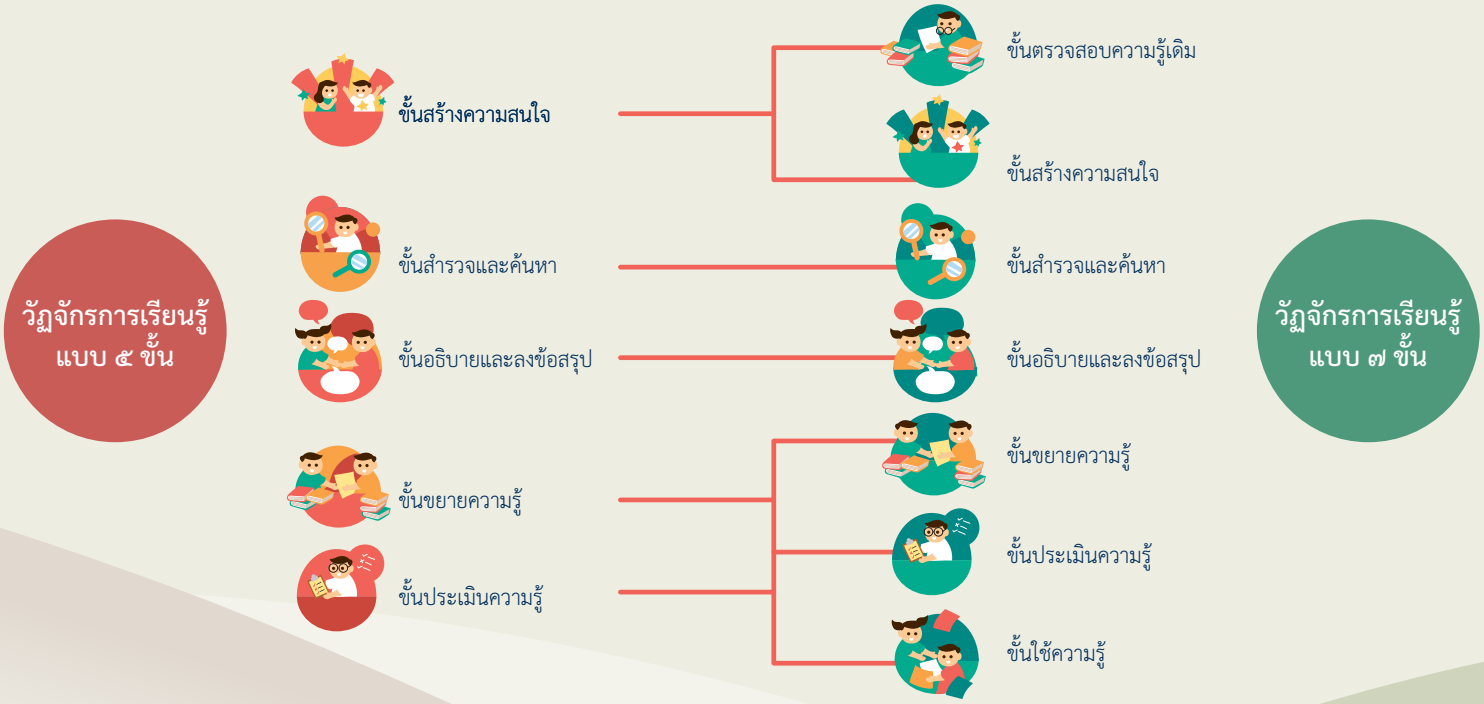
ภาพที่ ๘ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น

แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นสร้างความสนใจ**
เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม
- **ขั้นสำรวจและค้นหา**
เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**
เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
- **ขั้นขยายความรู้**
เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ
- **ขั้นประเมินความรู้**
เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น (7E Learning Cycle Model)

จากงานวิจัยเรื่องนักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร (How students learn science in the classroom, 2005) นักการศึกษาของสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มขั้นการจัดการเรียนรู้ขึ้นมา ๒ ขั้น จากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๕ ขั้น เพื่อป้องกันการละเลยในเรื่องความรู้เดิมของผู้เรียนซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผู้เรียนควรได้รับการประเมินและขยายการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน ขั้นตอนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินความรู้ และขั้นใช้ความรู้ ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ ๙



ภาพที่ ๙ วัฏจักรการเรียนรู้แบบ ๗ ขั้น

แต่ละขั้นในวัฏจักรการเรียนรู้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

- **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม**

  เป็นการค้นหาและวินิจฉัยความรู้ที่ติดตัวมาของผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นความรู้ที่สนับสนุนหรือขัดขวางการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้นในห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้ชัดเจน และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- **ขั้นสร้างความสนใจ**

  เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

- **ขั้นสำรวจและค้นหา**

  เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

- **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

  เป็นการนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

- **ขั้นขยายความรู้**

  เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

- **ขั้นประเมินความรู้**

  เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

- **ขั้นใช้ความรู้**

  เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่อยู่นอกห้องเรียนหรืออยู่ในชีวิตจริง โดยที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน

๑๐. แนวทางการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่าง และสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้การประเมินในรูปแบบที่หลากหลายสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ รูปแบบการประเมินการเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน (Formative Assessment) การประเมินเรียนรู้สรุปรวม (Summative Assessment) และการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ในการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และการประเมินตามสภาพจริงนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องสะท้อนการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเอง และผู้สอนต้องนำผลการประเมินมาพิจารณาเพื่อทบทวนและปรับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไข ช่วยเหลือ หรือหาวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้หรือเป้าหมายของตัวชี้วัดต่าง ๆ (กุศลิน, ๒๕๕๕)

แนวคิดสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พุทธศักราช ๒๕๔๕ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดและลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการที่หลากหลาย เพื่อเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพ การประเมินการเรียนรู้จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน เพราะสามารถทำให้ผู้สอนประเมินระดับพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

จุดประสงค์สำคัญของการประเมินการเรียนรู้ คือการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนหรือหลักสูตรวางไว้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในปัจจุบันก็คือ ผู้บริหาร ผู้สอน ตลอดจนผู้ปกครองเป็นจำนวนมากยังให้ความสำคัญกับการประเมินผลสรุปรวม ที่เน้นการทำข้อสอบ รวมถึงการให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ของการประเมินผลสรุปรวมที่ปรากฏในรูปของระดับผลการเรียน (Grade) หรือลำดับของผู้เรียนในชั้นเรียน (Rank) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้เรียนมากกว่าการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองของผู้เรียนแต่ละคน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จึงก่อให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบท่องจำเพื่อสอบ หรือการเรียนรู้เพื่อแข่งขัน ซึ่งถือเป็นการเรียนรู้แบบผิวเผินมากกว่าการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองซึ่งผลลัพธ์ของการเรียนรู้จะยั่งยืนกว่า (กุศลิน, ๒๕๕๕; ขจรศักดิ์, เพ็ญจันทร์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า, ๒๕๔๘)

แนวคิดของการประเมินการเรียนรู้

การประเมินการเรียนรู้เป็นวิธีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดและทักษะของผู้เรียน (Harlen, 2001) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และการประเมินการเรียนรู้สรุปรวม การเรียนรู้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง (on-going process) ที่บูรณาการอยู่ในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน โดยถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ (Harlen, 1995; 1998; Black and Wiliam, 1998; Bell and Cowie, 1999) แนวคิดพื้นฐานของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน คือผู้เรียนทุกคนสามารถพัฒนาได้ ดังนั้นจึงเป็นการประเมินการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาตนเองของผู้เรียนมากกว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน (Harlen, 1998) จุดมุ่งหมายหลักของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนมีดังต่อไปนี้

๑. เพื่อค้นหาและวินิจฉัยว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ มีทักษะความชำนาญในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อย่างไรและในระดับใด เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ

๒. เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้กับผู้เรียนว่ามีการเรียนรู้อย่างไร

๓. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้ และเปรียบเทียบระดับพัฒนาการด้านการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน

หน้าที่สำคัญของผู้สอนในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน คือ เก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนในระหว่างการเรียนการสอน ตีความหมายข้อมูลหลักฐานเหล่านั้น โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นไปตามหลักสูตร แล้วให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนว่ามีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับใด มีจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องหรือไม่ อย่างไร ควรจะพัฒนาอะไร และควรทำอย่างไรเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนั้นผู้สอนยังมีหน้าที่ติดตามตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง (Tunstall and Gipps, 1996; Harlen, 1998) สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การเรียนรู้ของผู้เรียนนอกจากจะใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในการพัฒนาตนเองแล้ว ยังใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอนเพื่อปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไปให้สอดคล้องกับจุดอ่อน ข้อบกพร่อง หรือความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนอีกด้วย (Bell and Cowie, 1999; Black and Wiliam, 1998)

ในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน ผู้เรียนควรมีส่วนร่วมรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองด้วยการประเมินผลตนเอง (self-assessment) เนื่องจากไม่มีใครเรียนรู้แทนกันได้ ดังนั้นผู้เรียนต้องเป็นผู้ตัดสินใจเองว่าจะพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองหรือไม่และทำอย่างไร มากกว่าจะให้ครูเป็นผู้ตัดสิน ยิ่งผู้เรียนมีส่วนร่วมรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองมากเท่าใด เขาก็จะสามารถพัฒนาตนเองได้มากเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนจะประเมินผลตนเองได้ก็ต่อเมื่อได้รับข้อมูลที่ชัดเจนและเพียงพอว่า อะไรคือเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตนเองพึงบรรลุ ดังนั้นครูผู้สอนควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจถึงเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายดังกล่าวอย่างชัดเจน (Harlen, 1998; Bell and Cowie, 1999; Cowie, 2000)

ในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน นอกจากครูผู้สอนจะเน้นการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลแล้ว ก็ยังสามารถจัดระดับของการตอบสนอง (degree of responsiveness) โดยเน้นพัฒนาการของการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายกลุ่มหรือรายห้องเรียนได้เช่นเดียวกัน อีกทั้งสามารถสนองตอบต่อการพัฒนาของผู้เรียนในหลายมิติการเรียนรู้ อาทิเช่น ความรู้ความเข้าใจ อารมณ์ความรู้สึก เจตคติ หรือทักษะ ดังนั้นกระบวนการประเมินผลระหว่างเรียนจึงขึ้นอยู่กับบริบทที่เกี่ยวข้อง เช่น เป้าหมายของบทเรียน เนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียนรู้ และระดับการตอบสนองต่อผู้เรียน (Bell and Cowie, 1999)

แนวทางการประเมินการเรียนรู้

การเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

๑. ต้องวัดและประเมินทั้งความรู้ความคิด ความสามารถ ทักษะกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน

๒. วิธีการวัดและประเมินต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

๓. ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่

๔. ผลการวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

๕. การวัดและประเมินต้องมีความเที่ยงตรงและเป็นธรรม ทั้งในด้านของวิธีการวัด โอกาสของการประเมิน

บทบาทของผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองในการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน

๑. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองไม่ควรให้ความสำคัญกับการประเมินการเรียนรู้สรุปรวมและผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินดังกล่าว (เช่น ระดับผลการเรียน ลำดับของผู้เรียน และการรับรองมาตรฐานของสถานศึกษา) แต่เพียงอย่างเดียว จนทำให้การประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมเป็นตัวกำหนดการเรียนการสอนและการประเมินผลในห้องเรียนทั้งหมด หรือทำให้การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนไม่ได้รับความสนใจและถูกละเลยในการปฏิบัติ

๒. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และผู้ปกครองควรให้ความสำคัญกับการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และเชื่อมโยงการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนและการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมเข้าด้วยกัน โดยทำความเข้าใจบทบาทของการประเมินทั้งสองแบบว่า การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนมุ่งเน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับในระหว่างการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ และเพื่อให้ครูผู้สอนปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการประเมินการเรียนรู้แบบสรุปรวมมุ่งเน้นการให้สารสนเทศเชิงสรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ในภาพรวมของผู้เรียนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่งการประเมินผลทั้งสองแบบต่างก็เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน

๓. ผู้บริหารควรส่งเสริมให้ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน และได้รับประสบการณ์ตรงจากการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียนของตนเอง นอกจากนั้นควรส่งเสริมให้ผู้สอนทำงานวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลของการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนที่มีต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนและการพัฒนาการสอนของผู้สอน

๔. ผู้สอนควรปรับเปลี่ยนความเชื่อบางประการที่ขัดขวางการใช้การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนในห้องเรียน (Black and Wiliam, 1998; Black and Harrison, 2001) ดังต่อไปนี้

- การประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียนเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากร
- การสอน คือ การถ่ายโอนความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน ส่วนการเรียนรู้คือ การที่ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้ที่ผู้สอนถ่ายโอนไปให้ได้โดยไม่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับเพื่อนร่วมชั้น
- ผู้เรียนแต่ละคนมีระดับสติปัญญาที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิด (Fixed I.Q.) และจะคงที่ไปตลอดชีวิต โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากระบบโรงเรียน
- การประเมินการเรียนรู้ไปสู่ผู้เรียนในกระบวนการประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน ทำให้ครูผู้สอนสูญเสียอำนาจการควบคุมชั้นเรียน

๑๑. ปัจจัยความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้

๑. ผู้บริหาร

เป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดในการสนับสนุนให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมาย ผู้บริหารต้องมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา กระบวนการเรียนรู้และธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจะได้สนับสนุน ส่งเสริมและอำนวยปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- งบประมาณจัดซื้อสื่อการเรียนรู้ จัดทำและจัดหาแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน
- ให้กำลังใจ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ
- นิเทศ ติดตามผลการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

๒. ครูผู้สอน

เป็นผู้ที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดเพื่อออกแบบหรือเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตร เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างหลากหลายและอิสระ ทั้งนี้ผู้สอนจึงจำเป็นต้อง

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างดี สามารถสืบเสาะ ค้นหาความรู้ได้ด้วยตัวเอง สนใจใฝ่หาความรู้อย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาตนเอง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผู้เรียน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกใช้สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลวิธีสอน วิธีการประเมินการเรียนรู้ทั้งระหว่างเรียนและสรุปรวม ตลอดจนสามารถเลือกใช้กลวิธีและการประเมินการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม
- มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในอาชีพครูในฐานะครูวิชาชีพ
- มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

๓. ผู้เรียน

องค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนก็คือผู้เรียน โดยแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งบุคลิกภาพ สติปัญญา ความถนัด ความสนใจและความสมบูรณ์ของร่างกาย ตลอดจนความแตกต่างในเรื่องรูปแบบและวิธีการเรียนรู้ เช่น โดยการฟัง โดยการมองเห็น โดยการได้หยิบจับ สัมผัส หรือลงมือทำ ซึ่งผู้สอนต้องออกแบบการเรียนรู้ให้หลากหลายสอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนเพื่อให้ทุกคนสามารถเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนี้ ผู้เรียนควรมีโอกาสร่วมคิดร่วมวางแผนในการจัดการเรียนการสอน และมีโอกาสเลือกวิธีเรียนได้อย่างหลากหลายตามความเหมาะสมภายใต้การแนะนำของผู้สอน

๔. สภาพแวดล้อมและบรรยากาศการเรียนการสอน

ผู้สอนต้องมีวิธีการที่จะจัดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาทางวิชาการ เช่น จัดห้องชวนคิด ห้องกิจกรรมวิทยาศาสตร์ จัดระบบนิเวศจำลอง จัดบริเวณโรงเรียนเป็นแหล่งเรียนรู้ทางชีววิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ มีการดัดแปลงห้องเรียนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ดี และจัดกิจกรรมที่เอื้อให้ผู้ปกครอง และชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนด้วย

เอกสารอ้างอิง

กุศลิน มุสิกุล. (๒๕๕๕). การผนวกการประเมินระหว่างเรียนในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*. น. ๕๕-๖๐.

กุศลิน มุสิกุล. (๒๕๕๔). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. (เอกสารอัดสำเนา).

กุศลิน มุสิกุล. (๒๕๕๔). เพราะเหตุใดจึงต้องเปลี่ยนแปลงการสอนเพื่อศตวรรษที่ ๒๑. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.

กุศลิน มุสิกุล. (๒๕๕๓). ธรรมชาติวิทยาศาสตร์. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, เพ็ญจันทร์ ซิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (๒๕๔๘). *การสำรวจแนวคิดของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ ๓ เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่*. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, ๑๑ (ฉบับพิเศษ: ม.อ.วิชาการ): ๔๕-๖๙.

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, ทบวงมหาวิทยาลัย. ๒๕๒๓. ชุดการเรียนการสอน หน่วยที่ ๙ การใช้คำถาม (เอกสารอัดสำเนา).

จริยา เสถบุตร. (๒๕๔๗). *การประเมินการปฏิบัติตามสภาพจริง : วิธีดำเนินงานเชิงคุณภาพในการประเมินค่าทางการศึกษา*. คู่มืออาจารย์ การพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. ขอนแก่น: สำนักนวัตกรรมการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิศนา แขมมณี. (๒๕๔๕). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (๒๕๕๗). ทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑. สืบค้น ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๐, จาก http://www.royin.go.th

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (๒๕๔๐). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (๒๕๔๔). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๔๔*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (๑๑ มีนาคม ๒๕๕๘). การรู้ดิจิทัล (Digital literacy). สืบค้นเมื่อ ๕ ธันวาคม ๒๕๖๐, จาก https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/142-knowledges/2632.

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.

Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (editors). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.

Bell, B. and Cowie, B. (1999). *Formative assessment and science education*. London: Kluwer Academic Publishers.

Bell, B. and Cowie, B. (2001). *The characteristics of formative assessment in science education*. Science Education, 85, 536-553.

Black, D. and Wiliam, D. (1998). *Inside the black box: Raising standards through classroom assessment*. Phi Delta Kappan, 80(2), 139-148.

Black, P. and Harrison, C. (2001). *Feedback in questioning and marking: the science teacher's role in formative assessment*. School Science Review, 82(301), 55-61.

Bybee, R.W. (2015). The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments. Virginia: National Science Teacher Association Press.

Cowie, B. and Bell, B. (1999). A model of formative assessment in science education. Assessment in Education, 6(1), 101-116.

Cunningham, R.T. (1971). Developing Teacher Competencies. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice-Hall.

Harlen, W. (1995). To the rescue of formative assessment. Primary Science Review, 37, 14-16.

Harlen, W. (1998). Classroom assessment: a dimension of purposes and procedures. Paper presented at the Annual Conference of the New Zealand Association for Research in Education, Dunedin, New Zealand.

Harlen, W. (2001). Primary science: Taking the plunge. Portsmouth, NH: Heinemann

Magnusson, S. J. and Palincsar, A. S. (2005). How students learn science in the classroom, p.460

Musikul, K. (2010, June). *Exploring primary students' understanding about the world before they come to science classroom.* Paper presented at the annual meeting of the Australasian Science Education Association, Port Stephen, New South Wales, Australia

Kozlow, M.J. and Nay, M.A. (1976). An approach to measuring scientific attitudes. Science Education 60:2147-2172

McComas, W.F. and Almazroa, H. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. Science and Education, 7, 511-532.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, D.C.: National Academy Press.

Padilla, M. J. (1990). Research Matters to the Science Teacher. NARST Publication, No. 9004.

Rowe, M.B. (1974). Wait-time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence on Language, Logic, and Fate Control: Part One-Wait-Time. Journal of Research in Science Teaching. 11, 81-94.

Tunstall, P. and Gipps, C. (1996). Teacher feedback to young children in formative assessment: A typology. British Educational Research Journal, 22(4), 389-404.

Wilson, J., Murdoch, K. (2006). *How to Succeed with Thinking: Little books of big ideas.* Curriculum Corporation.

ส่วนที่ ๒

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้



ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระชีววิทยา

1. **เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาทางชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์**

ผลการเรียนรู้ 1. **อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. สมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต 2. ความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความใจกว้าง	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างหรือใช้ตัวอย่างจริงของสิ่งต่าง ๆ ทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิต เช่น ปลายยอดพืชมีการตอบสนองเข้าหาแสง ไฮดรามีการแตกหน่อ เป็นต้น แล้วร่วมกันวิเคราะห์ว่า เพราะเหตุใดจึงจัดสิ่งเหล่านั้นเป็นสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งไม่มีชีวิต 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล อภิปรายร่วมกันและนำเสนอสมบัติสำคัญของสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้ 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะจำเพาะต้องการสารอาหารและพลังงาน มีการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อสิ่งเร้า การรักษาดุลยภาพของร่างกาย การสืบพันธุ์ การปรับตัวทางวิวัฒนาการ และการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ 4. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดระบบในพืชและสัตว์ที่เริ่มจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตว่าสิ่งมีชีวิตมีการจัดระบบ จากเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ และสิ่งมีชีวิตตามลำดับ ทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้	**ด้านความรู้** สมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและการจัดระบบในสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การลงความเห็นข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความใจกว้างจากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐานและวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน 2. การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การลงความเห็นจากข้อมูล 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 8. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 9. การทดลอง (ขั้นออกแบบการทดลอง) **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์หรือชุดสาธิตการทดลองทางชีววิทยาที่น่าสนใจ เช่น การสลายน้ำตาลของยีสต์ 2 ชุด 2. ให้นักเรียนฝึกการสังเกตและตั้งคำถาม จากการทดลองที่ให้ปัจจัยบางประการแตกต่างกัน เช่น ปริมาณยีสต์ ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ทำให้ชุดหนึ่งสามารถผลิตได้ปริมาณมาก ส่วนอีกชุดสามารถผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณที่น้อยกว่า 3. อภิปรายร่วมกันโดยเปรียบเทียบคำถามที่ตั้งขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดว่าการสังเกตเป็นทักษะสำคัญที่นำไปสู่การค้นพบปัญหาและสามารถระบุปัญหาที่ดีและเหมาะสมได้ 4. ใช้วีดิทัศน์หรือชุดสาธิตการทดลองในข้อ 1. รวมทั้งข้อมูลเพิ่มเติมที่รวบรวมได้ เพื่อฝึกให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน ให้เข้าใจความหมายของสมมติฐานและตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาและข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งนำไปสู่การออกแบบการทดลอง 5. ใช้ตัวอย่างสถานการณ์หรือ ตัวอย่างการออกแบบการทดลองต่าง ๆ ที่มีการควบคุมตัวแปร เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน 6. ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ตัวอย่างข้อมูลของผลการทดลองต่าง ๆ ที่มีการควบคุมตัวแปร ซึ่งครูได้จัดเตรียมไว้ เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับวิธีการรวบรวมข้อมูล วิธีการบันทึกผลการทดลอง ความน่าเชื่อถือของข้อมูล การวิเคราะห์และลงความเห็นจากข้อมูล การใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง	**ด้านความรู้** 1. การตั้งปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐานจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ 2. การออกแบบการทดลอง และทักษะการสื่อสารจากการอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอข้อมูล **ด้านทักษะ** ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการสาธิต การทดลองและการออกแบบการทดลอง **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการตั้งคำถาม และการออกแบบการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านจิตวิทยาศาสตร์ 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน	7. ให้นักเรียนเลือกประเด็นหรือสถานการณ์จริงที่สนใจ เพื่อฝึกการสังเกต การตั้งคำถาม ระบุปัญหาและสมมติฐาน นำไปสู่การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน และนำเสนอข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 8. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสรุปความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	

ผลการเรียนรู้ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. สมบัติของน้ำ และความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 2. ตัวอย่างธาตุที่มีความสำคัญในการเป็นองค์ประกอบและการทำงานของเซลล์สิ่งมีชีวิต และระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. ถามคำถามโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์สิ่งมีชีวิตที่มีการใช้สารเคมี หรือมนุษย์ มีการสกัดเอาสารเคมีจากพืช หรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ เพื่อเชื่อมโยงให้เห็นความสัมพันธ์ของสารเคมีกับสิ่งมีชีวิต และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงว่าธาตุและสารประกอบเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต 2. อธิบายพร้อมยกตัวอย่างเกี่ยวกับธาตุ สารประกอบ การเกิดสารประกอบโดยพันธะเคมี 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต เช่น การมีขั้ว (เป็นตัวทำละลาย) สมบัติในการเก็บความร้อน และมีความจุความร้อนสูง 4. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมนำเสนอ และอภิปรายเกี่ยวกับความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และ ความสำคัญของธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ รวมทั้งความสำคัญของน้ำ และธาตุต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของเซลล์สิ่งมีชีวิต และระบบต่าง ๆ ของพืช สัตว์ และมนุษย์	**ด้านความรู้** สมบัติของน้ำ และตัวอย่างธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูลและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการสังเกตและเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมี 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสืบค้นข้อมูล การอธิบาย การตอบคำถาม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต 2. ตัวอย่างมอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ 3. ความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตในการเป็นแหล่งพลังงานและเป็นโครงสร้างของเซลล์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การทดลอง 3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความซื่อสัตย์ 3. ความมุ่งมั่นอดทน 4. ความรอบคอบ	1. ใช้คำถามนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบคาร์บอนที่พบในสิ่งมีชีวิต 2. อธิบายเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันที่พบในสารประกอบคาร์บอนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่สารประกอบคาร์บอน เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างคาร์โบไฮเดรตที่พบในธรรมชาติ รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตนำเสนอข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน 4. อธิบายเกี่ยวกับสูตรโมเลกุลทั่วไป โครงสร้าง และกลุ่มย่อยของคาร์โบไฮเดรตที่แบ่งตามขนาดโมเลกุล เช่น มอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโครงสร้าง กลุ่มของคาร์โบไฮเดรต และความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** 1. ตัวอย่างกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่พบในธรรมชาติ และความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน 2. โครงสร้าง และความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป จากการอธิบาย การทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรมกลุ่ม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ และความรอบคอบ จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน 2. ความซื่อสัตย์ และความมุ่งมั่นอดทน จากการทำกิจกรรมกลุ่ม

ผลการเรียนรู้ 5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างของโปรตีน 2. ความสำคัญของโปรตีนในการเป็นโครงสร้างและควบคุมการทำงานของเซลล์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ	1. ใช้ภาพโครงสร้างทางเคมีของกรดอะมิโน และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของกรดอะมิโนต่างชนิดกัน 2. ร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่ากรดอะมิโนทุกชนิด มีหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน แต่จะมีความแตกต่างกันไปตาม side chain (R group) ในกรดอะมิโนแต่ละชนิด 3. อธิบายเกี่ยวกับ การเกิดพอลิเพปไทด์ โครงสร้างและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของโปรตีน โดยให้นักเรียนเขียนเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของ กรดอะมิโน การเกิดพอลิเพปไทด์ และโปรตีน รวมทั้งความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** 1. ความสัมพันธ์ของกรดอะมิโน การเกิดพอลิเพปไทด์และโปรตีนจากการเขียนแผนภาพ 2. โครงสร้าง และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการสังเกตและเปรียบเทียบภาพโครงสร้างทางเคมี 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ และความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ตัวอย่างลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์ เป็นต้น 2. ความสำคัญของลิพิดในการเป็นแหล่งพลังงาน รักษาดุลยภาพของน้ำและอุณหภูมิ ป้องกันอวัยวะในร่างกาย **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนยกตัวอย่างลิพิดชนิดต่าง ๆ ที่นักเรียนรู้จักหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2. นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างของลิพิดที่พบในสิ่งมีชีวิต พร้อมทั้งความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 3. นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลิพิดกลุ่มต่าง ๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิต และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** 1. ตัวอย่างของลิพิดเช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ 2. ความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอธิบายและอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรมกลุ่ม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิก ระบุชนิดของกรดนิวคลิอิกและความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างของกรดนิวคลิอิก และนิวคลีโอไทด์ 2. ความสำคัญของกรดนิวคลิอิกในการเก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้แบบจำลองหรือวีดิทัศน์แสดงโครงสร้างของ DNA และใช้คำถามเกี่ยวกับลักษณะของ DNA 2. บรรยายเกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างทางเคมีของ นิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของ DNA และ RNA รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของนิวคลีโอไทด์ พอลินิวคลีโอไทด์ และกรดนิวคลิอิก 3. ให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของ DNA และ RNA ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 4. อภิปรายร่วมกันและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างของกรดนิวคลิอิกชนิดต่าง ๆ และความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต จากการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ 2. ความสำคัญของ DNA และ RNA ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูลและการตอบคำถาม **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การตอบคำถาม การอธิบาย การอภิปรายและสรุปข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 8. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ปฏิกิริยาคายพลังงานและปฏิกิริยาดูดพลังงานในสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การจำแนกประเภท 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่นักเรียนรู้จัก และร่วมกันอภิปรายว่าปฏิกิริยาเคมีใดบ้างที่เกิดขึ้นได้ในสิ่งมีชีวิต 2. บรรยายเกี่ยวกับปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาคายพลังงานที่เกิดขึ้นในเซลล์สิ่งมีชีวิตพร้อมยกตัวอย่าง 3. ให้นักเรียนเลือกนำเสนอปฏิกิริยาเคมีที่ได้จากการสืบค้นในรูปแบบแผนภาพแสดงสารต่าง ๆ รวมทั้งพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์สิ่งมีชีวิตรวมทั้งรูปแบบของพลังงานที่หมุนเวียนจากอาหารที่สิ่งมีชีวิตกินจนเซลล์นำไปใช้ในการสร้างพลังงานหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** ปฏิกิริยาเคมีที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและปฏิกิริยาเคมีที่เป็นปฏิกิริยาคายพลังงานที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการตอบคำถามและแบบฝึกหัด **ด้านทักษะ** การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูล และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการตอบคำถาม และการอภิปราย **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกันความอยากรู้อยากเห็น และความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการตอบคำถาม

ผลการเรียนรู้ 9. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การทำงานของเอนไซม์ 2. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 4. การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายของข้อมูล 5. การลงความเห็นจากข้อมูล 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 8. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 9. การทดลอง 10. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความใจกว้าง	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยสาธิตกิจกรรมปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเซลล์สิ่งมีชีวิต และร่วมกับนักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าเซลล์มีเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ 2. บรรยายเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต 3. ให้นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารตั้งต้น เอนไซม์ และสารผลิตภัณฑ์ เพื่ออธิบายกลไกการทำงานของเอนไซม์ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล แบ่งกลุ่มเพื่อทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	**ด้านความรู้** การทำงานของเอนไซม์และปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์จากการตอบคำถาม การทำกิจกรรมกลุ่มในการทดลอง สรุปผลการทดลอง รายงานผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การวัด การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรม 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการตอบคำถาม และการอภิปราย 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่าง ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความรอบคอบ และวัตถุวิสัย จากการทำกิจกรรมและการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน โดยประเมินตามสภาพจริงระหว่างเรียน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์ 6. ความมุ่งมั่นอดทน 7. ความรอบคอบ 8. วัตถุวิสัย		

ผลการเรียนรู้ **10. บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเตรียมตัวอย่างที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิตในการศึกษาสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง 2. การใช้ การเก็บรักษา และการดูแลกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงให้ใช้งานได้นาน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจำแนกประเภท 4. การใช้จำนวน **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามทบทวนเกี่ยวกับหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง 2. อธิบายเกี่ยวกับหลักทั่วไปของวิธีการใช้ การวัดขนาดโดยประมาณของตัวอย่างสิ่งมีชีวิต การเก็บ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง 3. ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับการเลือกและการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ 4. ให้นักเรียนสังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงโดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่าง ๆ 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต การประมาณขนาด วิธีการใช้ การเก็บ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสง	**ด้านความรู้** 1. ส่วนประกอบ และหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงจากการเรียนและการทำกิจกรรม 2. วิธีการใช้ การดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง รวมถึงวิธีการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงจากการทำกิจกรรม 3. วิธีการวัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบจากการทำกิจกรรม **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การใช้จำนวนและความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรม 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากภาพวาดและคำบรรยายภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิต **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ และความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ 2. โครงสร้างและหน้าที่ของผนังเซลล์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้แบบจำลองเซลล์สัตว์และเซลล์พืช (อาจเป็นหุ่นจำลองหรือภาพวาดที่เกิดจากภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน) และใช้คำถามทบทวนความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์สัตว์และเซลล์พืช 2. ร่วมกันเปรียบเทียบโครงสร้างของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชจากแบบจำลอง 3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบ และหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ และผนังเซลล์ โดยอาจใช้แบบจำลองหรือแอนิเมชัน 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบฝึกหัด **ด้านทักษะ** การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบฝึกหัด

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิด และหน้าที่ของออร์แกเนลล์

13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ชนิด โครงสร้างและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ 2. โครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของนิวเคลียสและออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ 2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข้อมูล เพื่อระบุชนิด โครงสร้างและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ เช่น เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ไรโบโซม กอลจิคอมเพล็กซ์ ไลโซโซม ไมโทคอนเดรีย แวคิวโอล คลอโรพลาสต์ ไซโทสเกเลตอน เป็นต้น 3. ให้นักเรียนนำเสนอและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มอื่น 4. บรรยายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส ชนิด โครงสร้างและหน้าที่ออร์แกเนลล์ที่พบในเซลล์	**ด้านความรู้** 1. ชนิด โครงสร้างและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกันและการทำแบบฝึกหัด 2. โครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียสจากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบฝึกหัด **ด้านทักษะ** การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ และความใจกว้าง จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอและการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล

ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การแพร่ ออสโมซิส และการแพร่แบบฟาซิลิเทต 2. แอกทีฟทรานสปอร์ต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความใจกว้าง 3. ความซื่อสัตย์ 4. ความรอบคอบ 5. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม เรื่องการลำเลียงสารผ่านเซลล์พืช เพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับหลักการแพร่ และออสโมซิส 2. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อสรุปหลักการแพร่และออสโมซิส 3. อธิบายเกี่ยวกับหลักการการลำเลียงสารเข้าและออกเซลล์ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเข้มข้น ขนาดและสมบัติของสาร รวมทั้งวิธีการลำเลียงสารแบบต่าง ๆ 4. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการลำเลียงสารแบบต่าง ๆ และสมบัติของสารที่สัมพันธ์กับวิธีการลำเลียง 5. ร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต	**ด้านความรู้** 1. การแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ 2. การเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต จากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความใจกว้าง ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ การใช้วิจารณญาณ จากสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยระบวนการเอนโดโซโทซิส**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กระบวนการเอกโซไซโทซิส 2. กระบวนการเอนโดไซโทซิส **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามจากภาพหรือวีดิทัศน์เพื่อแสดงการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ เช่น การกินอาหารของอะมีบาหรือพารามีเซียม หรือการกำจัดเชื้อโรคของเซลล์เม็ดเลือดขาว 2. อธิบายเกี่ยวกับหลักการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าและออกจากเซลล์ 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และนำเสนอซึ่งอาจเป็นรูปแบบของแผนภาพพร้อมคำบรรยายของกระบวนการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าและออกจากเซลล์พร้อมยกตัวอย่างการเกิดเอนโดไซโทซิสโดยฟาโกไซโทซิส พิโนไซโทซิส และการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ รวมทั้งเอกโซไซโทซิส 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกระบวนการเอกโซไซโทซิสและกระบวนการเอนโดไซโทซิส	**ด้านความรู้** การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสจากการทำแผนภาพและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. วัฏจักรเซลล์ 2. การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การสร้างแบบจำลอง 5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์แสดงเซลล์ชนิดต่าง ๆ ทั้งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เซลล์พืช เซลล์สัตว์ หรือเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายคนขณะที่มีการแบ่งเซลล์ และใช้คำถามเกี่ยวกับเหตุผลที่สิ่งมีชีวิตต้องมีการแบ่งเซลลล์ 2. อธิบายเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ ในระยะอินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสในระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟสและการแบ่งไซโทพลาซึม 3. ร่วมกันสรุปวัฏจักรของเซลล์โดยอาจนำเสนอในรูปแบบของแผนภาพ 4. ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับการเลือกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ศึกษาการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 5. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม สังเกต และบันทึกภาพ และนำเสนอการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสของปลายรากหอม ในระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 6. ร่วมกันสรุปการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส 7. อธิบายเกี่ยวกับการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสในระยะโพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I เทโลเฟส I และระยะโพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II เทโลเฟส II 8. ใช้คำถามเพื่อให้คิดวิเคราะห์เกี่ยวกับการเลือกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ศึกษาการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 9. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม สังเกต และบันทึกภาพ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสของดอกกุยช่ายหรือดอกหอมใหญ่ ในระยะต่าง ๆ	**ด้านความรู้** 1. วัฏจักรของเซลล์จากการทำแผนภาพและแบบทดสอบ 2. การเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากการทำกิจกรรม การนำเสนอ และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรมและจากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม 2. ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ การสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอและร่วมกันสรุป

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	10. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมปั้นดินน้ำมัน เพื่อสร้างแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส โดยครูกำหนดจำนวนโครโมโซมเริ่มต้นเท่ากันแต่มีการเกิดครอสซิงโอเวอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม เพื่อศึกษาผลของการเกิดครอสซิงโอเวอร์ 11. ให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้จากการทำกิจกรรมปั้นดินน้ำมัน และร่วมกันสรุปการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส รวมทั้งเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	

ผลการเรียนรู้ 17. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ 2. ขั้นตอนไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน 3. กระบวนการหมักแอลกอฮอล์และกระบวนการหมักกรดแลกติก **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์แสดงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว พืช สัตว์ และกิจกรรมของมนุษย์ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต 2. ให้ความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่าเซลล์สลายสารอาหารด้วยปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้พลังงานในรูปที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ เช่น ATP 3. บรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนของการหายใจระดับเซลล์ คือ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเมื่อเกิดการสลายกลูโคสในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และสรุปถึงความสำคัญของออกซิเจนต่อการหายใจระดับเซลล์ในสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยออกซิเจนในบรรยากาศ 4. อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์และกระบวนการหมักกรดแลกติก ซึ่งเกิดภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ 5. ร่วมกันสรุปเปรียบเทียบการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ 6. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และอภิปรายร่วมกันในประเด็นการหายใจระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน	**ด้านความรู้** 1. การเปรียบเทียบการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ 2. ขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ จากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การจำแนกประเภท จากการตอบคำถาม การอธิบายและการอภิปราย 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น จากการทำกิจกรรมและการอภิปราย

2. **เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลาหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

ผลการเรียนรู้ 1. **สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ หลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพพ่อแม่ลูกของคนหรือสัตว์หลาย ๆ ภาพ และใช้คำถามเพื่อทบทวนแนวคิดว่าลักษณะของลูกคล้ายกับลักษณะของพ่อแม่และลักษณะเหล่านี้ถ่ายทอดได้ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอการทดลองของเมนเดลที่ผสมพันธุ์ถั่วลันเตารุ่นพ่อแม่พันธุ์แท้ พิจารณาลักษณะและอัตราส่วนของจำนวนต้นที่มีลักษณะต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับหลักการการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของเมนเดลและโอกาสในการเกิดลักษณะต่าง ๆ	**ด้านความรู้** 1. หลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูลจากการอภิปรายผลการทดลองของเมนเดล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F_1 และ F_2

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กฎการแยกและกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ 2. การนำกฎของเมนเดลไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 3. การคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F_1 และ F_2 **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การใช้จำนวน 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การพยากรณ์ **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความรอบครอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้จากผลการทดลองของเมนเดล 2. ให้นักเรียนศึกษาการทดลองของเมนเดลที่ผสมพันธุ์ถั่วลันเตารุ่นพ่อแม่พันธุ์แท้ และพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนต้นที่มีลักษณะต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 เพื่อสรุปกฎการแยกและอัตราส่วนที่เกิดจากการผสมลักษณะเดียว 3. ให้นักเรียนศึกษาการทดลองของเมนเดลที่ผสมพันธุ์ถั่วลันเตาโดยพิจารณาสองลักษณะพร้อมกัน และอธิบายแอลลีลที่อยู่ในเซลล์สืบพันธุ์เพื่อสรุปกฎแห่งการแยกและกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนต้นที่มีลักษณะต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 4. ร่วมกันอภิปรายและสรุปอัตราส่วนที่เกิดจากการผสมลักษณะเดียวและการผสมสองลักษณะ 5. ให้นักเรียนฝึกคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนด	**ด้านความรู้** กฎการแยกและกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูลจากการอภิปรายผลการทดลองของเมนเดล 2. การใช้จำนวน จากการฝึกคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์ 3. การพยากรณ์จากการพิจารณาอัตราส่วนของรุ่นลูกที่เกิดจากการผสมพันธุ์ของสถานการณ์ที่กำหนด **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปราย และการฝึกคำนวณ

ผลการเรียนรู้ 3. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์ของเมนเดล การคำนวณโอกาสการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของรุ่น F_1 และ F_2 **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การใช้จำนวน 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การพยากรณ์ **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความรอบคอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาแผนภาพการผสมพันธุ์ต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ที่มีดอกสีแดงและดอกสีขาวซึ่งได้ต้นลูกที่ออกดอกสีชมพูทั้งหมด เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบกับหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับการผสมพันธุ์ต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ที่มีดอกสีแดงและดอกสีขาวเพื่อให้ได้ข้อมูลว่าเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดลที่อัตราส่วนของจีโนไทป์ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 แตกต่างไปจากผลการทดลองของเมนเดล 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล เช่น ความเด่นไม่สมบูรณ์ ความเด่นร่วม มัลติเพิลแอลลีลยีนบนโครโมโซมเพศและลักษณะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนลูกที่มีลักษณะต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 เพื่อสรุปอัตราส่วนที่เกิดจากการผสม 4. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูล และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลจากการผสมพันธุ์สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล 5. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล 6. ให้นักเรียนฝึกคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนด และคาดคะเนรูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	**ด้านความรู้** การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดลและการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และรุ่น F_2 จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การนำเสนอการทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการศึกษาแผนภาพและการอภิปรายร่วมกัน 2. การใช้จำนวน จากการฝึกคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนด 3. การพยากรณ์ จากการคาดคะเนรูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสถานการณ์ที่กำหนด 4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรอบคอบจากการสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความรอบคอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพลักษณะต่าง ๆ เช่น ความสูง และการมีลักยิ้มของประชากรมนุษย์ และพิจารณาว่าลักษณะใดเป็นลักษณะที่มีความแตกต่างกันชัดเจนลักษณะใดเป็นลักษณะที่มีความแตกต่างกันไม่ชัดเจน 2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมสำรวจลักษณะของนักเรียนในระดับชั้นเดียวกันจำนวน 100 คน เช่น น้ำหนัก สีผิว หมู่เลือด ซี้นของหนังตา ติ่งหู เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟแท่งเปรียบเทียบความแตกต่างของกราฟที่ได้ และสรุปว่าลักษณะใดเป็นลักษณะที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะใดที่มีการแปรผันต่อเนื่อง 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอข้อมูลตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่องและยีนที่ควบคุมลักษณะเหล่านี้	**ด้านความรู้** การเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล การทำกิจกรรม และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน 2. ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ และความร่วมมือช่วยเหลือ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 5. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม พร้อมทั้งยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม 2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การจำแนกประเภท 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความรอบคอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามทบทวนความรู้เกี่ยวกับยีนบน DNA ที่จะถ่ายทอดไปพร้อมกับการถ่ายทอดโครโมโซมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูก 2. ให้นักเรียนศึกษาภาพคาริโอไทป์ของเพศชายและเพศหญิง จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า โครโมโซมมนุษย์ มีออโตโซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่ 3. อธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศโดยศึกษาจากพันธุประวัติ 4. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและนำเสนอลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ 5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ในการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่บนออโตโซม ลักษณะนั้นจะมีโอกาสปรากฏได้เท่ากันทั้งสองเพศ แต่การถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศลักษณะนั้นจะมีโอกาสปรากฏในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง 6. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่บนออโตโซม แต่ยีนจะแสดงออกในแต่ละเพศได้ไม่เท่ากัน	**ด้านความรู้** 1. การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศจากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ 2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูลจากการศึกษาภาพคาริโอไทป์ของมนุษย์และการสืบค้นข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ การอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม 2. โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 3. การจำลอง DNA **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮดรา ซึ่งหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนตัวเดิม เพื่อเชื่อมโยงเกี่ยวกับสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม อภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า สารพันธุกรรมเพิ่มจำนวนตัวเองได้ ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน และอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ 3. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA และบรรยายเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 4. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมสร้างแบบจำลอง DNA และเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม เพื่อสรุปได้ว่า DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา มีการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G 5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาวีดิทัศน์หรือสื่ออื่น ๆ เกี่ยวกับการจำลอง DNA จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายทำหน้าที่เป็นแม่แบบสำหรับการสร้างสายใหม่ และ DNA โมเลกุลใหม่ที่สังเคราะห์ได้จะเหมือนกับ DNA โมเลกุลเดิมทุกประการ	**ด้านความรู้** สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และการจำลอง DNA จากการทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้

7. **อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน**
8. **สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 2. หน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 3. ความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และความเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนสมบัติของสารพันธุกรรมว่าควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมผ่านการสังเคราะห์โปรตีน และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงถึงบทบาทของ RNA ในการนำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ในนิวเคลียสมาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนที่ไซโทพลาซึม 2. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของ RNA ขั้นตอนการถอดรหัสและการแปลรหัส เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าการถอดรหัสใช้ DNA เพียงสายเดียวเป็นสายแม่แบบถอดรหัสเป็น mRNA และการแปลรหัสจาก mRNA เป็นกรดอะมิโน โดยทำงานร่วมกับ tRNA และ rRNA ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของไรโบโซม ได้เป็นสายพอลิเพปไทด์ 3. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม การถอดรหัสพันธุกรรมและการแปลรหัสในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่าการเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ของ mRNA เป็นตัวกำหนดชนิดและการเรียงลำดับของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ที่สังเคราะห์ขึ้น 4. ยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรม เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ ระบบหมู่เลือด Rh ลักษณะเผือก เพื่ออธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรม 5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล	**ด้านความรู้** 1. ขั้นตอนการถอดรหัส การแปลรหัส หน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน จากการทำกิจกรรมการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และความเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล จากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. **สืบค้นข้อมูล อธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชันรวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเกิดมิวเทชันระดับยีนและมิวเทชันระดับโครโมโซม 2. สาเหตุการเกิดมิวเทชัน 3. โรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนความรู้เกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรม เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการเปลี่ยนแปลงของยีนและโครโมโซม 2. อธิบายเกี่ยวกับมิวเทชันระดับยีนที่เกิดการหายไปหรือเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์ การแทนที่คู่เบส และ มิวเทชันระดับโครโมโซมที่เกิดจากการเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซม รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม 3. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า มิวเทชันอาจมีผลทำให้ฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไป 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดมิวเทชัน จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า การเกิดมิวเทชันมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความร้อน รังสี และสารเคมี	**ด้านความรู้** การเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน ตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน จากการนำเสนอการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่าง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ที่นักเรียนรู้จัก เพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม จากสิ่งมีชีวิตต้นแบบ และเหตุผลในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม 2. ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์หรือแอนิเมชันเกี่ยวกับการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับพันธุวิศวกรรมโดยใช้ ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ พร้อมทั้งอธิบายหน้าที่ของเอนไซม์ตัดจำเพาะ เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส และพลาสมิดที่ใช้ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ 3. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมเรื่องเอนไซม์ตัดจำเพาะ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปได้ว่า เอนไซม์ตัดจำเพาะมีหลายชนิด และมีตำแหน่งตัดจำเพาะที่แตกต่างกัน 4. อภิปรายร่วมกันและสรุปเป็นแผนภาพของหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	**ด้านความรู้** หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ จากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ และความร่วมมือช่วยเหลือจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **11. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ในด้าน สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม 2. ข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. การยอมรับความเห็นต่าง 4. ความซื่อสัตย์ 5. ความรอบคอบ 6. เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 7. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 8. คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ข่าวเกี่ยวกับการใช้ลายพิมพ์ ดีเอ็นเอ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสายเลือดของบุคคลในครอบครัว และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเรื่องการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ 2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข้อมูล นำเสนอ การนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ในด้านการเกษตร การแพทย์ สิ่งแวดล้อม และนิติวิทยาศาสตร์ แล้วอภิปรายร่วมกันถึงผลดี ผลเสียและข้อคำนึงด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของการใช้เทคโนโลยีทาง ดีเอ็นเอ และผลกระทบต่อสังคม 3. ใช้ข่าวหรือสถานการณ์เกี่ยวกับการวิจัยหรือการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ มาให้นักเรียนศึกษาจากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการคำนึงถึงชีวจริยธรรมของการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์	**ด้านความรู้** 1. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางเอ็นเอในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรมจากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ 2. ข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่าง ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ การเห็นคุณค่าวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ หลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพซากดึกดำบรรพ์ และใช้คำถามเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งมีชีวิตในอดีตเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน เพื่อเชื่อมโยงเรื่องหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์กับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ในประเทศไทยและต่างประเทศ นำเสนอและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าซากดึกดำบรรพ์บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 3. อธิบายเกี่ยวกับหลักฐานอื่น ๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เช่น กายวิภาคเปรียบเทียบ วิทยาเอ็มบริโอ การศึกษาทางชีวภูมิศาสตร์ และด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายและมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษในอดีตซึ่งต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานในการเกิดวิวัฒนาการ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ เพื่อสรุปให้ได้ว่าซากดึกดำบรรพ์และการเปรียบเทียบ ลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่น ๆ เป็นหลักฐานที่บ่งบอกวิวัฒนาการของมนุษย์	**ด้านความรู้** หลักฐานและข้อมูลที่ใช้สนับสนุนและอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ ความสนใจในวิทยาศาสตร์ และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 13. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของซอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของซอง ลามาร์ก 2. ทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพแสดงตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่มีวิวัฒนาการจากบรรพบุรุษร่วมกันในอดีต เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดวิวัฒนาการ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประวัติและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของลามาร์ก นำเสนอ และอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ และอภิปรายร่วมกันในประเด็นความน่าเชื่อถือของแนวคิดของลามาร์ก 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับประวัติและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน เพื่อให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติและการปรับตัวเชิงวิวัฒนาการ 3. อภิปรายร่วมกันในประเด็นความน่าเชื่อถือของทฤษฎีของดาร์วิน เปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของซอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน	**ด้านความรู้** แนวคิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน จากการอภิปรายร่วมกันและจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **14. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้ง คำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก และเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก 2. ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร 3. การหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การใช้จำนวน 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความใจกว้าง 4. ความรอบคอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความหมายของประชากร และยกตัวอย่างวิวัฒนาการที่เกิดกับประชากร เพื่อให้เกิดแนวคิดว่าวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับประชากร ไม่ได้เกิดขึ้นกับสมาชิกแต่ละตัวในประชากรนั้น และการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในยีนพูลของประชากรอาจส่งผลให้เกิดวิวัฒนาการ 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก และอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าเมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะคงที่ในทุก ๆ รุ่น ถ้าไม่มีปัจจัยบางอย่างมาเกี่ยวข้อง เป็นผลให้ประชากรนั้นไม่เกิดวิวัฒนาการ 3. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล นำเสนอ ร่วมกันอภิปราย และสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้ประชากรไม่อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดวิวัฒนาการ 4. ให้นักเรียนทำโจทย์คำนวณการประยุกต์ใช้หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กในการคาดคะเนความถี่ของแอลลีลที่เกี่ยวข้องกับโรคทางพันธุกรรมในยีนพูลของประชากร และคาดคะเนแนวโน้มการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** 1. หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กและเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก จากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ 2. ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากรจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 3. การหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก จากการทำโจทย์คำนวณ **ด้านทักษะ** การสังเกต การใช้จำนวน การลงความเห็นจากข้อมูล การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม การนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 15. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความใจกว้าง 4. ความรอบคอบ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยแสดงภาพหรือวีดิทัศน์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้เป็นสปีชีส์เดียวกันหรือต่างสปีชีส์ 2. ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับถิ่นอาศัย ลักษณะ และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตกลุ่มดังกล่าว เพื่ออภิปรายว่าเป็นสปีชีส์เดียวกันหรือต่างสปีชีส์ และสรุปถึงความหมายของสปีชีส์ทางด้านสัณฐานวิทยาและทางด้านชีววิทยา 3. นักเรียนสืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับกลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์ก่อนระยะไซโกต และกลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์หลังระยะไซโกต ที่ทำให้สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ ถึงแม้ว่าจะอยู่ในบริเวณเดียวกันอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์และการเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน	**ด้านความรู้** กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิตจากการทำกิจกรรม การอภิปราย และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความรอบคอบ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน



ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สาระชีววิทยา

3. **เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

ผลการเรียนรู้ 1. **อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. ใช้คำถามนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อทบทวนเกี่ยวกับเซลล์พืช เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องเนื้อเยื่อพืช 2. ใช้ภาพเนื้อเยื่อพืชประกอบการบรรยายเกี่ยวกับลักษณะและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร 3. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง และเนื้อเยื่อถาวรแบ่งเป็น เนื้อเยื่อผิว เนื้อเยื่อพื้น และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง 4. ให้นักเรียนเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืชโดยวาดภาพและระบุลักษณะที่สำคัญ พร้อมทั้งระบุหน้าที่ของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดลงในแผนผัง	**ด้านความรู้** ชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืชจากการเขียนแผนผัง การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถาม

ผลการเรียนรู้ 2. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์แสดงการงอกของเมล็ดถั่ว และใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องโครงสร้างของรากกับการเจริญเติบโตของรากพืช 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกและการเจริญเติบโตของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ 3. ให้นักเรียนสังเกตภาพปลายรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือรากพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามยาวหรือใช้สไลด์ถาวรของปลายรากพืชตัดตามยาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อสรุปให้ได้ว่าโครงสร้างภายในของปลายรากประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ 4 บริเวณ 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาลักษณะโครงสร้างภายในของรากพืช โดยสังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากตัดตามขวางที่มีการเติบโตปฐมภูมิของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ 5. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเติบโตทุติยภูมิของราก โดยใช้ภาพรากพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการเติบโตทุติยภูมิ หรือให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษารากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางโดยตัดช่วงกลางของราก 6. นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างภายในที่สำคัญของรากพืช 7. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของรากที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ	**ด้านความรู้** โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ตัดตามขวาง จากการทำกิจกรรมและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกตและการจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 3. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาต้นพืชขนาดเล็ก หรือต้นพืชที่เพาะไว้ในกิจกรรมที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างราก และใช้คำถามเชื่อมโยงเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น 2. ร่วมกันอภิปราย และสรุปเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างของโครงสร้างภายนอกของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ 3. ให้นักเรียนสังเกตภาพหรือใช้สไลด์ถาวรของปลายยอดพืชตัดตามยาวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อระบุโครงสร้างภายในของปลายยอด 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่ออธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างภายในตัดตามขวางที่มีการเติบโตปฐมภูมิของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ 5. อธิบายเกี่ยวกับการเติบโตทุติยภูมิของลำต้นพืช โดยใช้ภาพการเติบโตของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ หรือให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางโดยตัดช่วงกลางของลำต้น 6. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของลำต้นพืชทั่วไป 7. ใช้ภาพลำต้นที่ทำหน้าที่พิเศษชนิดต่างๆ เพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ	**ด้านความรู้** โครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ตัดตามขวาง จากการทำกิจกรรมและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกตและการจำแนกประเภทจากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. สังเกต และอธิบาย โครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง 2. ชนิดและหน้าที่ของใบที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตลักษณะของใบพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ผิวใบ ความหนาของใบ และใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายถึงลักษณะโครงสร้างภายนอกและเชื่อมโยงไปสู่โครงสร้างภายในของใบ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สังเกต วาดภาพ 3. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูล อธิบายโครงสร้างภายในของใบพืช พร้อมทั้งชี้ระบุเนื้อเยื่อบริเวณเอพิเดอร์มิส มีโซฟิลล์ และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง และร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของใบพืชทั่วไป 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของใบที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ	**ด้านความรู้** โครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวางจากการทำกิจกรรมและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 5. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กลไกการเปิดปิดปากใบ 2. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือการปล่อยแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อเชื่อมโยงว่ารูปากใบเป็นช่องทางผ่านเข้าออกของแก๊ส 2. บรรยายเกี่ยวกับกลไกการเปิดปิดของปากใบ ซึ่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำในพืช 3. ให้นักเรียนสังเกตภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของปากใบพืชชนิดเดียวกันที่ได้รับน้ำเพียงพอและที่ขาดน้ำเป็นเวลานาน และอธิบายความแตกต่างของการเปิดปิดของปากใบของทั้งสองภาพ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อภิปรายร่วมกันและสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อเปิดปิดของปากใบและการคายน้ำของพืช คือ ความเข้มของแสง สภาพน้ำในดิน ความชื้นในอากาศ ลม อุณหภูมิ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	**ด้านความรู้** กลไกการเปิดปิดปากใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส และการคายน้ำของพืชจากการสืบค้นข้อมูล การทำกิจกรรม และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูลจากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพต้นไม้ที่มีความสูงเทียบเท่าตึกหลายชั้นและภาพการสูบน้ำขึ้นไปใช้ในตึกสูง และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องกลไกการลำเลียงน้ำของพืช 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปกลไกการลำเลียงน้ำของพืชจากภายนอกเข้าสู่ราก และจากรากขึ้นสู่ลำต้น 3. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการคายน้ำและการลำเลียงน้ำของพืช 4. อธิบายเกี่ยวกับแรงดันรากกับปรากฏการณ์ กัตเตชัน 5. ใช้คำถามเชื่อมโยงเรื่องการคายน้ำเพื่อนำไปสู่เรื่องการลำเลียงธาตุอาหารของพืช 6. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เพื่ออธิบายและสรุปกลไกการลำเลียงธาตุอาหารของพืช 7. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบกลไกการลำเลียงน้ำและกลไกการลำเลียงธาตุอาหาร	**ด้านความรู้** กลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืชจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 7. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ความสำคัญของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 2. ตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือต้นพืชจริงที่เจริญเติบโตสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์เนื่องจากขาดธาตุอาหาร เพื่อให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช อธิบายและสรุปความสำคัญของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 3. ใช้ภาพและคำถามเกี่ยวกับผักที่ปลูกในสารละลายหรือผักไฮโดรพอนิกส์ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอภิปรายร่วมกันและสรุปเกี่ยวกับการนำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร	**ด้านความรู้** ความสำคัญของธาตุอาหาร และตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต จากการศึกษาจากภาพหรือตัวอย่างจริงและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถามและอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 8. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กลไกการลำเลียงอาหารในพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามนำไปสู่การอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการใช้อาหารของเซลล์ในเนื้อเยื่อพืช เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ใบไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช 2. ใช้ภาพตัวอย่างใบและลำต้นพืชตัดตามขวาง เพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับตำแหน่งของเนื้อเยื่อไซเล็มและโฟลเอ็มในพืช 3. นักเรียนศึกษาตัวอย่างการทดลองเกี่ยวกับทิศทางการลำเลียงอาหารในพืช และร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับทิศทางการลำเลียงอาหารในพืช เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กลไกการลำเลียงอาหารในพืช 4. นักเรียนศึกษาแบบจำลองการลำเลียงอาหารในพืชของมึนช์ เพื่ออธิบายและสรุปกลไกการลำเลียงอาหารในพืชจากเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างอาหารไปยังเซลล์ที่มีการใช้อาหารผ่านทางโฟลเอ็มซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำ	**ด้านความรู้** กลไกการลำเลียงอาหารในพืชจากการทำแบบทดสอบ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. สืบค้นข้อมูลและสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพของสัตว์ที่กินพืชและใช้คำถามเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชที่เป็นผู้ผลิตและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวัตถุดิบและผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่ออภิปรายร่วมกันและสรุปได้ว่าพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่ได้คือน้ำตาล ออกซิเจน และน้ำ	**ด้านความรู้** การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 10. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพหรือทำกิจกรรมเพื่อสังเกตคลอโรพลาสต์ของใบพืช ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และใช้คำถามเกี่ยวกับความสำคัญของคลอโรพลาสต์ต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทและความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีในช่วงความยาวคลื่นต่างๆของคลอโรฟิลล์และสารสีอื่น ๆ ในคลอโรพลาสต์ และทำกิจกรรม ความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ 4. บรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วยปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3	**ด้านความรู้** ขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 จากแผนภาพสรุปและจากการทำแบบทดสอบ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 11. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ พืช CAM **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพพืช C_4 เช่น ข้าวโพดที่อยู่กลางแดดและพืช CAM เช่น กระบองเพชรที่อยู่ในทะเลทราย และใช้คำถามเกี่ยวกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในเซลล์มีโซฟิลล์ของใบเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องกลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และพืช CAM 2. อธิบายเกี่ยวกับกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 และพืช CAM และอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 และ พืช CAM กับสภาพแวดล้อมและถิ่นที่อยู่ 3. ร่วมกันสรุปเปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนได ออกไซด์ของพืช C_3 พืช C_4 และ CAM	**ด้านความรู้** การเปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปรายร่วมกัน และการสรุปเปรียบเทียบ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความรอบคอบ 4. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและร่วมกันอภิปรายเพื่อนำไปสู่เรื่องความเข้มของแสง 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ความเข้มของแสงแตกต่างกัน 3. ให้นักเรียนนำเสนอ อภิปรายร่วมกันและสรุปผลการทำกิจกรรมวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ความเข้มของแสงแตกต่างกัน 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเช่น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ธาตุอาหาร และอายุใบ 5. ร่วมกันสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	**ด้านความรู้** ความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การวัด การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การทำงานร่วมกัน จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน และการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 13. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ วัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก **ด้านทักษะ** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตแบบสลับของเฟิน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก 2. บรรยายเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก เพื่ออธิบายความสัมพันธ์และความแตกต่างของระยะ สปอโรไฟต์และระยะแกมีโทไฟต์ ให้นักเรียนเขียนแผนภาพวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก เพื่อสรุปว่าสปอโรไฟต์สร้างสปอร์ โดยสปอร์จะพัฒนาไปเป็นแกมีโทไฟต์ซึ่งจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์	**ด้านความรู้** วัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก การอภิปรายร่วมกัน และจากการทำแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายและเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียของพืชดอก 2. การปฏิสนธิในพืชดอก **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อศึกษาส่วนประกอบของดอกของพืชชนิดต่างๆ และสรุปเกี่ยวกับความแตกต่างของส่วนประกอบของดอกในพืชแต่ละชนิด ทำให้เกิดความหลากหลายของรูปทรงดอก ซึ่งสัมพันธ์กับการสืบพันธุ์ 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า เรณูในเกสรเพศผู้และถุงเอ็มบริโอในเกสรเพศเมียเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ 3. ให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างไมโครสปอร์ และเมกะสปอร์ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายเรณู เพื่ออภิปรายถึงความสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเรณูของพืชดอก 5. อธิบายเกี่ยวกับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย เพื่อให้นักเรียนอธิบายและเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียของพืชดอก 6. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อสังเกตและบันทึกหรือวาดภาพรูปร่างลักษณะของเรณู การงอกของหลอดเรณูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำเสนอผลการทำกิจกรรม อภิปรายร่วมกันและสรุปเกี่ยวกับการงอกของหลอดเรณู 7. ให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิสนธิ และร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการปฏิสนธิของพืชดอก	**ด้านความรู้** กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย และการปฏิสนธิในพืชดอก จากการทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการทำงานร่วมกัน จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน และการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 15. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเกิดเมล็ดและการเกิดผล 2. โครงสร้างของเมล็ดและผล 3. การเกิดผลเดี่ยว ผลกลุ่ม และผลรวม 4. ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามทบทวนเรื่องการปฏิสนธิคู่ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการเปลี่ยนแปลงของดอกหลังเกิดการปฏิสนธิ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของเมล็ดและผล และทำกิจกรรมศึกษาเมล็ดและผลจากตัวอย่างจริง นำเสนอ อภิปรายร่วมกัน เพื่อให้สรุปได้ว่า ออวุลมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นเมล็ด รังไข่เจริญและพัฒนาไปเป็นผลซึ่งจัดเป็นผลแท้ 3. ใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับประเภทของดอกและส่วนประกอบของดอก เพื่ออธิบายการเกิดผลเดี่ยว ผลกลุ่ม และผลรวม 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล ร่วมกันอภิปรายถึงความหลากหลายของลักษณะเมล็ดและผลในแง่ของการกระจายพันธุ์พืช และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล	**ด้านความรู้** การเกิดเมล็ดและการเกิดผล โครงสร้างของเมล็ดและผล และตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างของเมล็ดและผลของพืชดอกจากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท การคิดอย่างมีวิจารณญาณจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน และการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 16. ทดลอง อธิบาย และอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด 2. สภาพพักตัวของเมล็ดและแนวทางในการแก้ไข **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การตั้งสมมติฐาน 5. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 6. การทดลอง 7. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างของเมล็ด แล้วใช้คำถามเชื่อมโยงไปสู่ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และ แสง 3. ให้นักเรียนทำการทดลอง นำเสนอ อภิปรายร่วมกันและสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด 4. ให้ความรู้เกี่ยวกับสภาพพักตัวของเมล็ด และปัจจัยที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด 5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	**ด้านความรู้** ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และแนวทางในการแก้สภาพพักตัวจากการทดลอง การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน และการทำการทดลอง

ผลการเรียนรู้ **17. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. บทบาทและหน้าที่ของ ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก 2. การนำข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่พืชสร้างขึ้นมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือแอนิเมชันการทดลองเกี่ยวกับการตอบสนองต่อแสงของปลายโคลีออพไทล์ของพืช เพื่ออธิบายเกี่ยวกับผลของสารที่พืชสร้างขึ้นเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบทบาท และหน้าที่ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิกซึ่งเป็นสิ่งเร้าภายใน 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสารสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่พืชสร้างขึ้น และการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	**ด้านความรู้** 1. บทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิกจากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ 2. การนำสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่พืชสร้างขึ้นมาไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **18. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การตั้งสมมติฐาน 5. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 6. การทดลอง 7. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความรอบคอบ 4. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามทบทวนเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และใช้ภาพหรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ของพืช เช่น แสง ความชื้น เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 3. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของสิ่งเร้าภายนอกที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช นำเสนอผลการทดลอง และอภิปรายร่วมกัน เพื่อเชื่อมโยงสิ่งเร้าภายนอกกับลักษณะการเจริญเติบโตของพืช 4. ให้นักเรียนเขียนแผนผังสรุปบทบาทหน้าที่ของสิ่งเร้าภายนอกและสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 5. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพืชที่สังเกตเห็นได้ซึ่งเป็นผลจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก	**ด้านความรู้** สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน และจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำการทดลอง และการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน และการทำการทดลอง

4. **เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมสัตว์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

ผลการเรียนรู้

1. **สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพขนมปังที่มีราขึ้น พร้อมทั้งตั้งคำถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับการย่อยอาหารของรา เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการย่อยอาหารภายนอกและภายในเซลล์ 2. บรรยายเกี่ยวกับการย่อยอาหารภายนอกและภายในเซลล์ แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือศึกษา จากวีดิทัศน์ เพื่อสังเกตการกินอาหารของพารามีเซียม 3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าการย่อยอาหารของรามีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ และการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเกิดภายในฟูดแวคิวโอลโดยอาศัยเอนไซม์ในไลโซโซม 4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างภาพของสัตว์ เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และปลา แล้วสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เหล่านี้ 5. ให้นักเรียนนำเสนอข้อมูล อภิปรายร่วมกัน และสรุปเพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์	**ด้านความรู้** โครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรมหรือการศึกษาวีดิทัศน์และการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมหรือการศึกษาวีดิทัศน์และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของ ไฮดรา และพลานาเรีย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การกินอาหารของไฮดรา และพลานาเรีย **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้และยกตัวอย่างสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือศึกษาจากวีดิทัศน์เพื่อสังเกตการกินอาหารของไฮดรา และพลานาเรีย 3. ร่วมกันอภิปรายผลที่ได้จากการทำกิจกรรมหรือศึกษาจากวีดิทัศน์เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ไฮดราและ พลานาเรียเป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์จะกินอาหารและขับกากอาหารออกทางเดียวกัน	**ด้านความรู้** การกินอาหารของไฮดราและพลานาเรีย โดยการทำกิจกรรมและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ 2. กระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้แผนภาพทางเดินอาหารของมนุษย์และใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับอวัยวะและหน้าที่ของทางเดินอาหารของมนุษย์ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจอวัยวะภายในช่องปาก และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของอวัยวะภายในช่องปากที่ใช้ในการย่อยเชิงกล 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเรื่องน้ำลายและการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งช่วยในการย่อยเชิงเคมี 4. อธิบายเกี่ยวกับการกลืนอาหาร รวมทั้งอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกลืน และใช้คำถามเพื่อนำไปสู่เรื่องการลำเลียงอาหารจากช่องปากไปยังคอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก ตามลำดับ 5. อธิบายเกี่ยวกับการย่อยอาหารในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก เพื่อให้นักเรียนสรุปกระบวนการย่อยอาหารในทางเดินอาหารส่วนต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยเอนไซม์ และสารอื่น ๆ จากตับอ่อน ตับ และถุงน้ำดี 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของวิลลัสในลำไส้เล็ก เพื่อให้นักเรียนอธิบายการดูดซึมสารอาหารประเภทต่าง ๆ วิตามินและแร่ธาตุ รวมทั้งใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ของลำไส้ใหญ่	**ด้านความรู้** โครงสร้าง หน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ กระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. **สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก**

5. **สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก 2. โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้ภาพเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความสำคัญของแก๊สออกซิเจนต่อสิ่งมีชีวิต เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์แต่ละชนิด 3. ร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าสัตว์มีโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกัน 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรม สังเกต และอธิบายโครงสร้างลักษณะภายนอกของปอดหมูหรือวัวจากตัวอย่างจริง เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับจำนวนพูของปอด ลักษณะของท่อลม หลอดลม หลอดลมฝอย และถุงลม	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ 2. โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการจำแนกประเภท และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอภิปรายร่วมกัน 3. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้วยการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ **ด้านทักษะ** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย ช่องจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม และถุงลม 2. อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นบริเวณถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ของร่างกาย	**ด้านความรู้** โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ จากการทำแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้ 7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การทำงานของปอด และการวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้วีดิทัศน์แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศเข้า-ออกจากปอดของมนุษย์ และใช้คำถามทบทวนเกี่ยวกับอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการทำงานของปอด 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการจำลองการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอก เพื่อศึกษากลไกการหายใจเข้า-ออก 3. ให้นักเรียนนำเสนอและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอดโดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอก 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ 5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับปริมาตรของอากาศในการหายใจออก และปัจจัยต่างๆ เช่น อายุ เพศ ขนาดของร่างกาย และกิจกรรมที่ร่างกายกระทำมีผลต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจออก	**ด้านความรู้** การทำงานของปอดและการวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ จากการทำแบบฝึกหัดและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การวัด การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมการนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน และความเชื่อมั่นหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามหรือวีดิทัศน์ หรือให้นักเรียนศึกษาสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาเกี่ยวกับวิธีการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว คือ อะมีบาและ พารามีเซียม และในสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อน คือ ฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการลำเลียงสารในร่างกายสัตว์ 2. ให้นักเรียนศึกษาภาพระบบหมุนเวียนเลือดของสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนกว่าพลานาเรีย คือ ไส้เดือนดิน แมลง และกุ้ง เพื่อสรุปได้ว่าระบบหมุนเวียนเลือดประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือด และเลือด และบอกความแตกต่างของระบบหมุนเวียนเลือดของสัตว์ดังกล่าว 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อภิปรายร่วมกัน และสรุปให้ได้ว่าระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด ซึ่งเลือดไม่ได้หมุนเวียนอยู่เฉพาะภายในหลอดเลือด แต่ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด เลือดจะหมุนเวียนอยู่ภายในหลอดเลือด พร้อมทั้งยกตัวอย่างสัตว์ในแต่ละระบบ 4. ให้นักเรียนทำตารางเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด	**ด้านความรู้** ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด จากการทำตารางเปรียบเทียบและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. **สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วการไหลของเลือด**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหลอดเลือดขนาดต่างๆ ของหางปลา 2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์ และคำถามเกี่ยวกับความเร็วและทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องการหมุนเวียนเลือดโดยศึกษาบริเวณหางปลาหางนกยูงหรือหางลูกอ๊อดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อสังเกตและอธิบายขนาดของหลอดเลือด ทิศทางการไหลของเลือด ทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือด และความเร็วในการไหลของเลือดในหลอดเลือดต่าง ๆ 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้ว่าหลอดเลือดฝอยมีความเร็วในการไหลของเลือดช้าสุด	**ด้านความรู้** ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด ทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือด ในหลอดเลือดขนาดต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดจากการทำกิจกรรม และแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล และการทำงานร่วมกันจากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์**

11. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ 2. โครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม 3. ทิศทางการไหลของเลือดผ่านบริเวณหัวใจของมนุษย์ และการหมุนเวียนเลือดในร่างกายมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามหรือภาพ เพื่อทบทวนเกี่ยวกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น นำแก๊สออกซิเจนจากปอด นำสารอาหารจากลำไส้เล็กไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย รวมทั้งโครงสร้างและอวัยวะที่ใช้ในการลำเลียงสาร 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบหมุนเวียนเลือด คือ หัวใจ หลอดเลือด และเลือดซึ่งไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือดอาร์เตอรี หลอดเลือดเวน และหลอดเลือดฝอย 4. นักเรียนทำกิจกรรม เพื่อสังเกตลักษณะภายนอกของหัวใจคือขนาด รูปร่าง หลอดเลือด ช่องของหลอดเลือดที่เข้าและออกจากหัวใจ ลักษณะภายในของหัวใจ คือหัวใจห้องต่าง ๆ ความหนาของผนังห้องหัวใจ หลอดเลือดลิ้นหัวใจ และทิศทางการไหลของเลือดเข้าและออกจากหัวใจ 5. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนของเลือดออกจากหัวใจไปปอดและไปส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วยหลอดเลือดอาร์เตอรี และกลับเข้าสู่หัวใจด้วยหลอดเลือดเวน ผ่านหัวใจห้องต่าง ๆ และลิ้นต่าง ๆ และออกจากหัวใจ 6. ให้นักเรียนทำกิจกรรมจับชีพจรตนเอง โดยอาจลองใช้ สเตทโทสโคปเพื่อฟังเสียงการเต้นของหัวใจ คำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ และออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเต้นของหัวใจ 7. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดชีพจรหรือการเต้นของหัวใจและความดันเลือดโดยใช้ภาพประกอบ	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ จากการทำแบบทดสอบ 2. โครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจากการทำกิจกรรม 3. ทิศทางการไหลของเลือดผ่านบริเวณหัวใจของมนุษย์ และการหมุนเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์จากการเขียนแผนผังสรุป และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	8. ให้นักเรียนศึกษาภาพแสดงทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดอาร์เตอรี หลอดเลือดเวน และหลอดเลือดฝอย และภาพแสดงความดันเลือดในหลอดเลือดต่าง ๆ 9. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดที่แขนขณะที่ถูกกดและปล่อย อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และความแตกต่างระหว่างหลอดเลือดเวนและหลอดเลือดอาร์เตอรี 10. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล อภิปรายร่วมกัน และสรุปเกี่ยวกับความดันเลือดและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความดันเลือด	

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพและคำถามเกี่ยวกับปริมาณเลือดในร่างกายและส่วนประกอบของเลือดที่ผ่านการปั่นแยก 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ และเพลตเลตรวมทั้งหน้าที่ของพลาสมา 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมสังเกต และถ่ายภาพหรือวาดภาพพร้อมระบุส่วนประกอบของเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ และเพลตเลตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้สไลด์ถาวรของเซลล์เม็ดเลือดมนุษย์ 4. ให้นักเรียนนำเสนอและสรุปความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา	**ด้านความรู้** ความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมาจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการจำแนกประเภท และ ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 13. อธิบายหมู่เลือด และหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. หมู่เลือดระบบ ABO และระบบ Rh 2. หลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh **ด้านทักษะ** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลเลือดหมู่ต่าง ๆ ของนักเรียน และทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับหมู่เลือดของมนุษย์ 2. บรรยายเกี่ยวกับการจำแนกหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง 3. นักเรียนทำตารางสรุปเกี่ยวกับแอนติเจนและแอนติบอดีของหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh 4. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh 5. นักเรียนทำตารางสรุปหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh	**ด้านความรู้** หมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh จากการทำตารางสรุปและแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้ **14. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง 2. โครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลืองและต่อมน้ำเหลือง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามและภาพเกี่ยวกับต่อมน้ำเหลืองบริเวณต่างๆ ของร่างกาย เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่อง ส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง 2. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์การลำเลียงน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลือง อภิปรายร่วมกัน และสรุปเกี่ยวกับทิศทางการไหลของน้ำเหลือง และการเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง โครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลืองและต่อมน้ำเหลือง	**ด้านความรู้** ส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง โครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกตจากการศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์

ผลการเรียนรู้ 15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างและอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย และวิธีการที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องกลไกการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย 2. บรรยายเพิ่มเติมโดยใช้ภาพ หรือวีดิทัศน์ หรือเอกสารแผ่นพับเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะของผิวหนัง เยื่อบุท่อ ต่อมน้ำลาย และการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะซึ่งเป็นการทำงานของเซลล์บีและเซลล์ทีชนิดต่าง ๆ การเกิดเซลล์เมมอรีซึ่งเป็นพื้นฐานของการให้วัคซีน 4. ให้นักเรียนเขียนแผนผังหรือตารางเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ 5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อภิปราย และสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับต่อมน้ำเหลือง ทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก ในเรื่องการสร้างและการตอบสนองของลิมโฟไซต์	**ด้านความรู้** ความแตกต่างของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ และกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ จากการเขียนแผนผังหรือตารางเปรียบเทียบและจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 2. วัคซีน ทอกซอยด์ และซีรัมสำหรับโรคหรืออาการต่าง ๆ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ และใช้ตารางเกี่ยวกับการแนะนำการฉีดวัคซีนตั้งแต่แรกเกิด และใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การสร้างภูมิคุ้มกันแบบภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 2. ให้ความรู้เกี่ยวกับภูมิคุ้มกันก่อเองซึ่งเป็นการสร้างแอนติบอดีหลังการติดเชื้อหรือได้รับวัคซีน หรือทอกซอยด์ ซึ่งเป็นการได้รับแอนติเจน ส่วนภูมิคุ้มกันรับมาเป็นการได้รับแอนติบอดีผ่านทางรก หรือจากน้ำนมแม่ หรือจากซีรัมต่าง ๆ 3. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับตัวอย่างวัคซีนคุ้มกันโรคหรืออาการต่าง ๆ และตัวอย่างซีรัมสำหรับโรคหรืออาการต่าง ๆ 4. นักเรียนเขียนแผนผังหรือตารางเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายแบบภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา	**ด้านความรู้** ความแตกต่างของภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา ตัวอย่างวัคซีนและซีรัมสำหรับโรคหรืออาการต่าง ๆ จากการเขียนแผนผังหรือตารางเปรียบเทียบและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 17. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความใจกว้าง 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างโรคหรืออาการที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน 2. ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์หรือภาพ หรือแผ่นพับเกี่ยวกับอาการหรือโรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน คือ เอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับการเขียนกราฟแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวในผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อ HIV 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และนำเสนอ เกี่ยวกับสถิติของผู้ป่วย และแนวทางในการป้องกันเอดส์ ภูมิแพ้ หรือการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	**ด้านความรู้** ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง จากการทำรายงาน และแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูลและความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความใจกว้าง และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ในฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับคำจำกัดความของคำว่า ของเสีย จากนั้นใช้คำถามเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสัตว์ 2. นักเรียนสืบค้นข้อมูล และนำเสนอเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ฟองน้ำและไฮดรากำจัดของเสียโดยการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม พลานาเรียใช้เฟลมเซลล์ ไส้เดือนดินใช้เนฟริเดียม แมลงใช้มัลพิเกียนทิวบูล และสัตว์มีกระดูกสันหลังใช้ไตในการขับถ่ายของเสีย	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของไต 2. โครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับอวัยวะที่ใช้ในการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างปัสสาวะของมนุษย์ เพื่อเชื่อมโยงเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของไต 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย เพื่อให้นักเรียนสรุปว่า ไตประกอบด้วย คอร์เทกซ์ เมดัลลา และกรวยไต โดยกรวยไตจะต่อกับท่อไตไปยังกระเพาะปัสสาวะ และขับถ่ายออกทางท่อปัสสาวะ 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาโครงสร้างภายนอก และภายในของไตหมูที่ผ่าตามยาว จากนั้นให้นักเรียนวาดภาพพร้อมระบุชื่อโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของไต 4. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลำเลียงเลือดที่มีของเสียจากเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายจะเข้าสู่ไตทางรีนัลอาร์เตอรี และออกจากไตทางรีนัลเวน 5. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของไตในการรักษาดุลยภาพของน้ำ แร่ธาตุ และกรด-เบส	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกายจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต การจำแนกประเภท และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย 2. ขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต **ด้านทักษะ** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหน่วยไต หรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไต แล้วใช้คำถามเกี่ยวกับหน้าที่ของหน่วยไตในการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของหน่วยไต เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า หน่วยไตประกอบด้วย โบว์แมนส์แคปซูล ท่อขดส่วนต้น ห่วงเฮนเล และท่อขดส่วนปลาย ปลายของท่อขดส่วนปลายจากหลายหน่วยไตจะเปิดออกที่ท่อรวมแล้วออกสู่กรวยไต 3. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการทำงานของหน่วยไต เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนแผนผังสรุปการทำงานของหน่วยไตในการกรอง การดูดกลับ และการหลั่ง 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของไตในการรักษาดุลยภาพของน้ำ แร่ธาตุ และกรด-เบส	**ด้านความรู้** กลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต จากการเขียนแผนผัง และการทำแบบทดสอบ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถาม

ผลการเรียนรู้ 21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับไตและอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่าย จากนั้นใช้คำถามเกี่ยวกับ โรคหรืออาการต่างๆ เช่น นิ่วในไต กระเพาะปัสสาวะอักเสบ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องความผิดปกติของไต 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการรักษาดุลยภาพของสารในร่างกาย เช่น โรคนิ่วและโรคไตวาย 3. ให้นักเรียน นำเสนอและสรุปเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ	**ด้านความรู้** ความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ


BIOLOGY



ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สาระชีววิทยา

4. **เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมสัตว์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

ผลการเรียนรู้ 1. **สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนจี้เอวเพื่อน หรือศึกษาการเคลื่อนที่ของพารามีเซียมเมื่อมีสิ่งกีดขวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วใช้คำถามและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของมนุษย์และพารามีเซียม เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสัตว์ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือศึกษาวีดิทัศน์ การใช้เข็มเขี่ยที่เทนทาเคิลและส่วนต่าง ๆ ของไฮดราและสังเกตและอภิปรายร่วมกันถึงการตอบสนองของไฮดราในการเคลื่อนไหว ว่าเป็นผลมาจากการทำงานของร่างแหประสาท 3. ให้นักเรียนศึกษาระบบประสาทของ พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง แมลงสาบ หรือจิ้งหรีดจากภาพหรือตัวอย่างจริงที่จัดแสดงไว้ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อภิปรายร่วมกันและสรุปเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทในพลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย และแมลงซึ่งมีปมประสาทและเส้นประสาท และในสัตว์มีกระดูกสันหลังซึ่งมี สมอง ไขสันหลัง ปมประสาท และเส้นประสาท	**ด้านความรู้** การเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตจากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพเซลล์ประสาทหรือสไลด์ถาวรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างของเซลล์ประสาทและเปรียบเทียบกับภาพของเซลล์อื่นๆ เช่น เซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง เซลล์เม็ดเลือดแดง และเซลล์อสุจิ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาทเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า เซลล์ประสาทประกอบด้วย ตัวเซลล์ เดนไดรต์ และแอกซอน พร้อมทั้งสามารถระบุหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบ 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดเยื่อไมอีลินและชนิดของเส้นใยประสาท 4. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับการจำแนกเซลล์ประสาทตามหน้าที่ออกเป็น 3 ชนิด และการจำแนกตามรูปร่างออกเป็น 3 ชนิด	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท จากการทำแบบทดสอบ 2. การจำแนกเซลล์ประสาทตามหน้าที่และรูปร่างจากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** การลงความเห็นจากข้อมูลจากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ พฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทและกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท 2. กลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์แสดงการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในของเซลล์ประสาท แล้วใช้คำถามและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท 2. อธิบายเกี่ยวกับการเกิดกระแสประสาท เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่ากระแสประสาทเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์บริเวณแอกซอน โดยการทำงานของช่องไอออนที่สามารถปิดเปิดได้ พร้อมทั้งสรุประยะต่าง ๆ ของแอกชันโพเทนเชียล 3. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์ การไซแนปส์ของเซลล์ประสาท แล้วใช้คำถามและอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปถึงความสำคัญของสารสื่อประสาทและการถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ ผ่านทางไซแนปส์	**ด้านความรู้** การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกตจากการศึกษาภาพและวีดิทัศน์ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก **ด้านทักษะ** ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพแสดงพัฒนาการของสมองและไขสันหลังจากนิวรัลทิวบ์ซึ่งทอดยาวไปตามสันหลังตลอดตัวเอ็มบริโอมนุษย์ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องสมองและไขสันหลัง 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปให้ได้ว่า สมองและไขสันหลังจัดเป็นระบบประสาทส่วนกลาง 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง ช่องภายในสมองและไขสันหลัง และน้ำในสมองและไขสันหลัง 4. ให้นักเรียนศึกษาภาพสมองและไขสันหลังที่มีเส้นประสาทยื่นออกมาเป็นคู่ๆ และอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปได้ว่า เส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลังซึ่งไปยังอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย รวมทั้งปมประสาทจัดเป็นระบบประสาทรอบนอก	**ด้านความรู้** โครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** ทักษะการสังเกตจากการศึกษาภาพ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพแสดงพัฒนาการของสมองและไขสันหลังของเอ็มบริโอมนุษย์อายุประมาณ 3-4 สัปดาห์ และอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงไปสู่เรื่องโครงสร้างของสมองซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง 2. ให้นักเรียนศึกษาภาพวิวัฒนาการของสมองในสัตว์มีกระดูกสันหลังเพื่อเปรียบเทียบการเจริญของสมองแต่ละส่วนในสัตว์ต่าง ๆ 3. ใช้ภาพหรือหุ่นจำลองสมองและให้ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของสมองส่วนหน้า สมองส่วน กลาง สมองส่วนหลัง และเส้นประสาทสมอง 12 คู่ 4. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง และหน้าที่ของเส้นประสาทสมอง 12 คู่ ซึ่งบางคู่ทำหน้าที่รับความรู้สึกหรือ สั่งการ หรือทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง 5. ใช้ภาพโครงสร้างภายนอกของ ไขสันหลังที่ต่อจากสมอง และเส้นประสาทไขสันหลัง เพื่อให้นักเรียนพิจารณาตำแหน่งที่อยู่ของไขสันหลังและเส้นประสาทไขสันหลัง 6. นักเรียนสังเกตและอธิบายโครงสร้างภาคตัดขวางของไขสันหลังจากภาพหรือสไลด์ถาวรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 7. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างภาคตัดขวางของไขสันหลังและเส้นประสาทไขสันหลังซึ่งมี 31 คู่ 8. ให้นักเรียนศึกษาภาพการทดลองการส่งกระแสประสาทจากเส้นประสาทไขสันหลังในกบ โดยการตัดตำแหน่งต่าง ๆ ของเส้นประสาทไขสันหลัง 9. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายหน้าที่ของไขสันหลังและสรุปได้ว่าเส้นประสาทไขสันหลังทุกคู่รับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลังทางด้านบนและนำคำสั่งออกจากไขสันหลังทางด้านล่าง	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตและทักษะการจำแนกประเภทจากการศึกษาภาพหรือสไลด์ถาวร 2. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนวัติ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนวัติ **ด้านทักษะ** ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพแสดงรีเฟล็กซ์แอกชันของการกระตุกขาเมื่อเคาะที่เอ็นใต้เข่าและเมื่อเหยียบเศษแก้ว เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องระบบประสาทโซมาติก 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่ารีเฟล็กซ์แอกชันเป็นการทำงานของระบบประสาทโซมาติกซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับรีเฟล็กซ์ พร้อมยกตัวอย่างประกอบ 4. ให้นักเรียนคิดถึงเหตุการณ์ที่ทำให้นักเรียนตกใจมากและบอกความรู้สึกเกิดขึ้น โดยเฉพาะการเต้นของหัวใจที่ถี่และเร็ว อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าเป็นการทำงานของระบบประสาทอัตโนวัติซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายในและต่อมต่าง ๆ 5. ร่วมกันเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนวัติ	**ด้านความรู้** การเปรียบเทียบและยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนวัติจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล 2. การจำแนกประเภท จากการตอบคำถาม การนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้

7. **สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแล ป้องกัน และรักษา**
8. **สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด และโฟเวียของตา และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ 2. ตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ และแนวทางในการดูแล ป้องกันและรักษา 3. ตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวียของตา 4. ความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความซื่อสัตย์ 3. ความมุ่งมั่นอดทน 4. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนปิดตาแล้วดมกลิ่น และลิ้มรส ลูกอมที่มีกลิ่นและรสชาติต่าง ๆ แล้วใช้คำถามเกี่ยวกับการมองเห็น ได้ยิน ได้กลิ่น รับรส หรือรู้สึกร้อนหนาว เพื่อโยงเข้าสู่เรื่องอวัยวะรับความรู้สึก 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าอวัยวะรับความรู้สึกต่าง ๆ คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง จะรับสิ่งเร้าที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตจึงควรดูแล ป้องกันและรักษาให้ทำงานได้เป็นปกติ 3. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองโครงสร้างของตา อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ตาประกอบด้วย 3 ชั้น คือ สเคลอรา โครอยด์ และเรตินา และยังมีเลนส์ตา เซลล์รับแสงและโครงสร้างอื่น ๆ 4. อธิบายเกี่ยวกับหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ของ ตา และกลไกการมองเห็น 5. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับตำแหน่งจุดบอดและโฟเวียของตา เพื่ออธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด และโฟเวียของตา 6. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองโครงสร้างของหู แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า หูแบ่งเป็น หูส่วนนอก หูส่วนกลาง หูส่วนในซึ่งมีคอเคลีย และเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล 7. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ของหู กลไกการได้ยิน และกลไกการทรงตัวของร่างกาย 8. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองโครงสร้างของจมูก แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า เยื่อบุโพรงจมูกมีเซลล์ประสาทรับกลิ่น ทำหน้าที่เป็นตัวรับสารเคมีแล้วเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง 9. ให้นักเรียนส่องกระจกดูลิ้นของตนเองเปรียบเทียบกับ ภาพโครงสร้างภายนอกของลิ้นและศึกษาภาพตัดขวางของตุ่มรับรส แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ลิ้นมีเซลล์รับรสอยู่ในตุ่มรับรสซึ่งทำหน้าที่	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง ตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งแนวทางการดูแล ป้องกันและรักษา ตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวียของตา และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ 2. ตัวอย่างอาการผิดปกติ หรือโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งบอกแนวทางในการดูแล ป้องกันและรักษา จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ 3. ตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวียของตา และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง จากทำกิจกรรม **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** จิตวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	เปลี่ยนการกระตุ้นด้วยสารเคมี เป็นกระแสประสาทส่งไปตามเส้นประสาทไปยังสมอง 10. ให้นักเรียนศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองโครงสร้างของผิวหนังที่แสดงปลายประสาทชนิดต่างๆ แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ผิวหนังมีหน่วยรับสิ่งเร้าหลายชนิด เช่น รับสัมผัส แรงกด เจ็บปวด และอุณหภูมิ 11. ให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง เพื่อให้สรุปได้ว่าบริเวณต่าง ๆ ของผิวหนังมีหน่วยรับความรู้สึกสัมผัสไม่เท่ากัน 12. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ และอภิปรายร่วมกัน เกี่ยวกับโรคหรือความผิดปกติของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง ตลอดจนการดูแล ป้องกันและรักษา	

ผลการเรียนรู้ 9. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพ หรือวีดิทัศน์ แสดงการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หรือศึกษาจากตัวอย่างจริงจากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อให้เห็นการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แล้วร่วมกันอภิปรายความเหมือนหรือแตกต่างกันการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่สังเกตเห็น 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์ อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแบบต่าง ๆ 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอโดยเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก และดาวทะเล แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า อาศัยแรงดันน้ำช่วยในการเคลื่อนที่ แต่มีโครงสร้างและลักษณะการเคลื่อนที่แตกต่างกัน 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน 5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแมลง นำเสนอโดยเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน อภิปรายร่วมกันเพื่อให้สรุปได้ว่า ไส้เดือนดินและแมลงเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยกล้ามเนื้ออย่างน้อย 2 ชุด ซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม 6. ให้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของปลาและนก เพื่อให้นักเรียนอธิบายได้ว่า การเคลื่อนที่ของปลาและนกอาศัยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อ 2 ชุด ซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม นอกจากนั้นยังอาศัยโครงสร้างอื่น ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่สัตว์นั้นอาศัยอยู่	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลาและนก จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต ลงความเห็นจากข้อมูล และการจำแนกประเภท จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความมุ่งมั่นอดทน และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ **10. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์**

11. สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ 2. การทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ 3. การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพหรือหุ่นจำลองของโครงกระดูกของมนุษย์ และใช้คำถามเกี่ยวกับกระดูกและข้อต่อเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่ากระดูกแบ่งตามตำแหน่งได้เป็นกระดูกแกนและกระดูกรยางค์ และบริเวณที่กระดูกตั้งแต่ 2 ชิ้นมาต่อกันที่เรียกว่า ข้อต่อ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมนุษย์ รวมทั้งข้อต่อ เอ็นยึดกระดูก และเอ็นยึดข้อ 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรม ชนิดของข้อต่อกับ เพื่อสังเกตการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่เกิดจากการทำงานของข้อต่อที่บริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย และจำแนกชนิดของข้อต่อโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง 4. ร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์อาศัยการทำงานของกระดูก กล้ามเนื้อ รวมทั้งข้อต่อชนิดต่างๆ 5. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปร่าง หน้าที่ และตำแหน่งที่พบกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด คือ กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบ 6. ให้นักเรียนทำกิจกรรม การทำงานของกล้ามเนื้อแขน และอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การเคลื่อนไหวของมนุษย์เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยส่วนใหญ่ทำงานร่วมกันเป็นคู่ ๆ ในสภาวะตรงกันข้าม	**ด้านความรู้** 1. โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมนุษย์ จากการทำแบบทดสอบ 2. การทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวจากการทำกิจกรรม **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การจำแนกประเภท 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยนำภาพ หรือวีดิทัศน์การสืบพันธุ์ของสัตว์ชนิดต่างๆ มาให้นักเรียนศึกษา เช่น ภาพการแตกหน่อของไฮดรา การงอกใหม่ของดาวทะเล ภาพการผสมพันธุ์ของแมลงปอและกบ จากนั้นใช้คำถามเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของสัตว์ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือศึกษาวีดิทัศน์การตัดแบ่ง พลานาเรียออกเป็นส่วน ๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าพลานาเรียที่ตัดแบ่งนั้นสามารถเจริญเป็นตัวใหม่ได้ ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ 3. อธิบายเกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าเป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากการรวมนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายใน สัตว์บางชนิดมี 2 เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว 4. ร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศกับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ 5. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์	**ด้านความรู้** การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์ จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูลจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 13. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง 2. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสืบค้นข้อมูล นำเสนอและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิงเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วยอัณฑะทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงสเปิร์ม และสารหล่อลื่นท่อปัสสาวะ อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิงประกอบด้วยรังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอร์โมนเพศหญิง และมีโครงสร้างอื่นๆ เช่น ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด	**ด้านความรู้** โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิงจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 14. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ กระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับการปฏิสนธิของเซลล์ไข่กับสเปิร์มในมนุษย์ และใช้คำถามเกี่ยวกับที่มาของเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสอง 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาสไลด์ถาวรของอัณฑะและรังไข่ของหนู เพื่อให้สรุปเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของอัณฑะและรังไข่ 3. อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า กระบวนการสร้างสเปิร์มเริ่มต้นจากสเปอร์มาโทโกเนียมได้เป็นสเปอร์มาทิดและพัฒนาเป็นสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียมแบ่งเซลล์ได้เป็นโอโอไซต์ระยะแรกและโอโอไซต์ระยะที่สองซึ่งจะเกิดการตกไข่ เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซต์ระยะที่สองจะพัฒนาเป็นเซลล์ไข่ 4. อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปฏิสนธิเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ได้ไซโกต ซึ่งจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและไปฝังตัวที่ผนังมดลูกจนกระทั่งครบกำหนดคลอด	**ด้านความรู้** กระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสังเกต จากการทำกิจกรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น และการเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

ผลการเรียนรู้ 15. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** - **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วีดิทัศน์หรือใช้คำถามเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของมนุษย์ แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับขนาดร่างกายของนักเรียนเปรียบเทียบกับขนาดของฟีตัสที่อยู่ในครรภ์ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการเจริญเติบโตของสัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์ 2. อธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การเจริญเติบโตเริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ของไซโกต การเกิดเนื้อเยื่อเอ็มบริโอ 3 ชั้น การเกิดอวัยวะโดยเซลล์มีการเพิ่มจำนวน การขยายขนาด และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ซึ่งพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ จะทำให้มีการเกิดรูปร่างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด เอ็มบริโอของมนุษย์จะฝังตัวที่ผนังมดลูก และมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรก 3. นักเรียนวาดภาพหรือทำตารางเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์	**ด้านความรู้** การเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์จากการทำแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้ 16. สืบค้นข้อมูล และอธิบายหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ หน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างสถานการณ์หรือการทดลองเกี่ยวกับผลของฮอร์โมนต่อการพัฒนาลักษณะทางเพศเมื่อสัตว์โตเต็มวัย เพื่อเชื่อมโยงเกี่ยวกับหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน 2. อธิบายเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมนในร่างกายมนุษย์ และอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับความหมายของฮอร์โมน ตำแหน่ง และตำแหน่งของต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมนที่สำคัญในร่างกาย รวมทั้งการลำเลียงฮอร์โมนไปยังอวัยวะเป้าหมาย 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับฮอร์โมนที่ต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อในร่างกายผลิตขึ้น อวัยวะเป้าหมายหน้าที่ของฮอร์โมน และโรคหรือความผิดปกติที่เกิดจากการทำงานของฮอร์โมน 4. อภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนสรุปหน้าที่ของเมลาโทนินจากต่อมไพเนียล 5. ให้นักเรียนวิเคราะห์ภาพการทดลองเกี่ยวกับโกรทฮอร์โมนพร้อมกับศึกษาภาพของต่อมใต้สมอง เพื่อร่วมกันอภิปรายและสรุปได้ว่า ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างฮอร์โมน คือ GH ACTH TSH FSH LH โพรแลกทิน เอนดอร์ฟิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน ส่วนต่อมใต้สมองส่วนหลังไม่ผลิตฮอร์โมนแต่ทำหน้าที่หลั่ง ADH และออกซิโทซิน ซึ่งผลิตจากสมองส่วนไฮโพทาลามัส 6. ให้นักเรียนศึกษาการทดลองเกี่ยวกับไทรอกซินจากต่อมไทรอยด์ เพื่อนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ รวมทั้งข้อมูลจากการสืบค้นของนักเรียน และสรุปหน้าที่ของไทรอกซิน 7. ร่วมกันอภิปรายผลจากการสืบค้นข้อมูล เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราทอร์โมน ซึ่งทำงานร่วมกับแคลซิโทนินจากต่อมไทรอยด์ 8. ให้นักเรียนศึกษากราฟแสดงระดับน้ำตาลในเลือดของคนปกติ และผู้ป่วยโรคเบาหวานหลังจากรับประทานอาหาร รวมทั้งผลการทดลองเกี่ยวกับ	**ด้านความรู้** 1. หน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ และเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน จากการทำตารางสรุป และการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม 2. การจำแนกประเภท ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอข้อมูล 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้วิจารณญาณจากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	ฮอร์โมนของตับอ่อน และจากการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ตับอ่อนยังมีกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างอินซูลินและกลูคากอน 9. ให้นักเรียนศึกษาภาพตำแหน่ง และโครงสร้างของต่อมหมวกไต และอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปได้ว่า ต่อมหมวกไตส่วนนอกสร้างกลูโคคอร์ติคอยด์ มิเนราโลคอร์ติคอยด์และฮอร์โมนเพศ ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกันส่วนต่อมหมวกไตส่วนในสร้างเอพิเนฟริน และนอร์เอพิเนฟริน ซึ่งมีหน้าที่เหมือนกัน 10. ให้นักเรียนศึกษาภาพโครงสร้างของอัณฑะและรังไข่ และอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปได้ว่า ภายในอัณฑะมีกลุ่มเซลล์สร้างเทสโทสเทอโรน และรังไข่มีกลุ่มเซลล์ที่สร้างเอสโทรเจนและโพรเจสเทอโรน ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน 11. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากเนื้อเยื่อบางบริเวณของอวัยวะ เช่น รก ไทมัส กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก 12. ให้นักเรียนทำตารางสรุป ต่อมไร้ท่อ ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมน และอวัยวะเป้าหมาย โรคและความผิดปกติที่เกิดจากการทำงานของฮอร์โมน 13. ให้นักเรียนศึกษาภาพแสดงการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนบางชนิด แล้วร่วมกันอภิปรายและสรุปว่า การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อมีทั้งการควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้งและการควบคุมแบบป้อนกลับกระตุ้นเพื่อรักษาดุลยภาพของร่างกาย 14. ให้นักเรียนศึกษาภาพการทดลองเกี่ยวกับฟีโรโมนจากผีเสื้อไหม แล้วร่วมกันอภิปราย และเปรียบเทียบระหว่างฮอร์โมนกับฟีโรโมน เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าฟีโรโมนเป็นสารเคมีที่ผลิตจากต่อมมีท่อของสัตว์ซึ่งส่งผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกัน	

ผลการเรียนรู้ 17. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาพฤติกรรมของสัตว์โดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์ เช่น การวางไข่ของเต่าทะเล การฟักไข่ของไก่ การหดตัวของหอยทากยักษ์เมื่อถูกสัมผัส การหดตัวของไฮดรา เพื่อให้เห็นความหลากหลายของพฤติกรรมในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ 2. ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์หรือทำกิจกรรมเกี่ยวกับการตอบสนองที่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า เช่น การเคลื่อนที่หนีแสงของพลานาเรีย 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น โอเรียนเตชัน (แทกซิสและไคนีซิส) รีเฟล็กซ์ และฟิกแอกชันแพทเทิร์น พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบ่งได้เป็นแฮบบิชูเอชัน การฝังใจ การเชื่อมโยง (การลองผิดลองถูกและการมีเงื่อนไข) และการใช้เหตุผล โดยระดับการแสดงพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กับระบบประสาท 4. ให้นักเรียนทำตารางสรุปเพื่อเปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์	**ด้านความรู้** 1. พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์ โดยการทำรายงานและจากการทำแบบทดสอบ 2. ตัวอย่างพฤติกรรมการตอบสนองที่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้าจากการทำกิจกรรม **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 18. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การสังเกต **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์หรือให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์ที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น การขดตัวของกิ้งกือ การร้องเพลงเพื่อหาคู่ของนก หรือพฤติกรรมอื่น ๆ เช่น การแสดงออกของสัตว์เลี้ยงเมื่อนำอาหารไปให้ เช่น สุนัข แมว ปลา เพื่อเชื่อมโยงเกี่ยวกับวิวัฒนาการของระบบประสาทสัมพันธ์กับการแสดงพฤติกรรมของสัตว์ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และนำเสนอเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ระดับการแสดงพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กับวิวัฒนาการของระบบประสาท	**ด้านความรู้** ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท และการยกตัวอย่างพฤติกรรมจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตจากการศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์ 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้วิจารณญาณจากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 19. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนเล่นเกมใบ้คำ โดยให้แสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการให้เพื่อน ๆ ทาย จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเกี่ยวกับวิธีการสื่อสารระหว่างสัตว์ 2. ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์หรือภาพเกี่ยวกับการเดินเป็นแถวของมด จากนั้นใช้คำถามเกี่ยวกับวิธีการสื่อสารของมด อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า มดมีการสื่อสารด้วยสารเคมี 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม แล้วสรุปได้ว่า การสื่อสาร มีหลายวิธี เช่น การสื่อสารด้วยท่าทาง การสื่อสารด้วยเสียง การสื่อสารด้วยสารเคมี และการสื่อสารด้วยการสัมผัส	**ด้านความรู้** การสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์ และการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

2. **เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

ผลการเรียนรู้

1. **อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ 2. ความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพต่าง ๆ เช่น ลักษณะสีสันและลวดลายของหอยทับทิม การประกวดสายพันธุ์กล้วยไม้สปีชีส์ใหม่ ๆ ระบบนิเวศแบบต่าง ๆ แล้วใช้คำถามหรือประเด็นอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ 2. อธิบายเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ 3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นเพื่ออภิปรายและสรุปเกี่ยวกับความสำคัญและความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ	**ด้านความรู้** ความสำคัญความหลากหลายทางชีวภาพ ความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ จากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูลจากการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 2. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิต 2. วิวัฒนาการของเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพหรือวีดิทัศน์แสดงการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตแล้วใช้คำถามเกี่ยวกับแนวคิดของการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิต 2. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอข้อมูล และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสมมติฐานและแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์สมัยต่าง ๆ ในประเด็นการเกิดเซลล์เริ่มแรก และวิวัฒนาการของเซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอต 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปแนวคิดการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	**ด้านความรู้** การเกิดของเซลล์เริ่มแรก และวิวัฒนาการของเซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอตจากการอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูล และนำเสนอ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการอภิปราย **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 3. **อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย 2. ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพและคำถามแบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบกลม แท่ง และเกลียวที่ถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย 2. ให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบกลม แท่ง หรือเกลียว พร้อมทั้งบอกบทบาทของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียที่ยกตัวอย่าง นำเสนอและสรุปบทบาทที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียในด้านต่าง ๆ 3. อธิบายหรือให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์เกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย 5. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอาร์เคียและร่วมกันสรุปเปรียบเทียบแบคทีเรียกับอาร์เคีย	**ด้านความรู้** ลักษณะสำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียจากการนำเสนอและการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูลจากการนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ 2. ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยนำภาพข่าวหรือคลิปวีดิทัศน์แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนของโพรทิสต์ และให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทบาทของโพรทิสต์ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยศึกษาลักษณะโพรทิสต์จากภาพถ่าย หรือวีดิทัศน์ หรือสไลด์ถาวรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นเลือกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในกลุ่มโพรทิสต์ (โดยไม่ซ้ำตัวอย่างกัน) สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญและบทบาทของตัวอย่างโพรทิสต์ที่เลือก นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลกับนักเรียนอื่น 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ และบทบาทของโพรทิสต์ในด้านต่าง ๆ	**ด้านความรู้** ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูลจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์จากการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช 2. ลักษณะร่วมที่สำคัญและตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืชไม่มีท่อลำเลียง กลุ่มพืชไม่มีเมล็ด กลุ่มพืชเมล็ดเปลือย และกลุ่มพืชมีเมล็ดที่มีผลห่อหุ้ม **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพพืชชนิดต่างๆ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันบอกหรืออธิบายลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช และใช้คำถามเพื่อทบทวนลักษณะที่สำคัญของเซลล์พืช 2. บรรยายเกี่ยวกับองค์ประกอบของผนังเซลล์และวัฏจักรชีวิตของพืช เพื่อให้นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญร่วมของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืชไม่มีท่อลำเลียง กลุ่มพืชไม่มีเมล็ด กลุ่มพืชเมล็ดเปลือย และกลุ่มพืชมีเมล็ดที่มีผลห่อหุ้ม 4. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยสังเกตจากตัวอย่างจริงของกลุ่มพืชไม่มีท่อลำเลียง กลุ่มพืชไม่มีเมล็ด สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปลักษณะร่วมที่สำคัญของพืชแต่ละกลุ่ม 5. ใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างดอก การสร้างสปอร์และเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ และการเกิดเมล็ดและผลของพืชดอก 6. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยสังเกตจากตัวอย่างจริงของกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยและกลุ่มพืชที่เมล็ด มีผลห่อหุ้ม สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปลักษณะร่วมที่สำคัญของพืชดอกแต่ละกลุ่ม 7. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูล และนำเสนอเกี่ยวกับบทบาทที่สำคัญในด้านต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืชไม่มีท่อลำเลียง กลุ่มพืชไม่มีเมล็ด กลุ่มพืชเมล็ดเปลือย และกลุ่มพืชมีเมล็ดที่มีผลห่อหุ้ม	**ด้านความรู้** 1. ลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช จากการทำแบบทดสอบ 2. ลักษณะร่วมที่สำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืชไม่มีท่อลำเลียง กลุ่มพืชไม่มีเมล็ด กลุ่มพืชเมล็ดเปลือย และกลุ่มพืชมีเมล็ดที่มีผลห่อหุ้มจากการทำกิจกรรม การนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 3. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ 2. ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจที่นักเรียนรู้จักพร้อมให้เหตุผลประกอบ 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยแบ่งกลุ่มสำรวจตลาด ห้างสรรพสินค้าเพื่อหาตัวอย่างอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากฟังไจหรือมีส่วนผสมของฟังไจ และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจที่มีบทบาทในด้านต่าง ๆ เช่น การแพทย์ การเกษตร และสิ่งแวดล้อม นำเสนอ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลกับนักเรียนอื่น 3. อธิบายเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของยีสต์ ราและเห็ด แล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ รวมทั้งบทบาทของฟังไจในด้านต่าง ๆ	**ด้านความรู้** ลักษณะสำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจจากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. อธิบายและยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย 2. วิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นสปีชีส์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** -	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาเรื่องการเรียกชื่อให้เกิดความเข้าใจได้ตรงกันทั่วโลก เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องหลักในการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นสปีชีส์ 2. อธิบายและยกตัวอย่างการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นสปีชีส์ในระบบทวินาม และร่วมกันสรุปวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นสปีชีส์ 3. ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพการจำแนกพืชและสัตว์ เช่น ข้าว มะม่วง หมึก และแมว จากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อยคือตั้งแต่ลำดับขั้น คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จีนัส และสปีชีส์ 4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตที่สนใจจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อยและเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตที่ยกตัวอย่าง 5. ให้ความรู้เสริมเกี่ยวกับแนวคิดการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็น 5 คิงดอมของวิทเทเกอร์ และแนวคิดการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็น 3 โดเมนของโวสซ์และคณะ	**ด้านความรู้** การจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์จากการทำแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการศึกษาแผนภาพและการตอบคำถาม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ

ผลการเรียนรู้ 5. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การสร้างไดโคโทมัสคีย์ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความใจกว้าง 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยแบ่งกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมใช้ไดโคโทมัสคีย์ในการระบุหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตตามลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษาได้จากโครงสร้างภายนอกและข้อมูลที่กำหนดให้ 2. ร่วมกันอภิปรายผลที่ได้จากการใช้ไดโคโทมัสคีย์ เพื่อให้นักเรียนระบุชนิดหรือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตและสรุปหลักการของไดโคโทมัสคีย์ 3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมสร้างไดโคโทมัสคีย์เพื่อใช้ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดให้ 5-7 ตัวอย่าง นำเสนอและร่วมกันอภิปรายเกณฑ์ในการสร้าง	**ด้านความรู้** การสร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่จากการนำเสนอ การทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความใจกว้าง และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสังเกตพฤติกรรมจากการ ทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอ

5. **เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา**

ผลการเรียนรู้

1. **วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ**
2. **อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. กระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ 2. การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความหมายเรื่องระบบนิเวศ ว่าเป็นระบบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม 2. นำภาพหรือวีดิทัศน์ เกี่ยวกับระบบนิเวศ แบบต่าง ๆ มาให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เกี่ยวกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพในระบบนิเวศ 3. อภิปรายร่วมกันและให้นักเรียนยกตัวอย่างความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า องค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ทั้งที่ไม่มีชีวิต และที่มีชีวิต เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต 4. ใช้คำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการที่สำคัญที่ทำให้ระบบนิเวศสามารถคงสภาพอยู่ได้ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารต่าง ๆ เกิดขึ้นในระบบเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ระบบนิเวศสามารถคงสภาพอยู่ได้ 5. ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม โดยสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศแบบต่างๆ พร้อมทั้งระบุชนิดและจำนวน ของสิ่งมีชีวิตที่พบได้ และเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศในรูปของโซ่อาหาร สายใยอาหาร และพีระมิดทางนิเวศวิทยา แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน 6. ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสูญเสียพลังงานในการถ่ายทอดพลังงานในแต่ละลำดับขั้นของการกินอาหาร กฎสิบเปอร์เซนต์ การตกค้างของสารเคมีในการเกษตร	**ด้านความรู้** 1. กระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ จากการเขียนแผนภาพการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ 2. การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน จากการนำเสนอ การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การสังเกต การจำแนกประเภท จากการศึกษาภาพระบบนิเวศแบบต่าง ๆ 2. การลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม การนำเสนอ และการอภิปรายร่วมกัน 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ 4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันได้อย่างเป็นรูปธรรม

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
	7. ร่วมกันวิเคราะห์แผนภาพโซ่อาหาร หรือสายใยอาหาร หรือ พีระมิดจำนวน ที่จัดทำขึ้นในข้อ 5 และอภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า การสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดได้ตามลำดับขั้นของการกิน และระดับความเข้มข้นของสารพิษจะมากขึ้นตามลำดับขั้นของการกิน เรียกว่า การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน 8. ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม โดยสืบค้นข้อมูล นำเสนอเกี่ยวกับตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน จากการสะสมสารพิษชนิดใดชนิดหนึ่งในระบบนิเวศ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน	**ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลแล้วนำมาอธิบายในเรื่องนั้น ๆ ได้อย่างมีเหตุผล

ผลการเรียนรู้ 3. **สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพเพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพใบไม้หรือดอกไม้ที่ร่วงหล่นบนพื้นแล้วใช้ประเด็นคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในธรรมชาติ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องเป็นวัฏจักรสาร 2. ทบทวนความรู้โดยร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับวัฏจักรน้ำ และวัฏจักรคาร์บอน การหมุนเวียนน้ำและคาร์บอนที่เกิดผ่านสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต 3. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ เกี่ยวกับวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส ที่เกิดผ่านสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต อภิปรายและสรุปร่วมกันเป็นแผนภาพของวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส	**ด้านความรู้** วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัสจากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปราย และนำเสนอข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 4. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ลักษณะและตัวอย่างของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำ ใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบนิเวศแบบต่างๆ ที่พบตามเขตภูมิศาสตร์โลกเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่อง ไบโอม 2. ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม เรื่องทัวร์ไบโอม โดยแต่ละกลุ่มเลือกศึกษากลุ่มละ 1 ไบโอม ดังนี้ 1.1 กำหนดโจทย์สถานการณ์ให้ว่า มีบริษัทหนึ่งต้องการให้โบนัสแก่พนักงานเนื่องจากสามารถทำผลกำไรให้บริษัททะลุเป้าที่กำหนดไว้ โดยพาไปทัวร์ต่างประเทศในลักษณะของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ โดยได้ลงประกาศให้บริษัททัวร์นำเสนอแพ็คเกจทัวร์เพื่อคัดเลือกสถานที่น่าสนใจที่สุด 1.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ไบโอมที่เลือกไว้ แล้วให้แสดงบทบาทสมมติเป็นเจ้าของกิจการทัวร์ไบโอม นำเสนอแพ็คเกจทัวร์โดยต้องมีการ - กำหนดชื่อทัวร์ไบโอม - อธิบายและบอกลักษณะเด่นของไบโอมในเชิงนิเวศ ได้แก่ องค์ประกอบทางกายภาพ (สภาพภูมิศาสตร์ ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ) และองค์ประกอบทางชีวภาพ (ลักษณะเด่นของสิ่งมีชีวิตที่พบในไบโอมนี้) - จัดโปรแกรมทัวร์ในลักษณะของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ระบุช่วงของเดือนและจำนวนวันในการจัด - ประโยชน์ที่จะได้รับจากการไปทัวร์ไบโอมนี้ พร้อมทั้งค่าใช้จ่ายในการทัวร์ไบโอม 1.3 แต่ละกลุ่มนำเสนอแพ็คเกจทัวร์ไบโอม พร้อมทั้งจัดทำแผ่นพับทัวร์ไบโอมหรือโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ประกอบการนำเสนอ 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปและอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก	**ด้านความรู้** ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก จากการนำเสนอการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการจัดทำแพ็คเกจทัวร์ในการนำเสนอข้อมูล 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทำกิจกรรม 3. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการออกแบบนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับแพ็คเกจทัวร์ที่ได้ทั้งข้อมูลทางวิชาการ การท่องเที่ยวที่น่าสนใจ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** ความสนใจในวิทยาศาสตร์ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม

ผลการเรียนรู้ 5. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิในระบบนิเวศ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามและยกตัวอย่างปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกี่ยวกับภาวะภัยแล้ง และภาวะอุทกภัย เพื่อเชื่อมโยงให้เห็นว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ 3. ให้นักเรียนนำเสนอ อภิปรายร่วมกัน และสรุปการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิโดยการเขียนแผนภาพ	**ด้านความรู้** ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ จากการตอบคำถาม อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างประกอบ รวมทั้งการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบท้ายบท **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ

ผลการเรียนรู้ 6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่างและสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ ตัวอย่างและลักษณะเฉพาะของประชากรสิ่งมีชีวิต **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** 1. การใช้จำนวน 2. การพยากรณ์ 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาภาพสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ระดับสิ่งมีชีวิตจนถึงกลุ่มสิ่งมีชีวิต เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ความหมายของประชากร 2. นักเรียนสืบค้นข้อมูล นำเสนอ เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรในหัวข้อ ต่อไปนี้ - ขนาดของประชากร - อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้าการอพยพออกของประชากร - ความหนาแน่นของประชากร - การรอดชีวิตของประชากร - การแพร่กระจายของประชากร - โครงสร้างอายุของประชากร 3. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรสิ่งมีชีวิต	**ด้านความรู้** ตัวอย่างและลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิต จากการตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกัน การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** 1. การใช้จำนวน การพยากรณ์ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้

7. **สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก**
8. **อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. การเพิ่มของประชากรแบบแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก 2. ปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** - **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์จริงจากข่าว เกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรสิ่งมีชีวิตเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องรูปแบบการเพิ่มของประชากร 2. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและแบบลอจิสติก พร้อมทั้งอธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่มีรูปแบบการเพิ่มประชากรดังกล่าว 3. บรรยายเกี่ยวกับปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร เพื่อให้นักเรียนยกตัวอย่างปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากรและปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร 4. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเติบโตของประชากรมนุษย์ก่อนและหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม เพื่อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากรมนุษย์	**ด้านความรู้** 1. รูปแบบการเพิ่มประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล จากการอภิปราย 2. การเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล การเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก และปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร จากการตอบคำถาม การยกตัวอย่างประกอบ การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ **ด้านทักษะ** การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

ผลการเรียนรู้ 9. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ 2. แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยนำภาพข่าวหรือหัวข้อข่าวเกี่ยวกับวิกฤติภัยแล้ง ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลจากหัวข้อข่าว เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ 2. อภิปรายร่วมกันในประเด็น สาเหตุ ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดภัยแล้งนั้นเกิดได้ทั้งจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ 3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางน้ำและการจัดการทรัพยากรน้ำ ในประเด็น สาเหตุผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบมลพิษทางน้ำ แนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	**ด้านความรู้** ปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ และการจัดการทรัพยากรน้ำจากการร่วมกันอภิปราย **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาการเกิดมลพิษทางน้ำและแนวทางในการแก้ไขปัญหา 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสามารถแยกแยะประเด็นต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ และบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเป็นรูปธรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ผลการเรียนรู้ 10. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัญหามลพิษทางอากาศ 2. แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามจากเหตุการณ์หรือสถานการณ์จริง เช่น ปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาป่าหรือการเตรียมที่ดินทางการเกษตร เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ 2. อภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ ในประเด็นสาเหตุ ผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และแนวทางการแก้ไขปัญหา 3. ให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ปัญหามลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก เนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ตามทิศทางของลม	**ด้านความรู้** ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการมลพิษทางอากาศ และแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากการอภิปราย **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาการเกิดมลพิษทางอากาศ และแนวทางในการแก้ไขปัญหา 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสามารถแยกแยะประเด็นต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และจากการบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศได้อย่างเป็นรูปธรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. ความใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ผลการเรียนรู้ **11. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา**

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน 2. แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามจากเหตุการณ์หรือสถานการณ์จริง เช่น กรณีการทิ้งขยะบนที่ดินรกร้าง แล้วส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนและสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวกับมลพิษทางดิน สาเหตุ ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา 3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเกิดปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษทางดิน ที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย	**ด้านความรู้** 1. ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการมลพิษทางดินและแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากการอภิปราย **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาการเกิดมลพิษทางดินและแนวทางในการแก้ไขปัญหา 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเกิดปัญหาและผลกระทบ และการบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางดินได้อย่างเป็นรูปธรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ผลการเรียนรู้ 12. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ 2. แนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้ **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ว่า เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วสามารถเกิดขึ้นทดแทนใหม่ได้ และการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้ 2. ให้นักเรียนศึกษาภาพถ่ายทางดาวเทียมที่นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย อภิปรายร่วมกันเพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับ สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง ปัญหาและผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งแนวทางในการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน	**ด้านความรู้** ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการการทำลายป่าไม้และแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้จากการอภิปรายร่วมกัน **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปรายเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากการการทำลายป่าไม้ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสามารถแยกแยะประเด็นที่เกี่ยวกับปัญหาการทำลายป่าไม้ และการบอกแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้ **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ผลการเรียนรู้ 13. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้	แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ 1. ปัญหาและผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง 2. แนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า **ด้านทักษะ** **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์	1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างสัตว์ป่าที่รู้จัก ใช้คำถามเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสัตว์ป่าที่เหลืออยู่ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรสัตว์ป่า 2. นำภาพ ข่าวเหตุการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการจับกุมผู้ลักลอบค้าสัตว์ป่ามาให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้สัตว์ป่าลดจำนวนลง และแนวทางในการจัดการและการอนุรักษ์สัตว์ป่า 3. นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเกิดปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์ป่า โดยยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย	**ด้านความรู้** 1. ปัญหาและผลกระทบที่ที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่าจากการอภิปราย **ด้านทักษะ** 1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปรายเกี่ยวกับที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสามารถแยกแยะประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และการบอกแนวทางในการในการอนุรักษ์สัตว์ป่าได้อย่างเป็นรูปธรรม **ด้านจิตวิทยาศาสตร์** 1. การใช้วิจารณญาณ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน 2. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *คู่มือครู รายวิชาพื้นฐานชีววิทยา.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.2553.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.*

Brain, K.H. and Hallgrimsson B. (2014). *Strickberger's evolution. (5th ed).* Jones & Bartlett Learning.

Brooker, R.J. (2015). *Genetics: Analysis & Principles. (5th ed).* McGraw-Hill Education, USA.

Campbell, N.A. et al. (2015). *Biology.* (10th ed). Pearson Publishing, England.

Hardin J. and Bertoni G. (2016). *Becker's World of the Cell. (9th ed).* Pearson Education, Inc.

Hoefnagels, M. (2016). Biology: *the Essentials. (2nd ed).* McGraw-Hill Education, USA.

Mader, S.M. and Windelspecht M. (2016). *Biology. (12th ed).* McGraw-Hill Education, USA.

เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ลิลลี่ กาวีต๊ะ และคณะ. (2549). สรีรวิทยาของพืช. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2.* (พิมพ์ครั้งที่ 1), กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Campbell, N.A. et al. (2015). Biology. (10th ed). Pearson Publishing, England.

Evert, R.F., and Eichhorn, S.E. (2013). *Raven Biology of Plants.* (8th ed). W.H. Freeman and Company Publishers, USA.

Mader, S.M. and Windelspecht M. (2016). *Biology.* (12th ed). McGraw-Hill Education, USA.

Saladin, K.S. (2010). Anatomy & *Physiology* : The Unity of Form and Function. (5th ed). McGraw-Hill Companies, Inc. USA.

Shier, D., Butler J., and Lewis R. (2009). *Hole's essential of Human Anatomy & Physiology.*

(10th ed). McGraw – Hill Publishing Companies, USA.

Taiz, L. et al. (2015). *Plant Physiology and Development.* (6th ed). Sinauer Associates, Inc. USA.

เอกสารอ้างอิง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คณะกรรมการวิชาสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและชีวิต ฝ่ายวิชาบูรณาการ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. (2557). *สิ่งแวดล้อม เทคโลโนยีและชีวิต.* (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรากรณ์ คชเสนี. (2553). นิเวศวิทยาพื้นฐาน. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย สันติสุข, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2555). *ป่าของประเทศไทย.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

นิวัติ เรืองพานิช. (2546). *นิเวศวิทยา ทรัพยากรธรรมชาติ.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2. (พิมพ์ครั้งที่ 1).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา,

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5.* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา,

Campbell, N.A. et al. (2015). *Biology.* (10th ed). Pearson Publishing, England.

Enger, E.D. and Smith, B. F. (2010). Environmental science : a study of interrelationships.

(12th ed). McGraw-Hill Companies, Inc. USA.

Mader, S.M. and Windelspecht M. (2016). *Biology.* (12th ed). McGraw-Hill Education, USA.

Miller, G. T. and Spoolman, S.E. (2013). *Environmental Science.* (14th ed). Yolanda Cossio. Canada.

Saladin, K.S. (2010). *Anatomy & Physiology* : *The Unity of Form and Function.* (5th ed). McGraw-Hill Companies, Inc. USA.

Shier, D., Butler J., and Lewis R. (2009). *Hole's essential of Human Anatomy & Physiology.*

(10th ed). McGraw – Hill Publishing Companies, USA.

คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.นันทยา อัครอารีย์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร	ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี กรุงเทพฯ
นายณัฐพงศ์ มนต์อ่อน	โรงเรียนสตรีวิทยา ๒ ในพระราชูปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ
นางอุไร บุตรไสว	โรงเรียนศรีบุณยานนท์ จ.นนทบุรี
นางสาวศศิพินทุ์ นรเศรษฐพันธุ์	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จ.นครปฐม
นางสาวสุทิน ฝ่ายนา	โรงเรียนพิมายวิทยา จ.นครราชสีมา
นายทวีศักดิ์ เปี่ยมทัพ	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก จ.พิษณุโลก
นายฉัตรชัย ชัยนนถี	โรงเรียนร้องกวางอนุสรณ์ จ.แพร่
นายอนุรุทธิ์ หมีดเส็น	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.นันทยา อัครอารีย์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวปุณยาพร บริเวธานันท์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนะเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี กทม.
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.นันทยา อัครอารีย์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ภัณฑิลา อุดร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร	ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี
นายณัฐพงศ์ มนต์อ่อน	โรงเรียนสตรีวิทยา ๒ ในพระราชูปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ
นางสาวศศิพินทุ์ นรเศรษฐพันธุ์	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จ.นครปฐม
นางขวัญใจ สุวรรณ	โรงเรียนระยองวิทยาคม จ. ระยอง
นายกิตติศักดิ์ ปราบพาล	โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร จ.ระยอง
นางราษี สืบโมรา	โรงเรียนพยัคภูมิพิทยาคาร จ.มหาสารคาม
นางสาววิรัญญา สุขมี	โรงเรียนพัทลุง จ.พัทลุง
นางสาวสุคนธา มะโน	โรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี จ.อุตรดิตถ์
นางสาวมาเรียม วัทนาด	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จ.สงขลา
นางปัณณิกา ไชยนวล	โรงเรียนจักรคำคณาทร จ.ลำพูน
นางสาวอังคนางค์ เชื้อเจ็ดตน	โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย
นายนราธิป ประสมบูรณ์	โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล จ.อุบลราชธานี
นายพิบูลย์ ถานสีมี	โรงเรียนละหานทรายรัชดาภิเษก จ.บุรีรัมย์
นายอนุรุทธิ์ หมีดเส็น	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช
ดร.อดิโรจน์ ปพัฒน์เปรมสิริ	โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จ.สุราษฎร์ธานี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.นันทยา อัครอารีย์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ขวัญชนก ศรัทธาสุข	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวปุณยาพร บริเวธานันท์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวปาณิก เวียงชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนะเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.เรณู ถาวโรฤทธิ์	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำ

คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คณะกรรมการดำเนินงานจัดทำคู่มือการใช้หลักสูตร

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร	ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการพิจารณาคู่มือการใช้หลักสูตร (ฉบับร่าง)

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี
นายณัฐพงศ์ มนต์อ่อน	โรงเรียนสตรีวิทยา ๒ ในพระราชูปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ
นางสาวศศิพินทุ์ นรเศรษฐพันธุ์	โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จ.นครปฐม
นางขวัญใจ สุวรรณ	โรงเรียนระยองวิทยาคม จ. ระยอง
นายกิตติศักดิ์ ปราบพาล	โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร จ.ระยอง
นางราษี สืบโมรา	โรงเรียนพยัคภูมิพิทยาคาร จ.มหาสารคาม
นางสาววิรัญญา สุขมี	โรงเรียนพัทลุง จ.พัทลุง
นางสาวสุคนธา มะโน	โรงเรียนอุตรดิตถ์ตรุณี จ.อุตรดิตถ์
นางสาวมาเรียม วัทนาด	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จ.สงขลา
นางปัณณิกา ไชยนวล	โรงเรียนจักรคำคณาทร จ.ลำพูน
นางสาวอังคนางค์ เชื้อเจ็ดตน	โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย
นายนราธิป ประสมบูรณ์	โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล จ.อุบลราชธานี
นายพิบูลย์ ถานสีมี	โรงเรียนละหานทรายรัชดาภิเษก จ.บุรีรัมย์
นายอนุรุทธิ์ หมีดเส็น	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช
ดร.อดิโรจน์ ปพัฒน์เปรมสิริ	โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จ.สุราษฎร์ธานี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.นันทยา อัครอารีย์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ขวัญชนก ศรัทธาสุข	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวปุณยาพร บริเวธานันท์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาวปาณิก เวียงชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนะเสริมกิจ	นักวิชาการอิสระ
รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	นักวิชาการอิสระ
ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	นักวิชาการอิสระ
นายณรงค์ พ่วงศรี	นักวิชาการอิสระ
นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	โรงเรียนบดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนี กทม.
นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางสาววิลาส รัตนานุกูล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี